

**PERUBAHAN KETERSEDIAAN Cu, Zn, DAN Ni PADA TANAH 25
TAHUN PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI DENGAN
PEMBERIAN *BIOCHAR* SEKAM PADI**

(Skripsi)

Oleh

**VINA SHEISYA HASAN
2014181025**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PERUBAHAN KETERSEDIAAN Cu, Zn, DAN Ni PADA TANAH 25 TAHUN PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI DENGAN PEMBERIAN *BIOCHAR* SEKAM PADI

Oleh

Vina Sheisya Hasan

Peningkatan kegiatan industri dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Hal ini dikarenakan kegiatan industri akan menghasilkan limbah industri. Limbah industri yang mengandung logam berat jika tidak diolah dengan baik akan mencemari lingkungan. Akumulasi logam berat dalam tanah dapat menurunkan kesuburan tanah baik secara fisika, kimia, maupun biologi seperti menurunkan populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah, meningkatkan toksisitas tanah, serta menurunkan produktivitas tanaman. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi ketersediaan logam berat dalam tanah adalah dengan penambahan bahan pembenah tanah seperti *biochar*. *Biochar* adalah karbon aktif berpori yang dihasilkan dari proses pirolisis bahan organik. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan *biochar* dari sekam padi yang diharapkan mampu mengurangi ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni dalam tanah yang tercemar logam berat.

Penelitian ini dilakukan dari bulan September 2023 sampai dengan Maret 2024. Sampel tanah untuk penelitian ini diambil dari petak percobaan yang berada di desa Sidosari Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, yang telah diaplikasikan limbah industri pada tahun 1998. Percobaan dalam penelitian ini dilaksanakan secara faktorial menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL)

yang melibatkan 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah sampel tanah dengan 3 tingkat cemaran logam berat yang berbeda akibat aplikasikan limbah industri 25 tahun yang lalu ($S_0 = 0 \text{ Mg ha}^{-1}$; $S_1 = 15 \text{ Mg ha}^{-1}$; $S_2 = 60 \text{ Mg ha}^{-1}$). Faktor kedua adalah dosis *biochar* sekam padi ($B_0 = 0 \text{ Mg ha}^{-1}$; $B_1 = 5 \text{ Mg ha}^{-1}$; $B_2 = 10 \text{ Mg ha}^{-1}$). Analisis ketersediaan Cu, Zn, dan Ni tanah dilakukan dengan pengektak $1N \text{ HNO}_3$, kandungan C-organik tanah dianalisis dengan metode *Walkley and Black*, dan analisis pH tanah menggunakan metode elektrometrik dengan perbandingan 1:2. Perbedaan antarperlakuan dianalisis dengan metode *Standard Error of The Mean* (SEM). Korelasi antara peubah utama dan pendukung dianalisis dengan metode *Simple Linear Regression* dan *Multiple Linear Regression* pada taraf 5% menggunakan aplikasi *Excel*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dengan perlakuan limbah industri 25 tahun yang lalu menunjukkan ketersediaan Cu, Zn, dan Ni yang lebih tinggi dengan urutan ketersediaan $S_2 > S_1 > S_0$. Pemberian *biochar* sekam padi dengan dosis 5 Mg ha^{-1} dan 10 Mg ha^{-1} tidak nyata menurunkan ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni pada tanah tercemar limbah industri logam berat. Ketersediaan Cu dan Zn tanah berkorelasi negatif dengan pH, serta pH dan kandungan C-organik tanah. Sedangkan ketersediaan Ni tanah hanya berkorelasi negatif dengan pH tanah.

**PERUBAHAN KETERSEDIAAN Cu, Zn, DAN Ni PADA TANAH 25
TAHUN PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI DENGAN
PEMBERIAN *BIOCHAR* SEKAM PADI**

Oleh

VINA SHEISYA HASAN

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**

Judul Skripsi : **PERUBAHAN KETERSEDIAAN Cu, Zn, DAN Ni PADA TANAH 25 TAHUN PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI DENGAN PEMBERIAN *BIOCHAR* SEKAM PADI**

Nama Mahasiswa : **Vina Sheisya Hasan**

Nomor Pokok Mahasiwa : **2014181025**

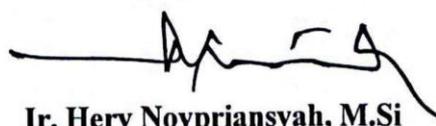
Program Studi : **Ilmu Tanah**

Fakultas : **Pertanian**




Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., Ph. D.
NIP 196011091985031001


Ir. Hery Novpriansyah, M.Si
NIP 196611151990101001


Ir. Hery Novpriansyah, M.Si
NIP 196611151990101001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., Ph. D.



Sekretaris : Ir. Hery Novpriansyah, M.Si



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. dr. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 08 Juli 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“KETERSEDIAAN Cu, Zn, DAN Ni PADA TANAH 25 TAHUN PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI DENGAN PEMBERIAN BIOCHAR SEKAM PADI”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan penelitian bersama dosen Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yaitu Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., Ph.D. dan Ir. Hery Novpriansyah, M.Si. Dana yang digunakan dalam penelitian ini adalah dana pribadi dari dosen pembimbing pertama.

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

Bandar Lampung, 08 Juli 2024



Vina Sheisya Hasan
NPM. 2014181025

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Banjar Negeri Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 30 September 2002 sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Hasan Basri dan Ibu Susanti. Penulis memulai pendidikan pada tahun 2007 pada RA Annashirin, Desa Banjar Negeri, Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. Penulis melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN 2 Banjar Negeri dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Natar dan lulus pada tahun 2017. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Natar dan lulus pada tahun 2020. Penulis kemudian melanjutkan studi di Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif pada beberapa organisasi. Penulis pernah menjadi anggota Bidang Pengabdian Masyarakat pada Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Unila (Gamatala) pada tahun 2022 dan pada tahun 2023 penulis menjadi ketua bidang pada bidang yang sama. Penulis juga aktif dalam kegiatan seminar maupun lomba, baik sebagai peserta maupun panitia di Universitas Lampung. Beberapa lomba yang pernah diikuti yaitu Lomba Karya Tulis Ilmiah (LKTI) Nasional Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Unila, Lomba Essai Tutor FILMA (Forum Ilmiah Mahasiswa) FP Unila pada tahun 2022 yang mendapatkan Juara 2 dan 3, serta mengikuti Lomba Anugrah Inovasi Daerah pada tahun 2023. Penulis juga pernah mendapatkan pendanaan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) yang diberikan oleh Universitas Lampung pada tahun 2022. Kemudian pada tahun 2023 penulis mendapatkan pendanaan pada Program

Kreativitas Mahasiswa (PKM) Riset Eksakta dengan judul “Fermentasi *Biochar* Menggunakan Jamur *Trichoderma* sp dengan Nutrisi Tetes Tebu (Molase) sebagai Retensi Hara di Tanah Ultisol” oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (Dirjen Dikti), dan menghasilkan artikel ilmiah dengan judul “Pengaruh Aplikasi *Biochar* yang Diperkaya *Trichoderma* sp. dan Nutrisi Tetes Tebu Terhadap Beberapa Sifat Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Kangkung” yang dipublikasi oleh Jurnal Agrotropika.

Penulis memiliki pengalaman menjadi asisten praktikum pada beberapa mata kuliah, yaitu Kimia Dasar Organik, Genesis dan Klasifikasi Tanah, Dasar-dasar Ilmu Tanah, serta Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman. Penulis juga pernah menjadi tutor pada Forum Ilmiah Mahasiswa (FILMA) Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Penulis pernah menjalani Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukajadi Kecamatan Krui Selatan Kabupaten Pesisir Barat pada tahun 2023. Penulis juga pernah menjalani kegiatan Praktik Umum (PU) di UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung pada tahun 2023.

“Siapa yang bersungguh-sungguh maka akan berhasil”

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan,
sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Al-Insyirah: 5-6)

“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum
sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri”

(Ar-Ra'd: 11)

“Jangan khawatir tentang bagaimana akhirnya jika kamu bahkan
belum memulai”

(Oh Sehun)

“Jangan menyerah pada impianmu, atau impianmu akan
menyerah padamu”

(Byun Baekhyun)

“Keberhasilan tidak datang padamu, kamu harus mencarinya”

(Kim Jongdae)

Alhamdulillahirabbil'alamin
Puji syukur ke hadirat Allah SWT

Skripsi ini saya persembahkan kepada orang tua tercinta Bapak Hasan Basri dan Ibu Susanti yang telah memberikan dukungan, semangat, kasih sayang, pengorbanan, dan doa di sepanjang hidup.

Kakak, Adik, dan Saudara tercinta yang telah memberikan semangat, doa, dan dukungannya.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi berjudul “Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni pada Tanah 25 Tahun Pascaperlakuan Limbah Industri dengan Pemberian *Biochar* Sekam Padi” dengan baik, yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pertanian di Universitas Lampung. Dalam penyusunan skripsi ini penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa dorongan dan bantuan baik langsung ataupun tidak langsung dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

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.
3. Bapak Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing Utama atas bimbingan, ide, saran, arahan, dan bantuan dana analisis logam berat dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Hery Novpriansyah, M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik yang membangun dalam penulisan skripsi ini
5. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc. selaku dosen Penguji bukan Pembimbing yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis dalam penulisan skripsi.
6. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan dan bimbingan serta membantu penulis berkonsultasi

mengenai kegiatan akademik selama penulis menjadi mahasiswa.

7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Ilmu Tanah Universitas Lampung yang telah memberikan begitu banyak ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
8. Seluruh staf dan karyawan Gedung Ilmu Tanah yang telah membantu dan memberikan kemudahan dalam pelaksanaan perkuliahan dan penelitian.
9. Kedua orang tua tercinta, Ayah Hasan Basri dan Ibu Susanti, yang telah memberikan dukungan, semangat, kasih sayang, pengorbanan, dan doa di sepanjang hidup penulis.
10. Kakak dan adik tercinta Devi Yunita Sari, Awa Shavira Hasan, dan Varisha Azalea yang telah memberikan semangat, doa, dan dukungan kepada penulis.
11. Keluarga besar yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
12. Yanti Aggraini sebagai teman seperjuangan dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan memberikan motivasi, saran, dan kritik kepada penulis serta menjadi rekan diskusi penulis.
13. Sahabat-sahabatku Emiasastri, Melda Herlin Marlinda, dan Jihan Ixora Ditia yang telah memberikan dukungan, nasehat, kritik, dan saran kepada penulis.
14. Teman-teman seperjuangan Fitri, Dian, Revi, Dema, dan Ulia yang telah memberikan dukungan, saran, dan menjadi rekan diskusi penulis.
15. Seluruh teman-teman Angkatan 2020 Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas kepedulian, bantuan, dan rasa kekeluargaannya selama ini.
16. EXO dan Seventeen yang telah menjadi inspirasi dan memberikan hiburan selama ini.
17. Semua pihak yang telah berjasa dan terlibat dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari atas ketidaksempurnaan penyusunan skripsi ini. Namun penulis tetap berharap skripsi ini akan memberikan manfaat bagi para pembaca. Demi kemajuan penulis, penulis juga mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran yang berguna.

Bandar Lampung, 08 Juli 2024

Vina Sheisya Hasan

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kerangka Pemikiran	4
1.5 Hipotesis	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Pencemaran Tanah oleh Logam Berat	8
2.2 Teknik Menurunkan Ketersediaan Logam Berat	9
2.3 Pengaruh Aplikasi <i>Biochar</i> Terhadap Logam Berat	11
BAB III. BAHAN DAN METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Metode	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian	16

3.4.1 Pembuatan <i>Biochar</i> Sekam Padi	16
3.4.2 Pengambilan Sampel Tanah.....	17
3.4.3 Pengujian Awal Sampel Tanah	18
3.4.4 Pengaplikasian <i>Biochar</i> Sekam Padi	18
3.4.5 Pemeliharaan Sampel Tanah	18
3.4.6 Analisis Tanah	19
3.4.7 Analisis Data	19
3.5 Peubah Pengamatan	19
3.5.1 Peubah Utama	19
3.5.2 Peubah Pendukung	20
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Perubahan Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni Tanah Tercemar Limbah Industri Berlogam Berat Akibat Pemberian <i>Biochar</i> Sekam Padi	22
4.2 Perubahan pH dan Kandungan C-organik Tanah Tercemar Limbah Industri Berlogam Berat Akibat Pemberian <i>Biochar</i> Sekam Padi	27
4.3 Korelasi antara Perubahan Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni dalam Tanah Tercemar Limbah Industri Berlogam Berat Akibat Pemberian <i>Biochar</i> Sekam Padi dengan pH dan Kandungan C- organik Tanah	31
BAB. SIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Simpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Contoh Tanah untuk Percobaan	14
2.	Ketersediaan Cu, Zn, Ni, pH, dan C-organik sampel tanah awal	22
3.	Batas maksimum yang diizinkan untuk ketersediaan logam berat dalam tanah menurut WHO	23
4.	Persentase peningkatan serta penurunan ketersediaan Cu, Zn, Ni, pH, dan C-organik tanah.....	24
5.	Pengaruh <i>biochar</i> sekam padi terhadap ketersediaan Cu, Zn, dan Ni tanah tercemar logam berat	26
6.	Persentase peningkatan serta penurunan ketersediaan Cu, Zn, dan Ni tanah tercemar logam berat akibat aplikasi <i>biochar</i> sekam padi.....	27
7.	Pengaruh <i>biochar</i> sekam padi terhadap pH dan kandungan C- organik tanah	29
8.	Persentase peningkatan serta penurunan pH dan kandungan C-organik tanah tercemar logam berat akibat aplikasi <i>biochar</i> sekam padi	30
9.	Korelasi antara ketersediaan Cu, Zn, dan Ni dengan pH dan kandungan C-organik tanah	32
10.	Pengaruh pemberian <i>biochar</i> terhadap ketersediaan Cu, Zn, dan Ni pada tanah tercemar logam berat	41
11.	Pengaruh pemberian <i>biochar</i> terhadap pH dan kandungan C-organik pada tanah tercemar logam berat.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.	Kerangka pemikiran penelitian perubahan ketersediaan Cu, Zn, dan Ni pada tanah 25 tahun pascaperlakuan limbah industri dengan pemberian <i>biochar</i> sekam padi	6
2.	Denah tata letak percobaan Sidosari, Lampung Selatan	15
3.	Tata letak percobaan RAL di dalam rumah kaca untuk penelitian	16
4.	Metode tradisional dalam pembuatan <i>biochar</i> sekam padi.....	17
5.	Pengairan contoh tanah plot percobaan dengan metode kapiler	19
6.	Analisis <i>Simple Linear Regression</i> antara ketersediaan Cu dengan pH tanah	43
7.	Analisis <i>Simple Linear Regression</i> antara ketersediaan Zn dengan pH tanah	44
8.	Analisis <i>Simple Linear Regression</i> antara ketersediaan Ni dengan pH tanah	45
9.	Analisis <i>Simple Linear Regression</i> antara ketersediaan Cu dengan kandungan C-organik tanah	46
10.	Analisis <i>Simple Linear Regression</i> antara ketersediaan Zn dengan kandungan C-organik tanah	47
11.	Analisis <i>Simple Linear Regression</i> antara ketersediaan Ni dengan kandungan C-organik tanah	48
12.	Analisis <i>Multiple Linear Regression</i> antara ketersediaan Cu dengan pH dan kandungan C-organik tanah	49
13.	Analisis <i>Multiple Linear Regression</i> antara ketersediaan Zn dengan pH dan kandungan C-organik tanah	50

14.	Analisis <i>Multiple Linear Regression</i> antara ketersediaan Ni dengan pH dan kandungan C-organik tanah	51
-----	---	----

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan aktivitas dan kebutuhan manusia mengakibatkan semakin meningkat pula kegiatan industri. Peningkatan kegiatan industri ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Hal ini disebabkan kegiatan industri akan menghasilkan limbah industri. Sebagian limbah industri mengandung logam berat. Limbah industri yang mengandung logam berat jika tidak diolah dengan baik akan mencemari lingkungan. Sebagian logam berat merupakan unsur logam non-esensial yang pada tingkat tertentu dapat menjadi beracun bagi makhluk hidup (Irianti dkk, 2017).

Pada dasarnya ketersediaan logam berat sudah ada secara alami di dalam tanah dan dalam konsentrasi yang rendah, sehingga tidak membahayakan eksistensi makhluk hidup. Namun, seiring berjalannya waktu kandungan logam berat terus bertambah karena adanya masukan yang berasal dari sumber polusi seperti limbah industri yang dapat meningkatkan logam berat dalam tanah. Akumulasi logam berat dalam tanah dapat menurunkan kesuburan tanah baik secara fisika, kimia, maupun biologi seperti menurunkan populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah, menurunkan pH tanah, serta menurunkan produktivitas tanaman (Salam dkk., 2022). Akumulasi logam berat dalam tanah dapat diserap oleh tanaman yang kemudian akan masuk ke dalam rantai makanan (Setiawan, 2013).

Beberapa logam berat termasuk ke dalam unsur hara mikro esensial yang dibutuhkan manusia, tumbuhan, dan hewan. Keberadaan unsur mikro yang juga termasuk logam berat ini, pada konsentrasi tertentu sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup, namun jika konsentrasinya berlebih akan bersifat racun. Beberapa unsur hara mikro esensial yang termasuk logam berat adalah tembaga (Cu), seng (Zn), molibdenum (Mo), mangan (Mn), dan nikel (Ni) (Tahar dan Keltoum, 2011). Akumulasi logam berat di dalam tanah baik yang termasuk unsur hara ataupun bukan harus diatasi dengan baik dengan cara-cara berbasis ilmu pengetahuan.

Konsentrasi Cu dan Zn secara umum terus meningkat dengan penambahan limbah industri. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Salam dkk., 2021) menunjukkan terjadi penurunan ketersediaan Cu dan Zn setelah penambahan limbah industri pada tahun 1998. Ketersediaan Cu dan Zn pada plot dengan tingkat cemaran limbah industri konsentrasi tinggi terus menurun setelah 20 tahun aplikasi limbah industri. Ketersediaan Cu menurun sebesar 17–53%, dan Zn menurun sebesar 12–33%. Ketersediaan Cu dan Zn menurun secara signifikan setelah 21 tahun pada plot dengan tingkat cemaran limbah rendah dan tinggi, serta meningkat pada plot yang tidak diaplikasikan limbah industri.

Peningkatan ketersediaan Cu dan Zn pada plot yang tanpa aplikasi limbah industri dapat disebabkan oleh pencucian tanah oleh air hujan. Pengolahan tanah seperti pembajakan dan penggaruan juga dapat berperan penting dalam proses perpindahan logam berat dalam tanah. Aktivitas fisik ini mungkin telah memindahkan logam berat dalam tanah keluar dari batas plot dan ke plot lain yang berdekatan (Salam dkk., 2021).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi ketersediaan logam berat dalam tanah adalah dengan penambahan bahan pembenah tanah seperti *biochar*. Menurut Hidayat (2015), *biochar* memiliki kemampuan secara fisika dan kimia untuk menghilangkan keaktifan logam berat sehingga potensial digunakan pada lahan tercemar. Selain itu, *biochar* juga mampu memasok

sejumlah hara bagi tanaman. *Biochar* juga dapat meningkatkan pH serta muatan negatif tanah yang kemudian akan mengurangi ketersediaan dan kelarutan logam berat dalam tanah sehingga pertumbuhan, perkembangan, serta produktivitas tanaman akan meningkat.

Bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan *biochar* adalah sampah biomassa yang tidak dimanfaatkan seperti sekam padi, tongkol jagung, kulit buah kakao atau coklat, cangkang kemiri, kulit kopi, limbah gergaji kayu (Widiastuti dan Lantang, 2017). Secara umum, limbah pertanian berupa sekam padi masih belum dimanfaatkan secara optimal oleh petani dan masyarakat. Sisa hasil panen tersebut masih sering dibakar untuk mengurangi penumpukan di lahan sehingga dapat mencemari lingkungan (Listiana dkk., 2021). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan *biochar* dari sekam padi yang diharapkan mampu mengurangi ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni dalam tanah yang tercemar logam berat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut di atas maka penelitian ini dilaksanakan untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan, apakah pemberian *biochar* sekam padi berpengaruh terhadap ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni pada tanah yang telah terpolusi 25 tahun yang lalu oleh limbah industri?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan masalah yang telah dikemukakan, maka penelitian ini memiliki tujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian *biochar* sekam padi terhadap ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni pada tanah yang telah terpolusi 25 tahun yang lalu oleh limbah industri.

1.4 Kerangka Penelitian

Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri mengandung berbagai unsur berbahaya bagi manusia seperti logam berat. Logam berat adalah suatu unsur yang memiliki berat jenis lebih dari atau sama dengan 5 g cm^{-3} (Salam dan Ginanjar, 2018). Dalam kadar yang tinggi, logam berat akan bersifat racun bagi makhluk hidup (Silva dkk., 2021). Namun, beberapa logam berat juga dibutuhkan oleh makhluk hidup. Beberapa logam berat yang dibutuhkan makhluk hidup antara lain tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), besi (Fe), dan mangan (Mn). Sedangkan logam berat lainnya seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) tidak memiliki fungsi dalam tubuh makhluk hidup, bahkan akan sangat berbahaya dan bersifat racun apabila terkonsumsi, khususnya pada konsentrasi tinggi (Adhani dan Husnaini, 2017).

Akumulasi logam berat pada tanah baik dalam konsentrasi rendah, sedang, maupun tinggi, dapat menurunkan kualitas dan produktivitas tanah. Limbah berlogam berat yang mencemari tanah dapat menyebabkan penurunan pH tanah sehingga membuat tanah menjadi masam (Khasanah dkk, 2021). Hal ini juga akan berakibat pada penurunan aktivitas mikroorganisme tanah, kesuburan tanah, dan produktivitas tanaman akibat terserapnya logam berat tersebut ke dalam tanaman. Apabila terkonsumsi, logam-logam tersebut dapat menggumpal di dalam tubuh organisme dan tetap tinggal di dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama sebagai racun yang dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan (Irianti dkk, 2017).

Berdasarkan penelitian sebelumnya diperoleh tren perubahan ketersediaan Cu dan Zn dalam tanah setelah aplikasi limbah industri 1998 yaitu telah terjadi penurunan konsentrasi Cu dan Zn dalam tanah seiring berjalannya waktu selama 20 tahun. Ketersediaan Cu dan Zn dalam tanah terus menurun seiring waktu pada tahun ke 3 hingga tahun ke-10, sedangkan pada tahun ke 20 terjadi peningkatan namun konsentrasinya masih di bawah tahun ke-10. Ketersediaan logam berat Cu dan Zn terus menurun selama 21 tahun pada perlakuan 15 Mg^{-1} dan 60 Mg^{-1} . Sedangkan

pada perlakuan limbah 0 Mg^{-1} ketersediaan logam berat Cu dan Zn mengalami peningkatan setelah 21 tahun (Salam dkk, 2021).

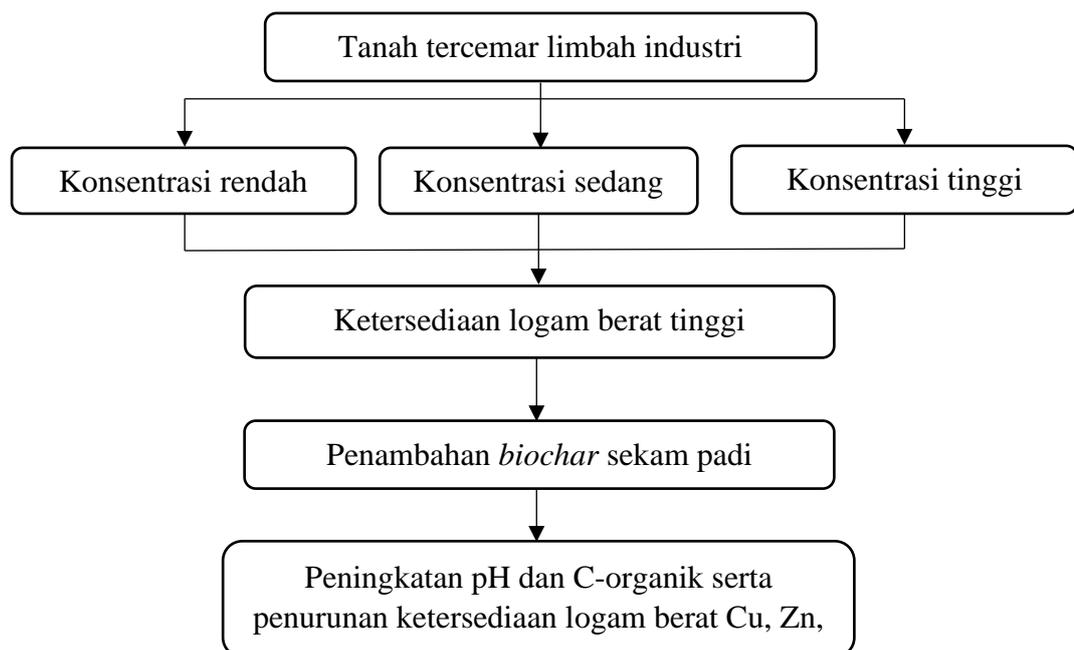
Untuk mengurangi kandungan logam berat pada tanah perlu dilakukan upaya penanggulangan, salah satunya adalah dengan melakukan penambahan bahan organik pada tanah. Aplikasi bahan organik tidak hanya mampu memperbaiki ketersediaan unsur hara, tetapi juga dapat memanfaatkan biomassa sisa pertanian yang belum dimanfaatkan dengan baik, seperti *biochar*. *Biochar* merupakan bahan yang dapat meningkatkan pH tanah dan berkontribusi terhadap stabilisasi logam berat (Hidayat, 2015).

Biochar memiliki area permukaan besar dan kapasitas yang tinggi untuk mengikat logam berat sehingga berpotensi digunakan untuk mengurangi bioavailabilitas dan pelindian logam berat dan juga polutan organik dalam tanah melalui adsorpsi dan reaksi fisikokimia lainnya (Hidayat, 2015). Pada penelitian ini digunakan *biochar* dari sekam padi yang diharapkan mampu mengurangi ketersediaan logam berat pada tanah, seperti terlihat pada Gambar 1. *Biochar* sekam padi merupakan bahan pembenah tanah alternatif yang diketahui mampu meningkatkan pH, C-organik, dan P-tersedia tanah, mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi tanaman, serta meningkatkan serapan P tanaman (Herhandini dkk., 2021).

Menurut Sasmita dkk. (2021), semakin meningkatnya dosis penambahan *biochar* akan semakin meningkatkan pH tanah. *Biochar* memiliki pH yang tinggi, dengan demikian pH tanah akan meningkat seiring dengan peningkatan penambahan dosis *biochar*, khususnya pada tanah yang bersifat masam (He dkk, 2019). Latuponu dkk. (2012) menyatakan bahwa meningkatnya pH tanah terjadi akibat reaksi penetralan H^+ oleh OH^- dari *biochar*. Peningkatan pH pada tanah juga terjadi akibat meningkatnya konsentrasi logam alkali (Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan K^+) dalam tanah setelah penambahan *biochar* (Putri dkk, 2017). Logam alkali yang masuk ke dalam tanah akan mengakibatkan terjadinya kompleksasi permukaan sebagai salah satu mekanisme penjerapan logam berat oleh *biochar* melalui gugus fungsi seperti ligan (gugus karboksilat, hidroksil, dan fenolik) (Uchimiya dkk., 2011).

Akibat terbentuknya kompleks *biochar*–metal, maka Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan kation lainnya terlepas ke dalam tanah sehingga menyebabkan peningkatan pH tanah. Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat bahwa peningkatan pH akan sejalan dengan peningkatan penjerapan logam berat oleh *biochar* (Sasmita dkk, 2021).

Biochar dapat meningkatkan pH tanah dan mengandung ion OH^- . Hal ini mendorong peningkatan kapasitas tanah dalam menjerap logam berat Cu dan Zn. Berdasarkan penelitian Salam dkk (2022), ketersediaan logam berat Cu dan Zn dapat diturunkan secara konsisten dan signifikan oleh penambahan *biochar*. Hal ini diduga akibat adanya peningkatan pH tanah akibat *biochar* yang mungkin juga dapat mendorong peningkatan kapasitas tanah dalam menjerap logam berat, seperti Cu, Zn, dan Ni. *Biochar* juga memiliki muatan negatif yang besar sehingga memungkinkan peningkatan adsorpsi/penjerapan tanah terhadap logam berat.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian perubahan ketersediaan Cu, Zn, dan Ni pada tanah 25 tahun pascaperlakuan limbah industri dengan pemberian *biochar* sekam padi.

1.5 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah pemberian *biochar* sekam padi menurunkan ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni pada tanah yang telah terpolusi 25 tahun yang lalu oleh limbah industri.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Pencemaran Tanah oleh Logam Berat

Logam berat termasuk komponen alami dalam tanah. Komponen ini tidak dapat didegradasi (*nondegradable*) maupun dihancurkan namun umumnya terdapat pada konsentrasi rendah. Pada saat ini pencemaran logam berat semakin tinggi karena adanya pencemaran yang berasal dari aktivitas manusia, seperti pertambangan, peleburan dan pembakaran fosil, pembuangan limbah, korosi, dan aktivitas pertanian (Pivic dkk., 2014).

Logam berat merupakan elemen yang sering menjadi polutan penting di tanah dan air (Salam, dkk., 2021). Beberapa logam berat seperti Mn, Cu, Zn, Mo, dan Ni merupakan unsur mikro yang dibutuhkan bagi mikroorganisme, tumbuhan, dan hewan, tetapi dalam konsentrasi yang tinggi logam berat ini akan bersifat toksik dan menimbulkan pencemaran lingkungan (Tahar and Keltoum, 2011).

Pencemaran oleh logam berat pada tanah dan lingkungan telah dipercepat dengan adanya perkembangan industri dan pertanian yang pesat. Logam berat yang memasuki rantai makanan akan menyebabkan kontaminasi makanan, yang akan bersifat racun bagi tubuh manusia dan hewan yang mengonsumsinya (He dkk., 2015).

Kandungan logam berat di dalam tanah dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti keasaman tanah, bahan organik, suhu, tekstur, mineral liat, dan kadar unsur lain. Faktor derajat keasaman (pH) merupakan faktor penting dalam proses transformasi logam. Hal ini disebabkan pH rendah akan meningkatkan

ketersediaan beberapa logam berat dalam tanah. Ketersediaan logam berat pada tanah dapat berasal dari pupuk dan pestisida kimia, bahan bakar minyak, buangan limbah rumah tangga, pertambangan dan industri (Salam, 2017). Peningkatan pH tanah akan menurunkan ketersediaan dan kelarutan logam berat dalam tanah (Salam dkk., 2022).

Peningkatan pH tanah dan kehadiran koloid tanah dapat meningkatkan imobilisasi logam berat dalam tanah yang dapat menghambat penyerapan logam berat dalam jumlah berlebih oleh tanaman, sehingga tidak menekan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Rachman dkk., 2022; Salam dkk., 2021). Pada saat yang sama, adanya kandungan bahan organik dalam tanah akan meningkatkan kapasitas tukar kation (Muyassar dan Budiarta, 2021). Kapasitas tukar kation yang tinggi akan membuat tanah lebih reaktif dan lebih mudah menyerap kation logam berat (Salam dkk., 2022).

1.2 Teknik Menurunkan Ketersediaan Logam Berat

Akumulasi logam berat dalam tanah dapat menurunkan kesuburan tanah, menurunkan populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah, menurunkan pH tanah, serta menurunkan produktivitas tanaman (Salam dkk., 2022). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk menurunkan ketersediaan logam berat dalam tanah dengan cara-cara berbasis keilmuan. Pencemaran logam berat dapat diturunkan dengan beberapa teknik sebagai berikut.

a. Penggunaan Bahan Organik

Penambahan bahan organik dapat menurunkan ketersediaan logam berat dalam tanah. Namun, penggunaan bahan organik akan lebih efektif diaplikasikan pada tanah dengan pH tinggi. Penggunaan bahan organik rentan terhadap proses pembusukan. Kandungan bahan organik tanah dapat menurun seiring waktu melalui proses dekomposisi dan hal ini dapat mengurangi jumlah muatan negatif yang penting untuk meretensi logam berat di lingkungan (Salam, 2017). Oleh

karena itu, diperlukan upaya untuk mengatasi hal itu yaitu dengan menambahkan bahan organik yang lebih tahan dalam proses pembusukan, seperti *biochar*.

b. Fitoremediasi

Metode fitoremediasi adalah metode yang dapat digunakan dalam upaya penurunan logam berat dalam tanah dengan menggunakan tumbuhan sebagai pengekstrak logam berat dalam tanah. Pada dasarnya semua tumbuhan dapat menyerap logam berat dalam jumlah yang bervariasi. Namun, terdapat beberapa tumbuhan yang hipertoleran terhadap logam berat. Tanaman tersebut disebut tanaman hiperakumulator. Tanaman hiperakumulator mampu mengakumulasi logam berat konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan pucuk (Silva dkk., 2021).

Mekanisme dari fitoremediasi adalah tanaman mengekstraksi logam berat dari larutan tanah dan mengakumulasinya pada akar tanaman dan/atau pada bagian pucuk tanaman (Rachman et al., 2022). Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan ketersediaan logam berat dalam tanah. Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi harus memiliki pertumbuhan yang cepat, tidak mudah terserang penyakit dan hama tanaman, mampu beradaptasi dengan kondisi tanah dan iklim setempat, dan mampu tumbuh di tanah yang kurang subur (Ranjan dkk., 2015). Penggunaan metode fitoremediasi akan lebih efektif apabila dikombinasikan dengan metode lain seperti dengan penambahan bahan organik atau bahan pembenah tanah, seperti *biochar* (Aini dkk., 2023)

c. Teknik Adsorpsi

Metode adsorpsi adalah salah satu metode yang dapat secara efektif menurunkan ketersediaan logam berat yang berasal dari air limbah. Mekanisme dari metode adsorpsi adalah dengan menaikkan pH, kemudian mengubah logam berat terlarut menjadi tidak terlarut (Siregar, 2009). Penggunaan metode ini memiliki kelebihan yaitu dapat digunakan untuk menurunkan berbagai jenis polutan, memiliki reaksi kinetik cepat, cukup selektif, dan tidak memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Kelemahan dari metode ini adalah sangat tergantung pada pemilihan

absorben serta membutuhkan modifikasi absorben secara kimiawi untuk meningkatkan kemampuan dalam mengadsorpsi logam berat (Crini, 2005).

1.3 Penurunan Ketersediaan Logam Berat dengan *Biochar*

Biochar adalah karbon aktif berpori yang dihasilkan dari proses pirolisis bahan organik. *Biochar* memiliki KTK tinggi serta mempunyai pH basa. Pemanfaatannya cukup potensial terutama pada sifat-sifat tanah untuk peningkatan aktivitas biologis tanah, mengurangi emisi gas rumah kaca, meningkatkan karbon tanah dan memperbaiki kualitas tanah untuk meningkatkan produksi (Hamzah dan Pryadarsini, 2019). Bahan baku pembuatan *biochar* antara lain sekam padi, tongkol jagung, kulit buah kakao atau cokelat, cangkang kemiri, kulit kopi, limbah gergaji kayu (Widiastuti dan Lantang, 2017).

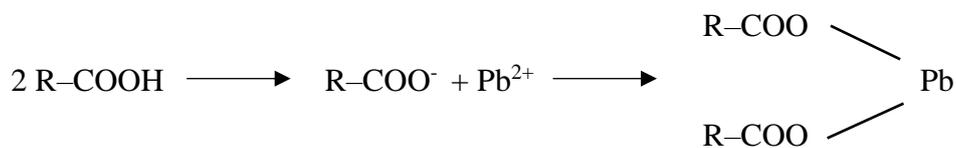
Sekam padi ialah buangan dari tanaman padi ketika proses menggiling menjadi gabah. Sekam padi mengandung 75% -90% lignin dan selulosa, silika ataupun unsur lain. Selain itu, sekam padi juga memiliki bahan organik yang ringan dan sukar terurai (Kumar dkk., 2013). *Biochar* sekam padi dapat digunakan sebagai pendamping pupuk untuk mengikat unsur hara yang disumbangkan oleh pupuk dan meningkatkan efisiensi pemupukan. *Biochar* sekam padi dapat meningkatkan pH tanah. Hal ini diakibatkan *biochar* sekam padi mampu meningkatkan konsentrasi ion OH^- di dalam tanah (Herhandini dkk., 2021).

Efisiensi penggunaan *biochar* dalam imobilisasi logam berat dalam tanah tergantung pada jenis *biochar* yang digunakan (seperti, kondisi produksi dan sifat fisikokimia), sifat tanah (seperti pH tanah, kandungan bahan organik, dan konduktivitas listrik tanah), dan sifat dari logam berat (seperti valensi dan jari-jari ionik) (Palansooriya dkk., 2019). Efisiensi imobilisasi logam berat juga dipengaruhi oleh berbagai mekanisme adsorpsi/imobilisasi dan faktor-faktor seperti pertukaran kation, interaksi elektrostatik, presipitasi, dan kompleksasi oleh gugus fungsional permukaan (Palansooriya dkk., 2022). Hasil penelitian

Alaboudi dkk (2019) menunjukkan bahwa semakin banyak dosis penambahan *biochar* pada tanah maka efisiensi penyisihan logam berat akan semakin tinggi.

Penambahan *biochar* pada tanah dapat meningkatkan muatan negatif koloid tanah, pH tanah, kapasitas adsorpsi terhadap logam berat dalam tanah, serta dapat menurunkan mobilitas dan bioavailabilitas logam berat dalam tanah. Peningkatan pH tanah oleh *biochar* juga dapat secara bersamaan merangsang peningkatan penyerapan logam berat oleh koloid tanah, sehingga meningkatkan pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman (Salam dkk., 2022).

Hasil penelitian Sasmita, dkk. (2021) menunjukkan bahwa dalam *biochar* terdapat gugus karboksil –COOH. Atom hidrogen pada gugus karboksil –COOH dapat terlepas sebagai ion H^+ atau mengalami deprotonasi, kemudian dapat membentuk kompleks dengan ion logam. Berikut ini reaksi gugus karboksilat dengan ion logam Pb^{2+} :



Adsorpsi logam berat oleh *biochar* terjadi akibat gaya tarik intermolekuler antara molekul padatan dan substansi yang diadsorpsi. Adsorbat akan berada di permukaan adsorben tanpa menembus ke dalam kisi-kisi kristal adsorben dan tidak larut di dalamnya (Hidayat dkk., 2019). Proses ini akhirnya menurunkan ketersediaan ion logam berat Pb^{2+} dalam air tanah.

BAB III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2023 sampai dengan Maret 2024 di rumah kaca Perguran Tinggi Al-Madani. Pengambilan contoh tanah dilaksanakan di Desa Sidosari Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. Analisis tanah dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Analisis logam Cu, Zn, dan Ni dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah Institut Pertanian Bogor. Lahan percobaan lapang yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian berkelanjutan yang telah dilaksanakan selama 25 tahun sejak 1998 dan pengambilan sampel penelitian ini dilakukan pada tahun 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan 2 mm, kertas Whatman No. 42, oven, lemari asam, pH meter, *Flame Atomic Absorption Spectrophotometry* (Flame AAS), labu erlenmeyer, gelas beaker, labu ukur, gelas ukur, botol film, botol kocok, neraca analitik, alat pengocok, spatula, spidol, penggaris, kertas label, dan aplikasi *Excel*.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sampel tanah, *biochar* sekam padi, akuades, larutan pengestrak 1N HNO₃, larutan K₂Cr₂O₇,

larutan H_2SO_4 , larutan H_3PO_4 , larutan NaF 4%, indikator difenil amin, larutan $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$, dan larutan standar Cu, Zn, dan Ni.

3.3 Metode Penelitian

Percobaan dalam penelitian ini dilaksanakan secara faktorial menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang melibatkan 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah sampel tanah dengan 3 tingkat cemaran logam berat yang berbeda akibat aplikasikan limbah industri 25 tahun yang lalu ($S_0 = 0 \text{ Mg ha}^{-1}$; $S_1 = 15 \text{ Mg ha}^{-1}$; $S_2 = 60 \text{ Mg ha}^{-1}$) yang diambil dari petak percobaan terkait (Tabel 1, Gambar 2). Faktor kedua adalah dosis *biochar* sekam padi yang terdiri dari $B_0 = \text{Biochar}$ sekam padi 0 Mg ha^{-1} ; $B_1 = \text{Biochar}$ sekam padi 5 Mg ha^{-1} ; $B_2 = \text{Biochar}$ sekam padi 10 Mg ha^{-1} . Faktor-faktor tersebut dikombinasikan (3×3) sehingga menghasilkan 9 perlakuan dengan pengulangan sebanyak 3 kali menjadi 27 satuan percobaan dengan susunan pada Gambar 3.

Tabel 1. Sampel tanah untuk percobaan ini.

Sampel Tanah	Perlakuan 1998 (Gambar 2)		
	Limbah	Kompos	Kapur
Mg ha ⁻¹		
S_0	0	0	0
S_1	15	0	0
S_2	60	0	0

S₁B₀U₂	S₁B₀U₂	S₀B₁U₁
S₂B₂U₃	S₂B₂U₃	S₁B₁U₃
S₀B₁U₂	S₀B₁U₂	S₂B₁U₃
S₀B₀U₃	S₀B₀U₃	S₁B₂U₂
S₂B₂U₁	S₂B₂U₁	S₀B₀U₂
S₂B₀U₂	S₂B₀U₂	S₁B₁U₂
S₁B₂U₁	S₁B₂U₁	S₁B₀U₁
S₂B₁U₂	S₂B₁U₂	S₁B₂U₃
S₀B₂U₁	S₀B₂U₁	S₂B₁U₁

Gambar 3. Tata letak percobaan RAL di dalam rumah kaca untuk penelitian.

S₀ adalah sampel tanah tercemar limbah industri 0 Mg ha⁻¹

S₁ adalah sampel tanah tercemar limbah industri 15 Mg ha⁻¹

S₂ adalah sampel tanah tercemar limbah industri 60 Mg ha⁻¹

B₀ adalah penambahan *biochar* sekam padi 0 Mg ha⁻¹

B₁ adalah penambahan *biochar* sekam padi 5 Mg ha⁻¹

B₂ adalah penambahan *biochar* sekam padi 10 Mg ha⁻¹

U₁ adalah ulangan 1

U₂ adalah ulangan 2

U₃ adalah ulangan 3

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan *Biochar* Sekam Padi

Pembuatan *biochar* sekam padi dilakukan menggunakan cara tradisional menggunakan alat sederhana, yaitu kawat kasa dengan ukuran lubang 1 cm × 1 cm, yang dibentuk menjadi seperti tabung sebagai alat pembakaran dengan diameter 20-30 cm. Sekam padi dibuat gundukan mengelilingi kawat pembakaran

yang berada pada posisi tengah gundukan (Gambar 4). Bahan bakar dimasukkan seperti arang kayu, serasah kering tumbuhan sekitar, dan sebagainya ke dalam kawat pembakaran kemudian dibakar menggunakan korek api, ditunggu selama \pm 20-30 menit atau saat puncak gundukan menghitam, lalu sekam yang masih berwarna cokelat di bawah dinaikkan ke puncak gundukan yang sudah hitam. Hal ini dilakukan terus hingga semua sekam menghitam. Gundukan sekam kemudian disiram apabila telah menghitam secara keseluruhan untuk menghentikan proses pembakaran sehingga bahan *biochar* tidak menjadi abu. Gundukan *biochar* sekam yang sudah jadi dibongkar dan dikeringkan di bawah sinar matahari (Rahmiati, dkk. 2019).



Gambar 4. Metode tradisional dalam pembuatan *biochar* sekam padi.

3.4.2 Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah dari ordo Ultisol yang berasal dari Desa Sidosari Kecamatan Natar. Sampel tanah diambil pada petak-petak percobaan berukuran 4,5 m \times 4 m, jarak antarpetak 0,5 m, dan jarak antarkelompok 1 m (Gambar 2). Pengambilan sampel tanah per petak dilakukan pada 5 titik berbeda pada kedalaman 0-20 cm dari permukaan tanah. Sampel tanah dari petak perlakuan yang sama (3 ulangan) dicampur dan diaduk rata menjadi satu, sehingga terambil 3 sampel tanah yaitu S_0 , S_1 , dan S_2 (Tabel 1). Kadar air tanah ditentukan dengan cara gravimetrik dengan dioven pada suhu 105 °C selama 24 jam untuk keperluan percobaan ini. Sampel tanah ditimbang

sebanyak 200 gram (setara berat kering oven pada suhu 105 °C selama 24 jam) per satuan percobaan.

3.4.3 Pengujian Awal Sampel Tanah

Analisis awal tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Lampung. Pengujian sampel tanah yang dilakukan yaitu pengukuran ketersediaan Cu, Zn, dan Ni (dengan pengekstrak 1N HNO₃). Analisis lain yang dilakukan adalah pengukuran pH tanah dan kandungan C-organik tanah.

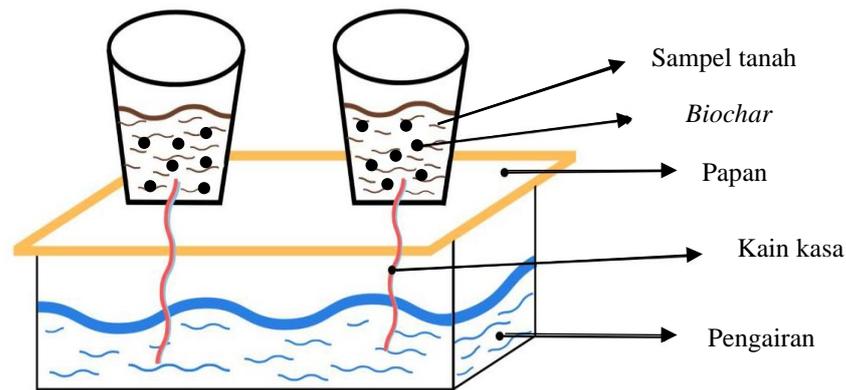
3.4.4 Pengaplikasian *Biochar* Sekam Padi

Pengaplikasian *biochar* sekam padi dilakukan pada setiap perlakuan percobaan dengan berbagai dosis, yaitu B₀= dosis *biochar* sekam padi 0 Mg ha⁻¹; B₁= dosis *biochar* sekam padi 5 Mg ha⁻¹; B₂= dosis *biochar* sekam padi 10 Mg ha⁻¹.

Berdasarkan perhitungan diperoleh dosis untuk satu pot percobaan dengan berat tanah 200 gram (berat kering oven 105 °C), yaitu B₀= 0 gram *biochar* sekam padi/200 gram tanah; B₁= 0,5 gram *biochar* sekam padi/200 gram tanah; B₂= 1 gram *biochar* sekam padi/200 gram tanah. Pengaplikasian *biochar* dilakukan dengan cara mencampurkan *biochar* dengan sampel tanah yang sebelumnya telah tercemar limbah industri secara merata (Tabel 1). Setelah diaduk rata, tanah + *biochar* dimasukkan ke dalam pot berukuran 300 gram. Campuran tanah kemudian diinkubasi selama 4 pekan di dalam pot dalam kondisi kadar air kapasitas lapang. Kadar air kapasitas lapang dijaga secara kapiler (Gambar 5) dengan menjaga volume air dalam *reservoir*.

3.4.5 Pengairan Sampel Tanah

Pengairan sampel tanah + *biochar* dilakukan selama proses inkubasi secara kapiler (Gambar 5), sehingga tanah dalam kondisi kapasitas lapang. Air pada bak penampung (*reservoir*) dijaga dan diperiksa setiap hari untuk menjaga kadar air kapasitas lapang tanah.



Gambar 5. Pengairan contoh tanah plot percobaan dengan metode kapiler.

3.4.6 Analisis Tanah

Pada akhir masa inkubasi dilakukan analisis sifat tanah. Analisis tanah yang dilakukan adalah ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni dalam tanah dengan pengestrak 1N HNO₃ menggunakan *Flame Absorption Spectrophotometry* (*Flame AAS*). Sifat tanah lain yang dianalisis adalah reaksi (pH) tanah dan kandungan C-organik tanah. Reaksi (pH) tanah dianalisis menggunakan elektrode pH dengan pengestrak akuades 1:2. Kandungan C-organik dianalisis menggunakan metode *Walkley and Black*.

3.4.7 Analisis Data

Perbedaan antarperlakuan dianalisis dengan menggunakan metode *Standard Error of The Mean* (SEM). Korelasi data antara peubah utama dan peubah pendukung dilakukan dengan metode *Simple Linear Regression* dan *Multiple Linear Regression* pada taraf 5% menggunakan aplikasi excel.

3.5 Peubah Pengamatan

3.5.1 Peubah Utama

3.5.1.1 Ketersediaan Logam Berat Cu, Zn, Ni dalam Tanah

Analisis ketersediaan logam berat Cu, Zn dan Ni dalam tanah adalah sebesar sepuluh gram contoh tanah dimasukkan ke dalam botol film kemudian ditambah

20 mL larutan pengestrak 1N HNO₃. Setelah dikocok selama 2 jam, fase cairnya disaring menggunakan kertas Whatman No.42. Konsentrasi Cu, Zn, dan Ni ditentukan dengan menggunakan *Flame Atomic Absorption Spectrophotometry* (*Flame AAS*).

3.5.2 Peubah Pendukung

3.5.2.1 pH Tanah

Metode yang digunakan dalam pengukuran pH tanah yaitu dengan metode elektrometrik menggunakan pH meter. Perbandingan tanah dan akuades 1:2. Tanah yang digunakan adalah tanah kering udara yang lolos ayakan 2 mm. Tanah ditimbang sebanyak 5 gram lalu dimasukkan ke dalam botol sampel. Kemudian ditambah dengan 10 mL akuades (larutan pereaksi) dan dikocok selama 30 menit menggunakan mesin pengocok (*shaker*). Kemudian sampel didiamkan dan dilakukan pengukuran dengan pH meter (Novia, 2021).

3.5.2.2 Kandungan C-organik Tanah

Analisis C-organik dilakukan berdasarkan bahan organik yang mudah teroksidasi dengan Metode *Walkley and Black* yaitu menimbang 0,5 gram tanah kering udara kemudian tempatkan dalam Erlenmeyer 250 mL, lalu ditambahkan 5 mL K₂Cr₂O₇ dengan pipet sambil menggoyangkan erlenmeyer perlahan-lahan agar berlangsung pencampuran dengan tanah, kemudian ditambahkan 10 mL H₂SO₄ pekat dengan gelas ukur di ruang asap sambil digoyang cepat hingga tercampur rata, biarkan campuran tersebut di ruang asap selama 30 menit hingga dingin, diencerkan dengan dengan 100 mL air destilata, ditambahkan 5 mL H₃PO₄ pekat, 2,5 mL larutan NaF 4% dan 5 tetes indikator difenilamin, selanjutnya dititrasi dengan larutan 0,5N ((NH₄)₂Fe(SO₄)₂) hingga warna larutan berubah dari coklat kehijauan menjadi biru keruh. Lalu titrasi hingga mencapai titik akhir, yaitu saat warna berubah menjadi hijau terang dan penetapan blanko dilakukan sama seperti cara kerja di atas, tetapi tanpa menggunakan contoh tanah.

Perhitungan:

$$\% \text{ C-organik} = \frac{mL K_2Cr_2O_7 \times (1 - \frac{VS}{VB})}{Berat Sampel Tanah (gram)} \times 0,3886\%$$

$$\% \text{ Bahan Organik} = \% \text{ C-organik} \times 1,724$$

Keterangan:

VB = mL titrasi blanko

VS = mL titrasi sampel

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Tanah dengan perlakuan limbah industri 25 tahun yang lalu menunjukkan ketersediaan Cu, Zn, dan Ni yang lebih tinggi dengan urutan $S_2 > S_1 > S_0$.
2. Pemberian *biochar* sekam padi dengan dosis 5 Mg ha^{-1} dan 10 Mg ha^{-1} tidak nyata menurunkan ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni pada tanah tercemar limbah industri logam berat.
3. Ketersediaan Cu dan Zn tanah berkorelasi negatif dengan pH, serta pH dan kandungan C-organik tanah. Sedangkan ketersediaan Ni tanah hanya berkorelasi negatif dengan pH tanah.

5.2 Saran

Saran yang diberikan dari penelitian ini untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan penelitian serupa untuk melihat pengaruh limbah industri pada tanah Sidosari serta penggunaan jenis *biochar* yang berbeda dan dosis *biochar* yang lebih tinggi untuk menurunkan ketersediaan logam berat dalam tanah dengan waktu reaksi yang lebih lama dari 4 pekan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, Rosihan., dan Husnaini. 2017. *Logam Berat sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarbaru. Hlm: 201.
- Aini, S. N., Silva, G., Buchari, H., dan Salam, A. K. 2023. The Phytoremediation Potential of Several Plants in Heavy-Metal-Polluted Tropical Soils. *AIP Conference Proceedings*, 2583(January).
- Alaboudi, K. A., Ahmed, B., Brodie, G. 2019. Effect of Biochar on Pb, Cd and Cr Availability And Maize Growth In Artificial Contaminated Soil. *Annals of Agricultural Sciences*, Vol 64: 95-102.
- Crini, G. 2005. Recent Developments In Polysaccharides Based Materials Used As Adsorbents In Wastewater Treatment. *Progress in Polymer Science*, 30 (1): 38–70.
- Evalyana dkk., 2023. Pengaruh Fitoremediasi Tanaman Lokal Terhadap Kadar Timbal (Pb) Tanah di Lahan Penimbunan Limbah Pertambangan Emas PT. Antam
- Febriana, W., Agroekoteknologi, P. S., Pertanian, F., Andalas, U., Studi, P., Tanah, I., Pertanian, F., & Andalas, U. 2023. Perbaikan Tanah Bekas Tambang Emas Melalui Aplikasi Improvement of Ex-Golden Mining Soil Through The Application of Rubber Little Compost and Biochar Empty Oil. 4(1), 53–64.
- Hair, Jr., Joseph F., et. al. 2011. *Multivariate Data Analysis*. Fifth Edition. PrenticeHall, Inc. New Jersey. Hlm: 730.
- Hamzah, A., dan Pryadarsini, Rosyida. 2019. *Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat*. UNITRI Press. Malang. Hlm: 90.
- He, Z., Shentu, Yang, X., Baligar, Zhang, T., dan Stoffella, &. 2015. Heavy Metal Contamination of Soils: Sources, Indicators, and Assessment. *Journal of Environmental Indicators*, 9(Table 2): 17–18.

- Herhandini, D. A., Suntari, R., dan Citraresmini, A. 2021. Pengaruh Aplikasi Biochar Sekam Padi dan Kompos Terhadap Sifat Kimia Tanah, Pertumbuhan, dan Serapan Fosfor Tanaman Jagung pada Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 385–394.
- Hidayat, A., Darmis., dan Prabasari, G. 2019. Pengaruh Penambahan Biochar dari Batubara Lignite pada Tanah Bekas Penambangan Batubara Terhadap Logam Kadmium (Cd) Terlarut Menggunakan Kolom Fixed Bed Sorption. *Teknik Jurnal*, 1(1): 1-16.
- Hidayat, B. 2015. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat dengan Menggunakan Biochar. *Jurnal Tropik Pertanian*, 2(1): 51–61.
- Irianti, T. Kuswandi., Nuranto, S., dan Budiyaniti. 2017. *Logam Berat dan Kesehatan*. UGM. Yogyakarta. Hlm: 131.
- Khasanah, U., Mindari, W., dan Sueyaminarsih, P. 2021. Kajian Pencemaran Logam Berat Pada Lahan Sawah di Kawasan Industri Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2): 73-81.
- Kumar, S., Sangwan, P., V, D. R. M., dan Bidra, S. 2013. Utilization of Rice Husk and Their Ash : A Review. *Journal of Chemical and Environmental Sciences*, 1(5), 126–129.
- Latuponu, H., Shiddieq, D., Syukur H., dan Hanudin, E. 2012. Pemanfaatan Limbah Sagu Sebagai Bahan Aktif Biochar Untuk Meningkatkan P Tersedia dan Pertumbuhan Jagung di Ultisol. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 12(2): 135–143.
- Listiana, I., Bursan, R., Widyastuti, R., Rahmat, A., dan Jimad, H. 2021. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi dalam Pembuatan Arang Sekam di Pekon Bulurejo, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu. *Intervensi Komunitas*, 3(1), 1–5.
- Muyassar, M., dan Budianta, W. 2021. Assessment of heavy metal contamination in soil around Piyungan Landfill, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Applied Geology*, 6(2), 128.
- Novia, W. 2021. Analisis Perbandingan Kadar Keasaman (pH) Tanah Sawah Menggunakan Metode Kalorimeter dan Elektrometer di Desa Matang Setui. *Jurnal Hadron*, 3(1), 10–12.
- Ogundele, D., Adio, A., dan Olulele, O. 2015. Heavy Metal Concentrations in Plants and Soil along Heavy Metal Traffic Roads in North Central Nigeria. *Journal of Environmental and Analytical Toxicology*, 5(6), 1–5.

- Palansooriya, K. N., Ok, Y. S., Awad, Y. M., Lee, S. S., Sung, J., Koutsospyros, A., Moon, D. 2019. Impacts of Biochar Application on Upland Agriculture: A Review. *Journal Environ Manage*, 234: 52–64.
- Palansooriya, K. N., Li, J., Dissanayake, P. D., Suvarna, M., Li, L., Yuan, X., Sarkar, B., Tsang, D. C. W., Rinklebe, J., Wang, X., & Ok, Y. S. 2022. Prediction of Soil Heavy Metal Immobilization by Biochar Using Machine Learning. *Environmental Science and Technology*, 56(7), 4187–4198.
- Pivic, R., Stanojkovic-Sebic, A., Josic, D., dan Dinic, Z. 2014. Evaluation of the heavy metals content in soil and plant material at different distances from the motorway E75 in the section belgrade-presevo (Serbia). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(2), 330–336.
- Putri, V.I., Mukhlis, B.Hidayat. 2017. Pemberian Beberapa Jenis Biochar Untuk Memperbaiki Sifat Kimia Tanah Ultisol Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 5: 824–828.
- Putriani, S., Yusnaini, S., Septiana, L., dan Dermiati. 2022. Aplikasi Biochar dan Pupuk P Terhadap Ketersediaan dan Serapan P pada Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata* Sturt.) di Tanah Ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(4): 615-626.
- Rachman, F., Supriatin, S., Niswati, A., dan Salam, A. K. 2022. Lime-Enhanced Phytoextraction of Copper and Zinc by Land Spinach (*Ipomoea reptans* Poir.) from Tropical Soils Contaminated with Heavy Metals. *AIP Conference Proceedings*, 2563(October).
- Rahmiati, F., Grace, A., dan Emilius, G. 2019. Pelatihan Pemanfaatan Limbah Padi Menjadi Arang Sekam untuk Menambah Pendapatan Petani. *Jurnal Ilmiah Pengabdian Masyarakat*, 5(2): 159-164.
- Ranjan V, P Sen, D Kumar dan A Sarsawat. 2015. A Review on Dump Slope Stabilization by Revegetation with Reference To Indigenous Plant. *Ecol Process* 4. Hlm: 69-77.
- Salam, A. K. 2017. *Management of Heavy Metals in Tropical Soil Environment*. Global Madani Press. Bandar Lampung. Hlm: 257.
- Salam, A. K., dan Ginanjar, K. 2018. Tropical Soil Labile Fractions of Copper in the Experimental Plots ±Ten Years after Application of Copper-Containing-Waste. *Journal of Tropical Soils*, 23(1), 11–18.
- Salam, A. K., Hidayatullah, M. A., Supriatin, S., dan Yusnaini, S. 2021. The phytoextraction of Cu and Zn by elephant grass (*Pennisetum purpureum*) from tropical soil 21 years after amendment with industrial waste containing heavy metals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 637(1): 1–8.

- Salam, A. K., Novpriansyah, H., dan Bucharie, H. 2022. Metal Extractability Changes in Soils Under Thorny Amaranth. *Sains Tanah – Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 19(2), 211–220.
- Salam, A. K., Pakpahan, A. F., Susilowati, G., Fernando, N., Sriyani, N., Sarno, S., Novpriansyah, H., Yusnaini, S., dan Dermiyati, D. (2021). The Residual Copper and Zinc in Tropical Soil over 21 Years after Amendment with Heavy Metal Containing Waste, Lime, and Compost. *Applied and Environmental Soil Science*, 2021, 24–27.
- Salam, A. K. 2022. *Biochar- Productive Technologies, Properties and Applications Chapter: The Potential Roles of Biochar in Restoring Heavy-Metal-Polluted Tropical Soils and Plant Growth*. Intech. Hlm: 392.
- Salam, A. K., Rizki, D. O., Santa, I. T. D., Supriatin, S., Septiana, L. M., Sarno, S., dan 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).
- Sari, Risma., Maryam, dan Yusmah, Rahayu. 2023. Penentuan C-organik pada Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman dan Keberlanjutan Umur Tanaman dengan Metoda Spektrofotometri Uv Vis. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 12, No. 1: 11- 19.
- Sasmita, A., Elystia, S., dan Fajri, S. 2021. Penyisihan Logam Berat Pb Pada Tanah dengan Penambahan Biochar Sekam Padi. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(2): 256-278.
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1): 12-24.
- Sherene, T. 2010. Mobility and transport of heavy metals in polluted soil environment. *Biological Forum-An International Journal*, 2(2): 112-121.
- Silva, G., Aini, S. N., Buchari, H., & Salam, A. K. 2021. The Phytoextraction of Copper from Tropical Soil 21 Years after Amendment with Heavy-Metal Containing Waste. *Journal of Tropical Soils*, 26(1): 11.
- Sintorini, M., Widyatmoko, H., Sinaga, E., dan Aliya, N. 2021. Effect of pH on metal mobility in the soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 737.
- Siregar, T. H. 2009. Pengurangan Cemarkan Logam Berat Pada Perairan Dan Produk Perikanan Dengan Metode Adsorpsi. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 4(1): 24.
- Sukmawati. 2020. Bahan Organik Menjanjikan dari Biochar Tongkol Jagung,

Cangkang dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Berdasarkan Sifat Kimia. *Jurnal Agropiantae*, 9(2):82-94

Tahar, K., dan Keltoum, B. 2011. Effects of heavy metals pollution in soil and plant in the industrial area, West Algeria. *Journal of the Korean Chemical Society*, 55(6): 1018–1023.

Uchimiya, M.,S. Chang, K.T. Klasson. 2011. Screening biochars for heavy metal retention in soil: Role of oxygen functional groups. *Journal of Hazardous Materials*, 190(1-3): 432–441.

WHO. 1996. *Permissible Limit of Heavy Metals in Soil and Plants*. (Geneva: World Health Organization), Switzerland.

Widiastuti, M. M. D., dan Lantang, B. 2017. Pelatihan Pembuatan Biochar dari Limbah Sekam Padi Menggunakan Metode Retort Kiln (Training on Biochar Production from Rice Husk Using Retort Kiln Method). *Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2): 129–135.

