

# ***PHYTOREMEDIATION OF LEAD ON ARID LAND: A REVIEW***

**TUGAS AKHIR PROSIDING**

**Diajukan oleh:**

**RINI ZALSA NABILA PAMELA  
NIM. 150702121  
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
DARUSSALAM -BANDA ACEH  
2020 M / 1442 H**

## **LEMBAR PERSETUJUAN**

### ***PHYTOREMEDIATION OF LEAD ON ARID LAND: A REVIEW***

#### **TUGAS AKHIR PROSIDING**

Sesuai dengan Keputusan Rektor Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Nomor 14 tahun 2020 tentang Pedoman Pelaksanaan Penyelesaian Tugas Akhir  
Mahasiswa Strata Satu (S-1) Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Masa  
Tanggap Darurat Corona Virus Disease 2019 (Covid-19)

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

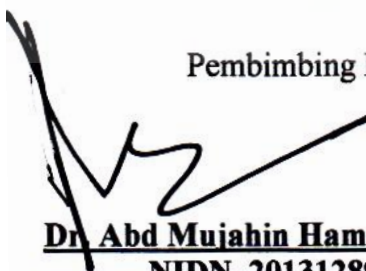
**RINI ZALSA NABILA PAMELA**

**NIM. 150702121**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui oleh:

Pembimbing I

  
**Dr. Abd Mujahin Hamdan, M.Sc.**  
**NIDN. 2013128901**

Pembimbing II

  
**Husnawati Yahya, M.Sc.**  
**NIDN. 2009118301**

## LEMBAR PENGESAHAN

### *PHYTOREMEDIATION OF LEAD ON ARID LAND: A REVIEW*

### TUGAS AKHIR PROSIDING

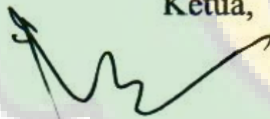
Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh dan  
dinyatakan lulus serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana  
(S-1) dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal:

Jum'at, 28 Agustus 2020  
9 Muharram 1442 H

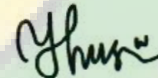
Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



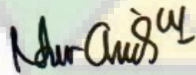
Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.  
NIDN. 2013128901

Sekretaris,



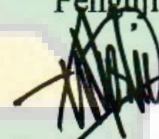
Husnawati Yahya, M.Sc.  
NIDN. 2009118301

Penguji I,



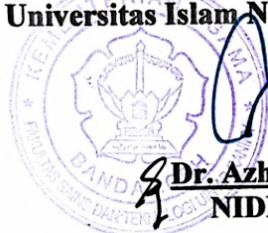
Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.  
NIDN. 2016067801

Penguji II,



Aulia Rohendi, M.Sc.  
NIDN. 2010048202

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



  
Dr. Azhar Amsal, M.Pd.  
NIDN. 2001066802

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR PROSIDING

Nama : Rini Zalsa Nabila Pamela  
NIM : 150702121  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Prosiding : *Phytoremediation of Lead on Arid Land: A Review*  
Dipresentasikan : di *International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry (ICSTSI)* di Baristand Industri Banjar Baru, Kalimantan Selatan dilakukan secara virtual zoom.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 28 Agustus 2020  
Yang Menyatakan,



*Rini Zalsa Nabila Pamela*  
Rini Zalsa Nabila Pamela

## ABSTRAK

Nama : Rini Zalsa Nabila Pamela  
NIM : 150702121  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : *Phytoremediation of Lead on Arid Land: A Review*  
Tanggal sidang : 28 Agustus 2020/ 9 Muharram 1442 H  
Tebal Skripsi : 58 Halaman  
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.  
Pembimbing II : Husnawati Yahya, M.Sc.  
Kata Kunci : Fitoremediasi, Pb, Lahan Kering

Logam berat Pb merupakan salah satu logam berat non esensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu pencemaran lingkungan yang dapat terjadi ialah pencemaran pada tanah. Keadaan bahan kimia yang masuk ke dalam tanah dapat merubah keadaan lingkungan tanah yang alami. Sementara itu, tanah merupakan salah satu faktor pendukung penting dalam kehidupan makhluk hidup. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk pembenahan lingkungan yang tercemar dari zat pencemar adalah dengan menggunakan metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah suatu proses yang memanfaatkan berbagai macam tanaman untuk memperbaiki, memulihkan ataupun mengurangi zat kontaminan dalam tanah. Makalah ini untuk menganalisis kemampuan dan efesiensi dari teknik fitoremediasi untuk menghilangkan logam berat Timbal (Pb) dari lahan kering yang tercemar.

## ABSTRACT

Name : Rini Zalsa Nabila Pamela  
NIM : 150702121  
Department : Environmental Engineering  
Title : Phytoremediation of Lead on Arid Land: A Review  
Examination Date : August 28, 2020  
Page : 58  
Supervisor I : Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc.  
Supervisor II : Husnawati Yahya, M.Sc.  
Keyword : Phytoremediation, Pb, Arid land

Lead (Pb) is one of the non-essential heavy metals which can cause soil pollution. Lead within the soil can change the natural of soil. Meanwhile, land is one of the important supporting factors in the life of living things. One technique that can restore the polluted environment by Pb is phytoremediation method. Phytoremediation is a process that utilizes a variety of plants to reduce and/or to remove contaminants in the soil. This paper aimed to discuss various phytoremediation mechanisms of Pb and their potential as a remediation technique that utilizes the ability of plants to remove heavy metals from polluted soils.



## KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil`alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah menganugerahkan begitu banyak nikmat hidup bagi seluruh makhluk hidup. Segala ilmu berasal dari-Nya yang Maha mengetahui dan segala puji hanya layak untuk Allah SWT atas segala berkat, Rahmat, Taufik, serta Hidayah-Nya yang tiada terkira besarnya, sehingga penulis berhasil menyusun Tugas Akhir berupa Artikel yang berjudul *“Phytoremediation of Lead on Arid Land: A Review”* Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, manusia pilihan yang menjadi utusan terakhir, pencetus kebaikan dan ilmu pengetahuan dimuka bumi.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST) pada Program Studi Srata-1 Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Adapun dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan dukungan, semangat, serta bimbingan dari berbagai pihak, baik yang bersifat moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Ibunda Tercinta Nurbaiti, Ayahanda Ir. Muhammad Syafri, Ayahanda Husni Adam, ibu dan Abangku Rizky Ananda Pamela S.M, Rozi Fahroni, Imam Suganda, S.Psi, Kakakku Rina Tasha Nadila Pamela S.Sos serta Adik-adikku Balian, Raisa Faris Maulana, Wildan dan Khair yang selalu memberikan do'a dan dukungan.
2. Ibu Eriawati, S.Pd.i. M.Pd, selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh pada Periode 2018-2020.
3. Ketua Prodi Teknik Lingkungan Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., beserta sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Ibu Yeggi Darnas, M.T., sekaligus menjadi penguji II pada seminar proposal yang telah banyak memberi masukan dan bimbingan kepada penulis selama proses penulisan Tugas Akhir.
4. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penasehat Akademik

5. Bapak Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku Pembimbing dan Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Pembimbing II yang selalu senantiasa memberikan doa, dukungan, bimbingan dan bantuan kepada penulis selama proses penulisan Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
7. Kepada Kak Ida selaku staf Prodi Teknik Lingkungan, yang sudah banyak membantu dalam mengurus administrasi dan lain-lain.
8. Kepada penyelenggaran *International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry* (ICSTSI 2020) di Banjar Baru, Kalimantan Selatan yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang luar biasa.
9. Teman baik saya Riza Munawir Zain yang selalu mendoakan, mengingatkan, memberi dukungan, menyemangati dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman seperjuangan saya di Teknik Lingkungan Magfirah, Rahmi, Dhuha, Candra, Arman dan seluruh teman-teman angkatan 2015 yang selalu memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis yang memudahkan penulis menyelesaikan proposal penelitian.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu penulis selama ini. Penulis menyadari masih banyak kekurangan didalam Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak sebagai bahan Ilmu Pengetahuan, khususnya bagi Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh.

Banda Aceh, 28 Agustus 2020  
Penulis,

Rini Zalsa Nabila Pamela

## DAFTAR ISI

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>                               | <b>ii</b>  |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>                                 | <b>iii</b> |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR PROSIDING .....</b> | <b>iv</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                          | <b>v</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                    | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                       | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                     | <b>x</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                     | <b>xi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                 | <b>1</b>   |
| 1.1. Latar Belakang .....                                     | 1          |
| 1.2. Tujuan Kegiatan .....                                    | 2          |
| 1.3. Manfaat Kegiatan .....                                   | 2          |
| <b>BAB II PELAKSAAN KEGIATAN .....</b>                        | <b>3</b>   |
| 2.1. Waktu dan Lokasi.....                                    | 3          |
| 2.2. Bentuk Kegiatan.....                                     | 3          |
| 2.3. Susunan Acara.....                                       | 4          |
| 2.4. Daftar Pembicara.....                                    | 6          |
| 2.5. Poster Presentasi ICSTSI 2020.....                       | 7          |
| <b>BAB III MAKALAH .....</b>                                  | <b>9</b>   |
| <b>BAB IV PENUTUP.....</b>                                    | <b>24</b>  |
| <b>LAMPIRAN I Virtual Conference.....</b>                     | <b>25</b>  |
| <b>LAMPIRAN II PENERIMAAN ABSTRAK .....</b>                   | <b>26</b>  |
| <b>LAMPIRAN III Bukti Administrasi ICSTSI 2020 .....</b>      | <b>27</b>  |
| <b>LAMPIRAN IV Pengiriman Makalah .....</b>                   | <b>28</b>  |
| <b>LAMPIRAN V Konfirmasi Presenter .....</b>                  | <b>29</b>  |
| <b>LAMPIRAN VI Dokumentasi.....</b>                           | <b>30</b>  |
| <b>LAMPIRAN VII Sertifikat ICSTSI 2020 .....</b>              | <b>31</b>  |
| <b>LAMPIRAN VIII MAKALAH BAHASA INDONESIA.....</b>            | <b>32</b>  |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                |   |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>Gambar 2.1.</b> Poster yang dipresentasikan pada kegiatan ICSTSI 2020 ..... | 8 |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|



## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                    |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>Tabel 2.1.</b> Susunan Acara International Conference on Science and Technology<br>for Sustainable Industry (ICSTSI) 2020 ..... | 4 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Salah satu pencemaran lingkungan yang dapat terjadi ialah pencemaran pada tanah. Bahan kimia yang masuk ke dalam tanah akan merubah keadaan lingkungan tanah alami. Sementara itu, tanah merupakan salah satu faktor pendukung penting dalam kehidupan makhluk hidup. Tanah memiliki peran yang penting untuk siklus materi ataupun ekologi. Akan tetapi, pencemaran tanah yang disebabkan oleh faktor alam maupun aktivitas manusia sangat sulit untuk dihindari. Banyak zat pencemar yang dapat mencemari lingkungan salah satunya logam berat (Gaur dkk., 2004; Tiwari dkk., 2013; Patandungan dkk., 2016; Apdy, 2016). Faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena sifat logam berat yang tidak dapat terurai (non degradable) (Garbisu and Alkorta, 2001) Salah satu logam berat yang dapat berpotensi menjadi racun jika berada dalam tanah dengan konsentrasi berlebihan adalah Timbal (Pb) (Juhaeti dkk., 2005; McCarthy dkk., 2006; Patrick, 2006; Apdy, 2016; Nurfitriana, 2016).

Ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat membawa kita pada Revolusi Industri Keempat. Hal ini membawa perubahan di berbagai sektor dan aspek kehidupan dicirikan dengan teknologi yang canggih dan terbaru yang diciptakan oleh perpaduan antara fisik, digital, dan biologis. Revolusi Industri Keempat menawarkan berbagai kemungkinan tentang bagaimana kita dapat mengubah sumber daya untuk memenuhi kebutuhan kita. Namun seiring dengan berjalannya waktu, pertanyaan dan tantangan baru juga muncul. Keberlanjutan tetap menjadi masalah krusial tentang bagaimana sektor industri menggunakan teknologi untuk mengeksplorasi dan memanfaatkan sumber daya.

Oleh karena itu, perlu dilakukannya riset penelitian untuk memecahkan suatu permasalahan di atas. Penelitian merupakan salah satu sarana untuk melatih aspek kognitif mahasiswa menjadi semakin tajam. Pada dasarnya pendidikan merupakan

sarana pembentukan pola pikir mahasiswa. Tujuan utama perguruan tinggi adalah untuk membentuk pola pikir yang handal. Penelitian adalah salah satu cara menjadikan mahasiswa menjadi seorang pemikir yang berwawasan luas. Dengan melakukan penelitian, mahasiswa dilatih untuk berpikir objektif, sistematis, dan memahami persoalan secara lebih mendalam serta berpikir ke depan. Melalui penelitian mahasiswa dilatih untuk berikir kritis dan peka terhadap masalah yang dihadapi sesuai dengan bidangnya.

*International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry* (ICSTSI) 2020 menjadi hal yang sangat penting untuk diikuti oleh mahasiswa. Dengan mengikuti kegiatan tersebut mahasiswa dapat menyampaikan opini secara efektif.

### **1.2.Tujuan Kegiatan**

Adapun tujuan penyaji mengikuti konferensi adalah sebagai berikut:

Mempublikasikan hasil penelitian studi literatur yang berjudul *Phytoremediation of Lead on Arid Land: A Review* di *International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry* (ICSTSI) 2020.

### **1.3.Manfaat Kegiatan**

Adapun manfaat dari kegiatan konferensi adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan terkait penulisan makalah hasil penelitian studi literatur
2. Memberi kesempatan untuk berbagi pengetahuan, jaringan, dan kolaborasi antara peserta konferensi.
3. Menambah wawasan dan informasi terkait hasil-hasil penelitian para peserta *International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry* (ICSTSI) 2020.

## **BAB II**

### **PELAKSAAAN KEGIATAN**

#### **2.1. Waktu dan Lokasi**

*International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry* (ICSTSI) ke-1 diselenggarakan sebagai kerjasama antara Lembaga Penelitian dan Standardisasi Industri Banjarbaru (Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru) dan Departemen Kimia Universitas Lambung Mangkurat. Konferensi ini bertema “*Emerging Science and Technology as A Solution for Global Challenge on Research and Technology Based on Sustainable Resources*”, dimana sejumlah sub-tema akan dibahas. ICSTSI 2020 yang diselenggarakan pada tanggal 6-7 Agustus 2020 di Baristand Industri Banjarbaru, Kalimantan Selatan.

#### **2.2. Bentuk Kegiatan**

Pelaksanaan Seminar Internasional dilakukan secara virtual melalui Aplikasi Zoom, karena kondisi pandemik covid-19 yang masih melanda seluruh dunia. Seminar Internasional ICSTSI 2020 dihadiri oleh sebanyak 123 peserta presenter oral, 11 presenter poster, 27 peserta umum dan 40 tamu undangan, narasumber kunci 5 orang, pembicara undangan 6 orang, yang berasal dari Indonesia, Jepang dan Malaysia yang disajikan secara lisan dan dalam bentuk presentasi poster.

Ada enam topik yang dibahas dalam seminar tersebut, yaitu : *Material and Applied Chemistry; Wood and Non Wood Forest Product Technology; Food, Cosmetics and Medicines; Analysis Methods Validation, Industrial Process Optimalization& Manufacturing; Biorefinery, Bioenergy and Renewable Energy & Biotechnology; Waste Treatment and Environmental Management.*

Publikasi seminar akan diterbitkan dalam bentuk prosiding di penerbit bereputasi tinggi yang terindeks Scopus yaitu: IOP Conference Series Material Science and Engineering. Selain itu juga akan dipublikasikan di jurnal Internasional (Q3) dan jurnal nasional terakreditasi (Sinta 2).

### 2.3. Susunan Acara

Adapun susunan acara pada *International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry (ICSTSI) 2020* dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1.** Susunan Acara International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry (ICSTSI) 2020

| Time(WITA)           | Activities                                                                                                  | Information                                    |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>6 August 2020</b> |                                                                                                             |                                                |
| 08.00 – 08.30        | Registration                                                                                                |                                                |
| 08.30 – 08.50        | Opening and Announcement                                                                                    | Ratri Yuli Lestari, S.Hut., M.Env.             |
| 08.50 – 08.55        | National Anthem                                                                                             | Faiza Elisa Hasfianti, S.Hut.                  |
| 08.55 – 09.00        | Chanting Prayer                                                                                             | Noer Komari, S.Si., M.Kes.                     |
| 09.00 – 09.10        | Speech from Dean of Mathematics and Natural Science                                                         | Drs. Abdul Gafur, M.Si., M.Sc., Ph.D.          |
| 09.10 – 09.20        | Speech from Head of Institution of Research and                                                             | Budi Setiawan, S.T., M.M.                      |
| 09.20 – 09.45        | Opening speech by Head of Industrial Research and<br>Development Agency (BPPI), Ministry of Industry of the | Dr. Ir. Doddy Rahadi, M.T.                     |
| 09.45 – 09.50        | Photo session                                                                                               | Ratri Yuli Lestari, S.Hut., M.Env.             |
| 09.50-12.20          | Keynote Speaker Session I                                                                                   | Moderator I:                                   |
| 09.50 – 10.30        | Keynote Speaker 1                                                                                           | Prof. Dr. Shinso Yokota, Utsunomiya            |
| 10.30 – 11.10        | Keynote Speaker 2                                                                                           | Mukhlis Bahrainy, CEO Pachira Group, Indonesia |

|                      |                              |                                                                                                         |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11.10 – 11.50        | Keynote Speaker 3            | Prof. Dr. Ir. Umar Santoso, M.Sc., Faculty Of Agricultural Technology Gadjah Mada University, Indonesia |
| 11.50 – 12.20        | Question and Answer          | Moderator I:                                                                                            |
| 12.20 – 13.15        | Break                        | Committee                                                                                               |
| 13.15 – 13.20        | Technical Preparations       | Ratri Yuli Lestari, S.Hut., M.Env.                                                                      |
| 13.20 – 15.00        | Keynote Speaker Session II   | Moderator II:                                                                                           |
| 13.20 – 14.00        | Keynote Speaker 4            | Assoc. Prof. Dr. Azlan Kamari, University Pendidikan Sultan Idris, Malaysia                             |
| 14.00 – 14.40        | Keynote Speaker 5            | Prof. Dr. Is Fatimah- UII,<br>Islamic University of Indonesia (UII), Indonesia                          |
| 14.40 – 15.00        | Question and Answer          | Moderator II:                                                                                           |
| 15.00 – 15.30        | Break                        | Announcements and Notifications                                                                         |
| 15.30 – 16.03        | Poster Presentation          | Poster Presenters                                                                                       |
| 16.03 – 16.20        | Poster Voting                | Participants                                                                                            |
| 16.20 – 16.30        | Closing Day One              | Ratri Yuli Lestari, S.Hut., M.Env.                                                                      |
| <b>7 August 2020</b> |                              |                                                                                                         |
| 08.00 – 08.30        | Registration                 |                                                                                                         |
| 08.30 – 08.45        | Opening Day Two              | Moderator                                                                                               |
| 08.45 – 09.15        | Invited Speaker Presentation | Invited Speakers                                                                                        |
| 09.15 – 09.25        | Question and Answer          | Moderator                                                                                               |
| 09.25 – 09.30        | Technical Preparations       | Committee                                                                                               |
| 09.30 – 12.30        | Oral Presentations           | Participants                                                                                            |

#### **2.4. Daftar Pembicara**

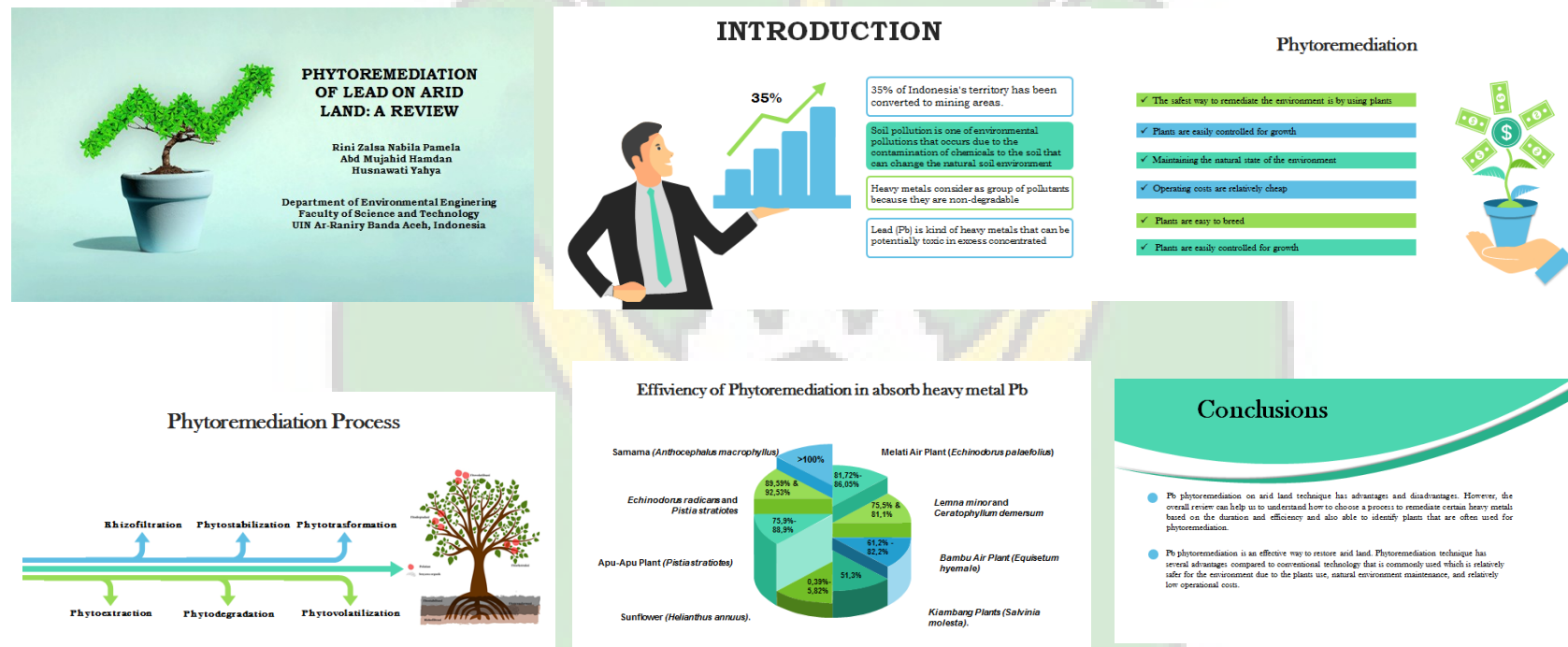
*International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry (ICSTSI) 2020* dihadiri oleh narasumber:

1. Dr. Ir. Doddy Rahadi, MT (Kementerian Perindustrian)
2. Prof. Dr. Shinso Yokota (Utsunomiya University, Japan)
3. Assoc. Prof. Dr. Azlan Kamari (Universiti Pendidikan Sultan Idris Malaysia)
4. Prof. Dr. Ir. Umar Santoso, M. Sc (Faculty of Agri Cultural Technology Gadjah Mada University)
5. Mukhlis Bahrainy (CEO Pachira Group)
6. Prof. Dr. Is Fatimah (The Islamic University of Indonesia (UII))



## 2.5. Poster Presentasi ICSTSI 2020

Kegiatan ICSTSI membentuk 2 Grup Presentasi yaitu, Presentasi Oral dan Presentasi poster. Dari awal kegiatan, saya termasuk ke dalam presentasi oral. Berikut slide PPT yang saya presentasikan pada kegiatan tersebut:



Namun, data yang terdaftar pada kegiatan tersebut merupakan grup Presentasi Poster. Maka dari itu, poster yang saya presentasikan pada kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Poster yang dipresentasikan pada kegiatan ICSTSI 2020

### **BAB III**

### **MAKALAH**

## ***PHYTOREMEDIATION OF LEAD ON ARID LAND: A REVIEW***

**Rini Zalsa Nabila Pamela<sup>1</sup>, Abd Mujahid Hamdan<sup>1\*</sup>, and Husnawati Yahya<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Faculty of Science and Technology, UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia

\*E-mail correspondence: abd.mujahid.hamdan@gmail.com

**Abstract.** Lead (Pb) is one of the non-essential heavy metals which can cause soil pollution. Lead within the soil can change the natural of soil. Meanwhile, land is one of the important supporting factors in the life of living things. One technique that can restore the polluted environment by Pb is phytoremediation method. Phytoremediation is a process that utilizes a variety of plants to reduce and/or to remove contaminants in the soil. This paper aimed to discuss various phytoremediation mechanisms of Pb and their potential as a remediation technique that utilizes the ability of plants to remove heavy metals from polluted soils.

**Keyword;** Phytoremediation, Pb, Arid land

### **1. Introduction**

Soil pollution is one of environmental pollutions that occurs due to the contamination of chemicals to the soil that can change the natural soil environment. Meanwhile, soil is one of the important supporting factors in the ecological cycle. However, soil pollution caused by natural factors and human activities is very difficult to avoid (Gaur et al., 2004; Tiwari et al., 2013; Patandungan et al., 2016; Apdy, 2016), including heavy metals contamination. Heavy metals consider as group of pollutants because they are non-degradable (Garbisu and Alkorta, 2001). Lead (Pb) is kind of heavy metals that can be potentially toxic in excess concentrated (Juhaeti et al., 2005; McCarthy et al., 2006; Patrick, 2006; Apdy, 2016; Nurfitriana, 2016).

Lead is one of the non-essential heavy metals which is a toxic for organism (Nas et al., 2018). These toxicity are cumulative which means the nature of the toxic will arise if accumulated in a large quantity into organism (Naria, 2005; Wahyu et al., 2008; Sudarwin, 2008; Fernanda, 2012; Caroline et al., 2015; Nurfitriana, 2019).

Phytoremediation is one of methods to remediate the environmental by Pb contamination. Phytoremediation is a technique that utilizes a variety of plants to remove and destroy contaminants in soil or water (Ratna, 2007; Patandungan et al., 2014; Jamil, 2015; Irhamni et al., 2017; Irawanto et al., 2017). This method has been considered as a cheap and effective technology. Because of its reliability, phytoremediation can replace other technologies that are considered expensive and not optimum in removing heavy

metals from the environment (Tangahu et al., 2011). Therefore, this paper aimed to analyse the ability and efficiency of phytoremediation techniques to remove Pb on arid land.

## **2. Lead (Pb)**

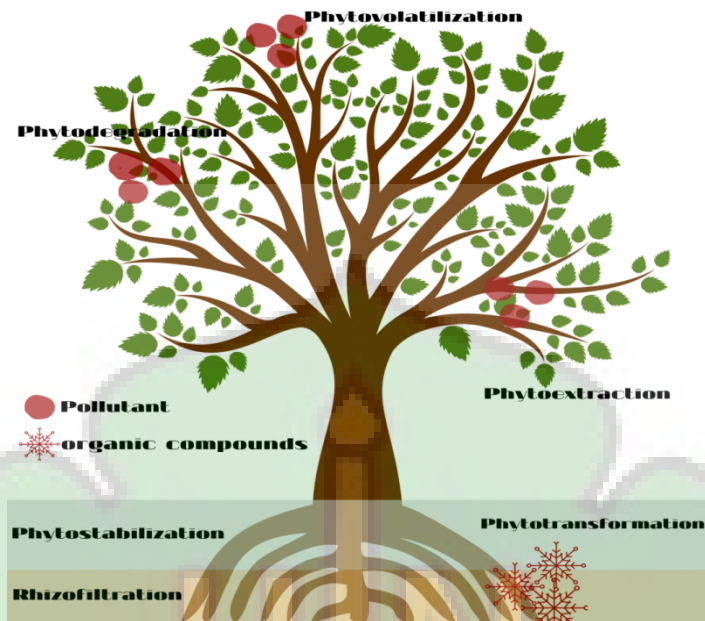
Lead is a heavy metal that naturally found in the earth crust. Lead is also originated from human activities. In fact, the number of Pb from anthropogenic activity is 300 times more higher lithogenic Pb. Lead has an atomic number 82, an atomic weight of 207.19, and a specific gravity of 11.34, a bluish color or silvery gray with a melting point of 327.5 °C and a boiling point at atmospheric pressure of 1740 °C (Tahangu et al., 2011). Lead has a low melting point, is easily formed, and has active chemical properties, so that it can be used to coat the metal to avoid rusting (Naria, 2005; Wahyu et al., 2008; Sudarwin, 2008; Fernanda, 2012; Caroline et al., 2015; Nurfitriana, 2019).

Lead is a compound that is highly toxic to humans if it is contaminated in a large quantity. It has properties that cannot be decomposed naturally that is very dangerous in biological systems. Lead also has properties that are very difficult to dissolve in the environment. So if Pb enters the body in a large concentrations, it will cause serious health problems for humans such as brain damage and mental retardation. In a study in the USA, where 78% of homes had soil-lead levels higher than 0.5 µg/g, it was estimated that a child eating only half a gram of soil would ingest 250 µg of lead, almost twice the maximum intake limit per day (Makokha et al., 2008; Gusnita, 2012). In addition, Pb is not only dangerous for humans, but also dangerous for microorganisms, spills and animals (Cho-ruk et al., 2006).

The contamination of Pb into human body can through air, water and soil. Lead is considered safe in the soil by threshold of 0.07 µg/g (Nur, 2016). Lead in the soil is mostly sourced from vehicles. Several studies report that areas near highways in urban environments have experienced serious pollution. Furthermore, Pb on the road will be contaminated to the surrounding land, including agricultural land. In this case, remediation are needed to reduce Pb from the soil. Various techniques have been proposed, including phytoremediation techniques. The term of phytoremediation is from Greek, by “phyto” which means plant and remediation which means to repair, reduce or restore. Phytoremediation is the use of plants to remediate, reduce or restore polluted lands (Ratna, 2007; Erakhrumen et al., 2007; Patandungan et al., 2014; Jamil, 2015; Irhamni et al., 2017; Irawanto et al., 2007; 2017). Therefore, this paper aimed to describe the Pb phytoremediation technique on arid land.

## **3. Phytoremediation**

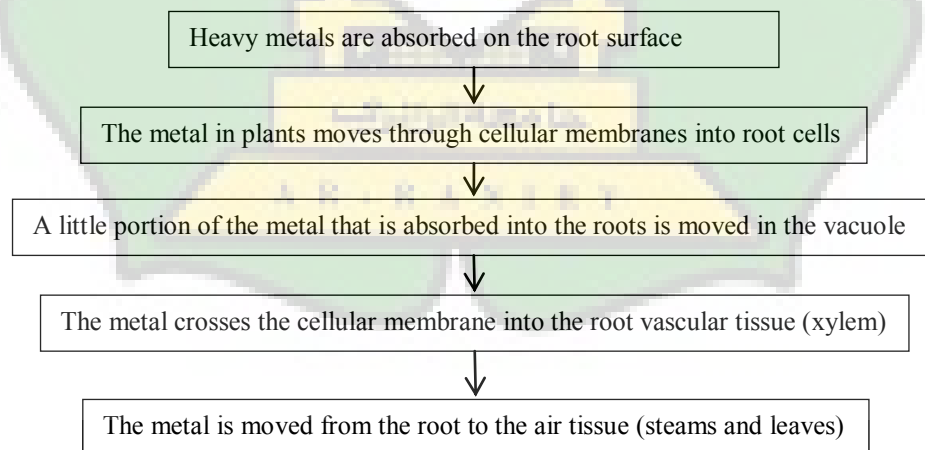
Phytoremediation is defined as a technology that utilizes certain plants to restore a contaminated environment from harmful pollutants to improve the quality of the environment. Phytoremediation can be classified based on the process of absorption and removal of metals, namely phytoextraction, rhizofiltration, phytodegradation, phytostabilization and phytovolatilization (Prasad, 2003; Pilon-Smits, 2005; Uffah et al., 2010; Fitriyah et al., 2013) that are showed on the Figure 1. The process of Pb absorption is shown on Figure 1.



**Figure 1.** Phytoremediation Process

a. Phytoextraction

Phytoextraction or also called phytoaccumulation is the absorption of heavy metals by plant roots which accumulates heavy metals that have been absorbed into plant parts such as roots, stems and leaves (Erdei et al., 2005; Erakhrumen et al., 2007; Rashid et al., 2014 ). This method is widely used for metal waste (Kamal et al. 2004). In this method, the root component is very important to increase the absorption capacity of plants in the waste in the environment (Merkl et al., 2005). The process of absorption of heavy metals by plants can be seen in the scheme of Figure 2. (He et al., 2007).



**Figure 2.** The Process of absorption of heavy metals in plants

b. Rhizofiltration

Rhizofiltration is a process of utilizing the ability of plant roots to absorb, precipitate, and accumulate metals from waste streams (Ulfah et al., 2010;

Fitriyah et al., 2013). Rhizobacteria can be used to deal with heavy metals contaminated land, especially Pb so that land can still be used for agricultural activities that are safe for human health and the environment. Rhizobacteria can increase Pb absorption in plant tissue (phytoextraction) and some others can reduce absorption (phytostabilization) (Rosariastuti et al., 2012). Rhizobacteria has a mechanism that can cause changes in the availability of metal elements in the soil to become whether more easily or difficult to be absorbed by plants. Rhizobacteria can interact symbiotically with roots to increase the metal absorption potential (Burd et al., 2000).

c. Phytodegradation

Phytodegradation is the decomposition or metabolism of contaminants (heavy metals) in waste by utilizing the activity of microbes and enzymes such as dehydrogenase and oxygenation around the roots of plants (Muthusaravanan et al., 2018). The role of rhizosphere bacteria (rhizobacteria) found in roots can break down organic or inorganic compounds (Whiting et al., 2001). Rhizobacteria plays a major role in plant growth in phytoremediation techniques (Abou-Shanab et al., 2003; Glick, 2003; Belimov et al., 2004; Weyens et al., 2009; Glick, 2010; Jambon et al., 2018). Bacteria can be found living on the surface of plants or in plants (Wulff et al., 2011). Most microorganisms that live on the surface of plants are near the root surface (rhizoplane) and narrow zones around the root (rhizosphere) or on the surface of leaves (filosphere). The rhizosphere is defined as a narrow zone of nutrient-rich soil that surrounds plant roots and is influenced by root exudates and microbial activity (Venturi & Keel 2016). Beneficial bacteria can produce phytohormones that stimulate plant growth and development and encourage tolerance to environmental stresses (Van et al., 2016; Teste et al., 2017).

The process of decomposition of heavy metals in the phytoremediation process depends on the interaction between the soil, heavy metals, bacteria, and plants. This complex interaction is influenced by various factors, such as plant characteristics and activities, rhizobacteria, climatic conditions, soil properties, etc.

d. Phytostabilization

Phytostabilization is the ability of plants to excrete certain chemical compounds to immobilize heavy metals in the root region (rhizosphere) or attach certain contaminants to roots that cannot be absorbed into the stems of plants. These substances will stick closely to the root (stable) and will not be carried away by the flow of water (Munshower et al., 2003; Mendez and Maier 2008). This method can help rebuild vegetation in locations that are contaminated with high metal concentrations (Regvar et al., 2006).

e. Phytovolatilization

Phytovolatilization is a process when plant absorbs heavy metal contaminants and releases them (transpiration) into the air through the leaves and has been degraded beforehand, so that they are no longer dangerous when released into the air (Moreno et al., 2004)

f. Phytotransformation

Phytotransformation is the absorption of heavy metal contaminants by plants to decompose contaminants that have complex molecular chains into harmless materials with molecular arrangements that are simpler and useful for the plant. Phytotransformation process can occur in roots, stems, and leaves and can occur

around the roots with the help of enzymes released by plants to accelerate the degradation process (Ulfah dkk., 2010; Fitriyah dkk., 2013).

One of the requirements in phytoremediation is that hyperaccumulator plants must be able to grow in any land condition, have a tolerance level of contaminants, be able to remediate more than one pollutants, grow fast and be able to consume large amounts of water in a short time. Table 1 shows the species that have been used in phytoremediation.

**Table 1.** The recent reports of Pb phytoremediation

| No. | Species                                                                                           | Applied to | Efficiency                                                                                                                                                                                                                                       | Author                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1.  | Sunflower<br>( <i>Helianthus annuus</i> )                                                         | Arid land  | The EDTA treatment was more effective than other treatments with a Pb absorption efficiency of 5.82%. Meanwhile, the combination treatment of mycorrhizae and EDTA and mycorrhiza with Pb absorption efficiency of 4.10 and 0.39%, respectively, | Sigiro, E. R. P. S., Wibowo, A. N. J., & Murwani, L. I. (2015) |
| 2.  | Samama<br>( <i>Anthocephalus macrophyllus</i> )                                                   | Arid land  | Samama seedlings have the ability to accumulate Pb up to 359.88 mg / kg with a tolerance index above 100%.                                                                                                                                       | Winata, B., Wasis, B., & Setiadi, Y. (2016).                   |
| 3.  | ( <i>Echinodorus palaeifolius</i> )                                                               | Wetland    | Able to absorb lead metals (Pb) from the waste reactor as much as 4.87 mg / kg with a removal percentage of 81.72% and from the control reactor as much as 6.38 mg /kg with an allowance percentage of 86.05%.                                   | Caroline, J., & Moa, G. A. (2015)                              |
| 4.  | Apu-Apu Plant ( <i>Pistia stratiotes</i> )                                                        | Wetland    | Able to absorb Pb of 88.9% in the first reactor with the number of plants 5. While in the second reactor with the number of plants 3 the removal efficiency is 75.9%.                                                                            | Nurfitriana, F. (2019).                                        |
| 5.  | <i>Echinodorus radicans</i> and <i>Pistia stratiotes</i>                                          | Wetland    | <i>Pistia stratiotes</i> is able to regenerate 92.53% and <i>Echinodorus radicans</i> is able to regenerate 89.59%.                                                                                                                              | Perwitasari, P., Handayanto, E., & Rindyastuti, R. (2018)      |
| 6.  | <i>Lemna minor</i> and <i>Ceratophyllum demersum</i>                                              | Wetland    | Aquatic plants are effective in reducing the heavy metal content of lead (Pb) in <i>C. demersum</i> up to 81.1% and <i>L. minor</i> up to 75.5%.                                                                                                 | Irawanto, R. O. N. Y., & Munandar, D. A. (2017).               |
| 7.  | Kiambang Plants<br>( <i>Salvinia molesta</i> )                                                    | Wetland    | Can reduce lead heavy metals (Pb) by kiambang plants with a concentration of 1.75 mg / l after 144 hours is 51.3%. This shows that kiambang plants can be used as phytoremediation agents of Pb heavy metals.                                    | Diliarosta, S. (2018).                                         |
| 8.  | <i>Lidah Mertua</i> ( <i>Sansevieria trifasciata</i> ) and <i>Jengger Ayam</i> ( <i>Celosia</i> ) | Arid land  | The efficiency of absorption of Pb concentrations in the <i>Sansevieria trifasciata</i> control, 200 mg / kg, and 500 mg / kg were 53.70% (127 mg / kg), respectively; 69.10% (201 mg /                                                          | Ratnawati, R., & Fatmasari, R. D. 2018.                        |

|     |                                                                                                                                                                      |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|     | <i>plumosa</i> )                                                                                                                                                     |           | kg); and 70.50% (418 mg / kg). While the control <i>Celosia pulmosa</i> plants, 200 mg / kg, and 500 mg / kg were respectively 22.10% (43 mg / kg); 48.50% (141 mg / kg); and 52.40% (311 mg / kg). <i>Sansevieria trifasciata</i> can absorb Pb higher than the <i>Celosia pulmosa</i>                                                                                                                                                                        |                                                            |
| 9.  | <i>Hanjuang Plant (Cordyline frucosa)</i> , <i>Sambang dara plant (Excoecaria cochiniensis)</i> (Pb) and <i>Lidah mertua plant (Sansevieria trifasciata Prain)</i> . | Arid land | Able to absorb the highest Pb with a value of 2.36 mg.kg-1. day-1, then followed by the <i>Excoecaria cochiniensis</i> with a value of 1.70 mg.kg-1. day-1. The lowest plants that absorb lead metal (Pb) are the in-law of <i>Sansevieria trifasciata</i> Prain with the ability to absorb Pb that is 0.65 mg.kg-1. day-1. The highest absorption efficiency is owned by the <i>Cordyline frucosa</i> by 44.28% and the <i>Excoecaria cochiniensis</i> 31.89% | Haryanti, D., Budianta, D., & Salni, S. (2013).            |
| 10. | <i>Bambu Air Plant (Equisetum hyemale)</i>                                                                                                                           | Wetland   | The decrease in Pb metal content in this study reached 82.2% in the K2S1 treatment (60 plants with a batch system). While the percentage of Cr metal reduction in the K2S2 treatment (60 Stems plants with a continuous system) is 61.2%.                                                                                                                                                                                                                      | Suharto, B., Susanawati, L. D., & Wilistien, B. I. (2011). |

From the reports on Table 1, the right plants to be applied in phytoremediation techniques are (i) selecting plant species that are able to grow quickly in high toxic environmental conditions, (ii) able to consume large amounts of water in a short time and (iii) able to decontaminate or remediate more than one pollutant and has a high level of resistance to pollutants. The types of plants that are used efficiently are spinach plants, grasses and sunflowers. In addition to choosing the right plant species, the addition of chelation agents as the efforts to increase the absorption and ability of plants to accumulate Pb metal. One of the most powerful and commonly used chelating agents is ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA), which forms complexes with many metal contaminants in the natural environment (Dipu et al., 2012).

Ethylene diamine tetraacetic acid is a chelation agent that is capable of chelating heavy metals in the soil. The addition of EDTA chelation agents in plants can increase accumulation in several heavy metals including Pb (Salido et al., 2003; Wu et al., 2004; Gabos et al., 2009; Sun et al., 2009; Farid et al., 2013). Ethylene diamine tetraacetic acid is well known for its excellent ability to recover metals from the soil (25-80%) (Reddy et al., 2011; Wei et al., 2011). Nascimento et al., 2006 investigated that the effects of EDTA chelation agents were effective in reducing Pb concentrations in soils. Seth et al. (2011) explained that the application of EDTA with sunflower plants *Helianthus annuus L.* is able to increase the accumulation of Pb more than (80%) which is cultivated in the hydroponic system. A research conducted by Kos et al. (2003) also showed that EDTA applications with different plant species, such as *Cannabis sativa*, *Medicago sativa*, *Zea mays* and *Vulghum Sorghum* are able to accumulate Pb, Cd and Zn. The use of EDTA

chelation agents is also able to accumulate Pb contaminated soil by more than (81%) (Liu et al., 2020).

Beside EDTA, the adding of compost is also a source of nutrients for plant growth. The use of compost can increase plant growth and biomass. Nutrients provided by compost can increase plant growth and can accelerate the absorption of metals into plants (Noviardi et al., 2015). Further, compost has a role in improving soil aggregate stability, increasing water absorption, and increasing soil cation exchange capacity (Putra et al., 2018). Cow dung extract and poultry dung extract are recommended to increase the metals accumulated by plants because these chelants are able to increase the biomass produced by plants (Sinegani et al., 2008; Sinegani et al. 2015).

Compared with other techniques, phytoremediation has advantages and disadvantages (Dixit et al., 2011; Rahman & Hasegawa 201; Santriya et al., 2013; Patandungan et al., 2014; Elias et al., 2014; Sinulingga et al., 2015; Baharim et al., 2016; Imron, 2018) are shown in Table 2.

**Table 2.** Strengths and weaknesses of the use of phytoremediation techniques.

| No. | Strengths                                                      | Weaknesses                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1.  | The safest way to remediate the environment is by using plants | Requires a long time                                                |
| 2.  | Plants are easily controlled for growth                        | the characteristics of the waste that plants can remove are limited |
| 3.  | Maintaining the natural state of the environment               | The level of toxicity that plants can eliminate is limited          |
| 4.  | Operating costs are relatively cheap                           | Suitability of plants in the waste environment                      |
| 5.  | Plants are easy to breed                                       | Harmful if plants are eaten by animals or insects                   |

From the weaknesses of phytoremediation described in Table 1., it can be concluded that plant species for phytoremediation must be chosen to ensure that roots can expand throughout the contaminated zone. In addition, plant selection in principle must follow application requirements, contaminants of concern, and potential for growth in contaminated locations. Further, vegetation must be fast growing, strong, easy to plant and maintain (Kamath et al., 2004).

Some engineering processes that are currently used to clean up heavy metal pollution are not only expensive but also damage the environment, causing adverse impacts on the ecosystem (Lone et al., 2008). Now, researchers have established a cost-effective and environmentally friendly technology that includes the use of plants/microorganisms to clean up contaminated environments (Wu et al., 2010; Kumar et al., 2017). Various heavy metal decontamination techniques and their advantages and disadvantages are presented in Table 3.

**Table 3.** Strengths and weaknesses of using various heavy metal decontamination techniques.

| No. | Techniques | Strengths                                                                                                                                                                           | Weaknesses                                                                                                                                                                                            | Reference               |
|-----|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1.  | Adsorption | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Effectiveness of several efficient adsorbents over a wide pH range</li> <li>- Easy operating conditions</li> <li>- Commercially</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-low selectivity</li> <li>-produce waste</li> <li>-Some adsorbents are sensitive to pH</li> <li>-The adsorbent regeneration time is relatively long</li> </ul> | Wahyuni et al., (2017). |

|    |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |
|----|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|    |                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>available adsorbents</li> <li>- regeneration ability of the adsorbent used</li> <li>- relatively low cost</li> </ul>                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |
| 2. | Biosorption                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- High efficiency even with low concentrations of biosorbents</li> <li>- Environmentally friendly</li> <li>- Cost effective</li> <li>- short operating time</li> <li>- Ability to handle multiple heavy metals</li> <li>- Fast adsorption and desorption processes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- High temperature</li> <li>- Acidity</li> <li>- The effect of metals on biosorbents affects biosorption</li> </ul>                                                                                                                              | Elfia, M. (2019).       |
| 3  | Biological methods (Bioremediation) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Environmentally friendly</li> <li>- High efficiency</li> <li>- Done on location</li> <li>- Permanently eliminates waste</li> <li>- Reducing long-term</li> <li>- Easy to apply</li> </ul>                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cost not effective</li> <li>- Time-consuming</li> <li>- Depending on environmental parameters</li> <li>- Very specific</li> <li>- The process is sensitive to the level of toxicity</li> <li>- Adjusted to site-specific conditions</li> </ul> | Farida et al., (2016).  |
| 4. | Chemical Method                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Simple operation</li> <li>- High level of selectivity</li> <li>- Can dissolve a lot of metal</li> </ul>                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relatively expensive cost</li> <li>- Causes high amounts of secondary pollution</li> </ul>                                                                                                                                                     | Aziz et al., (2015).    |
| 5. | Phytoremediation                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Economically efficient</li> <li>- Contaminants turn into less toxic substances</li> <li>- Applies to soil, sediment, mud, accelerates the degradation process</li> <li>- Environmentally friendly</li> </ul>                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- The process is slower</li> <li>- The level of contaminant concentration is important</li> <li>- Long-term maintenance</li> </ul>                                                                                                               | Meidina et al., (2019). |

It is possible that applying two or more combined methods can minimize obstacles and achieve higher levels of decontamination. The sequential treatment of one of the physical, chemical, and biological methods may be more effective in phytoremediation. For example, methods such as coagulation followed by photocatalysis and then phytoextraction not only save time but can also help increase the efficiency of contaminant removal. Phytoremediation with soil is considered more suitable for the

microorganism/plant decontamination process. However, this article is merely focus on phytoremediation techniques that have the potential for economically efficient remediation, contaminants turning into less toxic substances, applicable to soil, sediment, mud, accelerating the degradation process and being environmentally friendly.

Phytoremediation has the potential to be applied to various types of substances, including the most severe environmental pollutants such as arsenic contamination in installed chemical weapons land (Feller, 2000). Phytoremediation is a remediation technology that offers the lowest cost compared to the cost of engineering-based methods. The use of phytoremediation can also provide benefits from an economic perspective, where phytoremediation can progressively improve soil quality for plants (Vangronsveld et al., 2009).

Therefore, phytoremediation techniques are needed in the future, considering the intense increase of pollution cases each year especially in Indonesia which has a density of motorized vehicles. Meanwhile, the carrying capacity of land and water resources has declined over time. At least (35%) of Indonesia's territory has been converted to mining areas. This naturally will change Indonesia's landscape and make the potential for pollution even greater in the future (Herlambang et al., 2018).

#### **4. Conclusions**

In general, Pb phytoremediation on arid land technique has advantages and disadvantages. However, the overall review can help us to understand how to choose a process to remediate certain heavy metals based on the duration and efficiency and also able to identify plants that are often used for phytoremediation. Pb phytoremediation is an effective way to restore arid land. Phytoremediation technique has several advantages compared to conventional technology that is commonly used which is relatively safer for the environment due to the plants use, natural environment maintenance, and relatively low operational costs.

## References

- [1] Abou-Shanab, R., Angle, J., Delorme, T., Chaney, R., van Berkum, P., Moawad, H. Ghozlan, H. (2003). *Rhizobacterial effects on nickel extraction from soil and uptake by Alyssum murale*. *New Phytologist*, 158(1), 219–224. doi:10.1046/j.1469-8137.2003.00721.x.
- [2] Al Ramarh Apdy, A. R. (2016). *Kadar Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg) dan Seng (Zn) Pada Tanah Disekitar Rumah Susun Pantai Losari Kota Makassar* (Doctoral dissertation, Univeristas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- [3] Aziz, T., Rizky, A., & Devah, V. (2015). Removal Logam Berat dari Tanah Terkontaminasi dengan Menggunakan Chelating Agent (EDTA). *Jurnal Teknik Kimia*, 21(2), 41-49.
- [4] Baharim, Nor Bakhiah, et al. "The relationship between heavy metals and trophic properties in Sembrong Lake, Johor." *Sains Malaysiana* 45.1 (2016): 43-53.
- [5] Belimov, A. A., Kunakova, A. M., Safronova, V. I., Stepanok, V. V., Yudkin, L. Y., Alekseev, Y. V., & Kozhemyakov, A. P. (2004). Employment of rhizobacteria for the inoculation of barley plants cultivated in soil contaminated with lead and cadmium. *Microbiology*, 73(1), 99-106.
- [6] Burd, G. I., Dixon, D. G., & Glick, B. R. (2000). Plant growth-promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. *Canadian journal of microbiology*, 46(3), 237-245.
- [7] Caroline, J., & Moa, G. A. (2015, October). Fitoremediasi logam timbal (Pb) menggunakan tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*) pada limbah industri peleburan tembaga dan kuningan. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III* (Vol. 3, pp. 733-744).
- [8] Cho-Ruk, K., Kurukote, J., Supprung, P., & Vetayasuporn, S. (2006). Perennial plants in the phytoremediation of lead-contaminated soils. *Biotechnology*, 5(1), 1-4.
- [9] Diliarosta, S. (2018). Fitoremediasi logam timbal (Pb) menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*) pada ambang batas, kualitas air irigasi. *SEMESTA: Journal of Science Education and Teaching*, 1(1), 29-33.
- [10] Dipu, S., Kumar, A. A., & Thanga, S. G. (2012). *Effect of chelating agents in phytoremediation of heavy metals*. *Remediation Journal*, 22(2), 133–146. doi:10.1002/rem.21304.
- [11] Dixit, A., Dixit, S., & Goswami, C. S. (2011). Process and plants for wastewater remediation: a review. *Scientific Reviews and Chemical Communications*, 1(1), 71-77.
- [12] Elfia, M. (2019). Biosorpsi Ion Logam Berat Pb (Ii) Menggunakan Biosorben Batang Pisang Kepok (*Musa Acuminata* Balbisiana Colla). *Klinikal Sains: Jurnal Analis Kesehatan*, 7(2), 76-82.
- [13] Elias, S. H., Mohamed, M. A. K. E. T. A. B., Ankur, A. N., Muda, K., Hassan, M. A. H. M., Othman, M. N., & Chelliapan, S. (2014). Water hyacinth bioremediation for ceramic industry wastewater treatment-application of rhizofiltration system. *Sains Malaysiana*, 43(9), 1397-1403.
- [14] E. Pehlivan, A. M. Özkan, S. Dinç, and S. Parlayici, "Adsorption of Cu<sub>2+</sub> and Pb<sub>2+</sub> ion on dolomite powder," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 167, no. 1–3, pp. 1044–1049, 2009.
- [15] Erakhrumen, A. A., & Agbontalor, A. (2007). Phytoremediation: an environmentally sound technology for pollution prevention, control and remediation in developing countries. *Educational Research and Review*, 2(7), 151-156.

- [16] Farid, M., Ali, S., Shakoor, M. B., Bharwana, S. A., Rizvi, H., Ehsan, S., ... & Hannan, F. (2013). EDTA assisted phytoremediation of cadmium, lead and zinc. *Int J Agron Plant Prod*, 4(11), 2833-2846.
- [17] Farida, A. N. (2016). *Peran Bakteri Bacillus Cereus Dan Pseudomonas Putida Dalam Bioremediasi Logam Berat (Fe, Cu, Dan Zn) Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi-The Function Of Bacillus Cereus And Pseudomonas Putida For Heavy Metals (Fe, Cu And Zn) Bioremediation In Petroleum Contaminated Soil*(Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [18] Feller, K. A. (2000). Phytoremediation of soils and waters contaminated with arsenicals from former chemical warfare installations. *Environmental Science And Pollution Control Series*, 771-786.
- [19] Fernanda, L. (2012). *Studi kandungan logam berat timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) dan kadmium (Cd) pada kerang hijau (Perna viridis) dan sifat fraksionasinya pada sedimen laut*. UIN Alauddin Makassar.
- [20] Fitriyah, A. W., Utomo, Y., & Kusumaningrum, I. K. (2013). Analisis kandungan tembaga (Cu) dalam air dan sedimen di sungai Surabaya. *Skripsi diterbitkan, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang*.
- [21] Gabos, M. B., Abreu, C. A. D., & Coscione, A. R. (2009). EDTA assisted phytoremediation of a Pb contaminated soil: Metal leaching and uptake by jack beans. *Scientia Agricola*, 66(4), 506-514.
- [22] Garbisu, C., & Alkorta, I. (2001). Phytoextraction: a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. *Bioresour technology*, 77(3), 229-236.
- [23] Gaur, A., & Adholeya, A. (2004). Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Current Science*, 528-534.
- [24] Glick, B. R. (2003). Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment. *Biotechnology advances*, 21(5), 383-393.
- [25] Glick, B. R. (2010). Using soil bacteria to facilitate phytoremediation. *Biotechnology advances*, 28(3), 367-374.
- [26] Gusnita, D. (2012). Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Berita Dirgantara*, 13(3).
- [27] Haryanti, D., Budianta, D., & Salni, S. (2013). Potensi beberapa jenis tanaman hias sebagai fitoremediasi logam timbal (Pb) dalam tanah. *Jurnal Penelitian Sains*, 16(2).
- [28] He, Z. L., & Yang, X. E. (2007). Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Zhejiang University Science B*, 8(3), 192-207.
- [29] Herlambang, A., & Suryati, T. (2018). *Teknologi Fitoremediasi Untuk Pemulihan Lahan Tercemar Minyak*.
- [30] Imron. (2018). *Perbaikan Kualitas Air Limbah Domestik dengan Fitoremediasi Menggunakan Kombinasi Beberapa Gulma Air: Studi Kasus Kolam Retensi Talang Aman Kota Palembang* . Tesis.
- [31] Irawanto, R. O. N. Y., & Munandar, D. A. (2017). Kemampuan tumbuhan akuatik Lemna minor dan Ceratophyllum demersum sebagai fitoremediator logam berat timbal (Pb). *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 3(3), 446-452.
- [32] Irhamni, I., Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 1(2).

- [33] Jambon, I., Thijs, S., Weyens, N., & Vangronsveld, J. (2018). Harnessing plant-bacteria-fungi interactions to improve plant growth and degradation of organic pollutants. *Journal of Plant Interactions*, 13(1), 119-130.
- [34] Jamil, A. Q., Pujiati, R. S., & Ellyke. (2015). Perbedaan Penyerapan Logam Pb Pada Limbah Cair Antara Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk), Genjer (*Limnocharis Flava*), dan Semanggi (*Marsilea Drummondii* L) . Artikel Ilmiah Hasil Mahasiswa .
- [35] Kamal, M. (2004). Phytoaccumulation of heavy metals by aquatic plants. *Environment International*, 29(8), 1029–1039. doi:10.1016/s0160-4120(03)00091-6.
- [36] Kamath, R., Rentz, J. A., Schnoor, J. L., & Alvarez, P. J. J. (2004). Phytoremediation of hydrocarbon-contaminated soils: principles and applications. In *Studies in surface science and catalysis* (Vol. 151, pp. 447-478). Elsevier.
- [37] Kumar, B., Smita, K., & Flores, L. C. (2017). Plant mediated detoxification of mercury and lead. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S2335-S2342.
- [38] Kos, B., Greman, H., & Lestan, D. (2003). Phytoextraction of lead, zinc and cadmium from soil by selected plants. *Plant Soil and Environment*, 49(12), 548-553.
- [39] Liu, L., Luo, D., Yao, G., Huang, X., Wei, L., Liu, Y., ... Xiao, T. (2020). Comparative Activation Process of Pb, Cd and Tl Using Chelating Agents from Contaminated Red Soils. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 497. doi:10.3390/ijerph1702049.
- [40] Lone, M. I., He, Z. L., Stoffella, P. J., & Yang, X. E. (2008). Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: progresses and perspectives. *Journal of Zhejiang University Science B*, 9(3), 210-220.
- [41] Makokha, A. O., Mghweno, L. R., Magoha, H. S., Nakajugo, A., & Wekesa, J. M. (2008). Environmental lead pollution and contamination in food around Lake Victoria, Kisumu, Kenya. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2(10), 349-353.
- [42] McCarthy, M. C., Hafner, H. R., & Montzka, S. A. (2006). Background concentrations of 18 air toxics for North America. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(1), 3-11.
- [43] Meidina, R. H., Rosyidah, A., & Murwani, I. (2019). Potensi Beberapa Kultivar Puring (*Codiaeum variegatum* L.) sebagai Fitoremediasi pada Tanah Tercemar Logam Berat Pb (Timbal). *AGRONISMA*, 7(1), 50-60.
- [44] Mendez MO, Maier RM (2008) Phytostabilization of mine tailings in arid and semiarid environments—an emerging remediation technology. *Environ Health Perspect* 116:278–283.
- [45] Merkl, N., Schultze-Kraft, R., & Infante, C. (2005). Phytoremediation in the tropics— influence of heavy crude oil on root morphological characteristics of graminoids. *Environmental Pollution*, 138(1), 86-91.
- [46] Moreno FN, Anderson CWN, Stewart RB, et al (2004) mercury phyto- extraction and phytovolatilisation from hg-contaminated artisanal mine sites. *Phytoremediat Mercur Mine Wastes* 147–159.
- [47] Muthusaravanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J. S., Paramasivan, T., Naushad, M., Prakashmaran, J. & Al-Duaij, O. K. (2018). Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements. *Environmental chemistry letters*, 16(4), 1339-1359.
- [48] Munshower FF, Neuman DR, Jennings SR (2003) phytostabiliza- tion permanence within Montana’ S Clark Fork River Basin superfund sites 1. *Society* 817–847.
- [49] Naria, E. (2005). Mewaspada dampak bahan pencemar timbal (Pb) di lingkungan terhadap kesehatan.

- [50] Nas, F. S., & Ali, M. (2018). The effect of lead on plants in terms of growing and biochemical parameters: a review. *MOJ Eco Environ Sci*, 3(4), 265-268.
- [51] Nascimento, C. W. A., Amarasiriwardena, D., & Xing, B. (2006). Comparison of natural organic acids and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multi-metal contaminated soil. *Environmental Pollution*, 140(1), 114-123.
- [52] Noviardi, R., & Damanhuri, T. P. (2015). Penyerapan logam timbal (Pb) pada tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) dengan variasi penambahan kompos dan limbah batubara pada media tanah. *Ecolab*, 9(2), 60-71.
- [53] Nurfitriana, F. (2019). *Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) menggunakan tanaman Apu-Apu (Pistia Stratiotes) dengan Sistem Kontinyu* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- [54] Patandangan, A., Syamsidar, H. S., & Aisyah, A. A. (2016). Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (*Vetiver zizanioides*) Terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) Pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar. *Al-Kimia*, 4(2), 107-120.
- [55] Patrick, L. (2006). Lead Toxicity, a review of the literature. Part I: Exposure, Evaluation, and treatment. *Alternative medicine review*, 11(1).
- [56] Perada, G. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Besi (Fe) Dan Kobalt (Co) Dengan Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) Pada Media Tanah Berkompos.
- [57] Perwitasari, P., Handayanto, E., & Rindyastuti, R. (2018). PENGGUNAAN *Echinodorus radicans* DAN *Pistia stratiotes* Untuk Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) Serta Pengaruhnya Terhadap Tanaman *Amaranthus tricolor*. (*JTSL Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5(1), 811-817.
- [58] Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 56, 15-39.
- [59] Putra, M. K., Syekhfani, S., & Kusumarini, N. (2018). EKSTRAKSI MERKURI DARI LIMBAH PENGOLAHAN BIJIH EMAS MENGGUNAKAN TANAMAN AKAR WANGI (*Vetiveria zizanioides* L.) DENGAN PENAMBAHAN EDTA DAN KOMPOS. (*JTSL Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5(2), 847-856.
- [60] Rahman, M. A., & Hasegawa, H. (2011). Aquatic arsenic: phytoremediation using floating macrophytes. *Chemosphere*, 83(5), 633-646.
- [61] Rashid A, Mahmood T, Mehmood F et al (2014) Phytoaccumulation, competitive adsorption and evaluation of chelators-metal interaction in lettuce plant. *Environ Eng Manag J* 13:2583–2592.
- [62] Ratna, M. (2007). Fitoremediasi Air Yang tercemar Minyak Pelumas dengan Memanfaatkan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) . Skripsi.
- [63] Ratnawati, R., & Fatmasari, R. D. (2018) Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata*) Dan Jengger Ayam (*Celosia plumosa*).
- [64] Reddy, K. R., Al-Hamdan, A. Z., & Ala, P. (2011). Enhanced soil flushing for simultaneous removal of PAHs and heavy metals from industrial contaminated soil. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 15(3), 166-174.
- [65] Regvar M, Vogel-Mikuš K, Kugonič N et al (2006) Vegetational and mycorrhizal successions at a metal polluted site: Indications for the direction of phytostabilisation? *Environ Pollut* 144:976–984.
- [66] Rosariastuti, M. R., Pramono, A., Ngadiman, N., & Prijambada, I. D. (2012). Peran Rhizobakteri Dalam Fitoekstraksi Logam Berat Kromium Pada Tanaman Jagung. *Ecolab*, 6(1), 38-50.
- [67] Salido, A. L., Hasty, K. L., Lim, J. M., & Butcher, D. J. (2003). Phytoremediation of arsenic and lead in contaminated soil using Chinese brake ferns (*Pteris vittata*) and Indian mustard (*Brassica juncea*). *International Journal of Phytoremediation*, 5(2), 89-103.

- [68] Santriyana, Dery Diah, dkk. 2013. Eksplorasi Tanaman Fitoremediator Aluminium (Al) yang ditumbuhkan pada Limbah Ipa Pdam Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak.
- [69] Seth, C. S., Misra, V., Singh, R. R., & Zolla, L. (2011). EDTA-enhanced lead phytoremediation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hydroponic culture. *Plant and soil*, 347(1-2), 231.
- [70] Sigirowati, E. R. P. S., Wibowo, A. N. J., & Murwani, L. I. (2015). Efektivitas Penyerapan Timbal (Pb) Menggunakan Penambahan Mikoriza Dan EDTA Pada Bunga Matahari (*Helianthus annuus* LINN.). *Yogyakarta. Universitas Atma Jaya*.
- [71] Sinegani, A. S., & Khalilikhah, F. (2008). Phytoextraction of lead by *Helianthus annuus*: effect of mobilising agent application time. *Plant Soil Environ*, 54(10), 434-440.
- [72] Sinegani, A. A. S., Tahmasbian, I., & Sinegani, M. S. (2015). Chelating agents and heavy metal phytoextraction. In *Heavy metal contamination of soils* (pp. 367-393). Springer, Cham.
- [73] Sinulingga, N., Nurtjahja, K., & Karim, A. (2015). Fitoremediasi Logam Merkuri (Hg) Pada Media Air Oleh Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk.). *BioLink*, 2 (1), 75-81.
- [74] Sudarwin, S. (2008). *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang* (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).
- [75] Suharto, B., Susanawati, L. D., & Wilistien, B. I. (2011). Penurunan kandungan logam pb dan cr leachate melalui fitoremediasi bambu air (*Equisetum hyemale*) dan zeolit. *Agrointek*, 5(2), 148-158.
- [76] Sun, Y. B., Zhou, Q. X., An, J., Liu, W. T., & Liu, R. (2009). Chelator-enhanced phytoextraction of heavy metals from contaminated soil irrigated by industrial wastewater with the hyperaccumulator plant (*Sedum alfredii* Hance). *Geoderma*, 150(1-2), 106-112.
- [77] Tangahu, B. V., Sheikh Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, 2011, 1–31. doi:10.1155/2011/939161.
- [78] Teste, F. P., Kardol, P., Turner, B. L., Wardle, D. A., Zemunik, G., Renton, M., & Laliberté, E. (2017). Plant-soil feedback and the maintenance of diversity in Mediterranean-climate shrublands. *Science*, 355(6321), 173-176.
- [79] Tiwari, Seema, I. Prasad Tripathi, and H. L. Tiwari. "Effects of lead on Environment." *International Journal of Emerging Research in Management & Technology* 2.6 (2013): 1-5.
- [80] Ulfah J. Siregar dan Chairil A. Siregar. 2010. Fitoremediasi: Prinsip dan Prakteknya Dalam Restorasi Lahan Paska Tambang di Indonesia, Southeast Asian Regional Center for Tropical Biology, Bogor, Indonesia.
- [81] van der Heijden, M. G., & Hartmann, M. (2016). Networking in the plant microbiome. *PLoS Biology*, 14(2), e1002378.
- [82] Vangronsveld, J., Herzig, R., Weyens, N., Boulet, J., Adriaensen, K., Ruttens, A., ... & van der Lelie, D. (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research*, 16(7), 765-794.
- [83] Venturi, V., & Keel, C. (2016). Signaling in the rhizosphere. *Trends in plant science*, 21(3), 187-198.
- [84] Wahyu, Widowati, A. Sastiono, dan R. Jusuf. *Efek Toksik Logam*. Bandung: Andi Yogyakarta, 2008.

- 
- [85] Wahyuni, S., Ningsih, P., & Ratman, R. (2017). Pemanfaatan Arang Aktif Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra* L.) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Jurnal Akademika Kimia*, 5(4), 191-196.
- [86] Wei, J., Tao, T., & Zhi-Ming, L. (2011). Removal of heavy metal from contaminated soil with chelating agents. *Open Journal of Soil Science*, 2011.
- [87] Weyens, N., van der Lelie, D., Taghavi, S., Newman, L., & Vangronsveld, J. (2009). Exploiting plant-microbe partnerships to improve biomass production and remediation. *Trends in biotechnology*, 27(10), 591-598.
- [88] Whiting, S. N., de Souza, M. P., & Terry, N. (2001). Rhizosphere bacteria mobilize Zn for hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens*. *Environmental Science & Technology*, 35(15), 3144-3150.
- [89] Wu, G., Kang, H., Zhang, X., Shao, H., Chu, L., & Ruan, C. (2010). A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: issues, progress, eco environmental concerns and opportunities. *Journal of Hazardous Materials*, 174(1-3), 1-8.
- [90] Wu, L. H., Luo, Y. M., Xing, X. R., & Christie, P. (2004). EDTA-enhanced phytoremediation of heavy metal contaminated soil with Indian mustard and associated potential leaching risk. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102(3), 307-318.
- [91] Wulff, B. B., Horvath, D. M., & Ward, E. R. (2011). Improving immunity in crops: new tactics in an old game. *Current opinion in plant biology*, 14(4), 468-476.
- [92] Winata, B., Wasis, B., & Setiadi, Y. (2016). Studi Adaptasi Samama (*Anthocephalus Macrophyllus*) Pada Berbagai Konsentrasi Timbal (Pb). *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 6(2), 211-211.

## **BAB IV**

### **PENUTUP**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Prodi Teknik Lingkungan yang telah mengapresiasi dan mendukung kegiatan konferensi. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada penyelenggara *International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry* (ICSTSI) 2020 yang telah memberikan penghargaan “The Most of Favorite Poster Presentation”.



# LAMPIRAN I

## Virtual Conference

### Conference on Science and Technology for Sustainable Industry (ICSTSI) 2020



**August 6<sup>th</sup>-7<sup>th</sup> 2020**  
**VIRTUAL CONFERENCE**

## International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry

"Emerging Science and Technology as A Solution for Global Challenge on Research and Technology Based on Sustainable Resources"



**Dr. Ir. Doddy Rahadi, MT**  
Ministry of Industry,  
Indonesia



**Prof. Shinso Yokota**  
Utsunomiya University, Japan



**Prof. Dr. Is Fatimah**  
The Islamic University of Indonesia  
(UII)



**Mukhlis Bahrainy**  
CEO Pachira Group



**Prof. Dr. Ir. Umar Santoso, M.Sc.**  
Faculty of Agricultural Technology  
Gadjah Mada University



**Assoc. Prof. Dr. Azlan Kamari**  
Universiti Pendidikan Sultan Idris Malaysia

### SCOPES

1. Materials and Applied Chemistry
2. Wood and Non Wood Forest Products Technology
3. Food, Cosmetics and Medicines
4. Analysis and Methods Validation, Industrial Process Optimization, & Manufacturing Science and Technology
5. Biorefinery, Bioenergy, and Renewable Energy & Biotechnology
6. Waste Treatment and Environmental Management

### IMPORTANT DATES

|                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| • Abstract Submission Deadline     | <b>7 June 2020</b>     |
| • Abstract Acceptance Notification | <b>15 June 2020</b>    |
| • Full Paper Submission            | <b>8 July 2020</b>     |
| • Conference Event                 | <b>6-7 August 2020</b> |
| • Early Bird Registration          | <b>22 June 2020</b>    |
| • Final Registration and Payment   | <b>23 July 2020</b>    |

### REGISTRATION FREE

| Oral / Poster Presenter         | Early Bird                                             | Normal                   |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------|
| - Non Students                  | Rp 600.000,-/\$60                                      | Rp 1.000.000,-/\$100     |
| - Students                      | Rp 500.000,-/\$50                                      | Rp 900.000,-/\$90        |
| - Additional Paper Presentation | Rp 300.000,-/\$30                                      | Rp 500.000,-/\$50        |
| <b>Participant</b>              | <b>Rp 250.000,-/\$30</b>                               | <b>Rp 500.000,-/\$50</b> |
| <b>Publication</b>              | Rp 1.600.000,-/\$160<br>As required from the publisher |                          |
| - IOP Proceeding                |                                                        |                          |
| - Other media                   |                                                        |                          |

### PUBLICATION

All selected paper will be published in one of our publishing partner\*:

1. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Scopus indexed)
2. Agrivita Journal of Agricultural Science (Scopus indexed, Q3, Sinta 1)
3. Indonesian Journal of Chemistry (Scopus indexed, Q3, Sinta 1)
4. Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri/JRTPI (Sinta 2)
5. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan/JRIHH (Sinta 2)
6. ISBN Proceeding

\*with additional charge

### CONTACT

For valid information and updates, please visit our website or contacts below:

Email : [brsbb-conferences@kemenperin.go.id](mailto:brsbb-conferences@kemenperin.go.id)  
 Website : [brsbb-conferences.kemenperin.go.id](http://brsbb-conferences.kemenperin.go.id)  
 Office : The Institution of Research and Standardization of Industry Banjarbaru  
 Jalan Panglima Batur Barat No. 2 Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70711 Indonesia

Phone : +62-511-4774861  
 Mobile/WA : Evi (+62819-3377-0550)  
 Utami (+62811-5031-7711)  
 Sunardi (+62818-0936-2734)  
 Dewa (+62822-5499-3919)











**JURNAL RISET INDUSTRI HASIL HUTAN**

### PAYMENT

Payment can be made through account :

Bank : BNI  
 Branch : Banjarbaru  
 Name : ICSTSI COMMITTEE  
 Account No. : 0899188114  
 Swift Code : BNINIDJAXX

### DATE & VENUE

The conference will be held on August 6<sup>th</sup>-7<sup>th</sup> 2020.  
 Due to COVID-19 pandemic, the ICSTSI will be conducted online (Virtual Conference).

Hosted in Collaboration




Supported by :




## LAMPIRAN II

### PENERIMAAN ABSTRAK



#### International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry

"Emerging Science and Technology as A Solution for Global Challenge  
on Research and Technology Based on Sustainable Resources"

Banjarbaru, June 15, 2020

No : B-095/ICSTSI/Baristand-Banjarbaru/LB/VI/2020  
Subject : Abstract Acceptance

Dear Rini Zalsa Nabila Pamela, (F-37)  
Departement of Environmental Engineering  
Faculty of Science and Technology  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

We are pleased to inform you that based on your abstract that you have submitted, your article titled "A Review: Future Directions of Pb Phytoremediation on Arid Land" has been accepted to be presented in The 1st International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry for a poster presentation.

Please send your full article through our website (<https://brsbb-conferences.kemenperin.go.id/full-paper-submission/>) by July 8, 2020. The format of your article should refer to our template that you can download from our website. Please be aware that this deadline is a very firm one in order to ensure that the proceedings are available in time and can be published within this year. There will be no deadline extension for the full paper submission.

We will only publish the articles being presented at the conference. The media publication in which your article would be published would be decided based on the result of the review from our Scientific Committee. This result will be announced after the date of the conference.

Please finalize your payment for the registration fee of the conference by June 22, 2020, to have an early bird fee. Regular fees will be applied to payment made after June 22 to July 23, 2020. Payment should be made by bank transfer to this account below:

Bank : BNI Banjarbaru (Swift Code: BNINIDJXXX)  
Account Number : 0899-188-114  
Account Name : ICSTSI COMMITTEE  
(Please send a confirmation of your proof of payment to: <https://bit.ly/PaymentICSTSI>)

If you have further inquiries or questions, please do not hesitate to contact us.

We are looking forward to seeing you at the conference. Your submission to our conference is highly appreciated, and we would like to extend our warm congratulations on the acceptance of your paper.

On behalf of the ICSTSI Committee,

Dr. Nazarni Rahmi

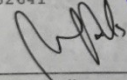
**LAMPIRAN III**  
**Bukti Administrasi ICSTSI 2020**

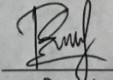
**BNI**

82641 157798 001010 01 22/06/2020 09:48:00 **Bukti Setoran Tunai**

SETOR TUNAI  
899188114 ICSTSI COMMITTEE IDR 500.000,00  
TERBILANG : LIMA RATUS RIBU RUPIAH  
PENYETOR : RINI ZALSA NABILA PAMELA , KTP NO. 1117074503980002  
BIAYA : BEBAS BIAYA  
BERITA: -  
SUMBER DANA: -  
TUJUAN TRANSAKSI: -  
5 - BANDA

5-82641

(  )  
Teller

(  )  
Penyeter

Dengan ditandatanganinya Bukti Setoran Tunai ini, maka Penyeter setuju atas data transaksi yang tertera pada Bukti Setoran Tunai dan membebaskan BNI serta pegawainya atas tuntutan berupa apapun dari pihak manapun.



**LAMPIRAN IV**  
**Pengiriman Makalah**

Thank you for your fullpapper submission.

|                                                     |                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Presenter Name<br/>(for the<br/>certificate)</b> | Rini Zalsa Nabila Pamela                                                                              |
| <b>Email address</b>                                | <a href="mailto:rinizalsanabilapamela0@gmail.com">rinizalsanabilapamela0@gmail.com</a>                |
| <b>Institution</b>                                  | Departement of Environmental Engineering, Faculty of Science and Technology, UIN Ar-Raniry Banda Aceh |
| <b>Title of Manuscript</b>                          | PHYTOREMEDIATION OF LEAD ON ARID LAND: A REVIEW                                                       |
| <b>Topic</b>                                        | Waste treatment and environmental management                                                          |
| <b>Publication Preference (1st choice)</b>          | IOP Conference Series MSE                                                                             |
| <b>Publication Preference (2nd choice)</b>          | Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (JRTPPI)                                        |
| <b>Fullpaper</b>                                    | <a href="#">File 1</a>                                                                                |

## LAMPIRAN V

### Konfirmasi Presenter



#### International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry

"Emerging Science and Technology as A Solution for Global Challenge  
on Research and Technology Based on Sustainable Resources"

Banjarbaru, July 30, 2020

No : B-345/ICSTSI/Baristand-Banjarbaru/LB/VII/2020  
Subject : Announcement

Dear participant,

We would like to warmly congratulate you on your manuscript that has been accepted for a presentation at ICSTSI 2020.

Regarding the conference, we would like to ask you to confirm your attendance at the conference by filling in the attendance form in the ICSTSI website, or you can also access the form through the following link [https://bit.ly/ICTSI\\_presenter\\_confirmation](https://bit.ly/ICTSI_presenter_confirmation).

Please send your oral presentation material and/ or posters immediately, by **August 1, 2020**, through the website or the following link <https://bit.ly/OralPosterICSTSI>.

If you haven't done it yet, please send your full paper to <https://bit.ly/FullpaperICSTSI> by **August 1, 2020**.

We also invite you to take part in the rehearsal which will be held on **Tuesday, August 4, 2020, at 10.00 – 11.00 WITA (GMT+8)**. The rehearsal would be conducted in a Zoom Meeting. The information needed to log in to the said Zoom meeting is as follows:

Meeting ID : **857 0403 5313**

Passcode : **04082020**

Username format : **Participant Code\_Name\_Institution**

Thank you very much and we are looking forward to your presence at the conference!

On behalf of the ICSTSI  
Committee,

**ICSTSI**  
2020

International Conference on Science  
and Technology for Sustainable Industry

Dr. Nazarni Rahmi

## LAMPIRAN VI

### Dokumentasi



Pembukaan dan Pengumuman Oleh Ibu Ratri Yuli Lestari, S.Hut., M.Env., pada kegiatan ICSTSI 2020



Narasumber kunci 4 oleh Bapak Assoc. Prof. Dr. Azlan Kamari, University Pendidikan Sultan Idris, Malaysia.

**LAMPIRAN VII**  
**Sertifikat ICSTSI 2020**



**Sertifikat Poster Terfavorit ICSTSI 2020**



## LAMPIRAN VIII MAKALAH BAHASA INDONESIA

### REVIEW: TEKNIK FITOREMEDIASI LOGAM BERAT Pb pada LAHAN KERING

Rini Zalsa Nabila Pamela, Abdullah Mujahid Hamdan, dan Husnawati Yahya

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry  
Banda Aceh

[rinizalsanabilapamela0@gmail.com](mailto:rinizalsanabilapamela0@gmail.com)

**Abstrak.** Logam berat Pb merupakan salah satu logam berat non esensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu pencemaran lingkungan yang dapat terjadi ialah pencemaran pada tanah. Keadaan bahan kimia yang masuk ke dalam tanah dapat merubah keadaan lingkungan tanah yang alami. Sementara itu, tanah merupakan salah satu faktor pendukung penting dalam kehidupan makhluk hidup. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk pembenahan lingkungan yang tercemar dari zat pencemar adalah dengan menggunakan metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah suatu proses yang memanfaatkan berbagai macam tanaman untuk memperbaiki, memulihkan ataupun mengurangi zat kontaminan dalam tanah. Makalah ini untuk menganalisis kemampuan dan efesiensi dari teknik fitoremediasi untuk menghilangkan logam berat Timbal (Pb) dari lahan kering yang tercemar.

Kata Kunci: Fitoremediasi, Pb, Lahan Kering

#### 1. Pendahuluan

Salah satu pencemaran lingkungan yang dapat terjadi ialah pencemaran pada tanah. Bahan kimia yang masuk ke dalam tanah akan merubah keadaan lingkungan tanah alami. Sementara itu, tanah merupakan salah satu faktor pendukung penting dalam kehidupan makhluk hidup. Tanah memiliki peran yang penting untuk siklus materi ataupun ekologi. Akan tetapi, pencemaran tanah yang disebabkan oleh faktor alam maupun aktivitas manusia sangat sulit untuk dihindari. Banyak zat pencemar yang dapat mencemari lingkungan salah satunya

logam berat (Gaur dkk., 2004; Tiwari dkk., 2013; Patandungan dkk., 2016; Apdy, 2016). Faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena sifat logam berat yang tidak dapat terurai (non degradable) (Garbisu and Alkorta, 2001). ). Salah satu logam berat yang dapat berpotensi menjadi racun jika berada dalam tanah dengan konsentrasi berlebih adalah Timbal (Pb) (Juhaeti dkk., 2005; McCarthy dkk., 2006; Patrick, 2006; Apdy, 2016; Nurfitriana, 2016).

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat non-esensial (Nas dkk., 2018) yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, artinya sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup (Naria, 2005; Wahyu dkk., 2008; Sudarwin, 2008; Fernanda, 2012; Caroline dkk., 2015; Nurfitriana, 2019).

Adapun upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh logam berat Pb yaitu dengan menggunakan proses fitoremediasi. Fitoremediasi adalah suatu teknik yang memanfaatkan berbagai macam tanaman untuk memperbaiki, memulihkan ataupun mengurangi zat kontaminan dalam tanah (Ratna, 2007; Patandungan dkk., 2014; Jamil, 2015; Irahmani dkk., 2017; Irawanto dkk., 2017).

Fitoremediasi merupakan teknologi yang dianggap lebih murah dan efektif. Karena kehandalannya, fitoremediasi dapat menggantikan teknologi lain yang sejauh ini dianggap mahal dan tidak optimum dalam menghilangkan logam berat dari lingkungan (Tangahu dkk., 2011). Makalah ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan dan efisiensi dari teknik fitoremediasi untuk menghilangkan logam berat Pb pada lahan kering.

## **2. Logam Berat Timbal (Pb)**

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang beracun bagi manusia. Pb adalah logam berat yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi. Pb juga berasal dari kegiatan antropogenik. Bahkan, di dalam lingkungan timbal dari

kegiata antropogenik 300 kali lebih banyak dibandingkan Pb litognik. Pb memiliki nomor atom 82, berat atom 207,19, dan berat jenis 11,34, warna kebiruan atau abu-abu keperakan dengan titik leleh  $327,5^{\circ}\text{C}$  dan titik didih pada tekanan atmosfer  $1740^{\circ}\text{C}$  (Tahangu dkk., 2011). Pb memiliki titik lebur rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif, sehingga bisa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan (Naria, 2005; Wahyu dkk., 2008; Sudarwin, 2008; Fernanda, 2012; Caroline dkk., 2015; Nurfitriana, 2019).

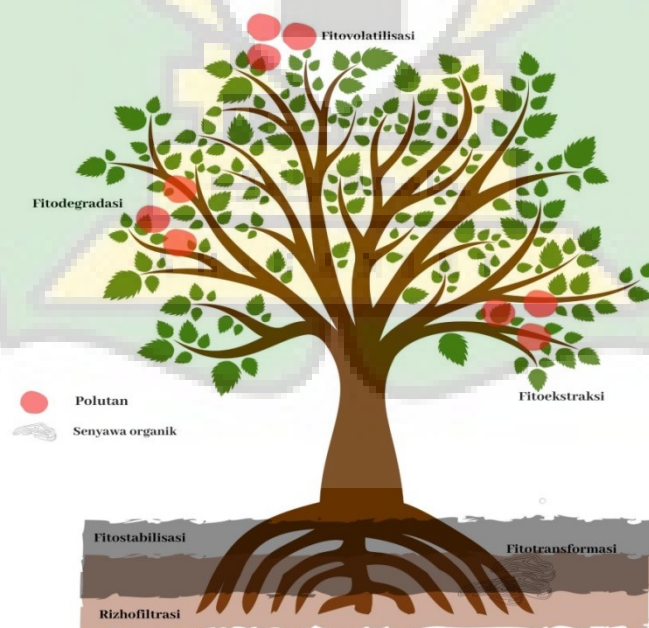
Timbal merupakan senyawa yang sangat beracun bagi manusia apabila terkontaminasi dalam jumlah melebihi ambang batas. Timbal memiliki sifat yang tidak dapat terurai secara alami sehingga sangat berbahaya pada sistem biologis. Timbal juga memiliki sifat yang sangat sukar terlarut di lingkungan. Sehingga bila Pb masuk ke dalam tubuh dalam konsentrasi yang melebihi ambang batas, akan menimbulkan masalah kesehatan serius bagi manusia. Gangguan kesehatan dan bahaya yang dapat ditimbulkan antara lain kerusakan otak dan keterbelakangan mental. Seorang anak memakan makanan yang mengandung  $250\text{ }\mu\text{g}$  Pb, yaitu hampir dua kali batas asupan maksimum per hari, maka anak tersebut akan menunjukkan gejala hiperaktif, mudah bosan, mudah terpengaruh, sulit berkonsentrasi terhadap lingkungannya termasuk pada pelajaran dan akan mengalami gangguan pada masa dewasanya nanti serta akan mengalami keracunan timbal bila ia mengonsumsi timbal sekitar  $0,2$  sampai  $2\text{ mg/hari}$  (Makokha dkk., 2008; Gusnita, 2012). Selain itu, timbal tidak hanya berbahaya bagi manusia, namun juga berbahaya bagi mikroorganisme, tumbuhan dan hewan (Cho-ruk dkk., 2006).

Masuknya Pb ke dalam tubuh dapat melalui beberapa sumber, baik udara, air dan tanah. Adapun ambang batas Pb dianggap aman di dalam tanah adalah  $0.07\text{ }\mu\text{g/g}$ . Timbal yang ada di dalam tanah sebagian besar bersumber dari kendaraan bermotor. Beberapa studi melaporkan bahwa, daerah-daerah dekat jalan raya di lingkungan urban telah mengalami pencemaran yang serius. Selanjutnya, Pb yang ada di jalan akan mengalami transportasi dan distribusi pada tanah disekitarnya, termasuk lahan pertanian. Agar Pb di dalam tanah tidak

mengancam kesehatan lingkungan, perlu dilakukan upaya remediasi untuk menghilangkan Pb dari dalam tanah. Berbagai teknik telah diusulkan, termasuk dengan teknik fitoremediasi. Fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani yaitu phyto yang berarti tumbuhan/tanaman dan remediation yang berarti memperbaiki, mengurangi ataupun memulihkan. Jadi fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk memperbaiki, mengurangi ataupun memulihkan lahan yang tercemar berbagai polutan (Ratna, 2007; Erakhrumen dkk., 2007; Patandungan dkk., 2014; Jamil, 2015; Irhamni dkk., 2017; Irawanto dkk., 2017).

### 3. Fitoremediasi

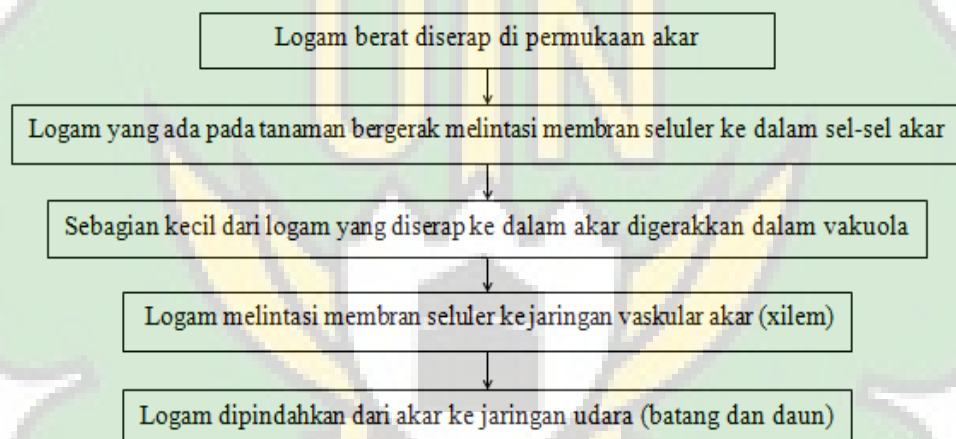
Fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi yang memanfaatkan tanaman tertentu untuk memulihkan lingkungan yang terkontaminasi dari kontaminan berbahaya untuk meningkatkan kualitas lingkungan. Fitoremediasi dapat diklasifikasikan berdasarkan proses penyerapan dan penghilangan logam, yaitu fitoekstraksi, rizhofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi dan fitovolatilisasi (Prasad, 2003; Pilon-Smits, 2005; .Ulfah dkk., 2010; Fitriyah dkk., 2013). Definisi masing-masing proses adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.** Proses Fitoremediasi

## 1. Fitoekstraksi

Fitoekstraksi atau disebut juga fitoakumulasi adalah penyerapan logam berat oleh akar tanaman dan mengakumulasi logam-logam berat yang sudah diserap ke bagian-bagian tanaman seperti akar, batang dan daun (Erdei dkk., 2005; Erakhrumen dkk., 2007; Rashid dkk., 2014). Metode ini banyak digunakan untuk limbah logam (Kamal et al. 2004). Pada metode ini komponen akar merupakan hal yang sangat penting untuk meningkatkan kapasitas penyerapan tanaman pada limbah di lingkungan (Merkl dkk., 2005). Adapun proses penyerapan logam berat oleh tanaman dapat dilihat pada skema Gambar 2. (He dkk., 2007).



**Gambar 2.** Proses penyerapan logam berat pada tanaman

## 2. Rhizofiltrasi

Proses rhizofiltrasi dengan memanfaatkan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam dari aliran limbah (Ulfah dkk., 2010; Fitriyah dkk., 2013). Rhizobakteri merupakan bakteri yang terdapat pada proses rhizofiltrasi. Rhizobakteri mampu meningkatkan serapan Pb di dalam jaringan tanamannya (fitoekstraksi) dan beberapa lainnya mampu menurunkan serapan (fitostabilisasi) (Rosariastuti dkk., 2012). Rhizobakteri memiliki mekanisme yang dapat menyebabkan perubahan ketersediaan unsur logam dalam tanah sehingga logam menjadi

lebih mudah atau sukar diserap oleh tanaman. Rhizobakteri dapat berinteraksi secara simbiotik dengan akar untuk meningkatkan potensi serapan logam (Burd dkk., 2000).

### 3. Fitodegradasi

Fitodegradasi adalah proses penguraian zat-zat kontaminan (logam berat) pada limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroba dan enzim seperti dehidrogenase dan oksigenasi yang berada di sekitar akar tumbuhan (Muthusaravanan dkk., 2018). Peranan bakteri rhizosfer (rhizobakteri) yang terdapat pada akar dapat mengurai senyawa organik ataupun anorganik (Whiting dkk., 2001). Rhizobakteri sangat berperan dalam pertumbuhan tanaman pada proses teknik fitoremediasi (Abou-Shanab dk., 2003; Glick, 2003; Belimov dkk., 2004; Weyens dkk., 2009; Glick, 2010; Jambon dkk., 2018). Bakteri dapat ditemukan hidup di permukaan tanaman atau di dalam tanaman (Wulff dkk., 2011). Sebagian besar mikroorganisme yang hidup di permukaan tanaman berada di dekat permukaan akar (rhizoplane) dan zona sempit di sekitar akar (rhizosfer) atau di permukaan daun (filosfer). Bakteri yang menguntungkan dapat menghasilkan fitohormon yang memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta mendorong toleransi terhadap tekanan lingkungan (Va dkk., 2016; Teste dkk., 2017).

Adapun proses penguraian logam berat pada proses fitoremediasi tergantung pada interaksi antara tanah, logam berat, bakteri, dan tanaman. Interaksi kompleks ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti karakteristik dan aktivitas tanaman, rhizobakteria, kondisi iklim, sifat tanah, dll.

### 4. Fitostabilisasi

Fitostabilisasi adalah kemampuan tanaman dalam mengeluarkan (eksresi) suatu zat senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi logam berat di daerah akar (rhizosfer) atau penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak dapat terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut akan menempel erat pada akar (stabil) dan tidak akan terbawa oleh aliran air

(Munshower dkk., 2003; Mendez dan Maier 2008). Metode ini dapat membantu membangun kembali vegetasi di lokasi yang terkontaminasi dengan konsentrasi logam tinggi (Regvar dkk., 2006).

#### 5. Fitovolatilisasi

Fitovolatilisasi adalah tanaman menyerap zat kontaminan logam berat dan melepaskannya (transpirasi) ke udara lewat daun dan sudah mengalami degradasi terlebih dahulu sehingga tidak lagi berbahaya jika dilepaskan ke udara (Moreno dkk., 2004).

#### 6. Fitotransformasi

Fitotransformasi adalah penyerapan zat-zat kontaminan logam berat oleh tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang memiliki rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana dan berguna untuk tumbuhan tersebut. Proses fitotransformasi dapat terjadi pada akar, batang, dan daun serta dapat terjadi pada sekitar akar dengan adanya bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tanaman untuk mempercepat proses degradasi (Ulfah dkk., 2010; Fitriyah dkk., 2013; Zulkoni dkk., 2017).

Salah satu syarat dalam fitoremediasi adalah tanaman hiperkumulator harus mampu tumbuh pada kondisi lahan manapun, memiliki tingkat toleransi terhadap zat kontaminan, mampu meremediasi lebih dari satu polutan, cepat tumbuh serta mampu mengkonsumsi air dalam jumlah banyak pada waktu yang singkat. Tabel 1 menunjukkan spesies yang telah digunakan dalam fitoremediasi pada penelitian terdahulu.

**Tabel 1.** Penelitian Terdahulu

| No | Spesies                                                  | di aplikasi kan pada | Efesiensi                                                                                                                                                                                                                     | Author                                                         |
|----|----------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1. | Bunga Matahari ( <i>Helianthus annuus</i> )              | Lahan Kering         | Perlakuan EDTA lebih efektif dari perlakuan lainnya dengan efisiensi serapan Pb sebesar 5,82%. Sedangkan perlakuan kombinasi mikoriza dan EDTA dan mikoriza dengan efisiensi serapan Pb masing-masing sebesar 4,10 dan 0,39%, | Sigiro, E. R. P. S., Wibowo, A. N. J., & Murwani, L. I. (2015) |
| 2. | Samama ( <i>Anthocephalus macrophyllus</i> )             | Lahan kering         | Semai samama memiliki kemampuan mengakumulasi Pb hingga 359.88 mg/kg dengan indeks toleransi di atas 100%.                                                                                                                    | Winata, B., Wasis, B., & Setiadi, Y. (2016).                   |
| 3. | Tanaman Melati Air ( <i>Echinodorus palaeifolius</i> )   | Lahan Basah          | Tanaman melati air mampu menyerap logam timbal (Pb) dari reaktor limbah sebanyak 4,87 mg/kg dengan persentase penyisihan 81,72 % dan dari reaktor kontrol sebanyak 6,38 mg/kg dengan persentase penyisihan 86,05 %.           | Caroline, J., & Moa, G. A. (2015)                              |
| 4. | Tanaman Apu-Apu ( <i>Pistia stratiotes</i> )             | Lahan Basah          | Tanaman apu- apu ( <i>Pistia stratiotes</i> ) mampu menyerap Pb sebesar 88.9% pada reaktor pertama dengan jumlah tanaman 5. Sedangkan pada reaktor kedua dengan jumlah tanaman 3 efisiensi removalnya sebesar 75,9%           | Nurfitri ana, F. (2019).                                       |
| 5. | <i>Echinodorus radicans</i> dan <i>Pistia stratiotes</i> | Lahan Basah          | <i>Pistia stratiotes</i> mampu meremoval sebesar 92,53% dan <i>Echinodorus radicans</i> mampu meremoval 89,59%.                                                                                                               | Perwitasari, P., Handayanto, E., & Rindyastuti, R. (2018)      |
| 6. | <i>Lemna minor</i> dan <i>Ceratophyllum</i>              | Lahan Basah          | Tumbuhan akuatik efektif menurunkan kandungan logam berat timbal (Pb) pada                                                                                                                                                    | Irawanto, R. O. N. Y., & Munandar,                             |

|    |                                                                                                                                                                      |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|    | <i>demersum</i> Lahan                                                                                                                                                |              | <i>C. demersum</i> hingga 81,1% dan <i>L. minor</i> hingga 75,5%.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | D. A. (2017).                                   |
| 7. | Kiambang ( <i>Salvinia molesta</i> )                                                                                                                                 | Lahan Basah  | Tanaman kiambang mampu menurunkan logam berat timbal (Pb) oleh tanaman kiambang dengan konsentrasi 1,75 mg/l setelah waktu 144 jam adalah 51,3 %. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman kiambang dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi logam berat Pb.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Diliarosta, S. (2018).                          |
| 8. | Lidah Mertua ( <i>Sansevieria trifasciata</i> ) dan Jengger Ayam ( <i>Celosia plumosa</i> )                                                                          | Lahan Kering | Efisiensi penyerapan konsentrasi Pb pada tanaman lidah mertua ( <i>Sansevieria trifasciata</i> ) kontrol, 200 mg/kg, dan 500 mg/kg secara berturut-turut adalah 53,70% (127 mg/kg); 69,10% (201 mg/kg); dan 70,50% (418 mg/kg). Sementara pada tanaman jengger ayam ( <i>Celosia pulmosa</i> ) kontrol, 200 mg/kg, dan 500 mg/kg berturut-turut adalah 22,10% (43 mg/kg); 48,50% (141 mg/kg); dan 52,40% (311 mg/kg). Tanaman lidah mertua ( <i>Sansevieria trifasciata</i> ) dapat menyerap Pb lebih tinggi daripada tanaman jengger ayam ( <i>Celosia pulmosa</i> ). | Ratnawati, R., & Fatmasari, R. D. 2018.         |
| 9. | Tanaman Hanjuang ( <i>Cordyline fruticosa</i> , Tanaman Sambang Dara ( <i>Excoecaria cochinchensis</i> ) dan Tanaman Lidah Mertua ( <i>Sansevieria trifasciata</i> ) | Lahan Kering | Mampu menyerap Pb paling tinggi dengan nilai 2,36 mg.kg-1.hari-1, kemudian diikuti oleh tanaman Sambang Dara ( <i>Excoecaria cochinchensis</i> ) dengan nilai 1,70 mg.kg-1.hari-1. Tanaman yang paling rendah menyerap logam timbal (Pb) adalah tanaman Lidah Mertua ( <i>Sansevieria trifasciata</i> Prain) dengan nilai ke- mampuan                                                                                                                                                                                                                                  | Haryanti, D., Budianta, D., & Salni, S. (2013). |

|     |                                        |             |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                            |
|-----|----------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|     | <i>Prain</i> ).                        |             | menyerap Pb yaitu 0,65 mg.kg-1.hari-1. Efisiensi penyerapan tertinggi dimiliki oleh tanaman hanjuang ( <i>Cordyline fruticosa</i> ) sebesar 44,28% dan tanaman sambang dara ( <i>Excoecaria cochinchinensis</i> ) 31,89 %.                           |                                                            |
| 10. | Bambu Air ( <i>Equisetum hyemale</i> ) | Lahan Basah | Penurunan kadar logam Pb pada penelitian ini mencapai 82,2% pada perlakuan K2S1 (tanaman 60 batang dengan sistem batch). Sedangkan persentase penurunan logam Cr pada perlakuan K2S2 (tanaman 60 Batang dengan sistem kontinyu) yaitu sebesar 61.2%. | Suharto, B., Susanawati, L. D., & Wilistien, B. I. (2011). |

Dari beberapa laporan diatas, tanaman yang tepat untuk diterapkan dalam teknik fitoremediasi yaitu (i) memilih spesies tanaman yang mampu tumbuh dengan cepat pada kondisi lingkungan yang mengandung toksik yang tinggi, (ii) mampu mengonsumsi air pada jumlah yang banyak dalam waktu yang singkat dan (iii) mampu mendekontaminasi atau meremediasi lebih dari satu polutan dan memiliki tingkat resistensi yang tinggi terhadap polutan.

Adapun upaya yang dapat meningkatkan penyerapan dan kemampuan tanaman untuk mengakumulasi logam Pb yaitu dapat melakukan penambahan Agen Khelasi. Salah satu agen khelasi yang paling kuat dan umum digunakan adalah etilen diamina tetra asam asetat (EDTA) (Dipu dkk., 2012).

EDTA (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid) merupakan salah satu agen khelasi yang mampu mengkhelat logam berat dalam tanah. Penambahan agen khelasi EDTA pada tanaman dapat meningkatkan akumulasi pada beberapa logam berat termasuk Pb (Salido dkk., 2003; Wu dkk., 2004; Gabos dkk., 2009; Sun dkk., 2009; Farid dkk., 2013). (Nascimento dkk., 2006) meneliti bahwa efek agen khelasi EDTA efektif dalam menurunkan konsentrasi Pb dalam tanah. (Sigiro dkk., 2015) menjelaskan bahwa aplikasi EDTA dengan tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) mampu meningkatkan akumulasi Pb sebesar 5,82%.

Selain penambahan EDTA, penambahan kompos juga sebagai sumber hara bagi pertumbuhan tanaman. Penggunaan kompos mampu meningkatkan pertumbuhan dan biomasa tanaman. Unsur hara yang diberikan oleh kompos selain untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman juga mampu mempercepat penyerapan logam ke tanaman (Noviardi dkk., 2015). Kompos juga mempunyai peranan dalam memperbaiki stabilitas agregat tanah, meningkatkan daya serap air, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Putra dkk., 2018). Seperti ekstrak kotoran sapi dan ekstrak kotoran unggas, disarankan untuk meningkatkan logam yang diakumulasi oleh tanaman karena chelant ini mampu meningkatkan biomassa yang dihasilkan oleh tanaman (Sinegani dkk., 2008; Sinegani dkk. 2015).

Dibandingkan dengan teknik lain, fitoremediasi memiliki keunggulan dan kelemahan (Dixit dkk., 2011; Rahman & Hasegawa 201; Santriya dkk., 2013; Patandungan dkk., 2014; Elias dkk., 2014; Sinulingga dkk., 2015; Baharim dkk., 2016; Imron, 2018) ditunjukkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Keunggulan dan kelemahan teknik fitoremediasi

| No. | Keunggulan                                                             | Kelemahan                                                   |
|-----|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1.  | Cara remediasi paling aman bagi lingkungan karena menggunakan tumbuhan | Membutuhkan waktu yang lama                                 |
| 2.  | Tumbuhan mudah dikontrol pertumbuhannya                                | Karakteristik lingkungan limbah yang dapat diserap terbatas |
| 3.  | Memelihara keadaan alami lingkungan                                    | Tingkat toksisitas yang mampu diserap oleh tanaman terbatas |
| 4.  | Biaya operasional relatif murah                                        | Kecocokan tumbuhan pada lingkungan limbah                   |
| 5.  | Tumbuhan mudah berkembang biak                                         | Berbahaya jika tumbuhan dimakan oleh hewan atau serangga    |

Dari kelemahan fitoremediasi yang telah dijelaskan pada Tabel 2. maka dapat disimpulkan bahwa spesies tanaman untuk fitoremediasi harus dipilih untuk memastikan bahwa akar dapat mengembang di seluruh zona yang terkontaminasi, pemilihan jenis tumbuhan pada prinsipnya harus mengikuti kebutuhan aplikasi, kontaminan yang menjadi perhatian dan potensinya untuk berkembang di lokasi

yang terkontaminasi, vegetasi harus cepat tumbuh, kuat, mudah untuk ditanam dan dipelihara (Kamath et al., 2004).

Beberapa proses teknik yang saat ini digunakan untuk membersihkan polusi logam berat tidak hanya mahal tetapi juga merusak lingkungan, menyebabkan dampak buruk pada ekosistem (Lone dkk., 2008). Sekarang, para peneliti telah melahirkan teknologi yang hemat biaya dan ramah lingkungan yang mencakup penggunaan tanaman / mikroorganisme untuk membersihkan lingkungan yang terkontaminasi (Wu dkk., 2010; Kumar dkk., 2017). Berbagai teknik dekontaminasi logam berat beserta kelebihan dan kekurangannya disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Kelebihan dan kekurangan menggunakan berbagai teknik dekontaminasi logam berat

| No | Teknik    | Kelebihan                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Kekurangan                                                                                                                                                                                                  | Referensi             |
|----|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. | Adsorpsi  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efektivitas beberapa adsorben efisien pada kisaran pH yang luas</li> <li>- Kondisi pengoperasian yang mudah</li> <li>- Adsorben yang tersedia secara komersial</li> <li>- kemampuan regenerasi dari adsorben yang digunakan</li> <li>- Biaya yang relatif rendah</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selektivitas rendah</li> <li>- Menghasilkan limbah</li> <li>- Beberapa adsorben peka terhadap pH</li> <li>- Waktu regenerasi adsorben yang relatif lama</li> </ul> | Wahyuni dkk., (2017). |
| 2. | Biosorpsi | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efisiensi tinggi bahkan dengan konsentrasi rendah biosorben</li> <li>- Ramah lingkungan</li> <li>- Efektif biaya</li> <li>- waktu operasi pendek,</li> </ul>                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatur tinggi</li> <li>- Keasaman</li> <li>- Pengaruh logam terhadap biosorben mempengaruhi biosorpsi</li> </ul>                                               | Elfia, M. (2019).     |

|    |                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                       |
|----|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|    |                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemampuan untuk menangani beberapa logam berat</li> <li>- Proses adsorpsi dan desorpsi yang cepat</li> </ul>                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                       |
| 3  | Metode biologis (Bioremediasi) Berbasis mikroorganisme | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ramah lingkungan</li> <li>- Efisiensi tinggi</li> <li>- Dilakukan di lokasi</li> <li>- Menghilangkan limbah secara permanen</li> <li>- Mengurangi jangka panjang</li> <li>- Mudah diaplikasikan</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak Efektif biaya</li> <li>- Memakan waktu</li> <li>- Tergantung pada parameter lingkungan</li> <li>- Sangat spesifik, Proses peka terhadap tingkat toksisitas</li> <li>- Disesuaikan dengan kondisi spesifik lokasi</li> </ul>              | Farida dkk., (2016).  |
| 4. | Metode Kimia                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya modal rendah</li> <li>- Operasi sederhana</li> <li>- Selektivitas tingkat tinggi</li> <li>- Dapat melarutkan banyak logam</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menyebabkan polusi sekunder dalam jumlah yang tinggi</li> </ul>                                                                                                                                                                                | Aziz dkk., (2015).    |
| 5. | Fitoremediasi                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efisien secara ekonomi</li> <li>- Kontaminan berubah menjadi zat yang kurang toksik</li> <li>- Berlaku untuk tanah, sedimen, lumpur, mempercepat proses degradasi</li> <li>- Ramah lingkungan</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses lebih lambat</li> <li>- Tingkat konsentrasi kontaminan penting</li> <li>- Pemeliharaan jangka panjang</li> <li>- Tergantung pada faktor-faktor seperti konsentrasi dan komposisi tanaman, spesies tanaman, dan kondisi tanah</li> </ul> | Meidina dkk., (2019). |

Ada kemungkinan bahwa menerapkan dua atau lebih metode gabungan dapat meminimalkan hambatan dan mencapai tingkat dekontaminasi yang lebih tinggi. Perlakuan berurutan dari salah satu metode fisik, kimia, dan biologis

mungkin lebih efektif dalam fitoremediasi. Sebagai contoh, metode seperti koagulasi diikuti oleh fotokatalisis dan kemudian fitoekstraksi tidak hanya menghemat waktu tetapi juga dapat membantu meningkatkan efisiensi pemindahan kontaminan. Fitoremediasi dengan tanah dianggap lebih cocok untuk proses dekontaminasi mikroorganisme/tumbuhan. Dalam artikel ini lebih fokus pada teknik fitoremediasi yang memiliki potensi remediasi yang efisien secara ekonomi, kontaminan berubah menjadi zat yang kurang toksik, berlaku untuk tanah, sedimen, lumpur, mempercepat proses degradasi dan ramah lingkungan.

Fitoremediasi memiliki potensi untuk dapat diterapkan pada berbagai jenis substansi, termasuk pencemar lingkungan yang paling parah sekalipun seperti kontaminasi arsen pada lahan bekas instalasi senjata kimia (Feller, 2000). Fitoremediasi merupakan teknologi remediasi yang menawarkan biaya paling rendah. Bila dibandingkan biaya metode berbasis rekayasa. Penggunaan fitoremediasi juga dapat memberikan manfaat dari perspektif ekonomi, dimana fitoremediasi secara progresif dapat meningkatkan kualitas tanah untuk tanaman (Vangronsveld dkk., 2009).

Oleh karena itu, untuk masa yang akan datang teknik fitoremediasi sangat diperlukan, mengingat setiap tahun kasus pencemaran terus bertambah jumlah dan intensitasnya. Seperti di Indonesia yang memiliki kepadatan kendaraan bermotor. Sementara itu daya dukung tanah dan sumberdaya air semakin menurun dari waktu ke waktu. Sedikitnya 35% wilayah Indonesia sudah beralih fungsi menjadi areal pertambangan. Dengan sendirinya hal ini akan merubah bentang alam Indonesia dan menjadikan potensi pencemaran yang juga semakin besar di kemudian hari (Herlambang dkk., 2018).

#### 4. Kesimpulan

Teknik fitoremediasi memiliki kelebihan dan kekurangannya. Namun, dari keseluruhan tinjauan dapat membantu kita untuk memahami bagaimana memilih proses untuk meremediasi logam berat tertentu berdasarkan konsumsi waktu dan efisiensi juga selanjutnya membantu mengidentifikasi tanaman yang sering digunakan untuk fitoremediasi.

Penyerapan Pb dengan fitoremediasi merupakan cara yang efektif untuk memulihkan lingkungan termasuk lahan kering yang terkontaminasi logam berat. Teknik fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan teknologi konvensional yang umum digunakan yaitu relatif lebih aman bagi lingkungan karena menggunakan tumbuhan, memelihara keadaan alami lingkungan dan biaya operasional yang relatif murah.