

**PERUBAHAN KETEREKSTRAKAN Cu, Zn DAN Ni TANAH 25 TAHUN  
PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI AKIBAT FITOREMEDIASI  
DENGAN TANAMAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*)**

(Skripsi)

Oleh:

**Holilia Hasnah  
2014181022**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

**PERUBAHAN KETEREKSTRAKAN Cu, Zn DAN Ni TANAH 25 TAHUN  
PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI AKIBAT FITOREMEDIASI  
DENGAN TANAMAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*)**

Oleh

**Holilia Hasnah**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA PERTANIAN**

Pada

Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### PERUBAHAN KETEREKSTRAKAN Cu, Zn DAN Ni TANAH 25 TAHUN PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI AKIBAT FITOREMEDIASI DENGAN TANAMAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*)

Oleh

**Holilia Hasnah**

Tanah adalah komponen utama yang sangat penting bagi kehidupan dan harus dijaga agar tetap sehat. Salah satu penyebab kerusakan tanah adalah akumulasi logam berat yang berlebihan. Logam berat adalah unsur yang memiliki densitas lebih tinggi dibandingkan dengan unsur lainnya. Keberadaan logam berat dalam tanah dapat mengurangi produktivitas tanah dan merusak lingkungan sekitarnya jika tidak ditangani. Salah satu metode yang efektif untuk mengurangi konsentrasi logam berat dalam tanah adalah fitoremediasi. Penelitian ini ditujukan untuk mempelajari perubahan keterekstrakan logam berat Cu, Zn dan Ni dalam tanah tercemar logam berat akibat penanaman tanah dengan tanaman rumput gajah, yang diduga merupakan fitoremediator. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor dan diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah tanah dengan riwayat ditambahkan limbah industri berlogam berat ( $0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ,  $15 \text{ Mg ha}^{-1}$ , dan  $60 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) dan faktor kedua adalah ditanami rumput gajah dan tidak ditanami rumput gajah (kontrol). Contoh tanah + biochar dibasahi dengan air sampai kapasitas lapang dengan menggunakan pengairan metode air kapiler selama 4 pekan. Contoh tanah diekstrak menggunakan pengeksrak  $1N \text{ HNO}_3$  dan tanaman menggunakan metode pengabuan dengan pengeksrak  $1N \text{ HCl}$ . Data dianalisis menggunakan analisis *Standard Error of Mean* dan diuji lanjut menggunakan metode regresi linear untuk melihat hubungan atau interaksi antara logam berat tersedia dalam tanah dengan tanaman rumput gajah dan juga pH tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman rumput gajah cenderung meningkatkan konsentrasi Cu, Zn, dan Ni tanah akibat penurunan pH tanah. Akumulasi logam berat di dalam akar lebih tinggi daripada dalam tajuk dan menurunkan pH tanah secara signifikan pada tanah berlogam berat sedang dan tinggi.

Kata kunci : Fitoremediasi, Logam Berat, Metode Air Kapiler, pH, Regresi, *Standard Error of Mean*, Rumput Gajah.

## ABSTRAK

### CHANGES IN EXTRACTABLE Cu, Zn AND Ni IN SOIL 25 YEARS AFTER INDUSTRIAL WASTE TREATMENT CAUSED BY ELEPHANT GRASS (*Pennisetum purpureum*)

By

**Holilia Hasnah**

Soil is a crucial component for life and must be maintained to remain healthy. One cause of soil degradation is the excessive accumulation of heavy metals. Heavy metals are elements with higher densities compared to other elements. The presence of heavy metals in soils can reduce soil productivity and harm the surrounding environment if left untreated. One effective method for reducing heavy metal concentration in soils is using phytoremediation. This study aimed to examine the changes in the extractability of heavy metals Cu, Zn, and Ni in contaminated soils by planting with elephant grass, which is suspected to be a phytoremediator. The study was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with 2 factors and 3 replications. The first factor was soil with a history of industrial heavy metal waste addition (0 Mg ha<sup>-1</sup>, 15 Mg ha<sup>-1</sup>, and 60 Mg ha<sup>-1</sup>), and the second factor was soil planted with elephant grass and soil not planted with elephant grass (control). Soil samples were moistened with water to field capacity using the capillary water irrigation method for four weeks. Soil samples were extracted using a 1N HNO<sub>3</sub> extractor, and plants were processed using an ashing method with a 1N HCl extractor. Data were analyzed using the quantitative method of *Standard Error of Mean* and further tested using linear regression to observe the relationship or interaction between available heavy metals in the soil with elephant grass and soil pH. The results showed that elephant grass tended to increase the concentrations of Cu, Zn, and Ni in the soil, with higher heavy metal accumulation in the roots than in the shoots, and significantly decreased soil pH in medium and high heavy metal soils.

Kata kunci : Capillary Water Method, Heavy Metals, pH,  
Phytoremediation, Reggression, *Standard Error of Mean*,  
*Elephant Grass Plants*.

Judul Skripsi : **PERUBAHAN KETEREKSTRAKAN Cu, Zn dan Ini TANAH 25 TAHUN PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI AKIBAT FITOREMEDIASI DENGAN TANAMAN RUMPUT GAJAH (*Pennisetum purpureum*)**

Nama Mahasiswa : **Hofilia Hasnah**

NPM : **2014181022**

Jurusan : **Ilmu Tanah**

Fakultas : **Pertanian**


**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

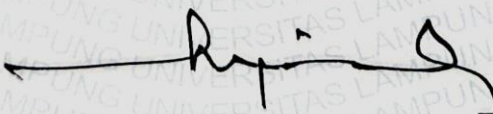
Pembimbing pertama

Pembimbing kedua

  
**Prof. Dr. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc.**  
NIP 196011091985031001

  
**Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.**  
NIP 196611151990101001

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

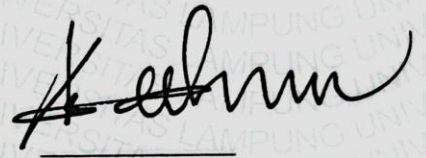
  
**Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.**  
NIP 196611151990101001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

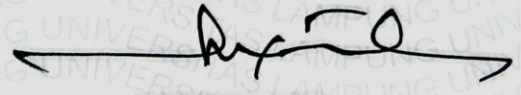
**Ketua**

**: Prof. Dr. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc.**



**Sekretaris**

**: Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.**



**Penguji**

**: Dr. Supriatin, S.P., M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

**NIP. 196411181989021002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 23 Juli 2024**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **Perubahan Keterekstrakan Cu, Zn dan Ni Tanah 25 Tahun Pascaperlakuan Limbah Industri Akibat Fitoremediasi dengan Tanaman Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*)** merupakan hasil karya saya sendiri bukan hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian dosen Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang sumber dananya bersifat pribadi kepemilikannya, yaitu oleh Prof. Dr. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain dan telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai kaidah, norma dan etika penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Jika di kemudian hari terbukti skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2024  
Penulis,



**Holilia Hasnah**  
NPM 2014181022

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Cilegon pada tanggal 1 Juli 2002 dilahirkan sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dari bapak Mulyadi dan ibu Rumaini. Pendidikan formal penulis diawali dari pendidikan TK Andika Cilegon, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 1 Sopyonyono pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di MtsN 1 Tanggamus pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMAN 1 Kotaagung pada tahun 2020. Tahun 2020 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis memilih logam berat sebagai konsentrasi dari perkuliahan. Pada awal tahun tahun 2023 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Balai Kencana, Kecamatan Krui Selatan, Kabupaten Pesisir Barat. Pada Pertengahan tahun 2023 penulis melaksanakan kegiatan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) selama satu semester di PT Pupuk Sriwidjaja (PUSRI) Kota Palembang. Selama perkuliahan penulis aktif di himpunan mahasiswa jurusan Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung (Gamatala) dan penulis dipercaya sebagai asisten dosen pada praktikum Kimia Dasar 1 dan 2 (2021/2022), Interaksi Hara Tanah dan Tanaman dan Analisis Tanan dan Tanaman (2024).



## **MOTTO**

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

*(QS Al-Baqarah: 286)*

*“Tidaklah Allah menciptakan semua ini sia-sia”*

*(QS Ali-Imran : 191)*

*“God have perfect timing, never early, never late. It takes a little patience and it take a lot of faith, but it's a worth the wait”*

*“Trust to allah for everything no matter what. You lose trust to Allah, you win trust to Allah. You gain you trust to Allah, you have a problem you trust to Allah, things are not going your way, you thing him even more and you talk to him thats a very good habit to talk to Allah”*

## **PERSEMBAHAN**

*Bismillahirrahmanirrahim, atas rahmat dan izin Allah SWT.*

*Teruntuk kedua orangtuaku, dengan penuh rasa bangga aku persembahkan karya ini kepadamu, sebagai ungkapan rasa terimakasih atas apa yang selama ini dilakukan dan dikorbankan. Aku mengetahui bahwa ini tidak mungkin dapat mengimbangi perjuangan, pengorbanan serta rasa cinta kasih yang kalian berikan. Tidak banyak yang bisa aku ungkapkan, melainkan hanya sebuah doa semoga aku dapat terus membanggakan, dan kalian dapat terus kebersamai proses hingga suksesku.. Aamiin.*

*Serta Almamaterku Tercinta*

*“Universitas Lampung”*

## SANWACANA

Dengan mengucapkan *Alhamdulillahillobbilalamin*, penulis memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT. Atas rahmat, nikmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perubahan Keterserapan Cu, Zn dan Ni Tanah 25 Tahun Pascaperlakuan Limbah Industri Akibat Fitoremediasi dengan Tanaman Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*)” sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana. Penulisan skripsi ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa bantuan dan arahan dari para dosen pembimbing, keluarga dan kerabat.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada pihak-pihak tersebut sebagai berikut:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M. P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Hery Novpriansyah, M.Si. selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung, sekaligus selaku pembimbing kedua yang telah memberikan motivasi dan bimbingan selama penyusunan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Kadir Salam M.Sc. selaku pembimbing utama yang telah mempercayai saya untuk melaksanakan penelitian ini, memberikan saran, bimbingan dan dana analisis kimia selama penelitian serta penyusunan skripsi.
4. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc. selaku dosen penguji yang memberikan arahan, saran dan kritik yang membangun dalam penelitian dan penulisan skripsi.
5. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Mulyadi dan Ibu Romaini yang tak henti hentinya senantiasa memberikan doa yang luar biasa dan telah mendukung dengan penuh cinta dan kasih sayang setiap pengorbanan yang penulis lakukan. Tiada hal yang lebih indah yang diharapkan seorang anak dalam proses berjuang selain dari doa, restu, dukungan serta semangat yang dicurahkan oleh

kedua orang tuanya, penulis merasa terdukung di segala pilihan dan keputusan yang diambil oleh penulis, serta tanpa lelah mendengarkan keluh kesah hingga di titik ini. Semoga Allah SWT memberikan keberkahan di dunia serta tempat terbaik di akhirat kelak, karna telah menjadi figur orangtua terbaik bagi penulis.

6. Holilia Hasnah, diri saya sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karna telah bertanggung jawab untuk menyelaskan apa yang telah dimulai. Terimakasih karna telah terus berusaha dan tidak menyerah, serta senantiasa menikmati setiap prosesnya yang bisa di bilang tidak mudah. Terimakasih telah bertahan.
7. Kedua adik kandungku, Ismi Fadia dan Ghiyas Handal Maghfiroh, yang selalu mendukung dan memberikan semangat positif dalam menyelesaikan studi.
8. Vixco Des Merdani seseorang yang insyaAllah menjadi calon imam di masa depanku, yang telah menyalurkan rasa sayang, cinta, semangat dan kebahagiaan, yang telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, membantu penelitian, meluangkan baik tenaga, waktu, pikiran, materi kepada penulis dan senantiasa sabar menghadapi kesedihan dan keluhan. Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan kuliah penulis hingga sekarang ini, dan semoga selalu kebersamai penulis sampai kapanpun nanti.
9. Teman-teman “Diem Diem Aja” Gadis Dwi Harnum, Isnii Rahmi, Bone Ayu Moning, Nadela Saputri, Dinda Isti Qomaria, Noptry Sisca, yang telah bersama sama selama kurang lebih 4 tahun ini dan bahu-membahu saling membantu dan memberi dukungan yang luar biasa. Terkhusus Gadis, yang juga merupakan teman satu penelitian, yang selalu membantu dan mengingatkan penulis agar selalu semangat di setiap keadaan yang dialami selama jalannya penelitian, *I love u more* teman temanku semua.
10. Temanku Ica, Puri, Geni, Agre, Nisa, Hendrik, yang sudah kebersamai perjalanan ini, terima kasih karna selalu ada meskipun kita dipisahkan dalam menuntut ilmu terimakasih telah menjadikanku rumah untukku berkeluh kesah dan berbahagia.
11. Keluarga KKN Desa Balai Kencana, terimakasih atas cinta kasih kalian, menjadi semangat penulis untuk menyelesaikan tanggung jawab ini, dan menjadi sarjanawan, terkhusus ibu Herlin Purnama yang telah menjadi ibu

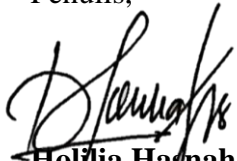
kedua, terimakasih atas doa dan cinta kasihmu, surga untukmu ibu, al-fatihah.

12. Kawan-kawan Jurusan Ilmu Tanah 2020 seperjuangan yang namanya tidak bisa disebutkan satu-persatu.

13. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan dan penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran bersifat membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini berguna untuk penelitian selanjutnya

BandarLampung,

Penulis,

  
**Holiia Hasnah**  
NPM 2014181022

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Kerangka Pemikiran.....	4
1.5 Hipotesis .....	8
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Pencemaran Tanah dan Bahaya Logam Berat.....	9
2.2 Teknik Menurunkan Logam Berat Pencemaran dalam Tanah dengan Fitoremediasi.....	11
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Metode Penelitian .....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	16
3.4.1 Penyiapan Media Tanam.....	16
3.4.2 Pengujian Awal Media Tanam.....	17
3.4.3 Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman.....	17
3.4.4 Panen Tanah dan Tanaman.....	18

3.4.5 Analisis Tanah dan tanaman.....	18
3.4.6 Analisis Data.....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Pengaruh Tanaman Rumput Gajah terhadap Konsentrasi Logam Berat dan Ph Tanah.....	22
4.2 Serapan Logam Berat dan Pertumbuhan Tanaman Rumput Gajah pada Tanah Tercemar Logam Berat.....	24
<b>SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>29</b>
5.1 Simpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>31</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>35</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Peubah dan metode analisis yang digunakan.....	18
2. Pengaruh tanaman rumput gajah terhadap konsentrasi logam berat dan pH tanah terpolusi logam berat.....	22
3. Perubahan konsentrasi logam berat dan pH tanah akibat tanaman rumput gajah.....	23
4. Korelasi antara perubahan logam berat tanah dan pH tanah akibat tanaman rumput gajah.....	24
5. Serapan logam berat oleh tanaman rumput gajah pada tanah terkontaminasi logam berat.....	25
6. Korelasi antara serapan total logam berat oleh tanaman rumput gajah dan konsentrasi logam berat dalam tanah.....	26
7. Pertumbuhan tanaman rumput gajah pada tanah terkontaminasi logam berat.....	29
8. Pengaruh tanaman rumput gajah terhadap berat basah dan berat kering tanaman rumput gajah di tanah terpolusi logam berat.....	36
9. Perubahan pH tanah pascaperlakuan tanaman rumput gajah di tanah terpolusi logam berat.....	36
10. Pengaruh tanaman rumput gajah terhadap konsentrasi Cu, Zn dan Ni tersedia dalam tanah terpolusi logam berat.....	37
11. Serapan Cu, Zn dan Ni pada tanaman rumput gajah di tanah terpolusi logam berat.....	37
12. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Cu tersedia dalam tanah.....	38
13. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Zn tersedia dalam tanah.....	39
14. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Ni tersedia dalam tanah.....	40
15. Uji <i>Standard Error of Mean</i> pH tanah.....	41
16. Uji <i>Standard Error of Mean</i> berat basah akar dan berat kering akar tanaman rumput gajah.....	42



17. Uji <i>Standard Error of Mean</i> berat basah tajuk dan berat kering tajuk rumput gajah.....	42
18. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Cu terserap akar tanaman rumput Gajah.....	43
19. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Zn terserap akar tanaman rumput gajah.....	43
20. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Ni terserap akar tanaman rumput gajah.....	44
21. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Cu terserap tajuk tanaman rumput gajah.....	44
22. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Zn terserap tajuk tanaman rumput gajah.....	45
23. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Ni terserap tajuk tanaman rumput gajah.....	45
24. Uji <i>Standard Error of Mean</i> berat basah akar+tajuk tanaman rumput gajah.....	46
25. Uji <i>Standard Error of Mean</i> berat kering akar+tajuk tanaman padigogo.....	46
26. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Cu terserap akar+tajuk tanaman rumput gajah.....	47
27. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Zn terserap akar+tajuk tanaman rumput gajah.....	47
28. Uji <i>Standard Error of Mean</i> Ni terserap akar+tajuk tanaman rumput gajah.....	48
29. Uji korelasi regresi linear Cu tanah dan pH tanah.....	48
30. Uji korelasi regresi linear Zn tanah dan pH tanah.....	48
31. Uji korelasi regresi linear Ni tanah dan pH tanah.....	48
32. Uji korelasi regresi linear Cu akar dan berat kering akar.....	49
33. Uji korelasi regresi linear Zn akar dan berat kering akar.....	49
34. Uji korelasi regresi linear Ni akar dan berat kering akar.....	49
35. Uji korelasi regresi linear Cu tajuk dan berat kering tajuk.....	49
36. Uji korelasi regresi linear Zn tajuk dan berat kering tajuk.....	49
37. Uji korelasi regresi linear Ni tajuk dan berat kering tajuk.....	50
38. Uji korelasi regresi linear Cu total dan berat kering total.....	50
39. Uji korelasi regresi linear Zn total dan berat kering total.....	50
40. Uji korelasi regresi linear Ni total dan berat kering total.....	50
41. Uji korelasi regresi linear Cu tanah dan Cu akar.....	50
42. Uji korelasi regresi linear Zn tanah dan Zn akar.....	51
43. Uji korelasi regresi linear Ni tanah dan Ni akar.....	51
44. Uji korelasi regresi linear Cu tanah dan Cu tajuk.....	51
45. Uji korelasi regresi linear Zn tanah dan Zn tajuk.....	51
46. Uji korelasi regresi linear Ni tanah dan Ni tajuk.....	51
47. Uji korelasi regresi linear Cu tanah dan Cu total.....	52
48. Uji korelasi regresi linear Zn tanah dan Zn total.....	52
49. Uji korelasi regresi linear Ni tanah dan Ni total.....	52
50. Uji korelasi anova Cu tanah dan pH tanah.....	52
51. Uji korelasi anova Zn tanah dan pH tanah.....	52
52. Uji korelasi anova Ni tanah dan pH tanah.....	53

53. Uji korelasi anova Cu akar dan berat kering akar.....	53
54. Uji korelasi anova Zn akar dan berat kering akar.....	53
55. Uji korelasi anova Ni akar dan berat kering akar.....	53
56. Uji korelasi anova Cu tajuk dan berat kering tajuk.....	53
57. Uji korelasi anova Zn tajuk dan berat kering tajuk.....	54
58. Uji korelasi anova Ni tajuk dan berat kering tajuk.....	54
59. Uji korelasi anova Cu total dan berat kering total.....	54
60. Uji korelasi anova Zn total dan berat kering total.....	54
61. Uji korelasi anova Ni total dan berat kering total.....	54
62. Uji korelasi anova Cu tanah dan Cu akar.....	55
63. Uji korelasi anova Zn tanah dan Zn akar.....	55
64. Uji korelasi anova Ni tanah dan Ni akar.....	55
65. Uji korelasi anova Cu tanah dan Cu tajuk.....	55
66. Uji korelasi anova Zn tanah dan Zn tajuk.....	55
67. Uji korelasi anova Ni tanah dan Ni tajuk.....	56
68. Uji korelasi anova Cu tanah dan Cu total.....	56
69. Uji korelasi anova Zn tanah dan Zn total.....	56
70. Uji korelasi anova Ni tanah dan Ni total.....	56
71. Uji korelasi koefisien Cu tanah dan pH tanah.....	57
72. Uji korelasi koefisien Zn tanah dan pH tanah.....	57
73. Uji korelasi koefisien Ni tanah dan pH tanah.....	57
74. Uji korelasi koefisien Cu akar dan berat kering akar.....	57
75. Uji korelasi koefisien Zn akar dan berat kering akar.....	58
76. Uji korelasi koefisien Ni akar dan berat kering akar.....	58
77. Uji korelasi koefisien Cu tajuk dan berat kering tajuk.....	58
78. Uji korelasi koefisien Zn tajuk dan berat kering tajuk.....	58
79. Uji korelasi koefisien Ni tajuk dan berat kering tajuk.....	59
80. Uji korelasi koefisien Cu total dan berat kering total.....	59
81. Uji korelasi koefisien Zn total dan berat kering total.....	59
82. Uji korelasi koefisien Ni total dan berat kering total.....	59
83. Uji korelasi koefisien Cu tanah dan Cu akar.....	60
84. Uji korelasi koefisien Zn tanah dan Zn akar.....	60
85. Uji korelasi koefisien Ni tanah dan Ni akar.....	60
86. Uji korelasi koefisien Cu tanah dan Cu tajuk.....	60
87. Uji korelasi koefisien Zn tanah dan Zn tajuk.....	61
88. Uji korelasi koefisien Ni tanah dan Ni tajuk.....	61
89. Uji korelasi koefisien Cu tanah dan Cu total.....	61
90. Uji korelasi koefisien Zn tanah dan Zn total.....	61
91. Uji korelasi koefisien Ni tanah dan Ni tota.....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penurunan logam berat oleh fitoremediasi rumput gajah.....	7
2. Kombinasi perlakuan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL).....	15
3. Denah pengambilan contoh tanah pada lahan percobaan lokasi Sidosari, Lampung Selatan.....	16
4. Penanaman bibit rumput gajah.....	17
5. Pengairan plot percobaan metode air kapiler.....	18
6. Hubungan antara serapan total Cu, Zn dan Ni oleh tanaman (Tabel 5) dan perubahan Cu, Zn dan Ni tanah (Tabel 3).....	26
8. Hubungan bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering total dengan serapan Cu, Zn, dan Ni (A=Akar, T=Tajuk, A+T=Akar+Tajuk).....	28

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Logam berat adalah istilah umum yang sering digunakan untuk menjelaskan kelompok logam atau semilogam (*metalloids*) yang biasanya berasosiasi dengan cemaran. Unsur-unsur (*elements*) yang dikelompokkan sebagai logam berat memiliki densitas yang lebih besar dari  $5 \text{ g cm}^{-3}$ . Referensi lainnya menyebutkan densitas di atas  $3,5\text{-}7,0 \text{ g/cm}^3$ , memiliki berat atom antara  $63,546 (\approx 63,6)$  -  $200,590 (\approx 200,6)$ , dan memiliki gravitasi spesifik  $> 4,0$  atau  $5,0$  (Aslam dkk., 2011).

Pencemaran oleh logam berat di lahan sekitar penambangan, industri, dan pertanian akan sangat meningkatkan kandungan logam berat di dalam tanah karena residu maupun akibat tindakan dari kegiatan tersebut akan terbuang ataupun tertimbun di dalam tanah. Dalam jumlah yang sedikit, tanah dapat menetralisasi logam berat, namun bila terjadi pasokan secara terus menerus di dalam tanah, logam berat tersebut terakumulasi dan mencemari tanah (Riyanto dan Joko, 2010).

Kadar logam berat di dalam tanah dapat mencapai tingkat yang menyebabkan fitotoksisitas dan gangguan fungsional terhadap komponen lingkungan lainnya. Fenomena ini dapat terjadi secara alami melalui proses geogenik dan pedogenesis maupun melalui proses antropogenik (Alloway, 1995). Fenomena ini harus diatasi, salah satunya dengan teknologi berbasis ilmu pengetahuan yaitu fitoremediasi.

Metode fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk mengekstraksi, menetralkan, mengakumulasi, dan mengurangi kontaminan dari tanah, air ataupun udara dan merupakan cara yang efektif serta ekonomis untuk mengangkut logam berat dari tanah. Fitoremediasi berguna untuk mengurangi resiko yang terkait dengan kontaminan logam berat melalui penggunaan tanaman *hiperakumulator*. Spesies yang digunakan untuk revegetasi dan fitoremediasi harus memiliki potensi pertumbuhan yang cepat dan bebas dari penyakit dan hama. Tumbuhan tersebut harus mampu bersaing dengan spesies yang kurang diinginkan, maupun beradaptasi dengan tanah setempat dan kondisi iklim, dan juga mampu tumbuh di tanah yang tidak subur (Rinjan dkk., 2015).

*Fitoakumulator* merupakan tumbuhan yang mampu menyerap logam dalam jumlah banyak (*hiperakumulator*). Penelitian yang mengeksplorasi peran menguntungkan dari tumbuhan *hiperakumulator* untuk membersihkan lingkungan tercemar logam berat menyebabkan perkembangan fitoekstraksi. Fitoekstraksi mengacu pada pengambilan kontaminan dari tanah atau air oleh akar tumbuhan dan translokasinya ke bagian tumbuhan yang dapat dipanen. Fitoekstraksi berpotensi menghilangkan kontaminan yang meningkatkan pembersihan tanah atau air limbah jangka panjang. Keberhasilan fitoekstraksi sebagai teknologi pembersih lingkungan yang potensial bergantung pada kemampuan tumbuhan untuk menyerap dan mengakumulasi logam (Bhargava dkk., 2012).

Fitoremediasi merupakan salah satu upaya untuk mengurangi kerusakan tanah akibat tingginya akumulasi logam berat dengan memanfaatkan tanaman yang dapat menyerap logam berat (Wulandari dkk., 2014). *Hiperakumulator* merupakan tanaman yang memiliki daya adaptasi dan toleransi tinggi, mampu memproduksi biomassa, serta mengakumulasi logam berat pada jaringan tajuk tanaman dalam jumlah yang relatif besar. Berdasarkan hasil penelitian Nur (2013), tanaman bayam duri dan rumput gajah termasuk dalam tanaman yang

teridentifikasi dapat dimanfaatkan pada proses fitoremediasi, salah satunya karena kemampuannya mengakumulasi logam berat tembaga (Cu).

Kelompok tanaman rumput-rumputan berpotensi besar dalam meremediasi tanah tercemar logam berat. Ini karena rumput-rumputan memiliki sistem perakaran yang baik, kuat, banyak serta menyebar di dalam tanah (Salim dan Suryati, 2014). Dari penelitian yang dilakukan oleh Koller (2018), tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides*), kalamenjana (*Phalaris arundinacea*), rumput gajah (*Pennisetum purpureum*), dan rumput cyperus (*Cyperus sp.*) memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat. Namun, rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) memiliki potensi yang lebih besar, dilihat dari tingginya konsentrasi logam berat yang diakumulasi. Selain itu, rumput gajah merupakan tanaman yang dapat tumbuh pada lahan marginal, sehingga tidak membutuhkan perawatan yang intensif (Pratiwi, 2019).

Keberadaan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) biasanya digunakan sebagai pakan hewan ternak, namun beberapa literatur menyebutkan bahwa tanaman rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) mampu bertindak sebagai fitoremediator logam Zn maupun Cu, sehingga rumput gajah digunakan dalam penelitian untuk menyerap logam Cu, Zn, dan Ni. Hiperakumulator merupakan tanaman yang memiliki daya adaptasi dan toleransi tinggi serta mampu memproduksi biomassa, mempengaruhi pH tanah dan mengakumulasi logam berat pada jaringan tajuk tanaman dalam jumlah yang relatif besar. Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) diharapkan mampu mengubah keterekstrakan logam berat dalam tanah (Rezikin dkk., 2015), sehingga dapat menurunkan konsentrasi logam berat di dalam tanah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut ini adalah rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Apakah terjadi serapan signifikan Cu, Zn dan Ni oleh tanaman rumput gajah dari tanah tercemar logam berat?
2. Apakah terjadi penurunan keterekstrakan kadar Cu, Zn dan Ni dalam tanah tercemar Cu, Zn dan Ni setelah ditanami rumput gajah?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari serapan Cu, Zn dan Ni oleh tanaman rumput gajah dari tanah tercemar logam berat.
2. Mempelajari perubahan keterekstrakan kadar Cu, Zn dan Ni dari tanah tercemar logam berat setelah ditanami tanaman rumput gajah.

## 1.4 Kerangka Pemikiran

Logam berat yang terkandung di dalam tanah terbagi ke dalam dua kelompok yaitu: logam berat nonesensial dan logam berat esensial. Logam berat nonesensial keberadaannya dapat bersifat racun serta belum diketahui manfaatnya bagi tumbuhan dan organisme. Contoh logam berat nonesensial yaitu: Hg, Cd, Pb, dan Cr. Sedangkan logam berat esensial sangat dibutuhkan oleh organisme dalam jumlah tertentu. Namun dalam jumlah berlebih logam berat esensial akan menyebabkan efek racun. Contohnya yaitu: Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn (Irhamni dkk., 2017). Kedua kelompok logam berat ini terdapat dalam jumlah banyak dalam tanah tercemar. Cemar logam berat tanah harus dimitigasi.

Pada saat yang lain logam berat dapat mengendap. Salam (2017) menerangkan bahwa aktivitas pengendapan logam berat dipengaruhi oleh kehadiran agen pengompleks dan kation-kation pesaing yang dikendalikan oleh nilai konstanta kesetimbangan ( $K_{sp}$ ). Selama konsentrasi logam berat memenuhi  $K_{sp}$ , maka kondisinya tetap mengendap. Nilai  $K_{sp}$  dapat terpenuhi seiring meningkatnya konsentrasi logam berat di larutan tanah. Maka semakin tinggi konsentrasi logam berat di dalam tanah, potensi dan jumlah logam yang dapat terlarut semakin tinggi mendekati angka larut maksimum.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan dalam penanganan limbah industri berlogam berat adalah dengan memanfaatkannya menjadi bahan baku pupuk. Hal ini dimungkinkan karena berbagai unsur dan sebagian logam berat yang terdapat dalam limbah industri merupakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Misalnya, kandungan P, K dan Ca dalam limbah industri sendok logam PT *Star Metal Ware Industry Jakarta*, secara berurutan adalah 7,45; 394; dan 3938  $\text{mg kg}^{-1}$  (Salam, 2000). Namun, dalam pemanfaatannya perlu diperhatikan konsentrasi logam berat yang dibutuhkan oleh tanaman, sebab pemberian unsur hara mikro yang berlebih akan meracuni tanaman.

Langkah mitigasi bahaya logam berat dalam tanah dapat diturunkan melalui 3 metode utama, yaitu: metode fisika, kimia, dan biologi. Secara fisika dan kimia, penggunaan bahan organik mampu menurunkan konsentrasi logam berat di dalam tanah. Hal tersebut karena kandungan bahan organik tanah berbanding terbalik dengan konsentrasi fraksi labil logam berat (Salam dkk., 1997).

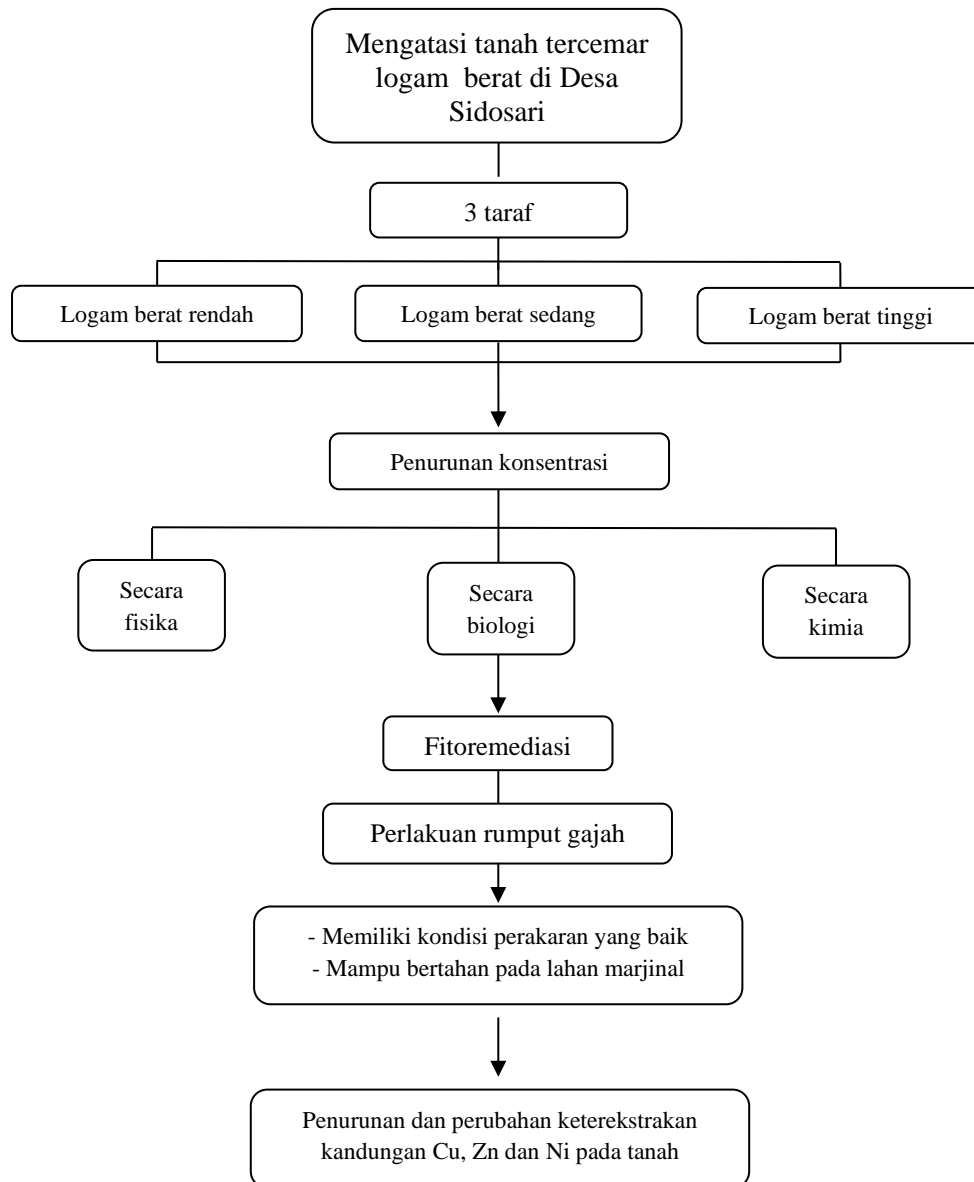
Mitigasi logam berat secara biologi merupakan mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (Connel, 1995). Pembentukan reduktase di membran akar berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui kanal khusus di dalam membran akar. Setelah logam



dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xylem ke bagian tumbuhan lain oleh molekul khelat. (Salt, 1998). Beberapa tanaman telah teruji potensinya dalam remediasi logam berat di tanah.

Fitoremediasi merupakan sebuah teknologi yang muncul dengan menggunakan variasi tanaman untuk mendegradasi, mengekstrak, atau mengimobilisasi polutan dari tanah dan air yang tercemar (Hamzah dan Priyadarshini, 2019). Semua tumbuhan memiliki kemampuan mengakumulasi unsur logam dalam jumlah yang bervariasi. Beberapa famili tumbuhan memiliki sifat hiperakumulator (Pratiwi, 2019). Sifat ini harus terdapat pada tumbuhan yang akan digunakan sebagai tanaman fitoremediasi. Tanaman rumput gajah memiliki kriteria yang cocok digunakan sebagai tanaman fitoremediasi yaitu mampu bertahan dalam kondisi lahan marginal serta memiliki sistem perakaran yang baik, dan mampu mengakumulasi logam berat dalam konsentrasi yang tinggi. Koller (2018) dalam penelitiannya melaporkan bahwa rumput gajah mampu mengakumulasi logam berat hingga mencapai 2050 mg/g.

Pencemaran tanah oleh logam berat, dan proses penurunan konsentrasi dengan fitoremediasi disajikan pada Gambar 1



**Gambar 1.** Kerangka pemikiran penurunan logam berat oleh fitoremediasi rumput gajah.

## 1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah disajikan maka hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Terjadi penyerapan signifikan terhadap Cu, Zn dan Ni oleh tanaman rumput gajah dari tanah tercemar logam berat.
2. Terjadi penurunan kadar keterekstrakan Cu, Zn dan Ni dalam tanah tercemar logam berat setelah ditanami tanaman rumput gajah.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pencemaran Tanah dan Bahaya Logam Berat**

Pencemaran adalah suatu keadaan sifat tanah tercampur oleh bahan kimia yang menyebabkan perubahan struktur dan kondisi lingkungan tanah. Suatu tanah belum dikatakan tercemar apabila bahan pencemar belum melebihi daya dukung tanah. Apabila kehadiran bahan pencemar sudah tidak dapat ditoleransi oleh tanah, pencemaran akan menyebabkan terjadinya pergeseran fungsi tanah. Proses ini kemudian menyebabkan tanah tidak sesuai dengan tujuan penggunaan. Bahaya yang lebih serius ditimbulkan ketika tanah terus menerus menerima paparan bahan pencemar sehingga mengakibatkan kerusakan pada tanah (Dewata dan Dangas, 2018) Misalnya, logam berat yang masuk ke dalam tanah dalam jumlah yang tinggi atau terus menerus akan merusak tanah sehingga tanah tidak ramah tanaman.

Dalam konsentrasi yang rendah, logam berat sebenarnya tidak berbahaya. Namun, logam berat sangat sulit terdegradasi di alam dan sangat mudah berikatan dengan molekul lain yang dapat mengganggu atau merusak fungsi dari suatu enzim atau logam esensial lainnya. Logam berat memiliki efek merugikan bagi lingkungan bahkan dalam konsentrasi yang sangat rendah (Palar, 2004).

Akibatnya dalam konsentrasi tinggi, logam berat sangat berbahaya dan harus diatasi. Persoalan yang muncul akibat akumulasi logam berat yang terjadi dalam tanah antara lain masuknya logam berat ke tanah dapat mempengaruhi sebagian atau seluruh kehidupan pada tanah yang merupakan faktor penentu produktivitas

tanah seperti mikroorganisme tanah. Matinya mikroba atau makhluk hidup yang ada di tanah akan ikut mempengaruhi sifat tanah terutama sifat biologi.

Masuknya logam berat tanah juga menyebabkan penurunan kualitas sifat kimia tanah, karena sebagian unsur hara yang ada di dalam tanah tidak tersedia bagi tanaman dan menghambat penyerapan unsur hara. Dengan menurunkan produktivitas tanah maka hasil panen tanaman akan menurun baik dari segi kualitas maupun kuantitas (Natohadiprawiro, 2011).

Beberapa logam berat juga memiliki efek merugikan bagi lingkungan meskipun dalam konsentrasi yang sangat rendah namun menumpuk dalam jangka panjang dari berbagai sumber. Logam berat tanah berasal dari dua sumber utama, yaitu sumber yang bersifat internal seperti pelepasan logam berat dari bahan induk tanah yang telah melalui proses pelapukan, serta sumber yang diakibatkan oleh aktivitas manusia, baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Sumber logam berat yang berasal dari aktivitas manusia adalah kegiatan penambangan dan penggunaan bahan agrokimia secara berlebihan. Pada dasarnya, logam berat tidak berbahaya bagi makhluk hidup apabila berada dalam konsentrasi yang rendah. Sifat logam berat yang sulit terdegradasi di alam dan sangat mudah berikatan dengan molekul lain sehingga dapat mengganggu dan merusak fungsi enzim (Palar, 2004).

Sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia di antaranya adalah: logam berat sulit didegradasi, sehingga cenderung akan terakumulasi pada lingkungan. Logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan konsentrasinya dapat semakin tinggi, atau dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi. Logam berat mudah terakumulasi pada tanah, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam dalam air. Oleh karena itu, perlu adanya suatu kegiatan mitigasi logam berat yang ditujukan untuk mempertahankan logam berat agar tetap terimobilisasi pada tanah. Mitigasi yang tidak dilakukan atau mengalami kegagalan akan menyebabkan logam berat memiliki kemampuan mobilitas yang mengakibatkan penyerapan logam berat

oleh tanaman yang berdampak pada rusaknya kesehatan manusia (Hamzah dan Priyadarshini, 2019).

## **2.2 Teknik Menurunkan Logam Berat Pencemar dalam Tanah dengan Fitoremediasi**

Tanah yang tercemar logam berat dapat dimitigasi secara fisik melalui pencucian dan penggunaan bahan organik (Sumana dkk., 1986). Prinsip dari metode ini adalah mengurangi logam berat dengan pencucian atau dengan membuat logam berat itu tidak aktif dengan bahan organik. Pencucian dilakukan dengan memasukkan air irigasi yang tidak tercemar logam berat ke dalam tanah yang sedang diolah, kemudian membuang air tersebut melalui saluran drainase.

Fitoremediasi menjadi sebuah teknologi yang dapat menurunkan kadar polutan pada tanah dan air dengan menggunakan tanaman yang berperan dalam mendegradasi, mengekstrak dan mengimobilisasikannya (Hamzah dan Priyadarshini, 2019). Tidak semua jenis tanaman dapat dijadikan sebagai media fitoremediasi. Tanaman dapat dijadikan media fitoremediasi jika memenuhi syarat berupa kemampuan adaptasi yang tinggi, resisten terhadap serangan hama dan penyakit, memiliki masa pertumbuhan yang cepat (Ranjan dkk., 2015). Selain itu, sifat hipertoleran dan hiperakumulator harus ada pada tanaman tersebut agar dapat menyerap logam berat dalam jumlah yang besar (Hamzah dan Priyadarshini, 2019). Sifat hiperakumulator artinya kemampuan mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang tinggi (Pratiwi, 2019).

Fitoremediasi mempunyai kekurangan dalam hal proses yang berlangsung lama, beberapa spesies tanaman tidak dapat ditanam di area yang sangat berpolusi. Tetapi kelebihan adalah fitoremediasi tidak mengganggu ekosistem malah dapat memberikan nilai lebih terhadap lahan melalui estetika, kemudian metode ini membutuhkan sedikit tenaga kerja serta harganya murah dan fitoremediasi dilakukan secara *in situ*. Banyak negara yang sudah mencoba metode ini dengan teknik yang berbeda-beda (Antonio et al., 2017).

Fitoremediasi dibagi menjadi beberapa metode yang menurut Priyanto dan Prayitno (2007) sebagai berikut. Metode berdasarkan pada penyerapan akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xylem) ke bagian tanaman lainnya untuk lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam didalam organ tertentu seperti akar.

Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan ITRC (2001) secara umum membuat klasifikasi proses sebagai berikut.

1. Fitostabilisasi adalah akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan presipitat polutan dalam zona akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik.
2. Fitoekstraksi/Fitoakumulasi adalah akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan. Proses ini cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik.
3. Rizofiltrasi adalah akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada zone akar atau mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar. Proses ini digunakan untuk bahan larutan sehingga untuk kompos tidak memerlukan proses rizofiltrasi.
4. Fitodegradasi/Fitotransformasi adalah organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan atau secara enzimatik.

Zat organik fenol (mungkin terbentuk pada pengomposan daun ber kandungan lignin) adalah tepat menggunakan proses ini.

5. Rizodegradasi adalah polutan diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tumbuhan (eksudat) yaitu gula, alkohol, asam. Eksudat itu merupakan makanan mikroba yang menguraikan polutan maupun biota tanah lainnya. Proses ini adalah tepat untuk dekontaminasi zat organik
6. Fitovolatilisasi adalah penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer. Kontaminan zat-zat organik adalah tepat menggunakan proses ini.
7. Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan fitoremediasi yaitu kemampuan daya akumulasi berbagai jenis tanaman untuk berbagai jenis polutan dan konsentrasi; sifat kimia dan fisika, serta sifat fisiologi tanaman; jumlah zat kimia berbahaya; mekanisme akumulasi dan hiperakumulasi ditinjau secara fisiologi, biokimia, dan molekular; serta konsentrasi limbah yang digunakan (Kurniawan, 2008).



### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan November tahun 2023- Maret tahun 2024. Contoh tanah diambil dari petak percobaan jangka panjang yang terletak di Desa Sidosari, Kecamatan Natar, Lampung Selatan. Penanaman dilakukan di rumah plastik di area Perguruan Tinggi Al-Madani (PTAM) Jalan Kavling Raya, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ayakan 2 mm, botol film, botol kocok, labu erlenmeyer, *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), gelas beker, gelas ukur, kantong plastik, kertas label, kertas saring Whatman No.42, labu ukur, pH meter, neraca analitik, pengocok, spatula, dan spidol.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aquades, bibit tanaman rumput gajah, sampel tanah tercemar logam berat dari Desa Sidosari, dan larutan pengekstrak  $1N HNO_3$ .

### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor (faktor pertama terdapat 3 taraf dan kedua terdapat 2 perlakuan) dan diulang sebanyak 3 kali. sehingga terdapat  $2 \times 3 \times 3 = 18$  satuan perlakuan.

Faktor pertama adalah tanah yang diperlakukan limbah industri berlogam berat 25 tahun yang lalu (3 taraf):  $S_0 = 0 \text{ Mg ha}^{-1}$  (kontrol),  $S_1 = 15 \text{ Mg ha}^{-1}$  (rendah), dan  $S_2 = 60 \text{ Mg ha}^{-1}$  (tinggi) dan faktor kedua adalah penanaman, yaitu: tanpa Rumput Gajah dan dengan Rumput Gajah. Satuan percobaan ditanami masing-masing 1 bibit tanaman rumput gajah. Penempatan satuan pot percobaan di rumah plastik secara acak, dengan susunan seperti pada Gambar 2.

$S_2T1U_3$	$S_2T0U_3$	$S_0T1U_2$
$S_1T1U_1$	$S_2T0U_1$	$S_1T0U_3$
$S_1T0U_2$	$S_0T0U_1$	$S_1T0U_1$
$S_2T1U_1$	$S_1T1U_3$	$S_0T0U_3$
$S_1T1U_2$	$S_2T0U_2$	$S_0T1U_3$
$S_0T1U_1$	$S_0T0U_2$	$S_2T1U_2$

**Gambar 2.** Kombinasi perlakuan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL)

**Keterangan :**

$S_0$  : Kontrol

$S_1$  : Rendah

$S_2$  : Tinggi

$U_1$  : Ulangan 1

$U_2$  : Ulangan 2

$U_3$  : Ulangan 3

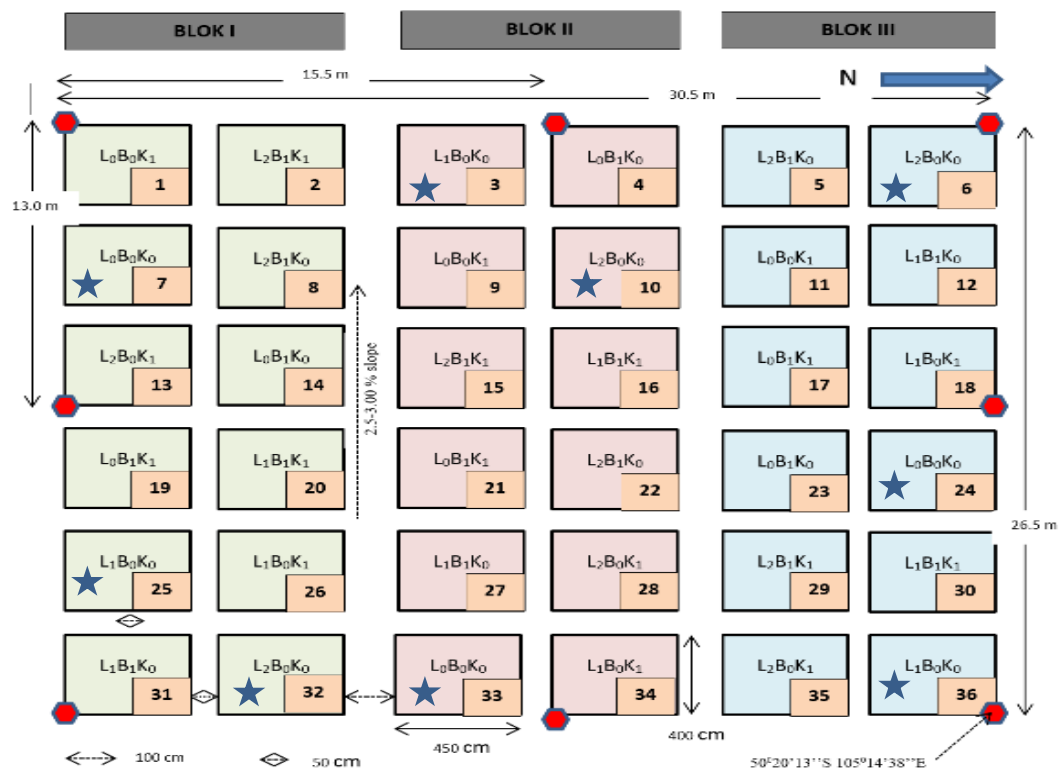
$T_0$  : Tanpa Rumput Gajah

$T_1$  : Dengan Rumput Gajah

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Penyiapan Media Tanam

Contoh tanah diambil dari lahan penelitian yang terletak di Desa Sidosari Kecamatan Natar, Lampung Selatan *topsoil* 0-15 cm. Tanah lahan percobaan berordo Ultisol. Terdapat 3 blok percobaan, masing-masing blok terdiri atas 12 petak percobaan. Seluruh petak percobaan telah diaplikasikan limbah industri. Lahan diaplikasikan dengan limbah industri sendok logam yang berasal dari PT *Star Metal Ware Industry*, Jakarta.



**Gambar 3.** Denah pengambilan contoh tanah pada lahan percobaan lokasi Sidosari, Lampung Selatan ( $L$  = Limbah industri,  $L_0 = 0$ ,  $L_1 = 15$ , dan  $L_2 = 60$   $Mg\ ha^{-1}$ ;  $B$  = Kompos daun singkong,  $B_0 = 0$  dan  $B_1 = 5$   $Mg\ ha^{-1}$ ,  $K$  = Kapur,  $K_0 = 0$  dan  $K_1 = 5$   $Mg\ CaCO_3\ ha^{-1}$ ). Perlakuan dilakukan pada tahun 1998.

Contoh tanah yang diambil untuk penelitian ini dari setiap blok berasal dari 3 petak dengan perlakuan yang berbeda (tanda bintang) ( Gambar 3). Contoh tanah dikompositkan per perlakuan dosis limbah industri ( $L_0, L_1$  atau  $L_2$ ) yaitu:  $S_0 = L_0B_0K_0$ ,  $S_1 = L_1B_0K_0$ ,  $S_2 = L_2B_0K_0$ . Contoh tanah dikeringudarkan, dihaluskan

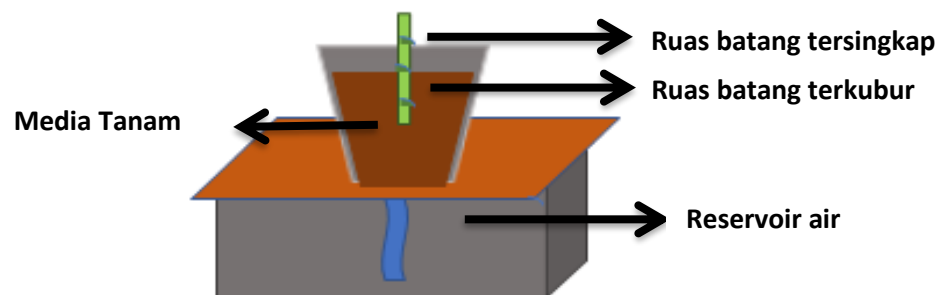
dengan cara ditumbuk, lalu diaduk rata untuk kemudian diayak menggunakan ayakan 2 mm. Kadar air contoh tanah ditetapkan dengan metode penimbangan (*gravimetri*) setara berat kering oven 105°C 24 jam.

### 3.4.2 Pengujian Awal Media Tanam

Pengujian awal pada media tanam dilakukan untuk analisis kandungan logam Cu, Zn dan Ni tersedia, serta pH sebelum tanam. Pengujian contoh tanah ini dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Lampung.

### 3.4.3 Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman

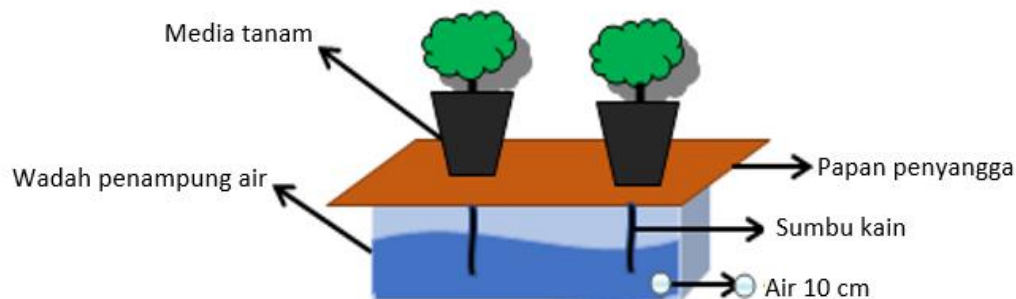
Media tanam disiapkan dengan menimbang contoh tanah sebanyak 400 g (setara berat kering oven 105°C 24 jam), lalu dimasukkan ke dalam pot plastik 500 ml. Setelah itu, media tanam ditambah air secara kapiler sampai kadar air kapasitas lapang, kemudian bibit rumput gajah ditanam dengan cara membenamkan 2 ruas batang ke dalam tanah dan membiarkan 2 ruas lainnya tersingkap di atas permukaan tanah. Beberapa bibit disiapkan sebagai cadangan untuk menyulam. Media pembibitan rumput gajah.



**Gambar 4.** Penanaman bibit rumput gajah.

Media tanam adalah campuran contoh tanah pada Gambar 4, yang merupakan  $S_0 = L_0B_0K_0$ ,  $S_1 = L_1B_0K_0$ ,  $S_2 = L_2B_0K_0$ . Kadar air kapasitas lapang diatur dengan metode pengairan secara kapiler, yaitu dengan naiknya air dari penampung air kemudian meresap melalui sumbu ke dalam media tanam dan tertahan di antara

butir tanah. Air dalam reservoir dijaga pada 10 cm dari papan penyangga dengan penambahan secara teratur untuk menjaga pasokan air (Gambar 5).



**Gambar 5.** Pengairan pot percobaan metode air kapiler.

### 3.4.4 Panen Tanah dan Tanaman

Panen dilakukan pada pekan ke-4 setelah tanam dari bibit. Pemanenan dilakukan dengan memotong bagian tanaman yang ada di permukaan tanah kemudian ditimbang. Pemanenan juga dilakukan pada akar tanaman dengan cara akar dibersihkan dari tanah dengan dibilas perlahan dengan menggunakan air. Berat basah akar ditimbang langsung. Berat kering akar dan tajuk ditimbang setelah pengovenan dengan suhu 60<sup>0</sup>C selama 3 x 24 jam. Pada saat pemanenan diambil juga sampel tanah untuk analisis akhir.

### 3.4.5 Analisis Tanah dan tanaman

Peubah dan metode analisis tanah dan tanaman yang dilakukan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Peubah dan metode analisis yang digunakan.

Parameter	Metode Analisis
<b>Analisis Tanah</b>	
Cu, Zn, Ni tersedia	Ekstraksi dengan pengekstrak basah 1N HNO <sub>3</sub>
pH	pH-meter
<b>Analisis Tanaman</b>	
Cu, Zn, Ni	Pengabuan kering dan ekstraksi dengan HCl
Bobot kering Tanaman (akar,tajuk)	Gravimetrik

Analisis Tanah yang dilakukan meliputi:

a. Analisis pH Tanah

Analisis pH tanah menggunakan metode pH meter dengan prosedur kerja sebagai berikut : (1) 10,00 g contoh tanah ditimbang sebanyak dua kali, masing-masing dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambah 20 ml air bebas ion ke botol (pH H<sub>2</sub>O) 1:2. Tanah + air dicampurkan dengan mesin pengocok selama 30 menit, (3) suspensi tanah kemudian diukur dengan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan penyangga pH 7,0 dan pH 4,0 sebelum digunakan (Sulaeman, 2005).

b. Analisis Cu, Zn dan Ni Tanah

Prosedur analisis Cu, Zn dan Ni tersedia dalam contoh tanah diukur menggunakan metode ekstraksi basah dengan pengekstrak 1 N HNO<sub>3</sub> dengan prosedur kerja sebagai berikut : (1) Contoh tanah ditimbang 10 gram, dimasukkan ke dalam botol pengocok. (2) Selanjutnya contoh tanah dicampur dengan 20 ml 1N HNO<sub>3</sub>. (3) Campuran dikocok dengan pengocok selama 1 jam. (4) Campuran disaring dengan kertas Whatman No. 42. (5) Absorban diukur dengan AAS.

Analisis tanaman yang dilakukan meliputi:

a. Analisis Cu, Zn dan Ni Tanaman

Pengukuran serapan Cu, Zn dan Ni didapatkan dengan cara analisis jaringan tanaman (bagian tajuk dan akar yang sudah digiling). Analisis serapan logam berat Cu, Zn dan Ni dilakukan dengan pengabuan kering, yaitu dengan prosedur kerja sebagai berikut: (1) sebanyak 1 g jaringan tanaman dikering ovenkan dalam sebuah cawan porselen, (2) cawan porselen dimasukkan dalam tungku pengabuan dan sampel jaringan tanaman diabukan pada suhu 300°C selama 2 jam. Kemudian suhu dinaikkan sampai 500°C dan sampel jaringan tanaman diabukan selama 4 jam. Tungku pengabuan dimatikan dan sampel dibiarkan dingin dan diambil dari tungku pengabuan serta didinginkan pada suhu ruang, (3) abu dibasahi dengan beberapa tetes air destilata, (4) sebanyak 10 ml HCl 1 N ditambahkan ke dalam cawan dan cawan diletakkan di atas

lempeng pemanas dan dibiarkan sampai mendidih perlahan-lahan, (5) Cawan dari lempeng pemanas dipindahkan, didinginkan dan abu yang terlarut disaring melalui kertas saring ke labu ukur 100 ml. Cawan dibilas dengan 10 ml HCl 1 *N* dan dituangkan ke kertas saring dan kertas saring dibilas dengan air destilata kira-kira 50 ml, (6) labu ukur diisi sampai volume tera dengan air destilata dan ditutup, (7) setelah sampel tanaman diabukan dan diencerkan sampai 100 ml dalam labu ukur, Cu, Zn dan Ni ditetapkan dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)* (Thom dan Utomo, 1991).

(1) Setelah ditetapkan dengan AAS, maka nilai yang sudah diolah dapat dikalikan dengan berat tajuk dan akar yang sudah didapatkan dari hasil penggilingan. (2) Tungku pengabuan dimatikan dan sampel dibiarkan dingin lalu diambil dari tungku pengabuan serta didinginkan pada suhu ruang, (3) abu dibasahi dengan beberapa tetes air destilata, (4) sebanyak 10 ml HCl 1 *N* ditambahkan ke dalam cawan dan cawan diletakkan di atas lempeng pemanas dan dibiarkan sampai mendidih perlahan-lahan, (5) Cawan dari lempeng pemanas dipindahkan, didinginkan dan abu yang terlarut disaring melalui kertas saring ke labu ukur 100 ml. Cawan dibilas dengan 10 ml HCl 1 *N* dan dituangkan ke kertas saring dan kertas saring dibilas dengan air destilata kira-kira 50 ml, (6) labu ukur diisi sampai volume tera dengan air destilata dan ditutup, (7) setelah sampel tanaman diabukan dan diencerkan sampai 100 ml dalam labu ukur, Cu, Zn dan Ni ditetapkan dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)* (Thom dan Utomo, 1991).

b. Analisis Bobot Tanaman

Pada analisis sampel tanaman, pengambilan sampel dilakukan dengan cara :

(1) diambil satu tanaman lengkap dengan akar dan tajuk pada setiap jenis tanah. (2) Setelah itu, tanaman dibersihkan dengan mencucinya di dalam air untuk memastikan tidak ada tanah yang menempel pada akar atau daun. (3) Tanaman yang telah dipisahkan akar dari tajuknya kemudian ditimbang. (4) Setelah itu, contoh tanaman dikeringkan menggunakan oven pada temperatur

60°C selama 3 x 24 jam. (5) Setelah memastikan contoh tanaman benar-benar kering, maka contoh tanaman tanaman ditimbang dan berat kering dicatat.

### **3.4.6 Analisis Data**

Analisis data menggunakan metode *Standard Error of Mean* atau besar kecilnya nilai kesalahan yang digunakan untuk mengukur tingkat ketelitian dari mean/rata-rata. Selanjutnya terhadap data dilakukan juga analisis regresi linear untuk mengevaluasi hubungan linear antara dua atau lebih variabel yang menggunakan untuk memprediksi atau menjelaskan hubungan variabel independen dan dependen. Analisis *Standard Error of Mean* (SEM) dan analisis regresi linier dilakukan dengan aplikasi *Microsoft Excel*.



## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Simpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanaman rumput gajah bahwa tanaman rumput gajah berpengaruh terhadap konsentrasi Cu dan Ni tersedia di dalam tanah sedangkan pada konsentrasi Zn tersedia tidak berpengaruh nyata.
2. Serapan logam berat tanaman rumput gajah secara umum meningkat dengan semakin tingginya logam berat tanah.
3. Akumulasi logam berat di dalam akar lebih tinggi dari pada dalam tajuk, menunjukkan bahwa tanaman rumput gajah adalah fitostabilisator Cu, Zn, Ni.

### 5.2 Saran

Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan kombinasi antara tanaman dan ditambahkan faktor lain seperti *biochar* dan pemberian kapur sebelum penanaman untuk melihat kemampuan menurunkan konsentrasi logam berat pada tanah tercemar logam berat. Selain itu, penulis juga menyarankan agar rentang waktu penanaman ditambah sampai batas siap panen tanaman rumput gajah yaitu pada 45HTS atau 50HTS agar hasil yang didapatkan lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aw, S., Jol, H., Fahmi, A. H., Samsuri, A. W., Joli, H., Singh, D. 2018. *pelindian Cd dan Pb dari tanah yang terkontaminasi diubah Riset dengan berbagai ukuran biochar.*
- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, UI Press, Jakarta.
- Dewata, I., Dangas, Y. H. 2018. *Pencemaran Lingkungan*. PT Raja Grafindo Persada.
- Djo, Y. H. W., Suastuti, D. A., Suprihatin, I. E., & Sulihingtyas, W. D. 2017. Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 5(2), 137–144.
- Fika, H. H., Elystia, S., Sasmita, A. 2021. Pengolahan Tanah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd Menggunakan Biochar Sekam Padi dengan Variasi Ukuran Partikel. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 7(1), 59–68.  
<https://doi.org/10.29303/jstl.v7i1.215>
- Hamzah ,A., Priyadarsini, R. 2019. Remediasi Tanah Teremar Logam Berat. UNITRY Press. Malang.
- Hidayat, A., Siregar, C. A. 2017. *Teori dan Aplikasinya dalam Upaya Konservasi Tanah dan Air.*
- Hidayat, B. 2015. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan Biochar (Soil Remediation Contaminated With Heavy Metals Biochar). *Pertanian Tropik (Tropical Agriculture)*, 2(1), 51

- Irhamni, Setiaty, P., Edison, P., Wirsal, H. 2017. Serapan logam berat esensial dan non esensial pada air lindi TPA Kota Banda Aceh dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan. *Serambi Engineering*, 2(3), 134–140 <https://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/view/337>
- Järup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68, 167–182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Koller., et al. 2018. Kajian Jenis Tanaman Rumput Untuk Teknologi Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat. “*Introductory Chapter: Introducing Heavy Metals,*” in *Heavy Metals*, 413–421.
- Lahuddin M. 2007. *Aspek Unsur Mikro dalam Kesuburan Tanah*. USU Press. Medan.
- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., Pan, G., Paz-Ferreiro, J. 2013. Biochar’s effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions-a meta-analysis of literature data. *Plant and Soil*, 373(1–2), 583–594. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1806-x>
- Nascimento, S. S., Silva, E. B., Alleoni, L. R. F., Graziotti, P. H., Fonseca, F. G., & Nardis, B. O. 2014. Availability and accumulation of lead for forage grasses in contaminated soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(4), 783–802. <https://doi.org/10.4067/s0718-95162014005000063>
- Nurida, L.N. 2015. *Biochar Pembenh Tanah yang Potensial*. IAARD Press. Bogor.
- Ogundiran, M. B., Mekwunyei, N. S., Adejumo, S. A. 2018. Compost and biochar assisted phytoremediation potentials of *Moringa oleifera* for remediation of lead contaminated soil. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2206–2213. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.03.025>
- Pratiwi, A.T. 2019. *Kemampuan tanaman Rumput Gajah (Pennisetum purpureum) untuk Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) pada Tanah Tercemar*. Universitas Brawijaya. Malang.

- Purwaningsih, I. S., Kimia, J. T., Teknik, F., Riau, U., Bina, K., Km, W., Panam, S. 2009. Pengaruh Penambahan Nutrisi Terhadap Efektifitas Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Limbah Orto-Klorofenol. *Jurnal Rekayasa Proses*, 3(1), 5.
- Ranjan, V., Sen, P., Kumar, D., Sarsawat, A. 2015. A review on dump slope stabilization by revegetation with reference to indigenous plant. *Ecological Processes*, 4(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13717-015-0041-1>
- Salam, A.K. 2001. Manajemen Fraksi Labil Logam Berat dalam Tanah untuk Pertanian dan Lingkungan. *Pidato Ilmiah Guru Besar*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Salam, A.K., Bakrie, S., and Prihatin, F. 2005. Depth-Wise Distribution Of Extract Cu And Zn In Cultivated Field-Plots Three Years After Treatment With A Cuand- Zn-Containing Waste, Lime, And Cassava-Leaf Compost. *Jurnal Tanah Tropika*. 11(2): 9-14.
- Salam, A.K. 2012. *Ilmu Tanah Fundamental*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 362 hlm.
- Salam, A.K. 2017. *Management of Heavy Metals in Tropical Soil Environment*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 257 hlm.
- Salam, A.K. 2020. *Ilmu Tanah*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 411 hlm.
- Salam, A.K., Milanti, M.I., Silva, G., Rachman, F., Santa, .I.M.T.D., Rizki, D.O., Novpriansyah, H., and Sarno, S. 2021. The Use Of N HNO<sub>3</sub> to Determine Copper and Zinc Levels In Heavy-Metal Polluted Tropical Soils. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 905. Hal 1-8. doi:10.1088/1755-1315/905/1/012001
- Salam, A. K., Novpriansyah, H., & Bucharie, H. 2022. Metal Extractability Changes in Soils Under Thorny Amaranth. *Sains Tanah*, 19(2), 211–220. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v19i2.65456>
- Salam, A. K., Rizki, D. O., Santa, I. T. D., Supriatin, S., Septiana, L. M., Sarno, S., & Niswati, A. 2022. The biochar-improved growth-characteristics of corn (*Zea mays* L.) in a 22-years old heavy-metal contaminated tropical soil. *IOP*

*Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1034(1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1034/1/012045>

- o
- Salam, A. K., Silva, G., Buchari, H., & Aini, S. N. 2021. The Phytoremediation Potential of Several Plants in Heavy-Metal-Polluted Tropical Soils. *AIP Conference Proceedings*, 2583. <https://doi.org/10.1063/5.0116581>
- Salam, A. K., Sriyani, N., Dewi, S. K., & Utomo, M. 2019. The Soil Available-Potassium Enrichment by Several Potential Tropical Weeds. *AIP Conference Proceedings*, 2583. <https://doi.org/10.1063/5.0116362>.
- Salim, F., Tuti, D., Balai, S., Lingkungan, T. 2014. Fitoremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Menggunakan Empat Jenis Rumput Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soil Using Four Types of Grasses. *Jurnal Riset Industri*, 8(2), 123–128.
- Sarwar, N., Imran, M., Shaheen, M. R., Ishaque, W., Kamran, M. A., Matloob, A., Rehim, A., Hussain, S. 2017. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: Modifications and future perspectives. *Chemosphere*, 171, 710–721.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.116>
- Schröder, P., Harvey, P. J., Schwitzguébel, J. P. 2002. Prospects for the phytoremediation of organic pollutants in Europe. *Environmental Science and Pollution Research*, 9(1), 1–3. <https://doi.org/10.1007/BF02987312>
- Sembiring, M. T., Sinaga, T. S. 2003. Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya). *USU Digital Library*, 1–9.
- Thom, W.O. Utomo, M. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Uchimiya, M., Lima, I. M., Klasson, K. T., Wartelle, L. H. 2010. Contaminant immobilization and nutrient release by biochar soil amendment: Roles of natural organic matter. *Chemosphere*, 80(8), 935–940.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.05.020>
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U. 2017. Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.