

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

**SKRIPSI**



**MUTMAINNAH ZAKARIAH**

**H041181503**

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

**2023**

**FITOREMEDIASI TANAMAN HIAS TERHADAP POLUTAN MERKURI  
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*

**MUTMAINNAH ZAKARIAH**

**H041181503**

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

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

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

Disusun dan diajukan oleh

**MUTMAINNAH ZAKARIAH**

**H041181503**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal, 16 Mei 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

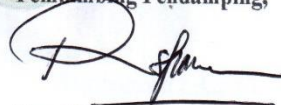
**Menyetujui,**

**Pembimbing Utama**



**Dr. Juhriah, M. Si**  
NIP. 19636312311988102001

**Pembimbing Pendamping,**



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

**Ketua Program Studi,**



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mutmainnah Zakariah

NIM : H041181503

Program Studi : Biologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Fitoremediasi Tanaman Hias Terhadap Polutan Merkuri 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, 16 Mei 2023

Yang Menyatakan



Mutmainnah Zakariah

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrohmanirohim.,*

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala, Dzat yang hanya kepadanya memohon atas pertolongan. Alhamdulillah atas segala rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul "Fitoremediasi Tanaman Hias Terhadap Polutan Merkuri dari Tanah Pembuangan Sampah (TPA) Tamangapa Antang Makassar". Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan sarjana satu (S1) pada Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Hasanuddin. Dalam penyusunan skripsi ilmiah ini kemungkinan masih ada kekurangannya, oleh karena itu penulis dengan ikhlas akan menerima saran yang bersifat konstruktif.

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi dan tugas akhir ini. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Keluargaku tercinta terkhusus kepada Ayahanda H. Zakariah dan Ibunda Hj. Rosdiana atas kasih sayang, doa dan dukungannya, kepada saudara-saudaraku beserta keluarga terdekat lainnya atas motivasi dan dukungannya selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
- Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Hasanuddin, Dr. Eng. Amiruddin, M. Si., beserta seluruh staf.
- Ketua Departemen Biologi, FMIPA - Universitas Hasanuddin, Dr. Magdalena Litaay, M. Sc., beserta staf dan seluruh dosen biologi yang telah memberikan ilmu dan banyak motivasi selama penulis menempuh perkuliahan.

- Dosen pembimbing penulis, Ibu Dr. Juhriah, M. Si dan Bapak Drs. Muhammad Ruslan Umar, M. Si, atas segala bimbingan, saran serta bantuan dalam proses dan penyelesaian skripsi ini.
- Dosen Penguji, Bapak Prof. Dr. Fahrudin, M. Si dan Ibu Andi Evi Erviani, S. Si., yang juga selaku penasehat akademik, atas bimbingan, arahan perbaikan skripsi ini, dan selama perkuliahan
- Bapak Alvin selaku staf Laboratorium Kimia Kesehatan atas bimbingannya selama proses penelitian hingga berjalan dengan lancar.
- Teman-teman angkatan 2018 Departemen Biologi, yang secara bersama selama dalam perkuliahan, dan menjadi sebuah kenangan yang akan selalu diingat. Rekan-rekan FMIPA 2018 dan teman KKN SIDRAP 2, atas pengalaman berharga yang sangat mengesankan.
- Sahabat-sahabatku, Khaerunnisa, Winda Ainun Inayah, dan terkhusus untuk Dian Islamiah terima kasih atas dukungan dan bantuannya selama penelitian
- Kepada seluruh pihak yang terlibat, penulis sangat berterima kasih atas segala bantuan, saran serta masukan selama penelitian dan penyusunan skripsi.

Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat dan menjadi sumber informasi dalam upaya pelestarian lingkungan dimasa yang akan datang.

Makassar, 16 Mei 2023

Mutmainnah Zakariah

## ABSTRAK

Tempat pembuangan Akhir (TPA) sampah Tamangapa Antang, merupakan TPA yang terbesar di Makassar. Salah satu jenis logam berat yang sering mencemari lingkungan adalah merkuri (Hg), yang terutama berasal dari sampah anorganik. Penelitian Fitoremediasi Tanaman Hias Terhadap Polutan Merkuri dari Tanah Pembuangan Sampah (TPA) Tamangapa Makassar, telah dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi *Helianthus annuus* L., *Zinnia elegans* Jacq., *Mirabilis jalappa* L., *Impatiens balsamina* L, dan *Celosia argentea* L. terhadap tanah yang tercemar logam Hg. Analisis kadar Hg pada tanah dan tanaman dilakukan dengan metode destruksi basah dan diukur menggunakan alat *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS) di laksanakan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) . Kadar awal logam Hg pada tanah media tanam 0,2621 µg/g. Setelah fitoremediasi dengan kelima jenis tanaman hias selama 12 minggu, kadar Hg pada media tanam menjadi antara 0,1188 - 0,4603 µg/g, sedangkan yang terakumulasi di tanaman hias antara 0,0992 - 0,4618 µg/g. Biomassa tanaman hias bunga antara 27,853-13,095 %, biomassa tertinggi pada jenis *Mirabilis jalappa* L. Efisiensi penyerapan logam Hg jenis *Helianthus annuus* paling tinggi dibandingkan dengan ke empat jenis tanaman perlakuan lainnya.

**Kata kunci :** *fitoremediasi, tanaman hias, merkuri, tanah*

## ABSTRACT

Tamangapa Antang landfill is the largest landfill in Makassar. One type of heavy metal that often pollutes the environment is mercury (Hg), which mainly comes from inorganic waste. Research on phytoremediation of ornamental plants against mercury pollutants from Tamangapa landfill in Makassar was conducted to determine the phytoremediation ability of *Helianthus annuus* L., *Zinnia elegans* Jacq., *Mirabilis jalappa* L., *Impatiens balsamina* L., and *Celosia argentea* L. Against soil polluted with Hg metal. Analysis of Hg levels in soil and plants was carried out using the wet deconstruction method and measured using Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) is carried out at the Center of Health Laboratories (BBLK). The initial level of Hg metal in the soil of the planting media was 0.2621 µg/g. After phytoremediation with the five types of ornamental plants for 12 weeks, Hg levels in the planting media became between 0.1188 - 0.4603 µg/g, while those accumulated in ornamental plants were between 0.0992 - 0.4618 µg/g. Biomass of ornamental flower plants between 27.853-13.095%, the highest biomass in the type of *Mirabilis jalappa* L. Hg metal absorption efficiency of *Helianthus annuus* species is the highest compared to the four other types of treated plants.

**Keywords:** *phytoremediation, ornamental plants, mercury, soil*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Tujuan Penelitian .....	3
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 Proses Fitoremediasi .....	5
II.1.1 Pengertian Fitoremediasi.....	5
II.1.2 Jenis dan Mekanisme Proses Fitoremediasi .....	6
II.1.3 Jenis, Syarat Tumbuhan Fitoremediasi .....	10
II.2 Logam Berat .....	11
II.2.1 Pengertian dan Sifat Logam berat .....	11

II.2.2 Jenis Logam berat dan Dampaknya .....	12
II.2.3 Merkuri (Hg) .....	12
II.3 Tempat Pembuangan Sampah (TPA) Tamangapa Antang .....	14
II.4 Tumbuhan Hiperakumulator .....	15
II.4.1 Bunga Matahari <i>Helianthus annuus</i> L.....	16
II.4.2 Bunga Kertas <i>Zinnia elegans</i> Jacq .....	17
II.4.3 Bunga Jengger Ayam <i>Celosia argentea</i> L.....	19
II.4.4 Bunga Pacar Air <i>Impatiens balsamina</i> .....	20
II.4.5 Bunga Pukul Empat <i>Mirabilis jalappa</i> L .....	21
II.5 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) .....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
III.1 Alat Dan Bahan .....	24
III.2 Tahapan Penelitian .....	24
III.2.1 Survei Lokasi dan Pengambilan Sampel Tanah .....	24
III.2.2 Perlakuan Sampel Tanah .....	25
III.2.3 Persiapan Media Tanam.....	25
III.2.4 Analisis Kandungan Merkuri (Hg) Tanah .....	26
III.2.5 Penyiapan Bibit dan Penanaman Bibit Tanaman Hias .....	26
III.2.6 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman.....	27
III.2.7 Analisis Kandungan Akhir Merkuri (Hg) dari Media Tanam .....	28
III.2.8 Analisis Kandungan Merkuri (Hg) Tanaman Hias .....	30
III.3 Pengolahan dan Analisis Data.....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>

IV.1 Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Media Tanaman Hias Bunga .....	31
IV.2 Kadar Logam Merkuri (Hg) Pada Tanaman Hias Bunga .....	33
IV.3 Perbandingan kadar merkuri (hg) pada awal media tanam, akumulasi pada tanaman, media tanam setelah fitoremediasi, dan peningkatan dan pengurangan Hg dari media tanam tanaman hias .....	34
VI.4 Pertumbuhan Tanaman Hias Bunga .....	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>L A M P I R A N.....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Kandungan logam berat dalam tanah secara alamiah ( $\mu\text{g/g}$ ).....	13
<b>Tabel 2.</b> Perhitungan efisiensi penyerapan Hg .....	36
<b>Tabel 3.</b> Perhitungan biomassa tanaman .....	40

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Bunga Matahari <i>Helianthus annuus</i> L.....	17
<b>Gambar 2.</b> Bunga Kertas <i>Zinnia elegans</i> Jacq.....	18
<b>Gambar 3.</b> Bunga Jengger Ayam <i>Celosia argentea</i> L.....	19
<b>Gambar 4.</b> Bunga Pacar Air <i>Impatiens balsamina</i> L.....	20
<b>Gambar 5.</b> Bunga Pukul Empat <i>Mirabilis jalappa</i> L. ....	21
<b>Gambar 6.</b> Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah di TPA Antang Makassar..	25
<b>Gambar 7.</b> Kadar logam Merkuri (Hg) pada tanah awal dan media tanam setelah fitoremediasi 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 jalappa</i> L.....	31
<b>Gambar 8.</b> Perbandingan kadar Hg tanah awal, kadar Hg tanah setelah perlakuan dan kadar penurunan Hg pada media tanam.....	33
<b>Gambar 9.</b> Kadar logam Merkuri (Hg) 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 jalappa</i> L., setelah panen minggu ke 12 pada tanah TPA Tamangapa Antang Makassar.....	35
<b>Gambar 10.</b> Histogram perbandingan parameter pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, panjang daun, dan lebar daun tanaman hias bunga	38
<b>Gambar 11.</b> Histogram parameter jumlah daun tanaman hias bunga .....	39

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Skema Kerja Pengambilan Sampel Tanah.....	48
<b>Lampiran 2.</b> Skema Kerja Preparasi Sampel Tanah (Analisis Awal) .....	48
<b>Lampiran 3.</b> Skema Kerja Persiapan Media Tanam Tanaman.....	49
<b>Lampiran 4.</b> Skema Kerja Penyemaian Benih Tanaman.....	49
<b>Lampiran 5.</b> Skema Kerja Penanaman Bibit Tanaman .....	49
<b>Lampiran 6.</b> Skema Kerja Preparasi Sampel Tanaman.....	50
<b>Lampiran 7.</b> Skema Kerja Preparasi Sampel Tanah (Analisis Akhir).....	50
<b>Lampiran 8.</b> Foto Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman.....	51
<b>Lampiran 9.</b> Foto Sampel Tanah dan Tanaman .....	52
<b>Lampiran 10.</b> Foto Penyemaian Benih Tanaman .....	53
<b>Lampiran 11.</b> Foto Penanaman Bibit Tanaman.....	54
<b>Lampiran 12.</b> Foto Proses Analisis Awal Sampel Tanah.....	55
<b>Lampiran 13.</b> Foto Proses Analisis Sampel Tanaman.....	57
<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 .....	62
<b>Lampiran 18.</b> Grafik Parameter Panjang Daun Tanaman .....	62
<b>Lampiran 19.</b> Grafik Parameter Lebar Daun Tanaman .....	63
<b>Lampiran 20.</b> Perhitungan Hasil Pembacaan ICP-MS Sampel Tanah .....	63
<b>Lampiran 21.</b> Perhitungan Hasil Pembacaan ICP-MS Sampel Tanaman .....	64
<b>Lampiran 22.</b> Perhitungan Efisiensi Akumulasi Hg.....	64
<b>Lampiran 23.</b> Perhitungan Biomassa Tanaman.....	64

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Kota Makassar merupakan salah satu kota di Indonesia yang tingkat jumlah penduduk yang relatif padat terpadat. Tingginya urbanisasi dan perkembangan jumlah penduduk di Kota Makassar memunculkan banyak masalah salah satu adalah peningkatan volume yang terus melonjak dari tahun ke tahun, sehingga TPA sampah mengalami tekanan, karena ketidak cukupan luasan TPA menampung volume sampah (Abdillah dkk, 2019). Sampah tersebut terdiri atas sampah organik dan sampah anorganik.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah sering menimbulkan masalah lingkungan disekitarnya, karena kurang penataan dan pengelolaan lahan secara baik. Kota Makassar juga tidak terlepas dari masalah pencemaran tanah, air dan udara, khususnya di sekitar areal TPA sampah di kota Makassar, yang terletak di Tamangapa, Kelurahan Antang. Menurut Fadila Nur (2015), TPA Tamangapa menerima, menampung sampah masyarakat kota Makassar rata-rata 4.494 m<sup>3</sup>/tahun, yang dikelola hanya secara sanitary landfill atau *open dumping*.

Jenis sampah anorganik yang tertampung di TPA sampah tidak menutup kemungkinan mengandung bahan-bahan berbahaya, misalnya logam berat yang dapat mejadi polutan pada air, tanah dan udara. Adapun jenis limbah yang potensial merusak lingkungan adalah jenis yang termasuk dalam bahan beracun berbahaya (B3), diantaranya logam berat. Logam berat adalah unsur logam yang memiliki berat jenis lebih dari dari 5 g/cm<sup>3</sup>, dan dapat membentuk garam pada kondisi asam. Jenis logam berat yang sering terkandung pada sampah anorganik misalnya

Merkuri (Hg), Seng (Zn), Cadmium (Cd), Plumbun (Pb) dan jenis logam lainnya. Unsur logam berat di dalam tanah dapat berada dalam bentuk garam, hidroksida dan oksida, larutan tanah, berikatan dengan mineral maupun dalam bentuk senyawa kompleks logam organik (Haryono dan Soemono, 2009).

Merkuri atau air raksa (Hg) merupakan salah satu jenis logam yang banyak ditemukan di alam dan tersebar dalam batu-batuan, hasil tambang, tanah, air, dan udara sebagai senyawa anorganik dan organik. Merkuri dapat menjadi senyawa yang berbahaya jika mengalami metilisasi menjadi metil merkuri (MeHg) yang bersifat toksik bagi tubuh manusia. Salah satu sumber pencemaran unsur merkuri dalam tanah dapat berasal dari penambangan atau pengolahan emas dalam tahap penggilingan (Zulfikah dkk, 2014).

Pencemaran merkuri berasal dari pertambangan dan peleburan bijih logam, pembakaran bahan bakar fosil (batu bara), dan proses produksi industri. Sumber lainnya berasal dari bahan induk tanah, deposisi atmosfer, material pertanian dan lumpur comberan. Menurut Haryono dan Soemono (2009), merkuri mengalami translokasi di dalam tanaman, dapat mengumpul di dalam tubuh dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi. Secara umum ketersediaan merkuri (Hg) tanah terhadap tanaman adalah rendah, dan ada kecenderungan besar akumulasi merkuri (Hg) dalam perakaran. Hal ini mengindikasikan bahwa perakaran menyiapkan penghalang terhadap pengambilan merkuri (Hg). Kandungan merkuri (Hg) dalam hasil pertanian yang ditanam pada tanah dengan kandungan merkuri (Hg) rendah dilaporkan memiliki tingkatan yang sama dengan tanah tersebut.



Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam pengelolaan dan penanggulangan pencemaran logam berbahaya adalah melalui fitoremediasi, yang merupakan salah satu metode yang aplikatif dan diharapkan mampu menangani masalah pencemaran logam berat pada tanah (Haryanti dkk, 2013). Fitoremediasi juga sering disebut sebagai bioremediasi botani (Pratiwi, 2017). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kerusakan tanah akibat akumulasi logam berat dengan memanfaatkan tanaman yang dapat menyerap logam berat (Yusuf, 2014). Dengan demikian, fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi bahan pencemar, karena tumbuhan bersifat fitoakumulator.

Berdasarkan penelitian Juhriah dan Alam (2016), diketahui bahwa tanaman jengger ayam *Celosia argentea* L berpotensi dijadikan agen fitoremediasi karena kemampuannya menyerap Hg yang tinggi pada tanah tercemar. Tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat dari tanah dikenal sebagai tumbuhan hiperakumulator. Berdasar dari uraian diatas, maka direncanakan suatu penelitian untuk menguji apakah kelima jenis tanaman hias yaitu *Helianthus annuus*, *Mirabilis jalappa*, *Zinnia Elegans*, *Impatiens balsamina*, dan *Celosia argentea* dapat dijadikan agen fitoremediator terhadap logam merkuri.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi lima jenis tanaman hias yaitu *Helianthus annuus*, *Mirabilis jalappa*, *Impatiens balsamina* L, *Celosia argentea* dan *Zinnia elegans* terhadap logam merkuri (Hg) dari tanah TPA sampah Tamangapa Antang.

### **I.3 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan sebagai data ilmiah untuk memberikan informasi tentang konsentrasi merkuri (Hg) pada tanah di TPA Tamangapa, Antang dan kemampuan fitoremediasi beberapa jenis tanaman hias terhadap tanah yang tercemar merkuri (Hg), sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam mereduksi polutan logam pada tanah.

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

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-November 2022, bertempat Laboratorium Botani Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Analisis Logam berat Merkuri (Hg) pada sampel dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Jl. Perintis Kemerdekaan km. 11 Tamalanrea.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

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

Fitoremediasi merupakan teknologi in-situ yang bersifat non-destruktif dan hemat biaya, sehingga dapat digunakan untuk membersihkan tanah terpolutan. Teknologi ini berpotensi dikembangkan di daerah tropis karena iklim mendukung pertumbuhan tanaman dan merangsang aktivitas mikroba (Saier & Trevors, 2010).

Istilah Fitoremediasi digunakan secara luas sejak tahun 1999, yang menggambarkan penggunaan tumbuhan untuk mengurangi volume, mobilitas, toksisitas kontaminan pada tanah, air tanah, atau media terkontaminasi lainnya. Fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani yaitu *phyto* (tumbuhan), yang dikaitkan dengan akar bahasa Latin *remedium* (untuk memperbaiki atau menghilangkan kejahatan) (Ali *et al.*, 2013). Fitoremediasi menjadi teknologi alternatif yang dapat digunakan bersama dengan atau menggantikan teknologi pembersihan konvensional mekanis yang seringkali memerlukan input modal tinggi dan padat karya. Lebih lanjut menurut Wang *et al.* (2017), fitoremediasi merupakan teknologi remediasi in-situ yang memanfaatkan kemampuan pada tumbuhan dalam menyerap unsur-unsur.

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan untuk mendegradasi bahan pencemar tanah seperti logam berat, pestisida, polyaromatic hydrocarbons, dan air lindi pada tanah tercemar. Tumbuhan telah banyak digunakan untuk menstabilkan dan mengambil logam pencemar dari tanah dan air (Juhriah dan Alam, 2016). Tumbuhan dapat membantu membersihkan berbagai jenis polusi

termasuk bahan peledak, dan minyak, juga membantu mencegah angin, hujan, dan air tanah membawa polutan dari lokasi ke area lain (Antoniadis *et al.*, 2017).

Fitoremediasi dianggap teknologi inovatif, ekonomis, dan relatif aman terhadap lingkungan sehingga menjadi solusi untuk remediasi beberapa daerah yang tercemar. Keuntungan teknik ini adalah berbiaya lebih murah bila dibandingkan dengan teknik in-situ atau ex-situ lainnya, dan pertumbuhan tanaman mudah dimonitor, dengan metode ini logam berharga dapat diekstraksi dan di daur ulang. Fitoremediasi tetap memiliki kekurangan karena sangat tergantung pada kedalaman akar dan toleransinya terhadap kontaminan. Disamping itu polutan dapat masuk ke rantai makanan melalui tumbuhan akumulator yang dikonsumsi oleh herbivora, sehingga polutan terakumulasi pada jaringan mereka yang pada gilirannya dapat mempengaruhi keseluruhan jaring-jaring makanan (Sidauruk dan Patricius, 2015).

Beberapa jenis tanaman hias dan tanaman air berpotensi sebagai tanaman hiperakumulator. Tanaman hiperakumulator adalah tanaman yang memiliki kemampuan mengakumulasi zat kontaminan di bagian akar, batang maupun daun, dalam kadar yang tinggi, tanpa mengalami hambatan pertumbuhan yang serius. Namun tidak semua jenis tanaman penyerap kontaminan dapat dikatakan sebagai hiperakumulator (Widyasari, 2017).

### **II.1.2 Jenis dan Mekanisme Proses Fitoremediasi**

Mekanisme dan efisiensi fitoremediasi bergantung pada jenis kontaminan, ketersediaan hayati dan sifat tanah. Ada beberapa cara tumbuhan membersihkan atau memulihkan area yang terkontaminasi, dengan penyerapan kontaminan melalui sistem akar, di mana merupakan mekanisme utama untuk mencegah toksisitas. Sistem akar menyediakan luas permukaan yang sangat luas dalam

menyerap dan mengakumulasi air dan nutrisi penting untuk pertumbuhan, yang bersama kontaminan non-esensial lainnya. Mekanisme fitoremediasi tumbuhan dalam menyerap polutan berdampak pada volume, mobilitas, atau toksisitas kontaminan (Wang *et al.*, 2017).

Dalam proses remediasi, tumbuhan dapat bersifat aktif maupun pasif dalam mendegradasi bahan polutan. Secara aktif tumbuhan memiliki kemampuan yang berbeda dalam fitoremediasi. Beberapa jenis proses fitoremediasi yang dikenal adalah sebagai berikut (Juhriah dan Alam, 2016).

- **Fitotransformasi**

Fitotransformasi adalah penyerapan kontaminan bahan organik dan nutrisi dari tanah atau air yang di transformasikan oleh tumbuhan. Proses transformasi polutan dalam tumbuhan dapat berubah menjadi nontoksik atau menjadi lebih toksik, yang kemudian hasil metabolit transformasi tersebut terakumulasi dalam tubuh tumbuhan.

- **Fitoekstraksi**

Fitoekstraksi (fitoakumulasi) yang mengacu pada serapan dan translokasi kontaminan logam dari tanah oleh akar tumbuhan. Fitoekstraksi terutama digunakan untuk treatment tanah yang terkontaminasi. Untuk menghilangkan kontaminasi dari tanah, diperlukan tanaman untuk menyerap, memusatkan, dan mengendapkan logam beracun dari tanah yang terkontaminasi ke dalam biomassa di atas tanah (pucuk, daun, dan anggota tumbuhan lainnya).

- **Rizofiltrasi**

Rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tanaman untuk menyerap mengendapkan, dan mengakumulasi logam dari air, jadi ini berlaku apabila medium

yang tercemarnya adalah badan perairan. Rizofiltrasi terutama digunakan untuk memulihkan air tanah, air permukaan, dan air limbah dengan konsentrasi kontaminan rendah. Metode adsorpsi (pengendapan) ke akar tanaman atau penyerapan kontaminan dalam larutan yang mengelilingi zona akar. Tanaman yang digunakan ditumbuhkan dan diadaptasikan terlebih dahulu di rumah kaca dengan akarnya di air, bukan di tanah, agar sistem perakaran berkembang dengan baik, selanjutnya diintroduksi ke tempat pembuangan limbah cair (Sukono dkk, 2020).

Keuntungan metode rhizofiltrasi adalah kemampuan untuk menggunakan tanaman darat dan air baik untuk aplikasi in-situ maupun ex-situ. Dengan demikian, spesies selain hiperakumulator dapat digunakan. Tanaman terestrial lebih disukai karena memiliki sistem perakaran yang berserat dan lebih panjang sehingga meningkatkan jumlah luas perakaran (Vamerali *et al.*, 2010). Kekurangan dan keterbatasan metode ini adalah kebutuhan lingkungan yang konstan untuk penyesuaian pH, perlu pembibitan dan penanaman terlebih dahulu di rumah kaca, harus ada pemanenan dan pembuangan berkala, media harus direkayasa, dan pemahaman yang baik tentang spesies (Gupta *et al.*, 2013)

#### ▪ **Fitodegradasi**

Fitodegradasi (fitotransformasi), merupakan penyerapan dan penghancuran polutan melalui proses metabolisme di dalam organ tumbuhan atau dapat pula menggunakan senyawa seperti enzim yang diproduksi oleh tanaman untuk menghancurkan polutan. Metabolisme ini melibatkan enzim antara lain *nitroductase*, *laccase*, *dehalogenase* dan *nitrilase*. Polutan yang didegradasi adalah berupa senyawa organik termasuk nitroaromatik dan alifatik terklorinasi. Tanaman

yang digunakan dalam fitodegradasi harus mampu menyerap polutan dan mampu mendegradasi polutan menjadi produk yang tidak beracun.

- **Fitostabilisasi**

Fitostabilisasi merupakan proses yang mentransformasikan polutan di dalam tanah menjadi senyawa nontoksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut ke dalam jaringannya. Hasil transformasi dari polutan tersebut tetap berada di dalam tanah. Dalam proses fitostabilisasi tumbuhan akan menghasilkan senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi kontaminan di daerah rizosfer. Tumbuhan memiliki perbedaan sensitivitas terhadap logam berat dan memperlihatkan kemampuan yang berbeda dalam mengakumulasi logam berat (Juhriah dan Alam, 2016).

- **Fitovolatilisasi**

Fitovolatilisasi merupakan proses penyerapan polutan oleh tumbuhan, kemudian polutan diubah menjadi bersifat volatile (mudah menguap), setelah itu ditranspirasikan oleh tumbuhan. Polutan yang dilepaskan ke udara melalui daun dapat dalam bentuk senyawa awal polutan, atau dapat juga menjadi senyawa yang berbeda dari senyawa awal (Juhriah dan Alam, 2016). Fitovolatilisasi dapat terjadi dengan kontaminan yang ada di tanah, sedimen, atau air. Metode ini cocok digunakan untuk polutan seperti merkuri yang mudah menguap, k trichloroethene, serta bahan kimia anorganik yang mudah menguap, seperti selenium, dan arsen. Keuntungan dari metode ini adalah kontaminan berupa ion merkuri dapat diubah menjadi zat yang kurang beracun (yaitu, unsur Hg). Kerugiannya adalah bahwa merkuri yang dilepaskan ke atmosfer kemungkinan besar akan terbawa oleh

presipitasi dan kemudian terakumulasi kembali ke danau dan lautan (Sukono dkk, 2020).

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

Adapun syarat agar tanaman tergolong kedalam tanaman fitoremediasi adalah mampu tumbuh dengan cepat pada kondisi lingkungan yang toksik, mampu mengkonsumsi air pada jumlah yang banyak diwaktu yang singkat, mampu meremediasi lebih dari satu polutan dan memiliki tingkat resistensi yang tinggi terhadap polutan. Menurut Vamerali, dkk (2010), untuk menentukan jenis tumbuhan yang dapat digunakan dalam fitoremediasi, maka harus memiliki sifat:

- Cepat tumbuh dan memiliki biomassa tinggi.
- Memiliki sistem perakaran yang panjang.
- Mampu meremediasi lebih dari satu polutan.
- Mampu menyerap air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat.
- Toleransi yang tinggi terhadap polutan dan mampu bertahan dengan tingginya konsentrasi polutan dalam jaringan tanaman.

Beberapa jenis tanaman hias dan tanaman air berpotensi sebagai tanaman hiperakumulator yang digunakan dalam proses fitoremediasi. Penyerapan zat kontaminan khususnya logam berat pada tanaman hiperakumulator melalui mekanisme yang berbeda sesuai dengan jenis tanaman. Menurut Juhriah dan Alam (2016), tanaman bunga matahari menunjukkan kemampuan yang bagus untuk fitoremediasi Cu. Sedangkan pada jenis *Arabidopsis thaliana* menjadi tumbuhan hiperakumulator untuk logam Hg. Tingginya kandungan As dan Zn juga ditemukan dalam biomassa tanaman *Amaranthus hybridus* L, terbanyak pada daun kemudian batang dan akar. *Celosia plumose* (Voss) Burv. termasuk dalam familia



Amaranthaceae seperti halnya *Amaranthus hybridus* L., juga dimanfaatkan sebagai tanaman hias memiliki sifat mudah tumbuh diberbagai tempat dan harganya pun murah.

## **II.2 Logam Berat**

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

Logam berat adalah unsur yang memiliki berat lebih besar dari  $5 \text{ g/cm}^3$  dengan jumlah atom 22-34 dan 40-52, serta unsur antinida dan aklida, yang memiliki pengaruh biokimiawi pada hewan ataupun tumbuhan. Beberapa logam berat berbahaya dan sering mencemari lingkungan adalah Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Arsenik (As), Kromium (Cr) dan Nikel (Ni) (Gunawan, 2017). Logam berat dibagi menjadi dua yakni logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial merupakan logam berat yang dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh tubuh dan dapat bersifat racun jika dikonsumsi secara berlebihan. Adapun logam berat non esensial merupakan logam berat yang belum diketahui manfaatnya dalam tubuh bahkan juga bersifat racun (Syaifullah dkk, 2018).

Sifat logam berat relatif beracun, terakumulasi dalam tubuh organisme, sulit mengalami degradasi. Pada konsentrasi tinggi, logam berat bersifat toksik karena sukar terurai. Logam berat Cd, Hg, dan Pb termasuk logam non esensial dan pada tingkat tertentu menjadi beracun bagi makhluk hidup. Tanah merupakan bagian dari siklus logam berat, apabila tanah melebihi kemampuan dalam mencerna limbah akan mengakibatkan pencemaran tanah (Isrun dkk., 2013).

Keterikatan logam berat pada jaringan tumbuhan diantaranya melalui pembentukan senyawa kompleks, melalui adanya eksudat yang dikeluarkan akar tumbuhan berupa asam organik misalnya asam malat, sitrat, fumarat, fenolat yang

menyebabkan pH di sekitar perakaran menurun. Akibatnya banyak senyawa dan ion logam berat menjadi terlarut sehingga terserap oleh akar tanaman. Logam berat yang terserap oleh akar selanjutnya akan tertranslokasi dan terakumulasi dalam akar, batang, daun, buah dan biji (Juhriah dan Alam, 2016).

### **II.2.2 Jenis Logam berat dan Dampaknya**

Limbah yang potensial merusak lingkungan hidup adalah limbah yang termasuk dalam Bahan Beracun Berbahaya (B3) yang di dalamnya terdapat logam-logam berat (Isrun dkk., 2013). Adanya logam berat di lingkungan dapat menimbulkan cekaman polutan, yang menyebabkan meningkatnya pembentukan radikal bebas sehingga berdampak pada rusaknya berbagai enzim yang berakibat menurunkan kandungan protein pada organ-organ tumbuhan. Dampak yang ditimbulkan oleh logam berat dapat membahayakan bagi lingkungan dan makhluk hidup, sehingga perlu dilakukan penanggulangan agar bisa mengurangi penyerapan logam berat pada tanaman (Juhri, 2017).

### **II.2.3 Merkuri (Hg)**

Nama ilmiah merkuri adalah Hydrargyrum (Hg) yang berarti “perak cair” (*liquid silver*) adalah jenis logam sangat berat berbentuk cair pada suhu kamar, berwarna putih keperakan, memiliki sifat konduktor listrik yang cukup baik, tetapi memiliki sifat konduktor panas yang kurang baik. Merkuri membeku pada suhu 38.9 °C dan mendidih pada suhu 357 °C, bersifat beracun (toxic), dapat bercampur dengan enzim di dalam tubuh manusia menyebabkan hilangnya kemampuan enzim sebagai katalisator untuk fungsi tubuh yang penting. Merkuri bersifat racun yang kumulatif, dalam arti sejumlah kecil merkuri yang terserap dalam tubuh dalam jangka waktu lama akan menimbulkan bahaya. Bahaya penyakit yang ditimbulkan

oleh senyawa merkuri diantaranya adalah kerusakan rambut, gigi, hilang daya ingat dan terganggunya sistem syaraf (Isrun dkk., 2013).

Lingkungan yang terkontaminasi oleh merkuri dapat membahayakan kehidupan manusia karena adanya rantai makanan. Merkuri dapat terakumulasi dalam mikroorganisme yang hidup di air (sungai, danau, laut) melalui proses metabolisme. Bahan-bahan yang mengandung merkuri yang terbuang kedalam sungai atau laut akan terserap oleh mikroorganisme tersebut dan secara kimiawi berubah menjadi senyawa methyl-merkuri (Isrun dkk., 2013).

Ambang batas merkuri (Hg) di tanah berdasarkan baku mutu tanah dari kantor KLH-Dalhousie University Canada (1992) untuk pertanian yaitu 0,5 ppm. Untuk ambang batas cemaran merkuri (Hg) pada makanan (tepung, hasil olahannya) yang diizinkan berdasarkan Dirjen POM (1989) adalah 0,05 ppm (Haryono dan Soemono, 2009). Kisaran ambang batas merkuri pada tanaman yaitu 0,01 - 0,03 ppm dan di tanah sebesar 0,03 - 0,05 ppm (Ali dkk, 2019).

Bahan organik dapat mengikat logam berat, karena bahan organik memiliki gugus fungsional yang bila terionisasi dapat bersifat aktif dalam menyerap logam berat. Pada pH tinggi maka terjadi peningkatan konsentrasi gugus fungsional aktif, sebab ionisasi hidrogen akan lebih mudah terjadi, karena pengikatan logam berat dipengaruhi pH, maka pemberian pupuk kandang pada tanah tercemar berpengaruh terhadap peningkatan pH, dan meningkatkan C-organik yang tersedia (Isrun dkk, 2013).

**Tabel 1.** Kandungan logam berat dalam tanah secara alamiah ( $\mu\text{g/g}$ ).

<b>Logam</b>	<b>Kandungan (rata-rata)</b>	<b>Kisaran Non Populasi</b>
As	100	5-3000
Co	8	1-40

Cu	20	2-300
Pb	10	2-200
Zn	50	10-300
Cd	0,06	0,05-0,7
Hg	0,03	0,01-0,3

Sumber : Peterson & Alloway (1979) ; Darmono (1995) ; Juhriah dan Alam (2016).

### II.3 Tempat Pembuangan Sampah (TPA) Tamangapa Antang

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Tamangapa Antang, faktanya sekarang masih kurang terkelola dengan baik sehingga tidak lagi memegang fungsinya dengan baik, sebagian besar lahan TPA saat ini sudah tercemar dan menimbulkan dampak negatif di lingkungan sekitarnya (Gunawan, 2017). TPA sampah merupakan sebuah tempat untuk pemrosesan akhir dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungannya, sehingga keberadaan prasarana TPA penting bagi daerah perkotaan (Asiri dkk, 2019).

TPA sampah Antang dibangun pada tahun 1993, dan satu-satunya TPA sampah di kota Makassar, berlokasi di Kecamatan Manggala, yang berjarak  $\pm 15$  km dari pusat kota Makassar (Gunawan, 2017). TPA sampah ini awalnya memiliki luas lahan sekitar 14,3 Ha (1993-2014), pada tahun 2015 diperluas lahannya hingga menjadi 16,8 Ha. Pemanfaatan TPA sampah Tamangapa baru sekitar 70% dari kapasitas keseluruhan. Semua sampah perkotaan hasil aktivitas perkotaan dibuang di TPA Tamangapa (Ningsih dkk, 2020).

Sampah yang tertampung di TPA Tamangapa, umumnya dari sampah organik dan sisanya berupa sampah anorganik. Hasil penelitian Zubair dkk, (2015), menunjukkan persentase sampah organik 80,71%, lebih banyak daripada sampah anorganik sisanya 9,23% yang kemungkinan mengandung logam berat.

## II.4 Tumbuhan Hiperakumulator

Salah satu pendekatan untuk meremediasi lingkungan tercemar logam adalah dengan fitoekstraksi menggunakan tanaman hiperakumulator. Berkembangnya teknologi fitoremediasi maka tumbuhan hiperakumulator menjadi sangat penting. Tanaman hiperakumulator mampu mengakumulasi logam dalam konsentrasi lebih dari 100 kali melebihi tanaman normal, dimana tanaman normal mengalami keracunan logam dan penurunan produksi. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan proses fisiologis dan biokimiawi serta ekspresi gen-gen yang mengendalikan penyerapan, akumulasi dan toleransi tanaman terhadap logam (Hidayati, 2013).

Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasanya dalam kadar yang luar biasa tinggi. Kebanyakan tumbuhan umumnya mengakumulasi logam, misalnya nikel sebesar 10 mg/kg berat kering (setara dengan 0,001 %), tetapi tumbuhan hiperakumulator logam mampu mengakumulasi hingga 11 % berat kering. Batas kadar logam yang terdapat di dalam biomassa tumbuhan agar dapat disebut hiperakumulator berbeda-beda tergantung pada jenis logamnya (Irhamni dkk, 2017).

Tanaman hiperakumulator ideal yakni tanaman yang mampu mengakumulasi logam dalam konsentrasi sangat tinggi pada tajuknya. Tanamannya dapat tumbuh cepat, memproduksi biomassa tinggi, mudah dibudidayakan dan perbanyakannya, memiliki toleransi tinggi terhadap logam tanpa menunjukkan gejala keracunan walaupun kandungan logam yang tinggi dalam jaringannya. Selain itu tanaman juga memiliki toleransi tinggi terhadap lingkungan yang

marjinal seperti kualitas tanah yang rendah (struktur, hara, pH, salinitas dan ketersediaan air yang ekstrim) dan tahan terhadap gangguan hama dan penyakit (Hidayati, 2013).

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus dibawa ke sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara tergantung pada spesies tumbuhannya (Irhamni dkk, 2017).

#### **II.4.1 Bunga Matahari *Helianthus annuus* L**

Bunga matahari dengan nama latin *Helianthus annuus*. *Heli* (matahari), *anthus* (bunga), *annuus* (semusim). Jadi *Helianthus annuus* (Sun flower) dapat diartikan sebagai bunga matahari atau bunga berumur semusim. Merupakan tanaman herba yang termasuk famili Compositae (Asteraceae), berasal dari Amerika Utara, tapi sekarang dijumpai di daerah tropika dan penyebarannya makin meluas ke beberapa negara Subtropika (Juniarti dan Yeni, 2017).

Bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) merupakan tanaman introduksi dari wilayah Amerika. Bunga matahari dapat tumbuh hingga 1–3 m tergantung varietas, mempunyai batang yang tebal serta kokoh. Benih yang dihasilkan berasal dari penyerbukan yaitu transfer serbuk sari pada permukaan stigma organ betina reseptif. Biji bunga matahari bisa dimanfaatkan sebagai camilan ataupun diolah menjadi minyak nabati. Awal pembungaan bunga matahari berkisar antara 19–22 hari setelah ditanam (Nurmalasari dkk, 2020).

Bunga matahari berakar tunggang, halus, lebat, dan mendatar. Batang berbulu halus, bentuk bulat, dan tebal. Daunnya tunggal, lebar, dan bertangkai

panjang. Mahkota bunga berwarna kuning, bunga majemuk terdiri dari banyak kelopak bunga kecil dalam satu bonggol. Biji keras, berbentuk pipih, dan berwarna keabuan. Alat reproduksi terdiri dari 2 bunga yaitu bunga pita (bunga mandul, hanya memiliki putik sari) dan bunga tabung (bunga banci, memiliki benang sari dan putik) (Rahmadhani dkk, 2020).



**Gambar 1.** Bunga Matahari *Helianthus annuus* L

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

(Sumber: ITIS.GOV, 2023):

Regnum : Plantae  
Divisio : Tracheophyta  
Classis : Magnoliopsida  
Ordo : Asterales  
Familia : Asteraceae  
Genus : *Helianthus*  
Species : *Helianthus annuus* L.

#### **II.4.2 Bunga Kertas *Zinnia elegans* Jacq**

Di Indonesia, tanaman bunga kertas belum mampu menggeser bunga lain dari famili Asteraceae seperti krisan sebagai bunga potong yang populer. Hal ini kemungkinan disebabkan karena bunga kertas yang ada di Indonesia masih merupakan bunga kertas lokal yang belum dimuliakan, sehingga masih memiliki

bentuk dan warna yang kurang variatif dan kurang menarik sehingga konsumen lebih memilih bunga krisan yang memiliki bentuk dan warna yang lebih menarik. Potensi bunga kertas sebagai bunga potong cukup besar, dibandingkan dengan tanaman krisan tanaman bunga kertas lebih mudah dibudidayakan di Indonesia. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan genetik tanaman sehingga karakteristik bunga kertas dapat lebih menarik minat konsumen. Perbaikan secara genetik dapat dilakukan dengan meningkatkan keragaman pada sifat tanaman (Nurmalasari dkk, 2020).

Bunga kertas *Zinnia elegans* merupakan memiliki akar tunggang. Batang berbentuk bulat. Daunnya melebar, berbentuk bulat hingga memanjang. Mahkota bunga berwarna putih kekuningan, kuning, atau jingga, merah, dan lainnya, termasuk bunga majemuk dan bunga tidak lengkap. Biji berwarna hitam mengkilap, berbiji dua atau satu. Tangkai putik pendek dan kepala putiknya miring. *Zinnia elegans* yang ditemukan berwarna merah muda dan putih (Nurmalasari dkk, 2020).



**Gambar 2.** Bunga Kertas *Zinnia elegans* Jacq  
(Dokumentasi Pribadi )

Klasifikasi bunga kertas *Zinnia elegans* Jacq. adalah sebagai berikut

(Sumber: ITIS.GOV, 2023):

Regnum : Plantae  
Divisio : Tracheophyta  
Classis : Magnoliopsida



Ordo : Asterales  
Familia : Asteraceae  
Genus : *Zinnia*  
Species : *Zinnia elegans* Jacq.

#### II.4.3 Bunga Jengger Ayam *Celosia argentea* L

Tumbuhan Jengger Ayam (*Celosia argentea* L.) merupakan merupakan tanaman bunga dari keluarga Amaranthaceae yang tumbuh menyebar di Amerika Selatan, Afrika dan Asia (Simanjuntak dkk, 2020). Tekstur bunga yang menyerupai beludru dan bentuk bergelombang meningkatkan ketertarikan konsumen dalam memanfaatkan bunga ini sebagai bunga potong. Berdasarkan daerah penyebarannya tersebut tanaman jengger ayam cocok tumbuh di daerah tropis dengan suhu ideal 15-21°C dan kelembaban sedang, baik di tempat terbuka maupun semi naungan, serta di daerah dataran tinggi maupun rendah (Apriyani dan Syarifah, 2017).

Bunga Jengger Ayam berakar tunggang, batang berbentuk bulat, gundul, dan alur kasar memanjang. Daunnya tunggal letak berseling, dan bertangkai pendek. Mahkota bunga berwarna merah ataupun kuning, termasuk bunga majemuk, mahkota berbentuk bulat dan silindris. Biji berbentuk seperti ginjal, kecil, dan berwarna hitam mengkilap (Nurmalasari dkk, 2020).



**Gambar 3.** Bunga Jengger Ayam *Celosia argentea* L.  
(Dokumentasi Pribadi)

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

(Sumber: ITIS.GOV, 2023):

Regnum : Plantae  
Divisio : Tracheophyta  
Classis : Magnoliopsida  
Ordo : Caryophyllales  
Familia : Amaranthaceae  
Genus : *Celosia*  
Species : *Celosia argentea* L.

#### **II.4.4 Bunga Pacar Air *Impatiens balsamina***

Tanaman pacar air termasuk suku Balsaminaceae yang sangat mudah tumbuh dipekarangan rumah. Tanaman ini ditemukan belahan bumi utara, India dan di daratan Asia Tenggara termasuk Indonesia. Tumbuhan pacar air berperawakan terna atau herbaceus. Tumbuhan ini memiliki tinggi kurang lebih 30-85 cm, berbatang basah dengan bentuk irisan melintang bulat/teres. Permukaan batangnya licin yang tumbuh tegak lurus, arah tumbuh cabang juga tegak lurus. Memiliki daun penumpu dan ligula. 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 (Izza dan Maisuna, 2021).



**Gambar 4.** Bunga Pacar Air *Impatiens balsamina* L  
(Dokumentasi Pribadi)

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

(Sumber: ITIS.GOV, 2023):

Regnum : Plantae  
Divisio : Tracheophyta  
Classis : Magnoliopsida  
Ordo : Ericales  
Familia : Balsaminaceae  
Genus : *Impatiens*  
Species : *Impatiens balsamina* L.

#### **II.4.5 Bunga Pukul Empat *Mirabilis jalappa* L**

*Mirabilis jalappa* L. (bunga pukul empat) merupakan tanaman hias yang mudah tumbuh tanpa banyak perawatan. Mudah tumbuh di tanah yang mengandung cukup unsur hara dan terlindung dari sinar matahari. Meskipun demikian tanaman ini sering dijumpai tumbuh pada lahan kering dan terkena sinar matahari langsung. Banyak dibudidayakan karena keindahan warna dan ornamentasi bunganya, berkasiat obat, meskipun masih jarang penggunaanya (Irianto dkk, 2007).



**Gambar 5.** Bunga Pukul Empat *Mirabilis jalappa* L

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

(Sumber: ITIS.GOV, 2023):

Regnum : Plantae  
Divisio : Tracheophyta  
Classis : Magnoliopsida  
Ordo : Caryophyllales  
Familia : Nyctaginaceae  
Genus : *Mirabilis*  
Species : *Mirabilis jalappa* L.

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

ICP-MS merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk menganalisis logam, dengan terbentuknya plasma pada tingkat kekhususan dan sensitifitas tinggi, serta limit deteksi yang baik. Analisis logam menggunakan ICP-MS dapat dilakukan dengan cepat karena dapat mengukur semua logam secara langsung dan berkesinambungan. Alat ICP-MS memiliki kelebihan dibandingkan dengan alat AAS, karena dapat mengukur beberapa parameter logam berat sesuai dengan standart multielemen yang digunakan, kemampuan pembacaan unsur logam pada konsentrasi part *per-billion* (ppb), batas deteksi yang cukup rendah dan tingkat akurasi yang tinggi (Handayani, 2020).

Alat ICP-MS adalah alat yang paling efektif untuk mengukur trace elements dan mineral dalam sampel biologis. Volume sampel biologis yang sedikit menjadi salah satu keterbatasan dalam analisis, tetapi ICP-MS dapat mengatasi masalah tersebut. Alat ICP-MS banyak dikembangkan untuk pemeriksaan dalam bahan biologis seperti darah, plasma, urin dan rambut. ICP-MS mampu mengkuantifikasi 27 hingga 32 elemen secara bersamaan dalam matriks biologis. Keuntungan menggunakan ICP-MS adalah sensitivitas alat lebih tinggi dan

memiliki batas limit deteksi konsentrasi hingga bagian per triliun (ppt). Selain itu, ICP-MS dapat mengukur konsentrasi logam secara multi element, cepat dan jumlah sampel yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan alat AAS (Bilqis dkk, 2022).