

**PERUBAHAN KETERSEDIAAN Cu, Zn, DAN Ni TANAH 25 TAHUN
PASCA PERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI AKIBAT PEMBERIAN
BIOCHAR BATANG TANAMAN KARET**

(Skripsi)

Oleh

Hezkya Septiana Butar Butar
2014181033



**JURUSAN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PERUBAHAN KETERSEDIAAN Cu, Zn, dan Ni TANAH 25 TAHUN PASCAPERLAKUAN LIMBAH INDUSTRI AKIBAT PEMBERIAN BIOCHAR BATANG TANAMAN KARET

Oleh

Hezkya Septiana Butar Butar

Perkembangan teknologi serta aktivitas lingkungan, seperti pembuangan limbah industri, akan mengakibatkan banyaknya hasil akhir yang dihasilkan seperti limbah berlogam berat. Hal ini akan menimbulkan terjadinya pencemaran lingkungan, salah satunya oleh logam berat. Kandungan logam berat yang tinggi dalam tanah memengaruhi penurunan kesuburan tanah dan kualitas tanah secara menyeluruh. Hal ini perlu diatasi. *Biochar* adalah salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk memperbaiki tanah dari paparan polusi logam berat di dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perubahan ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni akibat pemberian *biochar* batang tanaman karet, yang menjadi bahan pembenah tanah. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non-faktorial yang terdiri dari sembilan perlakuan dan diulang sebanyak tiga kali sehingga menghasilkan 27 unit satuan percobaan. Terdapat 3 jenis tanah dengan riwayat perlakuan limbah industri pada tahun 1998 (0, 15, dan 60 Mg ha⁻¹) dan 3 taraf dosis *biochar* yang digunakan (0, 5, dan 10 Mg ha⁻¹). Campuran tanah dengan *biochar* dibasahi dengan air hingga kapasitas lapang dengan pengairan metode air kapiler selama 4 pekan. Contoh tanah diekstrak menggunakan pengekstrak 1N HNO₃ kemudian dianalisis menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) untuk Cu, Zn, dan Ni, juga dilakukan pengukuran pH dan C-Organik tanah. Data dianalisis menggunakan metode *Standard Error of Mean* dan diuji lanjut menggunakan metode regresi linear dengan *Microsoft Excel* untuk melihat korelasi antara logam berat tersedia, pH, dan C-Organik tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *biochar* batang tanaman karet tidak menurunkan ketersediaan logam berat, namun ketersediaan Cu, Zn, dan Ni berkorelasi negatif dan nyata dengan pH, serta menunjukkan pola peningkatan dengan C-Organik tanah.

Kata kunci : *Biochar*, Batang Tanaman Karet, Korelasi, Logam Berat, Metode Air Kapiler, pH, *Standard Error of Mean*.

ABSTRACT

CHANGES IN SOIL AVAILABILITY OF Cu, Zn, AND Ni 25 YEARS AFTER INDUSTRIAL WASTE TREATMENT DUE TO AMENDMENT WITH BIOCHAR OF RUBBER PLANT STEM

by

Hezkya Septiana Butar Butar

Technological developments and environmental activities, such as the disposal of industrial waste, may result in a large amount of end products such as heavy metal waste. This will cause serious environmental pollution. High heavy metal content in soil may affect the decline in soil fertility and overall soil quality. This problem must be solved wisely. Biochar is an alternative that can be used to repair soil from exposure to pollution by heavy metals. This research aimed to study changes in the availability of the heavy metal Cu, Zn and Ni by a treatment with rubber plant stem biochar used as a soil amendment. This research was carried out using a non-factorial Completely Randomized Design (CRD) consisting of nine treatments and repeated three times, resulting in 27 experimental units. There were 3 soil containing heavy metals from industrial waste (0, 15, and 60 Mg ha⁻¹) treated in 1998 and 3 levels of biochar used (0, 5, and 10 Mg ha⁻¹). Soil samples and biochar mixture were wetted with water to field capacity using the capillary watering method for 4 weeks. Soil samples were extracted using a 1N HNO₃ then analyzed using AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry) for Cu, Zn, and Ni. Soil pH and Organic-C were also determined. The data were analyzed using the Standard Error of Mean method and the linear regression method to see the correlation between available heavy metals soil pH and Organic-C. The results showed that rubber plant stem biochar did not reduce the availability of heavy metals, but the availability of Cu, Zn, and Ni was negatively and significantly correlated with pH, and showed an increasing pattern with soil Organic-C.

Keywords: Biochar, Capillary Water Method, Correlation, Heavy Metals, pH, Rubber Plant Stems, Standard Error of Mean.

Judul Skripsi

: **PERUBAHAN KETERSEDIAAN Cu, Zn, dan Ni
TANAH 25 TAHUN PASCAPERLAKUAN
LIMBAH INDUSTRI AKIBAT PEMBERIAN
BIOCHAR BATANG TANAMAN KARET.**

Nama Mahasiswa

: **Hezkya Septiana Butar Butar**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2014181033

Program Studi

: Ilmu Tanah

Fakultas

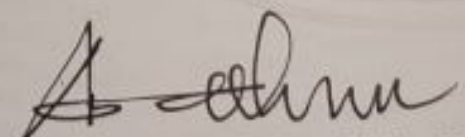
: Pertanian

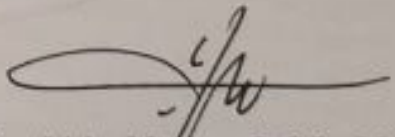
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

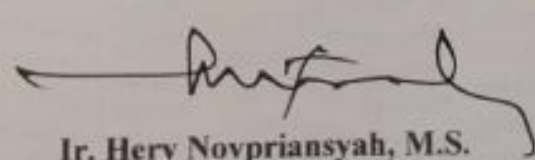
Pembimbing pertama

Pembimbing kedua


Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., P.hD.
NIP 1960110919850301001

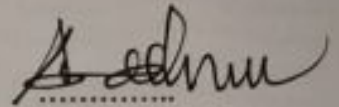

Liska Muliara S, S.P., M.Si.
NIP 198809192019032014

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

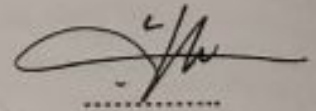

Ir. Hery Novpriansyah, M.S.
NIP 196611151990101001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji : Prof. Dr. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc.



Sekretaris Komisi : Liska Mutiara Septiana, S.P., 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 : 09 Agustus 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Perubahan Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni Tanah 25 Tahun Pascaperlakuan Limbah Industri Akibat Pemberian Biochar Batang Tanaman Karet”** merupakan hasil karya 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 Bapak Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., P.hD.

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, 19 Agustus 2024
Penulis,



Hezkya Septiana Butar Butar
NPM 2014181033

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sumatra Utara pada 29 September 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Lamhot Butar Butar dan Ibu Epelina Simanjuntak. Penulis memulai pendidikan formal di TK *Orchid* Depok, pada tahun 2007-2008, lalu melanjutkan jenjang pendidikan di SD Negeri 03 Pengasinan Lama tahun 2008-2014 di Kota Depok. Penulis melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 10 Depok pada tahun 2014-2017 dan SMA Swasta Pelita Siantar pada tahun 2017-2020 di Kota Pematangsiantar.

Pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata pada Januari 2023 di Desa Padang Cahya, Kecamatan Balik Bukit, Lampung Barat. Penulis melaksanakan Praktik Umum di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup, Bandar Lampung. Penulis mengikuti organisasi Gamatala menjadi anggota Bidang Kewirausahaan (2021-2022). Selain itu, penulis juga aktif mengikuti organisasi BEM Fakultas Pertanian (2021-2022) menjadi Staf Khusus Bendahara dan (2022-2023) menjadi Bendahara Eksekutif. Penulis juga menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Kimia Tanah pada Semester 8 (Tahun ajaran genap 2023/2024).

“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku.”

(Filipi 4:13)

“Karena begitu besar kasih Allah akan dunia ini, sehingga Ia telah mengaruniakan Anak-Nya yang tunggal, supaya setiap orang yang percaya kepada-Nya tidak binasa, melainkan beroleh hidup yang kekal.”

(Yohanes 3:16)

“Demikianlah firman-Ku yang keluar dari mulut-Ku: ia tidak akan kembali kepada-Ku dengan sia-sia, tetapi ia akan melaksanakan apa yang Kukehendaki, dan akan berhasil dalam apa yang Kusuruhkan kepadanya.”

(Yesaya 55:11)

“Janganlah takut, sebab Aku menyertai engkau, janganlah bimbang, sebab Aku ini Allahmu; Aku akan meneguhkan, bahkan akan menolong engkau; Aku akan memegang engkau dengan tangan kanan-Ku yang membawa kemenangan.”

(Yesaya 41:10)

Puji dan Syukur kepada Tuhan

Kupersembahkan karya kecilku untuk keluarga tercinta, yang
senantiasa memberikan dukungan hangat penuh kasih sayang,

Bapak Lamhot Butar Butar

Ibu Epelina Simanjuntak

Adik semata wayang Yohanes Vincentius Butar Butar

Serta

Almamater Tercinta

Ilmu Tanah

Fakultas Pertanian

Universitas Lampung

SANWACANA

Segala puji dan syukur, marilah kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan penyertaan-Nya penulis dilancarkan dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perubahan Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni Tanah 25 Tahun Pascaperlakuan Limbah Industri Akibat Pemberian Biochar Batang Tanaman Karet”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan dengan gelar Sarjana Pertanian Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna sehingga penulis mohon maaf apabila terdapat kekurangan baik itu dalam penulisan kata, kalimat, dan lain-lainnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat selesai tanpa bantuan dan arahan dari berbagai pihak. Dengan demikian, pada kesempatan ini izinkan saya 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 dosen pembimbing pertama dan dosen pembimbing akademik atas dukungan, bimbingan, ilmu, dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis dari awal hingga akhir penyusunan skripsi, serta dana analisis logam berat.

4. Ibu Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua atas dukungan, bimbingan, ilmu, dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis dari awal hingga akhir penyusunan skripsi.
5. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc., selaku dosen penguji atas dukungan, bimbingan, ilmu, dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis. Seluruh dosen Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan dari awal hingga akhir semester perkuliahan.
6. Analis, Laboran, dan Admin Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan selama penulis melaksanakan penelitian di laboratorium dan segala urusan administrasi.
7. Orang tuaku tercinta, Bapak Lamhot Butar Butar dan Ibu Epelina Simanjuntak yang selalu memberikan dukungan penuh dari segi finansial, psikologis, dan sosial, serta doa yang dipanjatkan dengan tulus, sehingga penulis tidak merasa kekurangan dan bersyukur atas segala pengorbanan yang telah diberikan selama perjalanan hidup penulis.
8. Adikku semata wayang, Yohanes Vincentius Butar Butar yang telah menyemangati dan mendoakanku dalam setiap perjalanan hidup walaupun kita selalu berjauhan namun engkau juga selalu kurindukan setelah orang tuaku.
9. Keluarga besar Pomparan Opung Hezkya Butar Butar dan Pomparan Opung Riyanto Simanjuntak yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dan motivasi selama perjalanan hidup penulis.
10. Sahabat-sahabat di Depok Hilda Aini Syifa, Putri Madlani, Hana Atifah, dan Zein Salsabila yang telah memberikan perhatian dan semangat kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
11. Sahabat-sahabatku selama masa perkuliahan Adel, Muti, Temy, Ratu, Chery, Nabila, Nadia, dan Maura yang telah memberi dukungan penuh, mendengarkan curhatanku, serta memberikan semangat dan bantuan kepada penulis saat masa perkuliahan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
12. Teman-teman seperjuangan skripsi Gadis, Holilia, dan Nadia yang telah memberi motivasi, semangat, dan bantuan selama kegiatan penelitian penulis.

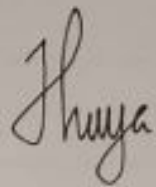
13. Tomi, Yosafat, dan teman-teman lain yang telah berjasa membantu dalam mempersiapkan bahan penelitian skripsi penulis.
14. Teman-teman Jurusan Ilmu Tanah angkatan 2020 yang memberikan dukungan serta kebersamaan selama awal perkuliahan hingga penyusunan skripsi penulis.
15. Keluarga besar Gamatala (Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung) yang telah mengajarkan pentingnya organisasi dalam masa perkuliahan sehingga penulis terpacu untuk mengembangkan diri selama masa perkuliahan.
16. Keluarga besar Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian (BEM FP) periode 2022 dan 2023 yang telah memberikan semangat dan dukungan selama penyusunan skripsi penulis, serta memberikan banyak pelajaran bagi penulis dalam hal kepemimpinan, bertanggung jawab, dan loyalitas kerja selama penulis bergabung.
17. Keluarga besar Persekutuan Oikumene Mahasiswa Kristen Pertanian Universitas Lampung (POMPERTA) yang telah memberikan perhatian dari segi psikologis dan memberikan kesan manis selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
18. Keluarga Kos Gang Cinde No. 21A terkhusus kepada Bapak Fauzan, Ibu Juliana, Budeh, dan teman-teman lain yang telah memberikan kebaikan tulus, nasihat, motivasi, dan semangat selama penulis menempuh pendidikan hingga menyelesaikan sampai akhir.
19. Hezkya Septiana Butar Butar yang selalu kuat dalam menghadapi bunga-bunga kehidupan dan mampu bertanggung jawab menyelesaikan skripsi hingga selesai. Apresiasi yang sangat luar biasa untukmu, perjuangan yang sesungguhnya baru saja dimulai, semangat untuk mencapai tahapan selanjutnya, bila lelah istirahat dan jangan menyerah.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan yang telah diberikan oleh Bapak, Ibu, dan teman-teman yang telah kebersamaan penulis selama

penulis menempuh pendidikan hingga menyelesaikannya dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Amin.

Bandar Lampung, 19 Agustus 2024

Penulis



Hezkya Septiana Butar Butar

NPM 2014181033

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
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	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pencemaran Lingkungan oleh Logam Berat	7
2.2 Upaya Penurunan Kandungan Logam Berat Dalam Tanah	8
2.3 Peranan Biochar Sebagai Pembenh Tanah.....	10
2.4 Mekanisme Biochar dalam Menurunkan Logam Berat.....	11
III. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Metode	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.4.1 Persiapan Contoh Tanah	15
3.4.2 Pengujian Awal Contoh Tanah.....	16
3.4.3 Penyiapan Biochar dan Pengaplikasian Biochar	16

3.4.4 Pengairan.....	16
3.4.5 Analisis Tanah.....	17
3.4.6 Analisis Data.....	17
3.5 Peubah Pengamatan.....	18
3.5.1 Peubah Utama.....	18
3.5.1.1 Ketersediaan Logam Berat Cu, Zn, dan Ni dalam Tanah..	18
3.5.2 Peubah Pendukung	18
3.5.2.1 pH Tanah	18
3.5.2.2 C-Organik	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Pengaruh Pemberian Biochar Batang Tanaman Karet terhadap Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni Tanah Tercemar Logam Berat	19
4.2 Persentase Perubahan Konsentrasi Logam Berat, pH, dan C-Organik Tanah Terpolusi Logam Berat Akibat Perlakuan Biochar Batang Tanaman Karet	21
4.3 Hubungan antara Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni dengan Kandungan pH dan C-Organik dalam Tanah Tercemar Logam Berat Diperlakukan Biochar Batang Tanaman Karet	22
V. SIMPULAN.....	26
5.1 Simpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA.....	27
LAMPIRAN	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Nas	Halaman
1. Sifat Biochar		11
2. Pengambilan contoh tanah di Sidosari perlakuan awal (1998)		15
3. Pengaruh <i>biochar</i> batang tanaman karet terhadap konsentrasi logam berat		19
4. Persentase perubahan konsentrasi logam berat, pH, dan C-Organik tanah.....		21
5. Hubungan antara konsentrasi logam berat Cu, Zn, dan Ni dengan pH dan		24

Lampiran

6. Perubahan konsentrasi Cu, Zn, dan Ni tanah tercemar logam berat akibat.....	34
7. Perubahan pH tanah tercemar logam berat akibat perlakuan biochar.....	35
8. Perubahan C-Organik tanah tercemar logam berat akibat perlakuan	35
9. Uji Standard Error Of Mean Cu, Zn, Ni, pH, dan C-Organik Tanah.....	36
10. Uji signifikansi dan korelasi antara Cu dan pH tanah.....	37
11. Uji signifikansi dan korelasi antara Zn dan pH tanah.	37
12. Uji signifikansi dan korelasi antara Ni dan pH tanah.	38
13. Uji signifikansi dan korelasi antara Cu dan C-Organik tanah.	38
14. Uji signifikansi dan korelasi antara Zn dan C-Organik tanah.	39
15. Uji signifikansi dan korelasi antara Ni dan C-Organik tanah.....	39
16. Uji signifikansi dan korelasi antara Cu, pH, dan C-organik.....	40
17. Uji signifikansi dan korelasi antara Zn, pH, dan C-organik.....	40
18. Uji signifikansi dan korelasi antara Ni, pH, dan C-organik.	41
19. Ketersediaan Cu, Zn, Ni, pH, dan C-Organik sebelum pemberian biochar	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Nas	Halaman
1. Penurunan konsentrasi Cu, Zn, dan Ni oleh biochar		6
2. Tata letak percobaan dalam rancangan acak lengkap.		14
3. Tata Letak Pengambilan contoh tanah di Sidosari.....		15
4. Proses pembakaran <i>biochar</i> batang tanaman karet.....		16
5. Pemeliharaan kadar air kapasitas lapang dengan metode kapiler.....		17
6. Hubungan antara konsentrasi logam berat tersedia dan pH tanah		24
7. Hubungan antara konsentrasi logam berat tersedia dan C-Organik		24
Lampiran		
8. Persiapan Pengambilan Contoh tanah.		42
9. Persiapan Contoh Tanah.....		42
10. Persiapan Contoh Tanah.....		42
11. Persiapan Pengairan.....		42
12. Persiapan Pengambilan Batang Tanaman Karet.....		42
13. Persiapan Pembuatan Biochar Batang Tanaman Karet.....		42
14. Persiapan Pembuatan Biochar Batang Tanaman Karet		43
15. Proses Pembuatan Biochar Batang Tanaman Karet.....		43
16. Analisis C-Organik.....		43
17. Persiapan Pengukuran Berat Kering Tanah.....		43
18. Pengukuran pH Tanah.....		43
19. Persiapan Pengekstrak 1N HNO ₃		43

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi serta aktivitas lingkungan, seperti pembuangan limbah industri, akan mengakibatkan banyaknya hasil akhir yang dihasilkan seperti limbah berlogam berat. Hal ini akan menimbulkan terjadinya pencemaran lingkungan. Logam berat merupakan limbah yang sangat berbahaya serta menjadi masalah besar bagi lingkungan dan manusia. Logam berat yang berasal dari tanah yang mengandung logam berat akan terserap ke seluruh bagian tanaman, sehingga menyebabkan pertumbuhan, perkembangan, dan produksi beberapa tanaman terganggu. Apabila tanaman tersebut diolah lalu dikonsumsi secara berlebihan akan berdampak buruk bagi kesehatan (Syaifullah dkk., 2018).

Logam berat adalah jenis limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya). Logam berat adalah unsur logam yang memiliki massa jenis lebih dari 5 g/cm^3 , di antaranya adalah Hg, Pb, Zn, Ni, dan Cd. Menurut Irhamni., dkk (2017) logam berat dibagi menjadi logam berat esensial dan logam berat non-esensial. Logam berat esensial merupakan logam berat yang keberadaannya dibutuhkan makhluk hidup dalam jumlah tertentu namun bila digunakan secara berlebih akan menyebabkan keracunan. Logam berat non-esensial merupakan logam berat yang keberadaannya tidak dibutuhkan dan bersifat racun bagi makhluk hidup.

Keberadaan logam berat di lingkungan tanah dapat didistribusikan dalam bentuk ion khelat, ion kompleks, ion bebas, endapan serta mineral (Salam, 2017). Beberapa proses fisik yang dapat mempercepat pelepasan dan pergerakan logam

berat yang teradsorpsi sementara, yaitu difusi, aliran massa, pembajakan/pengolahan tanah, limpasan air, pencucian logam berat, dan erosi. Pemberian insektisida, herbisida, pestisida, dan pemakaian pupuk kimia juga mampu meningkatkan adanya paparan logam berat terhadap tanah. Kandungan logam berat yang tinggi dalam tanah mempengaruhi penurunan kesuburan tanah, aktivitas mikroba, dan kualitas tanah secara menyeluruh. Syachroni (2019) menyatakan bahwa kandungan bahan organik rendah dan kemasaman tanah (pH) tanah rendah menjadikan kesuburan tanah tersebut rendah. Tingginya kandungan logam berat dalam tanah mengakibatkan pH tanah menjadi masam. Sagala (2010) menyatakan bahwa tingginya logam berat dalam tanah harus diatasi.

Biochar adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk memperbaiki tanah dari paparan polusi logam berat (Hidayat, 2015). *Biochar* merupakan arang kayu yang berpori (*porous*) atau bisa disebut *charcoal* atau *agri-char*. *Biochar* berasal dari makhluk hidup. *Biochar* dihasilkan dari pembakaran tanpa oksigen bahan organik sehingga menjadikan *biochar* kaya akan karbon. Bahan yang bisa dijadikan *biochar* berasal dari limbah pertanian dan perkebunan, seperti tunggul, potongan-potongan kayu, tempurung kelapa, tongkol jagung, sekam padi, kulit kayu, tandan kosong kelapa sawit, sisa perkayuan, dan bahan organik lainnya (Saputra, 2012).

Perkebunan tanaman karet mampu menyediakan bahan baku *biochar*. Tanaman karet memiliki usia produktif antara 25 sampai 30 tahun. Ketika tanaman tersebut berumur 30 tahun maka harus dilakukan peremajaan. Peremajaan dilakukan dengan menanam di lahan baru atau menanam ulang di lahan sebelumnya. Penanaman ulang mengharuskan terjadinya penebangan pada pohon lama. Hal ini menghasilkan biomassa tanaman karet yang melimpah. Umumnya biomassa batang tanaman karet dapat dimanfaatkan sebagai kayu bakar, biobriket, arang, dan keperluan *furniture*. Apabila tidak termanfaatkan dengan baik maka bahan sisa ini akan menjadi limbah. Biomassa batang tanaman karet dapat dijadikan bahan baku pembuatan *biochar* (Widyasari dkk., 2015).

Sejauh ini belum ada penelitian yang menyatakan bahwa *biochar* batang karet mampu mengurangi ketersediaan Cu, Zn, dan Ni di tanah. Namun, penambahan *biochar* pada tanah umumnya mampu meningkatkan pH tanah karena merupakan basa dan dapat berkontribusi terhadap penstabilan logam berat. Hal ini dikarenakan luas permukaan spesifik *biochar* besar dan mengandung bahan organik tinggi sehingga mampu meningkatkan pH tanah secara signifikan dan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Salam dkk., 2022). Selain itu *biochar* juga mampu membantu menurunkan mobilitas serta ketersediaan logam berat tanah, sehingga dalam penelitian ini diharapkan *biochar* batang karet mampu menurunkan ketersediaan logam berat dalam tanah, baik secara langsung ataupun tidak langsung dengan mengubah sifat-sifat tanah lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Apakah *biochar* batang tanaman karet dapat menurunkan konsentrasi Cu, Zn dan Ni tersedia yang terkandung dalam tanah tercemar logam berat?
2. Apakah pH dan/ atau C-Organik tanah memengaruhi ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni dalam tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mempelajari pengaruh aplikasi *biochar* batang tanaman karet dalam menurunkan konsentrasi logam berat Cu, Zn, dan Ni tersedia dalam tanah.
2. Mempelajari hubungan pH dan/ atau C-Organik tanah dengan logam berat Cu, Zn, dan Ni tersedia tanah.

1.4 Kerangka Pemikiran

Logam berat dibutuhkan tumbuhan dan hewan dalam jumlah yang relatif lebih kecil. Keberadaan logam Cu (tembaga) dan Zn (seng) merupakan unsur mikro yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Tembaga memiliki tingkat toksisitas tinggi dan Ni (nikel) memiliki tingkat toksisitas sedang. Adanya paparan logam berat secara berlebihan akan memberikan dampak buruk bagi makhluk hidup. Kandungan Cu melebihi 60 mg kg^{-1} akan melewati batas racun. Begitupun Zn tidak boleh lebih dari 70 mg kg^{-1} (Salam, 2017). Tanaman akan menyerap konsentrasi logam berat tanah yang tinggi melalui akar, daun, buah, dan dilanjutkan memasuki siklus rantai makanan. Tingginya tingkat logam berat pada tanah harus dikurangi (Agustina, 2014). Salah satunya dengan penambahan *biochar* agar tidak mencemari lingkungan.

Hasil limbah biomassa batang dari perkebunan karet dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biochar*. Herliyana., dkk (2011) menyatakan tanaman karet termasuk ke dalam jenis *hardwood* (kayu berdaun lebar) yang mengandung lignin lebih tinggi dibandingkan dengan *softwood* (kayu berdaun jarum). Lignin merupakan salah satu faktor cepat atau lambatnya suatu bahan organik terdekomposisi (Sismiyanti dkk., 2018). Peningkatan suhu dapat membantu degradasi kandungan lignin yang ada dalam biomassa batang tanaman karet (Rubiyanti dkk., 2019). Limbah batang tanaman karet yang dibiarkan begitu saja menjadikan proses dekomposisi lebih lama. Karakteristik yang terdapat pada *biochar* dipengaruhi oleh selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berpengaruh terhadap kandungan karbon (Septiana dkk., 2018).

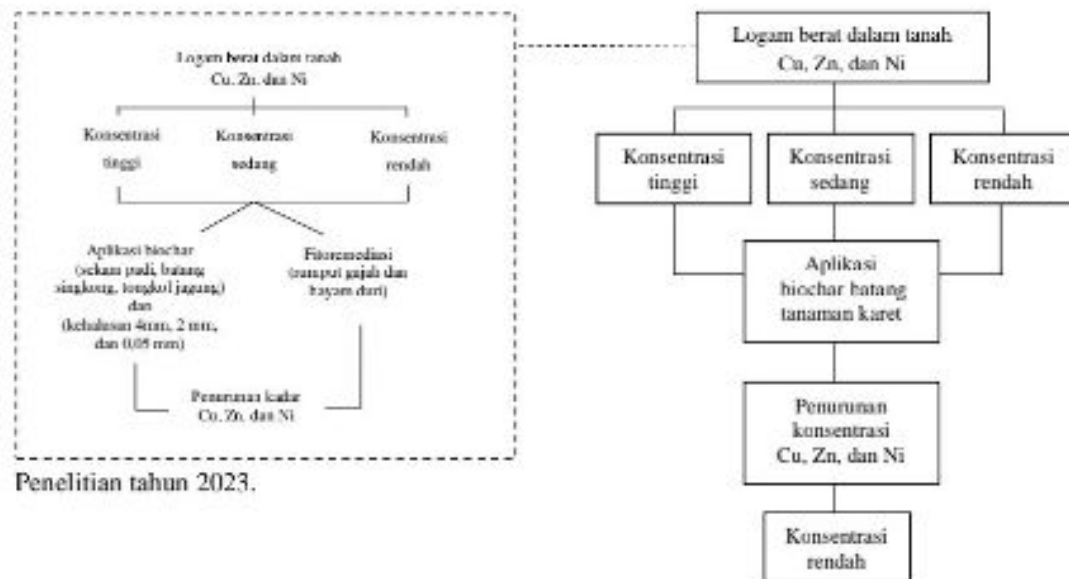
Aplikasi *biochar* merupakan salah satu mekanisme yang dapat dilakukan untuk menangani pencemaran logam berat. Selain memiliki kegunaan sebagai bahan pembenah tanah, *biochar* juga dilaporkan menurunkan konsentrasi logam berat (Salam dkk., 2022). *Biochar* dapat mengurangi risiko pencemaran tanah dengan mengikat logam berat dan bahan kimia organik berbahaya. Sifat adsorpsi yang dimiliki *biochar* baik dan dapat mengurangi ketersediaan zat-zat berbahaya

bagi tanaman dan organisme lainnya. *Biochar* mampu menyerap kontaminasi logam berat pada tanah secara hayati, serta menerima dan mendaur ulang nutrisi tanaman (Ippolito dkk., 2012). Aplikasi *biochar* juga mampu meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki kualitas tanah, serta memperbaiki unsur hara yang hilang.

Berdasarkan hasil penelitian pada tahun sebelumnya penurunan ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni dapat diatasi dengan fitoremediasi serta aplikasi jenis *biochar* dan berbagai kehalusan. Fitoremediasi dilakukan dengan tanaman rumput gajah dan bayam duri yang mempengaruhi serapan logam berat pada akar dan tajuk. Jenis *biochar* yang digunakan, yaitu sekam padi, batang singkong, dan tongkol jagung. *Biochar* dengan jenis sekam padi diperlakukan dengan kehalusan 4 mm, 2 mm, dan 0,05 mm. *Biochar* dengan sekam padi, batang singkong, dan tongkol jagung tidak berpengaruh nyata terhadap Cu dan Zn tersedia tanah tercemar logam berat (Dani, 2023). Adelia (2023) menyatakan bahwa meningkatnya kehalusan *biochar* sekam padi mampu menurunkan konsentrasi Cu tersedia di dalam tanah pada perlakuan limbah industri 60 Mg ha⁻¹ dan konsentrasi Zn tersedia di dalam tanah pada perlakuan limbah industri 15 Mg ha⁻¹. Hal ini dikarenakan semakin halus *biochar* maka semakin luas permukaan *biochar*. Sehingga diharapkan perlakuan jenis *biochar* batang tanaman karet mampu menurunkan ketersediaan Cu, Zn, dan Ni tanah tercemar logam berat.

Biochar dibuat melalui proses pirolisis, menggunakan suhu tinggi serta rendahnya kadar oksigen maupun tanpa oksigen. Sebagai pembenah tanah, *biochar* mampu menahan air, meningkatkan kandungan bahan organik, serta menurunkan kemasaman tanah. Tingginya kandungan karbon menjadikan *biochar* bahan yang sangat stabil. Penambahan *biochar* mampu menurunkan konsentrasi Ni di tanah. Selain itu, *biochar* dapat mempengaruhi proses adsorpsi atau penyerapan zat sehingga adanya gaya tarik antara molekul permukaan (Wahyuni dkk., 2023). Oleh karena itu, penerapan *biochar* ini berpotensi dalam mengatasi permasalahan polusi logam berat dalam tanah. Penurunan konsentrasi Cu, Zn, dan Ni oleh *biochar* batang tanaman karet pada tanah yang tercemar logam berat dapat dilihat

pada Gambar 1.



Gambar 1. Penurunan konsentrasi Cu, Zn, dan Ni oleh *biochar* batang tanaman karet pada tanah tercemar logam berat.

1.5 Hipotesis

1. Aplikasi *biochar* batang tanaman karet mampu menurunkan konsentrasi logam berat Cu, Zn, dan Ni tersedia dalam tanah.
2. pH dan/atau C-Organik tanah memengaruhi ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni dalam tanah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Lingkungan oleh Logam Berat

Salah satu unsur penting yang diperlukan oleh makhluk hidup adalah logam berat esensial. Logam esensial antara lain adalah selenium (Se), tembaga (Cu), seng (Zn), dan besi (Fe) yang diperlukan manusia dengan kadar yang cukup dan tidak berlebihan karena akan beracun bagi tubuh bila konsentrasinya berlebihan. Logam berat non-esensial adalah merkuri (Hg), arsenik (As), cadmium (Cd), yang tidak dibutuhkan bagi tubuh manusia karena beracun. Sebagian logam berat yang berada pada tanah, air, dan udara berasal dari kegiatan industri (Irhamni dkk., 2017).

Di dalam tanah, logam berat berada dalam berbagai bentuk mengalami berbagai proses. Misalnya, sebagian besar Fe (besi) dalam tanah yang ditemukan dalam bentuk Fe^{3+} sangat reaktif dan beracun bagi mikroorganisme tanaman. Bentuk ion Fe^{3+} dan ion bebas logam berat lainnya berinteraksi melalui pertukaran kation (reaksi adsorpsi dan desorpsi) (Salam dan Sriyani, 2019).

Tembaga dan Zn merupakan unsur hara mikro bagi tanaman namun dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Konsentrasi Ni yang relatif tinggi akan menghambat pertumbuhan tanaman, walaupun Ni merupakan nutrisi dan tidak berbahaya bagi tanaman pada konsentrasi rendah (Salam dkk., 2022). Logam berat memiliki sifat yang berbahaya bagi lingkungan. Logam berat dalam tanah, seperti Cu, Zn, dan Ni berasal dari dua sumber utama, yaitu proses pelapukan dan aktivitas manusia. Akumulasi logam berat juga bergantung pada aliran massa dan difusi. Mekanisme

pengangkutan logam berat dalam tanah terbagi melalui aliran massa dan difusi. Logam berat yang melewati aliran massa yaitu Cu, Zn, Fe, Mn, dan Mo. Sementara itu, logam berat yang melalui proses difusi adalah Zn dan Fe (Salam, 2017).

Kandungan logam berat dalam tanah secara alamiah relatif sedikit tetapi dengan aktivitas masyarakat di sekitarnya seperti kegiatan industri, domestik, pertanian dan lainnya akan menjadi faktor penyebab meningkatnya kandungan logam berat yang akan mencemari. Hal ini terjadi karena logam berat sukar mengalami penguraian, baik secara fisika, kimia ataupun biologis. Ketersediaan logam berat di lingkungan bisa menimbulkan efek khusus pada makhluk hidup seperti penyakit minamata, bibir sumbing, kerusakan susunan saraf, cacat pada bayi dan terganggunya fungsi imun sehingga dapat dikatakan logam berat dapat menjadi racun bagi tubuh apabila terakumulasi dalam jangka waktu yang lama (Putra dan Mairizki, 2020).

2.2 Upaya Penurunan Kandungan Logam Berat Dalam Tanah

Meningkatnya logam berat dalam tanah dapat didefinisikan sebagai kerusakan tanah. Hal tersebut memerlukan penanganan atau pengolahan secara intensif. Adapun beberapa cara yang dilakukan dalam mengatasi kandungan logam berat dalam tanah yaitu:

a. Metode Adsorpsi

Metode ini paling banyak digunakan untuk menghilangkan cemaran logam berat. Metode ini merupakan metode yang efektif dan ekonomis dalam penggunaannya. Keuntungan metode adsorpsi adalah dapat digunakan untuk berbagai macam polutan, reaksi kinetik cepat, dan cukup selektif. Namun, kelemahan metode ini membutuhkan modifikasi absorben secara kimiawi untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi (Siregar, 2009). Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan penambahan bahan organik dan kapur. Hal ini terbukti dari data tanah Alfisol Sri

Bawono tanaman jagung tidak dapat tumbuh pada perlakuan limbah industri, namun penambahan bahan organik dan kapur meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Kemasaman (pH) tanah yang meningkat akan membuat adsorpsi kation logam berat juga meningkat (Salam, 2023).

b. Penggunaan bakteri sebagai pereduksi logam berat

Menurunkan kandungan logam berat dapat dilakukan dengan penggunaan bakteri untuk mereduksi logam berat mudah dilakukan di tanah karena bakterinya tergolong bakteri tidak berbahaya. Misalnya, bakteri pereduksi sulfat dapat digunakan untuk mengendalikan cemaran logam berat (Andreas dkk., 2008).

c. Tanaman Pengikat Logam Berat

Fitoremediasi adalah teknologi bioremediasi dengan memanfaatkan tanaman untuk menghilangkan kontaminan dengan membuat zat menjadi tidak berbahaya. Fitoremediasi dianggap sebagai teknologi yang efektif untuk menurunkan unsur atau senyawa seperti logam berat dan polutan lainnya dari lingkungan dengan menggunakan tanaman. Dalam kehidupan ekosistem alami, tanaman berperan dalam memetabolisme zat yang dihasilkan oleh alam dan sebagai filter. Selain itu, tanaman juga berfungsi untuk menghilangkan kontaminan atau mempercepat laju degradasi. Keberhasilan fitoremediasi tergantung pada interaksi eksudat akar dan mikroorganisme *in-situ* dengan logam berat (Widyasari, 2021). Adapun fitoekstraksi dengan menggunakan tanaman dapat membersihkan areal yang terkontaminasi. Hasil penelitian Salam., dkk (2021) menunjukkan bahwa tanaman rumput gajah merupakan fitoekstraktor logam berat Zn dan Cu.

d. Remediasi

Teknik remediasi dapat dilakukan secara *in-situ* dan *ex-situ*. Remediasi merupakan cara membersihkan tanah yang tercemar. *In-situ* merupakan penerapan remediasi langsung di tempat, sementara *ex-situ* dilakukan pada daerah yang aman. Struktur permukaan berpori biochar dan sifat kimia yang dimiliki mampu menangkap serta menahan partikel kecil. Kemampuan menahan

kelembaban, nutrisi, dan bahan kimia pertanian, menjadikan biochar sebagai salah satu cara remediasi (Wahyuni dkk., 2023).

2.3 Peranan Biochar Sebagai Pembenh Tanah

Biochar merupakan arang hayati yang diberikan pada tanah dan tanaman sebagai bahan pembenh tanah. Pada umumnya proses pembuatan *biochar* hampir sama dengan arang yang digunakan sebagai bahan bakar. *Biochar* dihasilkan melaui proses pirolisis atau pembakaran bahan organik dengan terbatasnya oksigen. Pemilihan bahan baku dan proses pirolisis yang berbeda mempengaruhi karakteristik *biochar* sebagai bahan pembenh tanah. *Biochar* tersusun dari cincin karbon aromatik dan berbeda dengan bahan organik, sehingga lebih stabil dan tahan lama di dalam tanah (Yosephine dkk., 2020).

Karakteristik utama *biochar* menjadikan ciri tersendiri sebagai bahan pembenh tanah. Seperti struktur pori yang dimiliki *biochar* terdiri dari mikropori, mesopori, dan makropori yang berfungsi sebagai kapasitas penyerapan yang tinggi terhadap air dan nutrisi tanah, serta menjadi tempat tinggal bagi mikroba tanah (Jasinda, 2013). Struktur pori yang dimiliki *biochar* menjadikan mampu menahan air dengan baik. Selain itu kestabilan kimia yang dimiliki *biochar* membuatnya tidak mudah terdegradasi di dalam tanah dalam jangka waktu yang lama. *Biochar* berperan sebagai bahan stabil bagi bahan organik di tanah, mengurangi laju dekomposisi mereka oleh mikroorganisme dan faktor-faktor lainnya. Hal ini menyebabkan peningkatan akumulasi C-organik dalam jangka panjang, karena *biochar* sendiri relatif stabil terhadap dekomposisi (Jeffery., dkk 2011).

Sebagai salah satu bahan pembenh tanah, *biochar* banyak digunakan dalam mengatasi permasalahan pada tanah. Berdasarkan hasil penelitian Tambunan., dkk (2014), aplikasi *biochar* dapat meningkatkan KTK tanah, meningkatkan pH pada tanah masam, menyediakan unsur hara N, P dan K. Kapasitas menahan air

biochar tinggi sehingga mampu menjaga kelembaban tanah (Endriani dkk., 2013) dan *biochar* mampu meremediasi tanah tercemar logam berat, yaitu (Pb, Cu, Cd dan Ni). Laptonu., dkk (2012) menyatakan bahwa *biochar* mampu meningkatkan pH tanah yang diakibatkan adanya reaksi penetralan H^+ oleh OH^- dari *biochar*. Peningkatan pH tanah juga terjadi karena adanya kenaikan konsentrasi logam alkali oksida (Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan K^+) di *biochar* yang masuk ke tanah.

Tabel 1. Beberapa sifat *biochar*.

Parameter pengukuran	Sekam padi ¹	<i>Biochar</i>	
		Batang Karet	Batang Singkong ¹
pH (rasio 1:10)	7,00	9,44	9,38
KA (Kadar Air)	-	1,05%	-
Cu (mg kg)	0,20	-	0,94
Zn (mg kg)	70,71	-	99,61

Keterangan: 1) Hasil analisis Lestari 2023

Sifat *biochar* yang tercantum pada Tabel 1 menunjukkan hasil yang berbeda. Hal ini dikarenakan bahan baku yang digunakan pada pembuatan *biochar* berbeda. Selain itu suhu pembakaran dan lamanya proses pembakaran juga memengaruhi masing-masing parameter pengukuran *biochar* (Puspita dkk., 2021).

2.4 Mekanisme Biochar dalam Menurunkan Logam Berat

Penggunaan *biochar* dalam menurunkan konsentrasi logam berat dalam tanah tergantung pada jenis *biochar* yang digunakan, lama waktu pembuatan *biochar*, dan jenis logam berat yang tersedia. Mekanisme *biochar* dalam menurunkan logam berat adalah sebagai berikut (Singh and Shubham 2023):

1. Adsorpsi: *Biochar* memiliki struktur pori-pori yang besar dan permukaan yang luas, sehingga mampu menyerap logam berat dari larutan tanah melalui proses adsorpsi fisika dan kimia. Permukaan *biochar* yang bermuatan negatif dapat menarik ion logam berat yang bermuatan positif, seperti Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Cu^{2+} , dan

mengikatnya secara kuat pada permukaannya. *Biochar* lebih baik dilakukan pada proses pirlosis dengan suhu lebih dari 300 °C agar luas permukaan meningkat agar lebih besar adsorpsi yang terjadi.

2. Kompetisi Ion: *Biochar* dapat bersaing dengan tanah untuk menarik dan menahan logam berat. Dengan menambahkan *biochar* ke dalam tanah, ion logam berat lebih cenderung terikat ke *biochar* daripada diserap oleh tanah, mengurangi bioavailabilitas logam berat untuk tanaman atau mikroorganisme tanah.

3. Pengendalian pH: *Biochar* dapat mempengaruhi pH tanah, tergantung pada sifat kimianya. Beberapa *biochar* dapat bertindak sebagai buffer pH, mengurangi keasaman tanah yang dapat meningkatkan kelarutan logam berat. Dengan mengatur pH tanah, *biochar* dapat mengurangi mobilitas dan toksisitas logam berat.

4. Stabilisasi dan Imobilisasi: *Biochar* dapat membantu mengubah logam berat menjadi bentuk yang lebih stabil atau kurang beracun, misalnya dengan membentuk kompleks organik-logam atau dengan mengubah spesiasi logam berat menjadi bentuk yang kurang larut.

5. Pengurangan Laju Oksidasi: *Biochar* dapat mengurangi laju oksidasi logam berat yang terkait dengan kondisi oksidatif di lingkungan tanah, sehingga mengurangi potensi toksisitasnya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Oktober 2023 sampai Januari 2024 di rumah plastik Perguruan Al-Madani, Rajabasa, Bandar Lampung. Analisis pH dan C-Organik tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan analisis logam berat Cu, Zn, dan Ni dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Institut Pertanian Bogor.

3.2 Alat dan Bahan

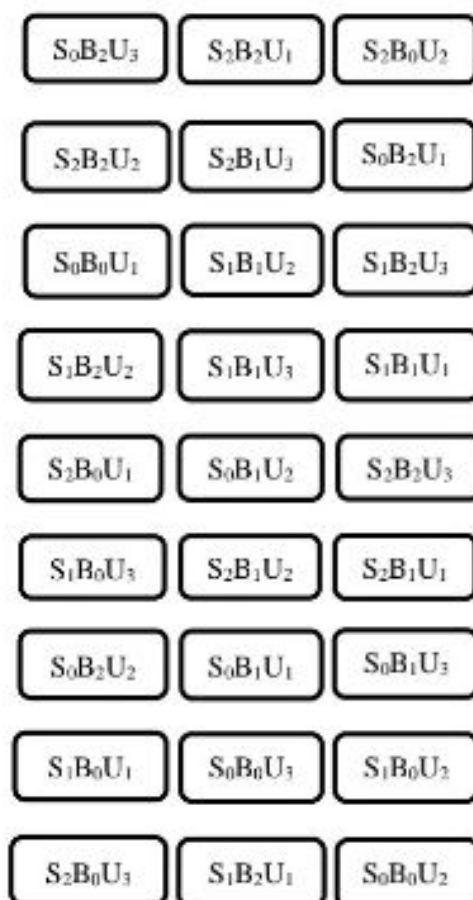
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu; cangkul, kantung plastik, kertas label, alat tulis, botol kocok, gelas ukur, kertas saring Whatman No. 42, labu ukur, erlenmeyer, tabung reaksi, *shaker*, neraca analitik, ayakan 2 mm, pH-meter, dan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Bahan-bahan yang digunakan ialah aquades, sampel tanah tercemar logam berat dari Desa Sidosari, biochar batang tanaman karet, larutan pengekstrak 1 N HNO₃, dan larutan K₂Cr₂O₇.

3.3 Metode

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non-faktorial yang terdiri dari sembilan perlakuan dan diulang sebanyak tiga kali

sehingga menghasilkan 27 unit satuan percobaan. Berikut adalah sembilan perlakuan percobaan tersebut:

1. S_0B_0 = Tanah tanpa logam berat + tanpa biochar batang karet (kontrol)
2. S_0B_1 = Tanah tanpa logam berat + 5 $Mg\ ha^{-1}$ biochar batang karet
3. S_0B_2 = Tanah tanpa logam berat + 10 $Mg\ ha^{-1}$ biochar batang karet
4. S_1B_0 = Tanah berlogam berat rendah + tanpa biochar batang karet
5. S_1B_1 = Tanah berlogam berat rendah + 5 $Mg\ ha^{-1}$ biochar batang karet
6. S_1B_2 = Tanah berlogam berat rendah + 10 $Mg\ ha^{-1}$ biochar batang karet
7. S_2B_0 = Tanah berlogam berat tinggi + tanpa biochar batang karet
8. S_2B_1 = Tanah berlogam berat tinggi + 5 $Mg\ ha^{-1}$ biochar batang karet
9. S_2B_2 = Tanah berlogam berat tinggi + 10 $Mg\ ha^{-1}$ biochar batang karet



Keterangan:

S_0 : Tanah dengan konsentrasi logam kontrol limbah ($0\ Mg\ ha^{-1}$)

S_1 : Tanah dengan konsentrasi logam rendah limbah ($15\ Mg\ ha^{-1}$)

S_2 : Tanah dengan konsentrasi logam tinggi limbah ($60\ Mg\ ha^{-1}$)

B_0 : Biochar batang karet ($0\ Mg\ ha^{-1}$)

B_1 : Biochar batang karet ($5\ Mg\ ha^{-1}$)

B_2 : Biochar batang karet ($10\ Mg\ ha^{-1}$)

dengan

U_1 adalah ulangan 1

U_2 adalah ulangan 2

U_3 adalah ulangan 3

Gambar 2. Tata letak percobaan dalam rancangan acak lengkap.

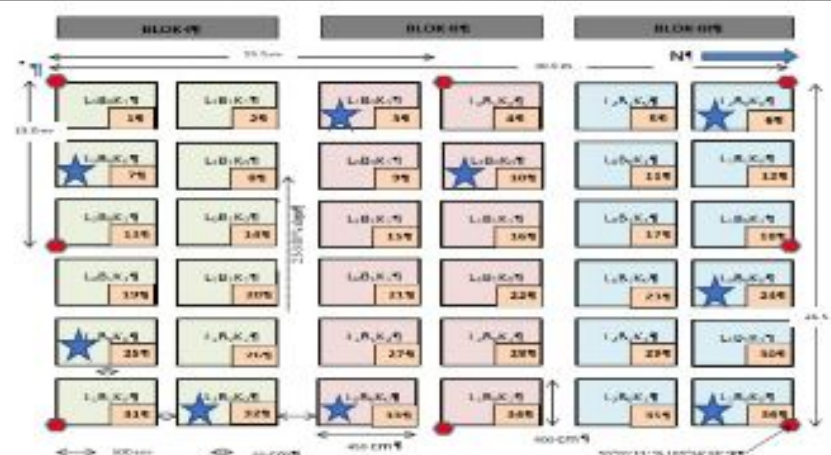
3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Contoh Tanah

Contoh tanah diambil dari lahan penelitian yang terletak di Desa Sidosari Kecamatan Natar, Lampung Selatan diberi perlakuan limbah logam berat satu kali 25 tahun yang lalu pada tahun 1998 (Gambar 3). Selanjutnya contoh tanah diambil secara komposit pada 16 September 2023 dari 3 perlakuan limbah industri, yaitu S_0 tanah kontrol tanpa perlakuan limbah industri berlogam berat (limbah 0 Mg ha^{-1}), S_1 tanah berlogam berat rendah perlakuan limbah industri 15 Mg ha^{-1} , dan S_2 tanah berlogam berat tinggi perlakuan limbah industri 60 Mg ha^{-1} (Tabel 1) lalu disatukan untuk setiap perlakuan yang sama. Contoh tanah dikering-udarkan kemudian dihaluskan, lalu disaring dengan ayakan 2 mm, lalu ditimbang sebanyak 200 gram berat kering udara. Perhitungan kadar air dilakukan dengan menggunakan metode *gravimetri* pada suhu oven 105°C selama 24 jam.

Tabel 2. Pengambilan contoh tanah di Sidosari perlakuan awal (1998).

Tanah	Perlakuan Awal			Perlakuan
	Limbah	Kapur	Kompos	
S_0	0	0	0	$L_0B_0K_0$
S_1	15	0	0	$L_1B_0K_0$
S_2	60	0	0	$L_2B_0K_0$



Gambar 3. Tata Letak Pengambilan contoh tanah di Sidosari perlakuan awal (1998). L = Limbah Industri, $L_0 = 0 \text{ Mg ha}^{-1}$, $L_1 = 15 \text{ Mg ha}^{-1}$, $L_2 = 60 \text{ Mg ha}^{-1}$, B = Kompos Daun Singkong, $B_0 = 0 \text{ Mg ha}^{-1}$, $B_1 = 5 \text{ Mg ha}^{-1}$, K = Kalsit, $K_0 = 0 \text{ Mg ha}^{-1}$, $K_1 = 5 \text{ Mg ha}^{-1}$.

3.4.2 Pengujian Awal Contoh Tanah

Pengujian awal contoh tanah dilakukan untuk mengetahui kandungan Cu, Zn, dan Ni serta pH dan C-Organik tanah sebelum diaplikasikan *biochar* batang karet yang dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Lampung.

3.4.3 Penyiapan Biochar dan Pengaplikasian Biochar

Pembuatan *biochar* diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan seperti batang tanaman karet, mesin penghancur, serabut kelapa, minyak tanah, dan pemantik api. Batang tanaman karet dihancurkan kemudian ditimbun, lalu bakar serabut kelapa yang sudah dilumuri minyak tanah dengan pemantik api. Selanjutnya, api dibiarkan menyala dan mengeluarkan asap dari timbunan batang tanaman karet, sesekali timbunan batang tanaman karet dibaurkan agar pembakaran terjadi sempurna. Pembakaran dilakukan hingga seluruh warna batang tanaman karet menghitam. *Biochar* yang telah matang ditandai dengan api yang membakar seluruh timbunan. Jika api telah membakar seluruh timbunan, disiram dengan menggunakan sedikit air, dan ditunggu hingga dingin. Selanjutnya *biochar* batang tanaman karet dihaluskan dan disaring dengan ayakan 2 mm.

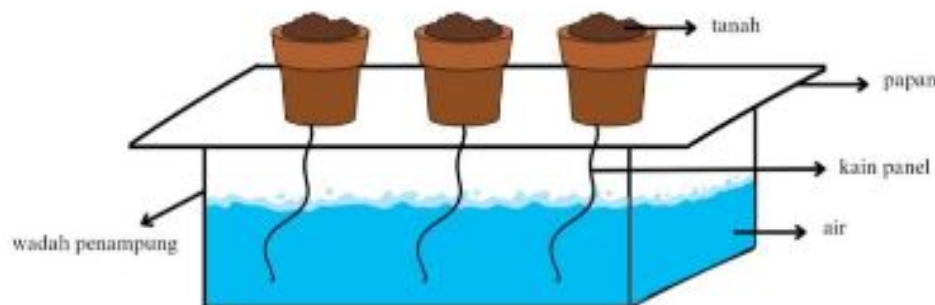


Gambar 4. Proses pembakaran *biochar* batang tanaman karet.

3.4.4 Pelaksanaan Inkubasi dan Pengairan Tanah

Perlakuan contoh tanah (S) dan *biochar* (B) sesuai perlakuan dikompositkan di atas lembaran plastik bersih kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing pot plastik 400 gram. Pemeliharaan dilakukan dengan melakukan pengairan sampai kadar air kapasitas lapang. Kadar air kapasitas lapang dipelihara dengan metode pengairan secara kapiler yaitu dengan naiknya air dari penampung air, meresap

melalui sumbu ke dalam tanah, dan tertahan di antara butir tanah karena pengaruh dari gaya kapiler seperti dapat dilihat pada Gambar 5. Inkubasi tanah sesuai dengan rancangan percobaan dilakukan selama 4 pekan.



Gambar 5. Pemeliharaan kadar air kapasitas lapang dengan metode kapiler.

3.4.5 Analisis Tanah

Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Lampung dan Laboratorium Ilmu Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Pengekstrakan tanah menggunakan pengeksrak 1 N HNO₃ untuk mengukur logam berat tersedia, analisis pH dilakukan dengan menggunakan pH-meter, dan analisis C-Organik dilakukan dengan teknik Walkley and Black.

3.4.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Standard Error of Mean* (SEM). Besar kecilnya nilai kesalahan digunakan untuk mengukur tingkat ketelitian dari nilai rata-rata. Selanjutnya data dianalisis menggunakan regresi linear untuk mengukur hubungan linear antara dua atau lebih peubah *dependent* yang digunakan untuk memprediksi atau menjelaskan hubungan logam berat dengan pH dan C-Organik tanah. *Standard Error of Mean* (SEM) dan korelasi diperoleh dengan aplikasi *Microsoft Excel*. *Standard Error of Mean* (SEM) adalah indeks yang menggambarkan sebaran rata-rata sampel terhadap rata-rata dari rata-rata keseluruhan kemungkinan sampel (rata-rata populasi).

3.5 Peubah Pengamatan

3.5.1 Peubah Utama

3.5.1.1 Ketersediaan Logam Berat Cu, Zn, dan Ni dalam Tanah

Ketersediaan logam berat Cu, Zn, dan Ni dianalisis dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Sebanyak 10 gram contoh tanah ditimbang lalu dimasukkan kedalam botol film, lalu ditambahkan 20 ml larutan pengekstrak 1N HNO₃. *Shaker* selama 2 jam dan disaring dengan kertas Whatman No. 42.

3.5.2 Peubah Pendukung

3.5.2.1 pH Tanah

Ditimbang tanah lolos ayakan 2 mm sebanyak 5 gram lalu dimasukkan kedalam botol kocok. Selanjutnya ditambahkan akuades sebanyak 10 ml (perbandingan 1:2) dan *dishaker* selama 30 menit. Diamkan sebentar dan lakukan pengukuran dengan pH meter.

3.5.2.2 Kandungan C-Organik Tanah

Analisis C-Organik dilakukan dengan metode Walkley and Black. Tanah ditimbang sebanyak 0,5 gram kedalam Erlenmeyer 500 ml, lalu ditambahkan larutan K₂Cr₂O₇ dengan pipet dan digoyangkan perlahan agar tanah bercampur dengan larutan. Kemudian lakukan pencampuran larutan H₂SO₄ pekat sebanyak 10 ml di lemari asam sambil digoyangkan sebentar. Diamkan selama 30 menit hingga dingin, lalu diencerkan dengan akuades sebanyak 100 ml, ditambahkan 2,5 ml larutan NaF 4%, 5 ml asam fosfat, dan 5 tetes indikator difenil amin. Dititrasi dengan larutan 0,5N (NH₄)₂Fe(SO₄)₂ hingga warna larutan berubah pada tetes akhir. Penetapan blanko dilakukan sama tanpa contoh tanah.

Perhitungan:

$$\%C - \text{Organik} = \frac{\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times (1 - \frac{VS}{VB})}{\text{Berat sampel tanah}} \times 0,3886\%$$

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

Keterangan: VB= ml titrasi blanko

VS= ml titrasi sampel

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni tertinggi terdapat pada S₂, serta pada S₁ dan S₀ terendah.
2. Perlakuan *biochar* batang tanaman karet tidak menurunkan ketersediaan Cu, Zn, dan Ni.
3. Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni menurun dengan meningkatnya pH tanah, dan menunjukkan pola peningkatan dengan C-Organik tanah.
4. Ketersediaan Cu, Zn, dan Ni berkorelasi nyata dengan pH namun tidak dengan C-Organik tanah.

5.2 Saran

Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dalam peningkatan dosis penggunaan *biochar* yang diberikan untuk menurunkan ketersediaan Cu, Zn, dan Ni didalam tanah yang tercemar logam berat pada dosis rendah dan tinggi. Pendalaman tentang jenis *biochar* juga perlu dilakukan agar dapat menemukan jenis yang tepat dalam efektifitas penurunan ketersediaan Cu, Zn, dan Ni didalam tanah yang tercemar logam berat. Selain itu penulis juga menyarankan agar rentang waktu penelitian ditambahkan agar *biochar* batang tanaman karet dapat memaksimalkan penurunan logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelia, A.S. 2012. Pertumbuhan dan Serapan Cu dan Zn Bayam Duri Pada Tanah Tercemar Logam Berat Diperlakukan Biochar dengan Berbagai Kehalusan. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Alloway BJ (Ed.). 2012. Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. *Springer Science and Business Media*. Vol. 22.
- Agustina, Titin. 2014. Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan. *Jurnal Teknologi Busana dan Boga* 1(1): 53–65.
- Andreas, S.D., Kurniawan, Tommy., & F, Dian Lina. 2008. Bioteknologi Lingkungan untuk Penanggulangan Limbah Mengandung Krom. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 10(2): 50–53.
- Dani, K. R. 2023. Perubahan Ketersediaan dan Serapan Cu-Zn oleh Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*) pada Tanah Tercemar Logam Berat dengan Perlakuan Berbagai Jenis Biochar. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Endriani., Sudarnaji., & Ajidirman. 2013. Pemanfaatan Biochar Cangkang Kelapa Sawit sebagai Soil Amandement Ultisol Sungai Bahar Jambi. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains Potensi* 15(1): 39–46.

- Herliyana, E. N., Maryam, L. F., & Hadi, Y. S. 2011. *Schizophyllum commune* Fr. Sebagai Jamur Uji Ketahanan Kayu Standar Nasional Indonesia pada Empat Jenis Kayu Rakyat : Sengon (*P. falcata*), Karet (*H. brasiliensis*), Tusam (*P. merkusii*), Mangium (*A. mangium*). *Jurnal Silvikultur Tropika* 2(3): 176–180.
- Hidayat, B. 2015. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat dengan Menggunakan Biochar. *Jurnal Pertanian Tropik* 2(1): 51–61.
- Ippolito, J. A., Laird, D. A., & Busscher, W. J. 2012. Environmental Benefits of Biochar. *Journal of Environmental Quality* 41(4): 967–972.
- Irhamni., Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. 2017. Serapan Logam Berat Esensial dan Non Esensial pada Air Lindi TPA Kota Banda Aceh. *Serambi Engineering* 2(3): 134–140.
- Jasinda, 2013. Pembuatan Dan Karakterisasi Adsorben Cangkang Telur Bebek Yang Diaktivasi Secara Termal. Medan. (*Skripsi*). Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Jeffery, S., Verheijen, F. G. A., van der Velde, M., and Bastos, A. C. (2011). A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Journal Agriculture Ecosystems and Environment*. 144(1), 175–187. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.015>.
- Latuponu, H., D.J.Shiddieq, H.Syukur, E.Hanudin. 2012. Pemanfaatan Limbah Sagu Sebagai Bahan Aktif Biochar Untuk Meningkatkan P Tersedia Dan Pertumbuhan Jagung Di Ultisol. *Jurnal Pembangunan Pedesaan* 12(2), 135–143.
- Lehmann, J., and Joseph, S. 2015. *Biochar for Environmental Management: Science, Technology, and Implementation*. Earthscan. New York. 195 page.
- Lestari, T. 2023. Ketersediaan Unsur Hara Mikro Cu dan Zn di dalam Tanah dan Serapannya oleh Tanaman Jagung akibat Pemberian Berbagai Jenis Biochar dan

Pupuk P. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Neneng, L.N., Rachman, A., S, Sutono. 2015. *Biochar Pembenah Tanah yang Potensial*. (Iaard) Press, Jakarta. 45 hlm.

Puspita, V., Syakur, S., Darusman, D. 2021. Karakteristik Biochar Sekam Padi Pada Dua Temperatur Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 6(4): 732-739.

Putra, A. Y., Mairizki, F. 2020. Penentuan Kandungan Logam Berat pada Air Tanah di Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau. *Jurnal Katalisator* 5(1): 47.

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.

Rubiyanti, T., Hidayat, W., Febryano, I. G., Bakri, S. 2019. Karakterisasi Pelet Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) Hasil Torefaksi dengan Menggunakan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB). *Jurnal Sylva Lestari* 7(3):321–331.

Sagala, D. 2010. Peningkatan pH Tanah Masam di Lahan Rawa Pasang Surut pada Berbagai Dosis Kapur untuk Budidaya Kedelai. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan* 8(2): 1.

Salam, A. K. 2017. *Management of Heavy Metals in Tropical Soil Environment*. Global Madani Press, Bandar Lampung. 250 hlm.

Salam, A. K. 2023. *Kimia Tanah*. Global Madani Press, Bandar Lampung. 191 hlm.

Salam, A. K., Hidayatullah, M. A., Supriatin, S., & 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., & Bucharie, H. 2022. Metal Extractability Changes in Soils Under Thorny Amaranth. *Sains Tanah*, 19(2): 211–220.

Salam, A. K., Pakpahan, A. F., Susilowati, G., Fernando, N., Sriyani, N., Sarno, S., Novpriansyah, H., Yusnaini, S., & 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*, 24–27.

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):1-10

Salam, A. K., & Sriyani, N. 2019. *The Chemistry and Fertility of Soils Under Tropical Weeds*. Global Madani Press, Bandar Lampung. 190 hlm.

Saputra, J. 2012. Potensi Biochar dari Limbah Biomassa Perkebunan Karet sebagai Amelioran dan Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca. *Warta Perkebunan* 31(1): 43.

Septiana, L. M., Djajakirana, G., & Darmawan, D. 2018. Characteristics of Biochars from Plant Biomass Wastes at Low-Temperature Pyrolysis. *Journal of Soil Science and Agroclimatology* 15(1): 15.

Singh, S., Shubham, S. 2023. Biochar Mediated Heavy Metal Remediation From Soil. *Research Trends in Agriculture Science* 1(17): 161-168.

- Siregar, T. H. 2009. Pengurangan Cemaran Logam Berat pada Perairan dan Produk Perikanan dengan Metode Adsorpsi. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* 4(1): 24.
- Sismiyantri., Hermansah., & Yulnafatmawita. 2018. Klasifikasi Beberapa Sumber Bahan Organik dan Optimalisasi Pemanfaatannya Sebagai Biochar. *Jurnal Solum* 15(1): 8.
- Spokas, K. A., Novak, J. M., Masiello, C. A., Johnson, M. G., Colosky, E. C., & Ippolito, J. A. (2014). Physical disintegration of biochar: An overlooked process. *Environmental Science and Technology*. 48(16), 9497–9504.
- Syachroni, Hustati, Sasua. 2019. Kajian Beberapa Sifat Kimia Tanah pada Tanah Sawah di Berbagai Lokasi di Kota Palembang. *Sylva: Jurnal Ilmu-ilmu Kehutanan*. 8(20): 60.
- Syaifullah, M., Candra, Y. A., Soegianto, A., & Irawan, B. 2018. Kandungan Logam Non Esensial (Pb, Cd dan Hg) dan Logam Esensial (Cu, Cr dan Zn) pada Sedimen di Perairan Tuban Gresik dan Sampang Jawa Timur. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology* 11(1): 69.
- Tambunan, S., Siswanto, B., & Handayanto, E. 2014. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar dan Biochar terhadap Ketersediaan P dalam Tanah di Lahan Kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 85–92.
- Wahyuni, S., Sri, Kadarwati., & Risya, Aprilia. 2023. *Biofertilizer Berbasis Biochar untuk Remediasi Lahan Pertanian Indonesia*. Bookchapter Konservasi Alam Jilid 2. Unnes. Semarang. 145–177 hlm.
- Widyantika, D, dan S Priyono. 2019. Pengaruh Biochar Sekam Padi Dosis Tinggi Terhadap Sifat Fisik Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Typic Kanhapludult. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 6(1): 1157–1163.

- Widyasari, N. L. 2021. Kajian Tanaman Hiperakumulator pada Teknik Remediasi Lahan Tercemar Logam Berat. *Jurnal Ecocentrism* 1(1): 17–24.
- Widyasari, T., Hartono, S., & Irham, I. 2015. Peremajaan Optimal Tanaman Karet di Pt. Perkebunan Nusantara Ix (Analisis Simulasi Pada Kebun Getas). *Jurnal Penelitian Karet* 33(1): 47–56.
- Yosephine, I. O., Sakiah, S., & Siahaan, E. A. L. 2020. Pemberian Beberapa Jenis Biochar Terhadap C-Organik dan N-Total pada Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi* 22(2): 79.
- Yuan, J.H., & Xu, R.K. 2011. Characteristic and Adsorption Capacities of Biochars Derived from Crop Residues. *Chemical Engineering Journal*. 172(2): 828-834.