

**FITOREMEDIASI TANAMAN HIAS TERHADAP POLUTAN  
PLUMBUM (Pb) DARI TANAH PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SAMPAH  
TAMANGAPA ANTANG MAKASSAR**

**DIAN ISLAMIAH**

**H041181030**



**DEPARTEMEN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

**FITOREMEDIASI TANAMAN HIAS TERHADAP POLUTAN  
PLUMBUM (Pb) DARI TANAH PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SAMPAH  
TAMANGAPA ANTANG MAKASSAR**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana  
pada program studi strata satu (S1) pada Departemen Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**DIAN ISLAMIAH**

**H041181030**

**DEPARTEMEN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**FITOREMEDIASI TANAMAN HIAS TERHADAP POLUTAN  
PLUMBUM (Pb) DARI TANAH PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SAMPAH  
TAMANGAPA ANTANG MAKASSAR**

**Disusun dan diajukan oleh**

**DIAN ISLAMIAH**

**H041181030**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal, 01 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

**Menyetujui,**

**Pembimbing Utama**



**Dr. Juhriah, M. Si**  
NIP. 196312311988102001

**Pembimbing Pertama**



**Drs. Muh. Ruslan Umar, M. Si**  
NIP. 196302221989031003

**Ketua Program Studi**



**Dr. Magdalena Litany, M. Sc**  
NIP. 196409291989032002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dian Islamiah  
NIM : H041181030  
Progam Studi : Biologi  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul “Fitoremediasi Tanaman Hias Terhadap Polutan Plumbum (Pb) Dari Tanah Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Tamangapa Antang Makassar” adalah karya ilmiah saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 01 Februari 2023

Yang Menyatakan  
  
Dian Islamiah



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Fitoremediasi Tanaman Hias Terhadap Polutan Plumbum (Pb) Dari Tanah Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Tamangapa Antang Makassar” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program sarjana (S1) di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Hasanuddin. Mungkin dalam penyusunan skripsi ini, penulis tanpa sadari sehingga terdapat kesalahan dalam penulisan, untuk itu penulis mengharapkan masukan berupa saran yang bersifat membangun, yang dapat berguna baik bagi penulis sendiri maupun pembaca pada umumnya.

Pada penelitian dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, arahan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada:

- Kedua orang tua penulis, Ayahanda Bakri dan Ibunda Napisah yang selalu menasehati, memotivasi, dan doa baiknya sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan S1 seperti yang diharapkan
- Saudara penulis Sri Lely Asliana, Siti Wahdania, dan Ahmad Mulana yang selalu mendukung dalam menempuh pendidikan di perguruan tinggi
- Rektor Universitas Hasanuddin Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc beserta seluruh staf
- Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Hasanuddin, Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M. Si., beserta seluruh staf

- Ketua Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Ibu Dr. Magdalena Litaay, M.Sc beserta staf
- Dosen pembimbing penulis Ibu Dr. Juhriah, M.Si dan Bapak Drs. Muh. Ruslan Umar, M.Si, yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan saran yang diperlukan untuk penyelesaian skripsi ini
- Dosen penguji Ibu Dr. Magdalena Litaay, M.Sc dan Bapak Drs, As'adi Abdullah, M.Si yang telah memberikan saran untuk perbaikan skripsi ini
- Dosen penasehat akademik Ibu Dr. Markarma, M.Si, yang telah memberikan saran dan masukan terkait akademik selama perkuliahan penulis
- Bapak Ibu dosen Departemen Biologi yang telah membagi ilmunya yang bermanfaat sehingga menambah pengetahuan penulis
- Seluruh laboran laboratorium Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin atas bimbingannya selama ini
- Staf Laboratorium Kesehatan Bapak Alvin atas bimbingannya selama proses analisis sampel logam, sehingga dapat berjalan dengan lancar
- Rekan mahasiswa biologi angkatan 2018, yang telah menemani masa perkuliahan selama kurang lebih 4 tahun lamanya
- Teman-teman FMIPA Unhas angkatan 2018 dan teman KKN Takalar 1 yang telah berbagi pengalaman yang baik selama perkuliahan
- Sahabat-sahabat penulis Mutia Putri, Ni Putu Shintia Reski, Zia Assya'Atur Rohma, Khaerunnisa, Mutiara Hikmah Shabrina, Winda Ainun Inayah, Andi Annisa Salim Kantao, Farhan Syah Rafli Pasolong dan Shamad yang selalu memberikan dukungan dan membantu dalam pelaksanaan penelitian.

- Teman sepenelitian penulis saudari Mutmainnah Zakariah dan Nurfadila La Ganirun, yang telah berjuang bersama hingga selesainya penelitian ini.
- Segenap mahasiswa Himpunan Mahasiswa Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin atas pengalaman kerjanya dalam berorganisasi.

Kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini, penulis berterima kasih yang sebanyak-banyaknya atas segala bantuan, saran serta masukan yang diberikan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun pembaca pada umumnya dan dapat menjadi sumber informasi dimasa yang akan datang.

Makassar, 01 Februari 2023

Penulis

## ABSTRAK

Akumulasi sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), memungkinkan terjadinya pencemaran logam berat dari sampah organik dan anorganik. TPA sampah Tamangapa Makassar juga berpeluang pula tercemar logam berat, khususnya Plumbum (Pb), yang ambang batas Pb pada tanah adalah 0,07 µg/g berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (SNI Tahun 2004). Penelitian “Fitoremediasi Tanaman Hias Terhadap Polutan Plumbum (Pb) Dari Tanah Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Tamangapa Antang Makassar”, yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi tanaman hias *Helianthus annuus* L., *Zinnia Elegans* Jacq., *Impatiens balsamina* L., *Celosia argentea* L., dan *Mirabilis jalapa* L., terhadap logam Plumbum (Pb). Analisis kadar Plumbum (Pb) pada tanah dan tanaman dilakukan dengan metode destruksi basah, yang diukur menggunakan alat *Inductively Coupled Plasma-mass Spectrometry* (ICP-MS). Kadar Plumbum (Pb) awal tanah TPA Tamangapa adalah 103,17 µg/g (>ambang batas). Hasil analisis kadar Plumbum (Pb) pada 12 minggu setelah tanam (MST) telah tersisihkan rata-rata 52,74% pada media tanam tanaman, efisiensi penyisihan tertinggi pada jenis *Zinnia elegans* Jacq. yaitu 54,63%, dan terendah pada jenis *Helianthus annuus* L. 50,60%. Kadar akumulasi Pb pada tanaman rata-rata 2,87%, tertinggi pada jenis *Mirabilis jalapa* L. yaitu 5,14% dan terendah pada jenis *Celosia argentea* L. 1,89%. Biomassa tanaman tertinggi pada jenis *Mirabilis jalapa* L. yaitu 27,85% dan terendah pada jenis *Impatiens balsamina* L. 13,09%.

**Kata Kunci:** *Fitoremediasi, Tanaman hias, Plumbum (Pb)*



## ABSTRACT

The accumulation of waste in landfills allows heavy metal pollution from organic and inorganic waste. The Tamangapa Makassar landfill is also likely to be polluted with heavy metals, especially Plumbum (Pb), whose Pb threshold in soil is 0.07 µg/g based on the National Standardization Agency (SNI 2004). The research "Phytoremediation of Ornamental Plants Against Plumbum (Pb) Pollutants from the Tamangapa Antang Makassar Waste Landfill (TPA)", which aims to determine the phytoremediation ability of ornamental plants *Helianthus annuus* L., *Zinnia Elegans* Jacq., *Impatiens balsamina* L., *Celosia argentea* L., and *Mirabilis jalapa* L., against Plumbum (Pb) metal. Plumbum (Pb) levels in soil and plants were analyzed using the wet deconstruction method, which was measured using Inductively Coupled Plasma-mass Spectrometry (ICP-MS). The initial Plumbum (Pb) level of Tamangapa landfill soil was 103.17 µg/g (> threshold). The results of the analysis of Plumbum (Pb) levels at 12 weeks after transplantation (WAT) have been eliminated on average 52.74% in plant growing media, the highest removal efficiency in the type of *Zinnia elegans* Jacq. which is 54.63%, and the lowest in the type of *Helianthus annuus* L. 50.60%. Pb accumulation levels in plants averaged 2.87%, the highest in the type of *Mirabilis jalapa* L. which is 5.14% and the lowest in the type of *Celosia argentea* L. 1.89%. The average plant biomass was 20.80%, the highest in *Mirabilis jalapa* L. which was 27.85% and the lowest in *Impatiens balsamina* L. which was 13.09%.

**Keywords:** *Phytoremediation, plants, Plumbum (Pb)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>..ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>..iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>..iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>..v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>..viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>..ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>..x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>..xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>..xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>..xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	4
I.3 Manfaat Penelitian.....	4
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
II.1 Pengertian dan Jenis-Jenis Fitoremediasi.....	5
II.1.1 Pengertian Fitoremediasi .....	5
II.1.2 Jenis dan Mekanisme Fitoremediasi .....	6
II.1.3 Syarat Tumbuhan Fitoremediasi.....	7
II. 2 Logam Berat .....	8
II.2.1 Pengertian dan Sifat Logam Berat.....	8

II.2.2 Jenis Logam Berat dan Dampaknya .....	10
II.2.3 Plumbum (Pb).....	11
II.3 Tumbuhan Hiperakumulator .....	13
II.3.1 Bunga Matahari <i>Helianthus annuus</i> L.....	14
II.3.2 Kembang Kertas <i>Zinnia elegans</i> Jacq.....	15
II.3.3 Bunga Pacar Air <i>Impatiens balsamina</i> L.....	16
II.3.4 Bunga Jengger Ayam <i>Celosia argentea</i> L.....	17
II.3.5 Bunga Pukul Empat <i>Mirabilis jalapa</i> L. ....	18
II.4 TPA Tamangapa Antang Makassar.....	19
II.5 <i>Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry</i> (ICP-MS).....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
III.1 Alat dan Bahan.....	23
III.2 Tahapan Penelitian.....	23
III.2.1 Survei Lokasi dan Pengambilan Sampel Tanah .....	23
III.2.2 Analisis Kandungan Plumbum (Pb) Tanah.....	24
III.2.3 Persiapan Media Tanam, Benih, dan Penanaman Bibit	
Tanaman Hias .....	25
III.2.4 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman .....	26
III.2.5 Analisis Kandungan Akhir Plumbum (Pb) dari Media Tanam .....	27
III.2.6 Analisis Kandungan Plumbum (Pb) Tanaman Hias.....	28
III.3 Pengolahan dan Analisis Data.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
IV. 1 Kadar Logam Berat Plumbum (Pb) Pada Media Tanaman Hias .....	30
IV. 2 Kadar Logam Berat Plumbum (Pb) Pada Tanaman Hias Bunga.....	33

IV. 3 Pertumbuhan Tanaman Hias.....	38
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>43</b>
V.1 Kesimpulan .....	43
V.2 Saran.....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>50</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Logam Berat yang Dihasilkan Dari Aktivitas Manusia .....	9
<b>Tabel 2.</b> Nilai Ambang Batas (NAB) Logam Berat Pada Sedimen/Tanah .....	10
<b>Tabel 3.</b> Efisiensi Penyisihan Kadar Pb (%) Dari Tanah Setelah dipanen Minggu Ke 12 (MST) .....	36
<b>Tabel 4.</b> Efisiensi Akumulasi Kadar Pb (%) Pada Kelima Tanaman Hias Setelah dipanen Minggu Ke 12 (MST) .....	37
<b>Tabel 5.</b> Persentase Biomassa Tanaman (%) Setelah dipanen Minggu Ke 12 (MST) .....	40

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Bunga Matahari <i>Helianthus annuus</i> L.....	14
<b>Gambar 2.</b> Kembang Kertas <i>Zinnia elegans</i> Jacq.....	15
<b>Gambar 3.</b> Bunga Pacar Air <i>Impatiens balsamina</i> L.....	16
<b>Gambar 4.</b> Bunga Jengger Ayam <i>Celosia argentea</i> L.....	17
<b>Gambar 5.</b> Bunga Pukul Empat <i>Mirabilis jalapa</i> L.....	18
<b>Gambar 6.</b> Proses Ionisasi dalam Sistem ICP-MS. ....	21
<b>Gambar 7.</b> Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah di TPA Antang Makassar...	24
<b>Gambar 8.</b> Kadar logam Plumbum (Pb) pada tanah awal dan media tanam setelah fitoremediasi 12 (MST) dengan tanaman <i>Celosia argentea</i> L., <i>Impatiens balsamina</i> L., <i>Zinnia elegans</i> Jacq., <i>Helianthus annuus</i> L., dan <i>Mirabilis jallappa</i> L. ....	31
<b>Gambar 9.</b> Perbandingan kadar Pb tanah awal, kadar Pb media tanam setelah perlakuan dan kadar penurunan Pb pada media tanam.....	32
<b>Gambar 10.</b> Kadar logam Plumbum (Pb) pada tanaman fitoremediasi <i>Celosia argentea</i> L., <i>Impatiens balsamina</i> L., <i>Zinnia Elegans</i> Jacq., <i>Helianthus annuus</i> L., dan <i>Mirabilis jalapa</i> L., setelah panen minggu ke 12 pada tanah TPA Tamangapa Antang Makassar.....	33
<b>Gambar 11.</b> Perbandingan kadar Pb tanah awal, kadar Pb media tanam setelah perlakuan, kadar Pb pada tanaman, dan kadar Pb yang telah lepas. ...	34
<b>Gambar 12.</b> Grafik batang perbandingan kadar Pb tanah awal, kadar Pb media tanam setelah perlakuan, kadar Pb pada tanaman, dan kadar Pb yang telah lepas.....	35
<b>Gambar 13.</b> Perbandingan rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, panjang daun, dan lebar daun tanaman hias pada minggu ke 12 (MST) .....	38
<b>Gambar 14.</b> Jumlah rata-rata helaian daun tanaman hias pada minggu ke 12 (MST) .....	39
<b>Gambar 15.</b> Perbandingan persentase biomassa, efisiensi penyisihan Pb, dan akumulasi Pb pada tanaman hias fitpremediasi.....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Skema Kerja Pengambilan Sampel Tanah.....	50
<b>Lampiran 2.</b> Skema Kerja Preparasi Sampel Tanah (Analisis Awal) .....	50
<b>Lampiran 3.</b> Skema Kerja Persiapan Media Tanam Tanaman.....	51
<b>Lampiran 4.</b> Skema Kerja Penyemaian Benih Tanaman.....	51
<b>Lampiran 5.</b> Skema Kerja Penanaman Bibit Tanaman .....	51
<b>Lampiran 6.</b> Skema Kerja Preparasi Sampel Tanaman.....	52
<b>Lampiran 7.</b> Skema Kerja Preparasi Sampel Tanah (Analisis Akhir).....	52
<b>Lampiran 8.</b> Foto Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman.....	53
<b>Lampiran 9.</b> Foto Sampel Tanah dan Tanaman .....	53
<b>Lampiran 10.</b> Foto Penyemaian Benih Tanaman .....	54
<b>Lampiran 11.</b> Foto Penanaman Bibit Tanaman.....	55
<b>Lampiran 12.</b> Foto Proses Analisis Awal Sampel Tanah.....	56
<b>Lampiran 13.</b> Foto Proses Analisis Sampel Tanaman.....	58
<b>Lampiran 14.</b> Foto Proses Analisis Akhir Sampel Tanah .....	59
<b>Lampiran 15.</b> Grafik Parameter Tinggi Tanaman .....	61
<b>Lampiran 16.</b> Grafik Parameter Diameter Batang Tanaman .....	61
<b>Lampiran 17.</b> Grafik Parameter Jumlah Daun Tanaman .....	61
<b>Lampiran 18.</b> Grafik Parameter Panjang Daun Tanaman .....	62
<b>Lampiran 19.</b> Grafik Parameter Lebar Daun Tanaman .....	62
<b>Lampiran 20.</b> Perhitungan Hasil Pembacaan ICP-MS Sampel Tanah.....	62
<b>Lampiran 21.</b> Perhitungan Hasil Pembacaan ICP-MS Sampel Tanaman .....	63
<b>Lampiran 22.</b> Perhitungan Efisiensi Penyisihan Pb .....	63

<b>Lampiran 23.</b> Perhitungan Efisiensi Akumulasi Pb .....	63
<b>Lampiran 24.</b> Perhitungan Biomassa Tanaman.....	64



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan di Indonesia, yang terus berkembang pesat yang seiring dengan peningkatan jumlah penduduknya karena tingginya laju urbanisasi. Semakin padat aktifitas di perkotaan Makassar tentunya akan meningkatkan kompleksitas permasalahan yang dihadapi oleh pemerintah dan masyarakatnya. Salah satu permasalahan yang banyak dihadapi kota besar di Indonesia adalah masalah sampah. Seperti halnya dengan kota-kota lainnya, kota Makassar juga tidak terlepas dari masalah sampah.

Tempat pembuangan Akhir (TPA) yang terbesar di Makassar yaitu TPA sampah Tamangapa, Antang, Kecamatan Manggala, yang dalam operasionalnya menggunakan metode *open dumping*. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Kota Makassar, pada tahun 2020 jumlah sampah yang masuk di TPA Tamangapa mencapai 255,565 ton, atau  $\pm 700$  ton/hari. TPA sampah Tamangapa saat ini telah *over capacity* (melebihi kapasitas) karena banyaknya sampah campuran berupa wadah makanan, minuman, sedotan plastik, *styrofoam* dan lainnya (Indraswara dkk, 2021), lebih lanjut menurut Sabara dkk (2021), bahwa sampah yang ada di TPA Antang terdiri dari sampah organik 80,71% dan sampah anorganik 9,23%.

Sebagian dari sampah anorganik yang tertampung di TPA tersebut mengandung banyak logam berat (Ifa dkk, 2019). Seiring pengoperasiannya yang sudah puluhan tahun lamanya TPA Tamangapa Antang Makassar dinilai sudah

tidak layak lagi untuk beroperasi karena letaknya yang berdekatan dengan pemukiman, sehingga dapat mengganggu kenyamanan masyarakat, terutama terhadap kesehatan masyarakat di sekitar TPA tersebut. Banyaknya sampah menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan seperti pencemaran udara, air, dan tanah.

Logam berat biasanya menimbulkan efek-efek yang khusus pada makhluk hidup, semua logam berat dapat menjadi bahan yang beracun dan dapat meracuni tubuh makhluk hidup. Namun demikian, meski semua logam berat dapat menyebabkan keracunan bagi makhluk hidup, tapi sebagian dari logam tersebut dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah yang sedikit (Irhamni dkk, 2017). Logam berat merupakan unsur yang tidak *biodegradable* atau susah untuk didegradasi, sehingga limbah yang mengandung logam berat yang dibuang langsung ke lingkungan akan menyebabkan terakumulasi pada tanah dan air. Beberapa contoh logam berat yang biasanya mencemari lingkungan yaitu, Plumbum (Pb), Hydrargyrum (Hg), Cuprum (Cu), Cadmium (Cd), Arsenik (As), Cromium (Cr), Nikel (Ni), dan Ferrum (Fe) (Putra dan Mairizki, 2020).

Salah satu jenis logam berat polutan di TPA Tamangapa Antang Makassar adalah logam plumbum. Plumbum (Pb) atau timah hitam (timbal), merupakan salah satu logam berat yang bersifat non esensial dan toksik yang sangat berbahaya karena dapat menyebabkan keracunan serta kematian jika melebihi ambang batas. Logam timbal dalam tubuh dapat menyebabkan mudah lelah, anemia, mengganggu sistem syaraf, tekanan darah, fungsi ginjal serta dapat menurunkan kualitas reproduksi (Sofyan dkk, 2020). Toksisitas logam ini sangat tinggi yakni pada level akut dan kronik. Meskipun toksisitas akut logam ini jarang

ditemukan di masyarakat luas, akan tetapi seiring peningkatan paparan timbal di lingkungan sangat mungkin terjadi (Handriyani dkk, 2020). Logam timbal ini jika masuk dalam rantai makanan dapat menyebabkan pemekatan hayati (*Biological Magnification*).

Pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan permasalahan yang sangat penting untuk diselesaikan karena dapat membahayakan kelangsungan hidup makhluk hidup. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan dalam mengurangi kandungan logam plumbum di lingkungan adalah melalui proses fitoremediasi, yang memanfaatkan tumbuhan sebagai agen penyerap, penjerat dan pengakumulasi. Namun demikian keberhasilan suatu fitoremediasi ditentukan oleh beberapa hal diantaranya jenis tumbuhan, iklim, dan kondisi sampah. Menurut Borolla dkk (2019), semua tumbuhan memiliki kemampuan dalam menyerap logam dengan jumlah yang bervariasi, sehingga tidak semua tumbuhan dapat dikategorikan sebagai tumbuhan hiperakumulator. Tumbuhan yang dikategorikan sebagai tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang memenuhi syarat tertentu yaitu, mampu menghasilkan biomassa yang tinggi dalam waktu cepat, mudah dibudidayakan, mudah dipanen, dan dapat hidup pada daerah yang ekstrim.

Berkaitan dengan uraian di atas maka direncanakan melakukan penelitian untuk menguji kemampuan fitoremediasi dari lima jenis tanaman hias yaitu bunga matahari *Helianthus annuus* L., kembang kertas *Zinnia Elegans* Jacq., bunga pacar air *Impatiens balsamina* L., bunga jengger ayam *Celosia argentea* L., dan bunga pukul empat *Mirabilis jalapa* L., terhadap logam Plumbum (Pb) dari tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Tamangapa Antang Makassar.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi lima jenis tanaman hias yaitu bunga matahari *Helianthus annuus* L., kembang kertas *Zinnia elegans* Jacq., bunga pacar air *Impatiens balsamina* L., bunga jengger ayam *Celosia argentea* L., dan bunga pukul empat *Mirabilis jalapa* L., terhadap logam Plumbum (Pb) pada tanah TPA Tamangapa Antang Makassar.

## **I.3 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi data ilmiah dan informasi tentang kemampuan fitoremediasi tanaman hias terhadap tanah tercemar Plumbum (Pb) di TPA Tamangapa Antang, sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam mereduksi polutan logam berat.

## **I.4 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-November 2022, bertempat di Laboratorium Botani, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, dan analisis kadar logam berat Plumbum (Pb) pada sampel tanah dan tanaman hias akan dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Makassar.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Pengertian dan Jenis-Jenis Proses Fitoremediasi**

##### **II.1.1 Pengertian Fitoremediasi**

Fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani yaitu *Phyto* (tumbuhan), yang dikaitkan pada akar bahasa latin *remedium* (untuk memperbaiki atau menghilangkan) (Ali *et al.*, 2013). Fitoremediasi dapat membantu membersihkan berbagai jenis polutan termasuk logam, pestisida, bahan peledak, dan minyak dengan menggunakan tumbuhan. Tumbuhan juga dapat membantu agar polutan tidak tersebar dari suatu area ke area lainnya (Antoniadis *et al.*, 2017). Fitoremediasi sebagai alternatif untuk memindahkan, menurunkan, menonaktifkan ataupun mengurangi bahan beracun yang ada pada media yang tercemar (Rompegading dkk, 2021).

Fitoremediasi merupakan proses yang mengubah zat kontaminan (polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomis. Fitoremediasi diharapkan dapat memberikan sumbangan yang nyata bagi usaha mempertahankan dan memperbaiki kualitas lingkungan dari logam pencemar (Irhamni dkk, 2017). Fitoremediasi bertujuan untuk memulihkan kondisi lingkungan yang terkontaminasi logam berat menggunakan tanaman. Fitoremediasi memiliki keunggulan secara ekonomi karena berbiaya yang relatif lebih rendah dibandingkan remediasi metode kimia dan mekanis. Banyaknya jenis tumbuhan di Indonesia, sehingga berpotensi digunakan sebagai tumbuhan hiperakumulator dalam remediasi lingkungan yang tercemar logam berat (Mendrofa dan Nurkhamim, 2021).

## II.1.2 Jenis Fitoremediasi

Menurut Nadhila dan Titah (2020), teknik fitoremediasi tergantung pada sifat fisik dan zat yang menyusun kontaminan dan karakteristik tumbuhan. Fitoremediasi berjalan secara alami dengan enam proses yang dilakukan tumbuhan terhadap kontaminan atau pencemar disekitarnya yaitu sebagai berikut:

- *Fitoekstraksi* (fitoakumulasi): merupakan proses penyerapan kontaminan dari akar diikuti oleh translokasi dan akumulasi dibagian *aerial*. Fitoekstraksi banyak diaplikasikan pada logam berat (Cd, Ni, Cu, Zn, dan Pb) tetapi juga dapat digunakan untuk elemen lainnya (Se dan As) dan senyawa organik. Metode ini digunakan untuk tumbuhan hiperakumulator yang berkemampuan mengakumulasi logam yang spesifik dalam konsentrasi tinggi di bagian *aerial* (0,01% sampai 1% berat kering, tergantung logamnya).
- *Fitofiltrasi*: merupakan proses yang memanfaatkan tumbuhan untuk menyerap, mengumpulkan, dan mengendapkan kontaminan, terutama logam berat dan unsur radioaktif, dari media air melalui sistem perakaran atau organ terendam lainnya. Tumbuhan yang biomassa akar banyak, akan memiliki permukaan absorpsi yang luas dan tingkat toleransi tinggi terhadap polutan serta akan memiliki lebih banyak kapasitas akumulasi (hiperakumulator di air).
- *Fitostabilisasi* (fitomobilisasi): merupakan proses penyerapan kontaminan atau polutan organik atau anorganik, yang akan diendapkan pada jaringan tumbuhan yang berlingginn di dinding sel dari akar. Logam diendapkan dalam bentuk yang tidak larut oleh eksudat akar dan kemudian terjebak di dalam matriks tanah.

Tujuan utamanya adalah untuk menghindari mobilisasi dari kontaminan dan membatasi difusi kontaminan ke dalam tanah.

- Rhizodegradasi (fitostimulasi): merupakan proses pemanfaatan akar tumbuhan dalam mendorong perkembangan mikroorganisme rizosfer dengan memanfaatkan eksudat hasil metabolisme tumbuhan sebagai sumber karbon dan energi. Selain itu, tumbuhan dapat mengeluarkan enzim biodegradasi sendiri. Penggunaan rhizodegradasi terbatas pada kontaminan organik.
- Fitodegradasi (fitotransformasi): merupakan proses yang mana kontaminan organik terdegradasi (dimetabolisme) atau termineralisasi di dalam sel tumbuhan oleh enzim spesifik, misalnya enzim *nitroreductase* (degradasi senyawa aromatik), *dehalogenase* (degradasi pelarut terklorinase dan pestisida), dan *laccases* (degradasi anilin).
- Fitovolatilisasi: merupakan proses penyerapan unsur polutan oleh tumbuhan, kemudian polutan tersebut diubah menjadi unsur atau molekul yang bersifat volatile (mudah menguap), setelah itu ditranspirasikan oleh tumbuhan. Beberapa ion pada elemen kelompok IIB, VA dan VIA dari tabel periodik (khususnya Hg, Se, dan As) diserap oleh akar, diubah menjadi bentuk tidak beracun, dan kemudian dilepaskan ke atmosfer.

### **II.1.3 Syarat Tumbuhan Fitoremediasi**

Kemampuan tumbuhan untuk menghilangkan kontaminan telah diketahui setidaknya sekitar 300 tahun yang lalu dan 15 tahun terakhir penelitian dan penerapan fitoremediasi telah berkembang pesat (Saier and Trevors, 2010). Seiring berjalannya waktu penggunaan tanaman ini telah berkembang menjadi pembangunan pengolahan lahan basah atau penanaman pohon untuk menangkal

polusi udara. Beberapa tahun terakhir dengan semakin meningkatnya pencemaran lingkungan oleh logam berat maka teknologi fitoremediasi sudah banyak digunakan (Aken *et al.*, 2010).

Sejak lama diketahui manfaat dari tumbuhan sebagai penyerap zat polutan dari udara, sehingga keberadaan tumbuhan dianggap sebagai penyegar udara. Pemahaman fisiologi dan genetika tumbuhan yang semakin membaik dari waktu ke waktu menyebabkan pemanfaatan tumbuhan sebagai agen pembersih lingkungan dapat semakin diperluas dan diperhitungkan manfaatnya. Biaya yang relatif murah dibanding dengan teknologi berbasis fisika dan kimia menjadi faktor pendorong bagi penerapan fitoremediasi (Irhamni dkk, 2018).

Syarat tumbuhan yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi (hiperakumulator) yaitu memiliki ketahanan terhadap logam berat, siklus hidup pendek, dan memiliki biomassa tunas yang besar serta faktor translokasi lebih dari 1 (Mazumdar and Das, 2015). Beberapa jenis tanaman hias dan tanaman air berpotensi sebagai tanaman hiperakumulator dalam proses fitoremediasi. Penyerapan zat kontaminan khususnya logam berat terjadi pada tanaman hiperakumulator melalui mekanisme yang berbeda sesuai dengan jenis tanaman (Widyasari, 2021).

## **II.2 Logam Berat**

### **II.2.1 Pengertian dan Sifat Logam berat**

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan densitas lebih besar dari  $5 \text{ g/cm}^3$ , terletak di sudut kanan bawah pada sistem periodik unsur, memiliki afinitas yang tinggi terhadap S dan bernomor atom 22 sampai 92, dari periode 16. Pada umumnya logam berat merupakan polutan yang bersifat toksik, sehingga



jika terdapat dalam jumlah besar akan mempengaruhi aspek ekologis maupun aspek biologis perairan. Logam berat yang masuk ke lingkungan sebagian akan terserap masuk ke tanah (sedimen) dan sebagian akan masuk ke sistem aliran sungai yang selanjutnya akan terbawa ke laut (Armijn dan Soegianto, 2020). Sifat logam berat yang tidak dapat dihancurkan (*nondegradable*) oleh organisme hidup yang menyebabkan logam berat menjadi bahan pencemar yang beracun dan sangat berbahaya (Khairuddin dkk, 2021).

Secara alami logam berat berasal dari pelapukan batuan mineral dan antropogenik. Mineral dalam batuan merupakan mineral utama (primer) dalam tanah sebagai akibat dari melapuknya batuan sehingga membentuk tanah. Mineral tersebut akan mengalami pelapukan dan melepaskan unsur-unsur yang dikandungnya, sebagian merupakan hara bagi tanaman, sebagian tercuci dari tanah bersama air perkolasi atau erosi, dan sebagiannya lagi bereaksi membentuk mineral sekunder. Sedangkan sumber logam berat yang berasal dari aktivitas manusia adalah logam berat yang dihasilkan dari limbah suatu industri atau pertambangan (Ambarwati dan Bahri, 2018).

**Tabel 1.** Logam Berat Yang dihasilkan Dari Aktivitas Manusia

No	Aktivitas manusia	Logam berat yang dihasilkan
1	Pertambangan	Pb, Cd, As, Hg
2	Industri	Cd, Cu, Hg, As, Zn, Cr, Co
3	Endapan atmosfer	Cd, Cr, As, Hg, Pb, Cu, U
4	Agrikultur	Pb, Cd, As, Zn, Cu, Si
5	Pembuangan limbah	Cd, Zn, Cr, Pb, Hg, As

Sumber: Mohammed dkk, 2011

Secara alami logam berat di tanah bersifat tidak dapat terdegradasi (persisten), serta menetap di tanah dan air dalam waktu relatif lama, sehingga

dapat mengalami akumulasi dari waktu ke waktu (Govindasamy *et al.*, 2011). Logam berat juga dapat terakumulasi melalui rantai makanan (bioakumulasi) dan dapat berefek merugikan dalam jangka panjang pada makhluk hidup (Indirawati, 2017). Jika melebihi ambang batas dan masuk ke dalam tubuh logam berat termasuk logam toksik yang berbahaya (Manteu dkk, 2018).

**Tabel 2.** Nilai Ambang Batas (NAB) Logam Berat Pada Sedimen/Tanah

No	Logam Berat	Satuan	Nilai Ambang Batas
1	Timbal (Pb)	µg/g	0,07
2	Kadmium (Cd)	µg/g	0,01
3	Tembaga (Cu)	µg/g	0,04
4	Khromium (Cr)	µg/g	0,5
5	Nikel (Ni)	µg/g	0,31
6	Mangan (Mn)	µg/g	0,15

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (SNI, Tahun 2004)

### II.2.2 Jenis Logam berat dan Dampaknya

Tingkat toksikologi logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu, esensial dan non esensial. Logam berat esensial jika dalam jumlah yang sedikit dibutuhkan oleh organisme dalam menjalankan beberapa fungsi vital biokimia dan fisiologi tanaman, contohnya yaitu Seng (Zn), Cuprun (Cu), Besi (Fe), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn). Sedangkan logam berat non esensial tidak dibutuhkan bagi tubuh organisme contohnya yaitu Cadmiun (Cd), Arsen (As), Plumbum (Pb), Crom (Cr), dan Merkuri (Hg) (Ali *et al.*, 2013). Potensi bahaya logam berat ketika logam berat tersebut masuk ke dalam sistem metabolisme dari suatu organisme, khususnya manusia. Organisme lain juga dapat terkena dampak dari pencemaran logam berat, namun perhatian pada kesehatan manusia lebih diutamakan dibandingkan organisme lainnya. Pada dasarnya unsur tertentu sangat dibutuhkan

dan bersifat esensial bagi organisme, namun jika terakumulasi berlebihan dapat mengakibatkan efek negatif bagi organisme (Kurniawan dan Mustikasari, 2019).

Plumbum (Pb) di tanah memiliki kecenderungan terikat dengan bahan organik dan sering terkonsentrasi pada bagian tanah atas yang menyatu dengan tumbuhan, dan terakumulasi sebagai hasil pelapukan dilapisan humus. Keracunan Pb dapat menyebabkan hipertensi dan penyebab penyakit hati. Ketika Pb mengikat kuat sejumlah molekul seperti asam amino, hemoglobin, enzim, RNA, dan DNA maka akan mengganggu saluran metabolik tubuh. Keracunan Pb juga dapat mengakibatkan gangguan sintesis darah, hipertensi, hiperaktivitas, dan kerusakan otak. Jumlah minimal di dalam darah yang dapat menyebabkan keracunan berkisar antara 60-100  $\mu\text{g}/100$  ml darah. Pada keracunan akut terjadi karena masuknya senyawa Pb yang larut dalam asam atau menghirup uap Pb tersebut. Gejala yang ditimbulkan berupa mual, muntah, sakit perut hebat, kelainan fungsi otak, anemia berat, kerusakan ginjal hingga kematian (Juwairiah, 2021).

### **II.2.3 Plumbum (Pb)**

Plumbum (Pb) termasuk dalam kelompok logam berat golongan IVA dalam sistem periodik unsur kimia, mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 g/mol berbentuk padat pada suhu kamar, memiliki titik lebur 327,4 °C, titik didih 1725 °C, dan memiliki berat jenis sebesar 11,4 g/cm<sup>3</sup>. Pb jarang ditemukan di alam dalam keadaan bebas melainkan dalam bentuk senyawa dengan molekul lain, misalnya dalam bentuk PbBr<sub>2</sub> dan PbCl<sub>2</sub> (Gusnita, 2012). Plumbum (Pb) bersifat beracun dan tidak hanya terakumulasi secara individu, tetapi juga memengaruhi seluruh rantai makanan dan mengganggu kesehatan manusia, hewan, dan fitoplankton (Antoniadis *et al.*, 2017).

Emisi Pb ke udara dapat berupa gas atau partikel sebagai hasil samping pembakaran yang kurang sempurna dalam mesin kendaraan bermotor. Semakin kurang sempurna pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor, maka semakin banyak jumlah Pb yang akan diemisikan ke udara (Gusnita, 2012). Jenis logam Pb paling banyak ditemukan dari hasil emisi kendaraan. Paparan logam berat ini sangat berbahaya walaupun pada kadar rendah (Rachmawati dkk, 2020).

Pencemaran Plumbum (Pb) menjadi salah satu masalah yang sulit dikendalikan karena pencemarannya dapat melalui udara, air, tanah, makanan, ataupun minuman. Pencemaran Pb berasal dari asap kendaraan, pertambangan, pembuangan limbah pabrik, elektronik, sanitasi makanan dan minuman yang buruk. Jalur transmisi Pb terutama melalui saluran pernapasan dan pencernaan (Muyassar dkk, 2019). Menurut Amzani dkk (2022), plumbum tidak diketahui manfaatnya bagi organisme air, namun dalam jumlah yang melebihi ambang batas akan mengganggu kelangsungan hidup organisme.

Akumulasi Plumbum (Pb) di dalam tubuh manusia dapat dideteksi melalui darah, tulang, dan rambut. Pada rambut Pb terikat kuat pada gugus sulfhidril, sehingga kandungan timbal pada rambut dapat dijadikan indikator pencemaran Pb dari lingkungan (Sukar dan Suharjo, 2015). Pencemaran logam berat Pb memiliki dampak bagi kesehatan yakni menimbulkan kerusakan pada pembentukan sel darah merah, logam berat bersifat akumulatif di dalam tubuh sehingga dapat menimbulkan efek jangka panjang (Indirawati, 2017).

Manusia tidak membutuhkan plumbum dalam proses fisiologinya, dan dalam jumlah berlebihan justru akan menurunkan mutu pemanfaatan air dalam tubuh karena daya racunnya sangat kuat. Plumbum dapat menyebabkan

pengurangan sel-sel darah merah karena adanya penghambatan sintesis *heme*, sehingga mengakibatkan penurunan hemoglobin yang berdampak anemia. Tingkat keracunan berat dapat menyebabkan mual, muntah, dan gangguan kesehatan. Pb dalam tulang dapat menyebabkan kelumpuhan karena mengganti kalsium (Sukar dan Suharjo, 2015). Organ hepar berperan dalam detoksifikasi paparan Pb jika dalam jumlah yang berlebihan (Muyassar dkk, 2019).

### **II.3 Tumbuhan Hiperakumulator**

Belakangan ini teknik fitoremediasi mengalami perkembangan yang sangat pesat. Adanya perkembangan teknologi fitoremediasi menyebabkan keberadaan tumbuhan hiperakumulator logam menjadi komponen yang sangat penting. Tumbuhan hiperakumulator mampu mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi 100 kali lebih lebih baik dibandingkan tumbuhan normal, karena tumbuhan normal mengalami keracunan logam dan penurunan produksi, sedangkan tumbuhan hiperakumulator tidak. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan proses fisiologis dan biokimiawi serta ekspresi gen-gen yang mengendalikan penyerapan, akumulasi, dan toleransi tumbuhan terhadap logam (Hidayati dkk, 2013).

Keanekaragaman tumbuhan di Indonesia sangat potensial untuk digunakan sebagai tanaman hiperakumulator (*hiperaccumulator*) yang mampu mendegadasi dan mengakumulasi logam berat (Irhamni dkk, 2017). Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang mampu menyerap logam berat, kemudian mengkonsentrasikan logam di dalam biomasnya dalam kadar tinggi namun tidak membahayakan kehidupan tanaman tersebut (Dwityaningsih dkk, 2019; Sari dkk, 2019). Pemanfaatan tanaman hiperakumulator dalam fitoremediasi

menyebabkan konsentrasi logam berat dapat berkurang dari media air ataupun media tanah (Nursagita dan Sulistyaningsih, 2021).

Menurut Irhamni dkk (2017), penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi tiga proses yaitu, penyerapan logam oleh akar, translokasi logam berat dari akar ke bagian lain tumbuhan, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu agar tidak menghambat pertumbuhan tumbuhan tersebut. Agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam akan di bawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan berbagai cara tergantung dari jenis tumbuhannya. Setelah logam masuk ke sel akar, selanjutnya logam diangkut oleh jaringan xilem dan floem ke bagian tumbuhan lain.

### **II.3.1 Bunga Matahari *Helianthus annuus* L.**

Tanaman bunga matahari *Helianthus annuus* L. merupakan tanaman tahunan yang cukup tinggi. Budidaya bunga matahari dapat mencapai 1,5-2,5 m pada saat berbunga dan memiliki akar utama yang kuat. Terdapat 1 bunga majemuk dengan daun 20-30. Daun besar berwarna hijau gelap dan berbentuk seperti hati. Diameter bunga dapat mencapai 15-30 cm yang sebagian besar bunga berwarna kuning dan memiliki mahkota yang indah sehingga dapat digunakan sebagai tanaman hias (Saragih dan Sinta, 2018).



**Gambar 1.** Bunga Matahari *Helianthus annuus* L. (Dokumentasi Pribadi, 2022)

Klasifikasi bunga matahari *Helianthus annuus* L. adalah sebagai berikut:

Regnum : Plantae

Divisio : Tracheophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Asterales

Familia : Asteraceae

Genus : *Helianthus*

Species : *Helianthus annuus* L.

Sumber : ITIS.GOV, 2023

### II.3.2 Kembang Kertas *Zinnia elegans* Jacq.

Tanaman kembang kertas *Zinnia elegans* Jacq. berasal dari Meksiko dan merupakan tanaman hias yang dapat tumbuh diberbagai tempat dan menyebar ke seluruh dunia termasuk Indonesia. Bunga kertas dapat berkembang dengan baik jika musim panas yang panjang tetapi tidak dapat berkembang baik jika terjadi pergantian cuaca secara tiba-tiba disertai dengan angin dingin, pH tanah yang baik untuk membudidayakan tanaman ini yaitu antara 5,5-7,5 (Megasari dan Asmuliani, 2022).



**Gambar 2.** Kembang Kertas *Zinnia elegans* Jacq. (Dokumentasi Pribadi, 2022)

Klasifikasi Kembang kertas *Zinnia elegans* Jacq. adalah sebagai berikut:

Regnum : Plantae

Divisio : Tracheophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Asterales

Familia : Asteraceae

Genus : *Zinnia*

Species : *Zinnia elegans* Jacq.

Sumber : ITIS.GOV, 2023

### II.3.3 Bunga pacar air *Impatiens balsamina* L.

Tanaman bunga pacar air *Impatiens balsamina* L. merupakan tanaman hias yang berasal dari Asia Selatan dan Asia Tenggara. Tanaman ini memiliki ketinggian batang berkisar 40-100 cm, gemuk, tegak, dan tebal. Daun tanaman ini tumbuh spiral dengan panjang tangkai daunnya sekitar 1-3 cm. Bunga pacar air tumbuh tunggal dengan berkumpul dari ketiak daun dan memiliki tangkai bunga yang pendek. Berwarna merah, putih, merah muda, dan, ungu, Bijinya berwarna hitam dan berbentuk menyerupai bola, sedangkan buahnya berbentuk kapsul berwarna hijau, penuh dengan bulu-bulu halus (Hartanti dan Farida, 2021).



**Gambar 3.** Bunga Pacar Air *Impatiens balsamina* L.(Dokumentasi Pribadi, 2022)



Klasifikasi bunga pacar air *Impatiens balsamina* L. adalah sebagai berikut:

Regnum : Plantae

Divisio : Tracheophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Ericales

Familia : Balsaminaceae

Genus : *Impatiens*

Species : *Impatiens balsamina* L.

Sumber : ITIS.GOV, 2023

#### **II.3.4 Bunga jengger ayam *Celosia argentea* L.**

Tanaman bunga jengger ayam *Celosia argentea* L. merupakan tanaman yang tumbuh tegak, tingginya sekitar 30-100 cm, sering tumbuh liar di sisi jalan. Batangnya bulat dengan alur kasar memanjang, bercabang banyak, berwarna hijau atau merah. Daunnya berwarna hijau atau merah, berbentuk bulat telur memanjang, ujung lancip, tepinya bergerigi halus hampir rata. Bunganya bulir dengan panjang 3-10 cm berwarna merah atau ungu, bunga tumbuh di ujung-ujung cabang dan bijinya berwarna hitam cerah (Bangun, 2012).



**Gambar 4.**Bunga Jengger Ayam *Celosia argentea* L.(Dokumentasi Pribadi,2022)

Klasifikasi bunga jengger ayam *Celosia argentea* L. adalah sebagai berikut :

Regnum : Plantae

Divisio : Tracheophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Caryophyllales

Familia : Amaranthaceae

Genus : *Celosia*

Species : *Celosia argentea* L.

Sumber : ITIS.GOV, 2023

### **II.3.5 Bunga pukul empat *Mirabilis jalapa* L.**

Tanaman bunga pukul empat *Mirabilis jalapa* L. Merupakan tanaman hias yang mudah tumbuh di halaman rumah tanpa banyak perawatan. Tanaman ini mudah tumbuh pada tanah yang mengandung cukup unsur hara dan terlindungi dari sinar matahari, meskipun demikian tanaman ini sering dijumpai tumbuh pada lahan kering dan terkena sinar matahari langsung. Tanaman ini dibudidayakan karena keindahan warna dan ornamentasi bunganya. Tanaman ini juga memiliki khasiat obat, meskipun masih jarang penggunaannya (Sangadji dkk, 2017).



**Gambar 5.** Bunga Pukul Empat *Mirabilis jalapa* L. (Dokumentasi Pribadi, 2022)

Klasifikasi bunga pukul empat *Mirabilis jalapa* L. adalah sebagai berikut :

Regnum : Plantae

Divisio : Tracheophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Caryophyllales

Familia : Nyctaginaceae

Genus : *Mirabilis*

Species : *Mirabilis jalapa* L.

Sumber : ITIS.GOV, 2023

#### **II.4 TPA Tamangapa Antang Makassar**

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Tamangapa Antang terletak di Kecamatan Manggala, Kota Makassar, memiliki luas area sekitar 14,3 Ha yang telah digunakan sejak tahun 1993 (Asiri dkk, 2019). Pada tahun 2015 lahan TPA Tamangapa diperluas menjadi 16,8 Ha karena meningkatnya volume sampah di Kota Makassar (Ningsih dkk, 2020). Kebanyakan sampah yang ada di TPA tersebut berasal dari sampah perkotaan, sampah rumah tangga, sampah pasar, sampah perbelanjaan, dan sampah perkantoran (Magfira dkk, 2021).

Sekitar 87% sampah di Makassar merupakan sampah organik dan  $\pm 13\%$  adalah sampah anorganik, seperti plastik dan kertas. Sampah plastik tidak mudah terurai dalam waktu cepat, setidaknya membutuhkan waktu 200-1000 tahun untuk terurai (Asnur dan Setiawan, 2020). Kota Makassar menyandang status sebagai kawasan dengan penghasilan sampah terbesar di Kawasan Indonesia Timur (KTI). Pada tahun 2019, volume sampah sebanyak 258 ton/ hari, dan pada tahun 2020 sampah meningkat menjadi 294 ton/hari (Indraswara dkk, 2021).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012, bahwa pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengurangan sampah dapat dilakukan dengan mereduksi timbulan (*reduce*), pemanfaatan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*). Sedangkan penanganan sampah dilakukan dengan pemilahan atau pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan dan pemrosesan akhir.

Sampah merupakan masalah yang dihadapi oleh masyarakat di seluruh dunia. Berdasarkan The World Bank (2018), jumlah penduduk di dunia yang setiap tahun mengalami peningkatan menjadi penyebab masalah sampah yang semakin kritis. Timbunan sampah di seluruh belahan dunia terus mengalami peningkatan. Negara yang merupakan penyumbang sampah terbesar adalah China, Indonesia, Filipina, Vietnam, dan Sri Lanka (Birawida, 2021).

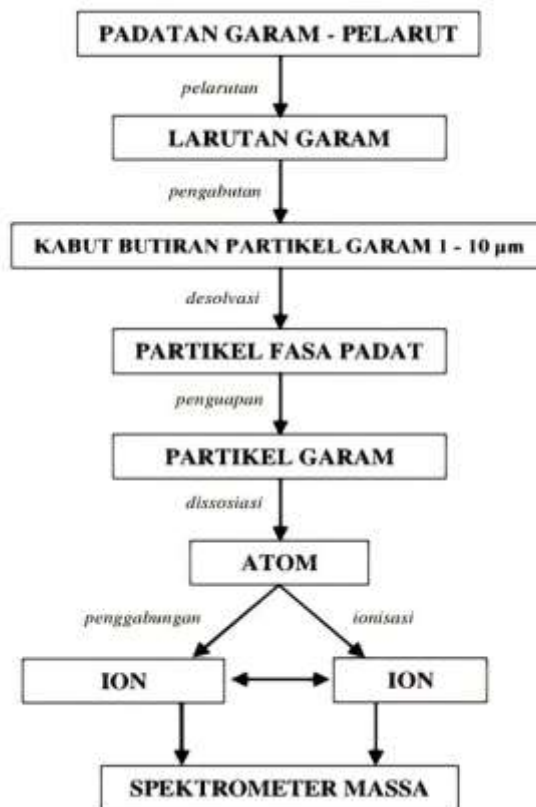
## **II.5 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS)**

*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS) merupakan seperangkat alat yang digunakan untuk menentukan unsur dan isotop secara simultan yang terkandung dalam berbagai cuplikan sampel. Alat ini merupakan penggabungan dari plasma ICP (*Inductively Coupled Plasma*) sebagai sumber ionisasi dengan spektrometer massa MS (*Mass Spectrometry*) sebagai pemilah dan pencacah ion. Parameter dari sistem ICP-MS adalah argon ICP (*argon plasma, auxiliary, dan nebulizer*), spektromoter massa (*sampler dan skimmer*), kevakuman (*interface region dan massa spectrometer chamber*), *lens voltages* (*photon stop, bessel box barrel, einzel lenses, dan a.c roads*) (Rukihati dan Saryati, 2006).

Prinsip kerja dari ICP-MS yaitu proses ionisasi diawali dengan pelarutan cuplikan menjadi larutan garam, larutan garam dikabutkan dengan *nebulizer*

menjadi butiran berukuran 10  $\mu\text{m}$ , masuk ke dalam plasma terjadi desolvasi menjadi partikel fasa padat lalu menjadi partikel fasa garam gas. Selanjutnya mengalami dissosiasi menjadi atom bebas dan akhirnya menjadi ion bebas. Keuntungan menggunakan alat ICP-MS yaitu, dalam waktu yang bersamaan dapat menganalisis lebih dari 30 unsur (multi unsur), memiliki batas penentuan (*limit detection*) yang rendah yaitu dalam orde nanogram  $10^{-9}$  gram, hanya memerlukan cuplikan sampel yang sedikit, dan dapat menentukan nisbah isotop secara cepat. Hal ini karena sistem pencacah ion yang sangat cepat di dalam spektrometer massa. Lebih dari 90% unsur yang tercantum di dalam tabel periodik dapat ditentukan dengan ICP-MS (Rukihati dan Saryati, 2006).

Gambar 6 berikut ini adalah skema cara kerja alat *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS).



**Gambar 6.** Proses Ionisasi dalam Sistem ICP-MS.

Semula sistem ICP-MS hanya mampu menganalisis cuplikan dalam bentuk larutan, namun perkembangan ICP-MS selanjutnya menggunakan teknologi *laser ablation* untuk proses ionisasi, sehingga cuplikan padatan dapat langsung dianalisis tanpa pelarutan atau penghancuran cuplikan terlebih dahulu. Berdasarkan kelebihan-kelebihan ini metode ICP-MS banyak digunakan untuk menentukan unsur kelumit (*trace elements*), yaitu unsur-unsur berkonsentrasi <0,5% yang terkandung dalam berbagai jenis cuplikan, seperti cuplikan lingkungan (air, tanah, dan partikulat udara), biologi (darah, urin, jaringan, obat-obatan, dan makanan), geologi (sedimen, batuan, dan mineral), bahan teknik (semikonduktor, superkonduktor, dan paduan logam), serta untuk menentukan perbandingan isotop suatu unsur bahan geologi atau bahan industri nuklir (Rukihati dan Saryati, 2006).