

**PERUBAHAN KETERSEDIAAN DAN SERAPAN Cu-Zn SERTA
PERTUMBUHAN BAYAM DURI PADA TANAH TERCEMAR LOGAM
BERAT AKIBAT PERLAKUAN BERBAGAI JENIS *BIOCHAR***

(Skripsi)

Oleh

**Deva Maharani Wirakrama
1914181017**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PERUBAHAN KETERSEDIAAN DAN SERAPAN Cu-Zn SERTA PERTUMBUHAN BAYAM DURI PADA TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT AKIBAT PERLAKUAN BERBAGAI JENIS *BIOCHAR*

Oleh

Deva Maharani Wirakrama

Kegiatan berindustri yang intensif dan aktivitas manusia telah mengakibatkan pelepasan limbah logam berat ke lingkungan di antaranya Cu dan Zn. Unsur logam berat Cu dan Zn merupakan logam berat esensial, yang dibutuhkan oleh organisme hidup, dalam hal ini tanaman tetapi jika terdapat dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Konsentrasi logam berat yang tinggi pada tanah dapat diatasi dengan penanaman tanaman bioakumulator seperti bayam duri. Selain menggunakan tanaman bioakumulator, penambahan bahan pembenah tanah seperti biochar juga dapat menekan konsentrasi logam berat tinggi di dalam tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pertumbuhan dan serapan Cu dan Zn tanaman bayam duri, serta ketersediaan logam berat Cu dan Zn pada tanah tercemar logam berat dengan perlakuan *biochar*. Penelitian ini dilaksanakan di rumah plastik Perguruan Tinggi Al-Madani. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, dan Laboratorium Ilmu Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor dan diulang sebanyak 3 kali.

Faktor pertama adalah tanah tercemar logam berat limbah industri 25 tahun yang lalu (3 taraf): 0, 15, dan 60 Mg ha⁻¹ dan faktor kedua adalah berbagai jenis biochar (3 jenis): sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan bayam duri pada perlakuan *biochar* tongkol jagung nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan *biochar* sekam padi, namun perlakuan *biochar* tongkol jagung tidak berbeda nyata dibandingkan perlakuan *biochar* batang singkong. Pemberian berbagai jenis *biochar* tidak mempengaruhi serapan Cu pada bayam duri, namun mempengaruhi serapan Zn pada bayam duri tertinggi pada perlakuan *biochar* tongkol jagung. Serapan Cu dan Zn pada tanaman bayam duri cenderung meningkat dengan meningkatnya ketersediaan Cu dan Zn pada tanah tercemar logam berat. Pemberian berbagai jenis *biochar* tidak mempengaruhi Cu dan Zn tersedia di dalam tanah.

Kata kunci : Batang Singkong, Bayam Duri, Fitoremediasi, Jenis Biochar, Logam Berat, Sekam Padi, Seng, Tembaga, Tongkol Jagung

**PERUBAHAN KETERSEDIAAN DAN SERAPAN Cu-Zn SERTA
PERTUMBUHAN BAYAM DURI PADA TANAH TERCEMAR LOGAM
BERAT AKIBAT PERLAKUAN BERBAGAI JENIS *BIOCHAR***

Oleh

DEVA MAHARANI WIRAKRAMA

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
2023**

Judul : **PERUBAHAN KETERSEDIAAN DAN SERAPAN
Cu-Zn SERTA PERTUMBUHAN BAYAM DURI
PADA TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT
AKIBAT PERLAKUAN BERBAGAI JENIS
BIOCHAR**

Nama Mahasiswa : Deva Maharani Wirakrama

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914181017

Jurusan : Ilmu Tanah

Fakultas : Pertanian




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


Nur Afni Afrianti, S.P., M. Sc.
NIP 198404012012122002

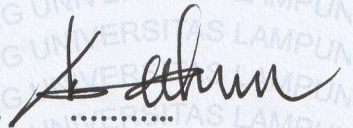
2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah


Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.
NIP 196611151990101001

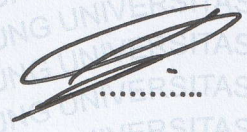
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

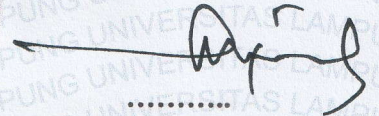
Ketua : Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., Ph.D.



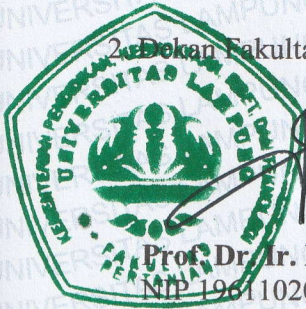
Sekretaris : Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc.



Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Ujian Lulus Skripsi : 15 September 2023

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PERUBAHAN KETERSEDIAAN DAN SERAPAN Cu-Zn SERTA PERTUMBUHAN BAYAM DURI PADA TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT AKIBAT PERLAKUAN BERBAGAI JENIS *BIOCHAR*”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian dosen Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dengan sumber dana bersifat pribadi kepemilikannya, yaitu oleh Bapak Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., Ph.D.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain dan telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai 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, 15 September 2023



Deva Maharani Wirakrama
NPM 1914181017

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Gisting, Tanggamus pada tanggal 30 Desember 2001 sebagai anak pertama dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Astrawan Gede Agung, S.E. dan Ibu Faza Silviana, S.H. Penulis memulai pendidikan formal di SD Al-Azhar 1 Bandar Lampung tahun 2007-2013, SMP Negeri 9 Bandar Lampung tahun 2013-2016, dan SMA YP Unila Bandar Lampung tahun 2016-2019. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi pada tahun 2019 dan terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa memiliki pengalaman menjadi asisten dosen praktikum Kimia Dasar, Kimia Anorganik, Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Interaksi Hara Tanah Tanaman, dan Analisis Tanah Tanaman. Untuk kegiatan akademik penulis pernah mengikuti Program Pertukaran Mahasiswa Tanah Air Nusantara-Sistem Alih Kredit (PERMATA-SARI) di Institut Pertanian Bogor (IPB) dengan matakuliah Dasar Ilmu dan Teknologi Benih, kemudian di Universitas Riau dengan matakuliah Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan dan Industri Ekosistem Sub-Optimal I. Sedangkan untuk kegiatan organisasi, penulis pernah tergabung dalam Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung (Gamatala) menjabat sebagai Sekretaris Umum pada tahun 2022 dan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Tingkat Fakultas sebagai Staff Ahli Departemen Eksternal pada tahun 2021-2022. Pada akhir Semester V penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Kota Baru, Kecamatan Tanjung Karang Timur, Kota Bandar Lampung. Pada akhir Semester VI penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di UMKM Pupuk Organik Kalam Gadingrejo, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan menyebut nama Allah SWT.

Alhamdulillahirabbilalamin, Segala puji hanya kepada Allah SWT, Rabb semesta alam atas berkah nikmat dan karuniaNya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan penuh rasa syukur saya persembahkan karya keci ini untuk :

Keluarga tercinta yaitu, Ayahanda Astrawan Gede Agung, Ibunda Faza Silviana dan adik-adikku Zalwa Novira Wirakrama dan Aswa Safana Wirakrama yang selalu memberikan cinta kasih, motivasi, dukungan, semangat dan doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.

Serta

Almamater tercinta, Universitas Lampung, semoga karya ini bermanfaat.

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah 94 : 6)

“Hai orang-orang yang beriman hendaklah kamu menjadi orang-orang yang selalu menegakkan (kebenaran) karena Allah, menjadi saksi dengan adil”

(QS. Al-Maa'idah 5 : 8)

“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu”

(Ali bin Abi Thalib ra)

“Keberhasilan bukanlah milik orang pintar, keberhasilan adalah milik mereka yang senantiasa berusaha”

(BJ Habibie)

SANWACANA

Alhamdulillahirabbilalamin. Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya yang tak terhingga. Salawat dan salam penulis sampaikan kepada Rasulullah Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“PERUBAHAN KETERSEDIAAN DAN SERAPAN Cu-Zn SERTA PERTUMBUHAN BAYAM DURI PADA TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT AKIBAT PERLAKUAN BERBAGAI JENIS *BIOCHAR*”**.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan mungkin tidak akan selesai tanpa bantuan dan arahan dari para dosen pembimbing, keluarga, teman-teman, dan pihak lain. Oleh karena itu, perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-sebesaranya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Hery Novpriansyah, M.Si., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus sebagai dosen pembahas atas segala masukan yang membangun, bimbingan, serta motivasinya kepada penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing pertama atas kesabarannya dalam membimbing, memberikan nasihat, arahan dan motivasi kepada penulis.

4. Ibu Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua sekaligus dosen pembimbing akademik atas bimbingan, saran, nasihat, dan motivasi kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu dosen Universitas Lampung, khususnya Jurusan Ilmu Tanah yang telah memberi begitu banyak ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
6. Kedua orangtua tercinta, Ibu Faza Silviana, Akan Astrawan Gede Agung yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, nasihat, dan doa yang tiada henti-tentinya kepada penulis.
7. Adik-adik tercinta, Zalwa Novira Wirakrama dan Aswa Safana Wirakrama yang telah memberikan semangat, perhatian, dan dukungan kepada penulis.
8. Mas Mohammad Rakhul Ikhsan yang telah memberikan semangat, motivasi, doa serta sudah menjadi orang yang bersedia berbagi cerita ataupun keluh kesah penulis sehingga penulisan skripsi ini berjalan dengan lancar.
9. Sahabat- sahabat tersayangku Farani Tasya Azzahra, Carolina Yohana, Annisa Maydiyanti, Aninda Resya Aulia, Ade Liesna Carin Aliya, Dini Ananta Kurniawan, Andini Lutfia Marini, dan Rindy Nur Octavia yang memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
10. Sahabat seperjuanganku Galuh Novrillia Puspita, Annida, Selfy Nursyifa, Teva Agnes Arianti, dan Annur Mutiatul Khomsah yang telah memberikan semangat, saran, serta arahan selama masa perkuliahan.
11. Tim penelitian Al Adelia Mei Sandi, Kurnia Rahma Dani, dan Maisyaroh atas kerjasamanya dalam melaksanakan penelitian.
12. Teman-teman Ilmu Tanah 2019 yang telah berjuang bersama serta memberikan masukan, bantuan, serta semangat kepada penulis.
13. Keluarga Besar Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah (Gamatala) yang telah memberikan ruang bagi penulis untuk mengembangkan diri, mempelajari kepemimpinan, semangat berjuang, serta nilai-nilai seperti loyalitas, kerja keras, dan kerja ikhlas.
14. Deva Maharani Wirakrama, *last but not least*. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena terus berusaha dan tidak menyerah, serta senantiasa

menikmati setiap prosesnya yang bisa dibilang tidak mudah. Terima kasih sudah bertahan.

15. Semua pihak yang telah berjasa dan terlibat dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan yang telah Bapak, Ibu, dan rekan-rekan semua luangkan dalam proses penulisan skripsi ini dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, 15 September 2023

Penulis

Deva Maharani Wirakrama

DAFTAR ISI

Halaman	
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	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 Ketersediaan Cu dan Zn dalam Tanah	7
2.2 Penyerapan Cu dan Zn oleh Tanaman Bayam Duri	8
2.3 Teknik Penurunan Konsentrasi Logam Berat dalam Tanah	9
2.4 Sifat dan Peranan Biochar dalam Menurunkan Konsentrasi Logam Berat	10
III. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Metodologi	14
3.4 Tata Letak Penelitian	14
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	14
3.5.1 Pengambilan Media Tanam	14
3.5.2 Pengujian Awal Media Tanam	16
3.5.3 Pengaplikasian Biochar	16
3.5.4 Penyiraman	16
3.5.5 Penanaman Benih Bayam Duri	17
3.5.6 Pemeliharaan Tanaman dan Panen	17
3.5.7 Analisis Tanah dan Tanaman	17

3.6 Peubah Pengamatan	18
3.7 Analisis Data	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Perubahan pH, KTK, Cu dan Zn pada Tanah Tercemar Logam Berat Akibat Perlakuan Biochar ditanami Bayam Duri.....	19
4.2 Pengaruh Perlakuan Biochar terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Duri pada Tanah Tercemar Logam Berat	23
V. SIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Simpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

1.	Kerangka pemikiran Serapan Cu dan Zn serta pertumbuhan bayam duri	5
2.	Tata letak percobaan dalam rancangan acak lengkap	15
3.	Teknik pengairan pot percobaan dengan cara kapiler	16
4.	Pertumbuhan bayam duri pada tanah tercemar logam berat akibat perlakuan tiga jenis <i>biochar</i>	25
5.	Foto pertumbuhan bayam duri pada tanah tercemar logam berat akibat perlakuan tiga jenis <i>biochar</i> pada pekan ke-4	28
6.	Hubungan bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan bobot kering total dengan Cu dan Zn tersedia	32
7.	Hubungan antara serapan Cu pada tanaman bayam duri dengan konsentrasi Cu tersedia	34
8.	Hubungan antara serapan Zn pada tanaman bayam duri dengan konsentrasi Zn tersedia	37
9.	Penyiapan media tanam yang telah diberi perlakuan limbah berlogam dan <i>biochar</i>	61
10.	Pemanenan tanaman bayam duri dan sampel tanah	61
11.	Penyaringan ekstrak tanah di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung	61
12.	Pengukuran pH tanah	62
13.	Penyaringan ekstrak tanaman bayam duri yang telah diabukan	62

DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

1.	Pengaruh limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap pH, KTK, Cu dan Zn tanah	19
2.	Perbedaan pH tanah akibat perlakuan limbah berlogam berat	20
3.	Perbedaan pH tanah akibat perlakuan 3 jenis <i>biochar</i>	21
4.	Perbedaan pH tanah akibat interaksi perlakuan <i>biochar</i> dan penanaman tanaman bayam duri	22
5.	Perubahan konsentrasi Cu dan Zn tersedia pada tanah akibat perlakuan limbah industri	23
6.	Pengaruh limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap tinggi bayam duri	24
7.	Perbedaan tinggi bayam duri pada tanah tercemar logam berat akibat perlakuan <i>biochar</i> pada pekan ke-4 (panen)	24
8.	Pengaruh jenis <i>biochar</i> terhadap bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan nisbah akar/tajuk bayam duri di tanah tercemar logam berat	26
9.	Pengaruh limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap berat kering tanaman bayam duri pada tanah tercemar logam berat	29
10.	Perbedaan berat kering tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat	31
11.	Hubungan antara bobot kering akar, bobot kering tajuk, serta bobot kering total dengan Cu dan Zn tersedia	31
12.	Pengaruh limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap serapan Cu pada tanaman bayam duri	33

13.	Hubungan antara serapan Cu pada tanaman bayam duri dengan Cu tersedia pada tanah	33
14.	Pengaruh limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap serapan Zn pada tanaman bayam duri	35
15.	Perbedaan serapan Zn pada tanaman bayam duri akibat perlakuan <i>biochar</i>	36
16.	Hubungan antara serapan Zn pada tanaman bayam duri dengan Zn tersedia pada tanah	36
17.	Pengaruh perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap tinggi tanaman bayam duri pascapanen	47
18.	Sidik ragam pengaruh perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap tinggi tanaman bayam duri pascapanen	47
19.	Pengaruh perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap bobot kering akar bayam duri	48
20.	Sidik ragam pengaruh perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap bobot kering akar bayam duri	48
21.	Pengaruh perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap bobot kering tajuk bayam duri	49
22.	Sidik ragam pengaruh perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap bobot kering tajuk bayam duri	49
23.	Pengaruh perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap bobot kering total bayam duri	50
24.	Sidik ragam pengaruh perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i> terhadap bobot kering total bayam duri	50
25.	Pengaruh serapan Cu pada akar tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i>	51
26.	Sidik ragam pengaruh serapan Cu pada akar tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i>	51
27.	Pengaruh serapan Cu pada tajuk tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i>	52
28.	Sidik ragam pengaruh serapan Cu pada tajuk tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i>	52
29.	Pengaruh serapan Cu total pada tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan <i>biochar</i>	53
30.	Sidik ragam pengaruh serapan Cu total pada tanaman bayam duri	53

	akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	
31.	Pengaruh serapan Zn pada akar tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	54
32.	Sidik ragam pengaruh serapan Zn pada akar tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	54
33.	Pengaruh serapan Zn pada tajuk tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	55
34.	Sidik ragam pengaruh serapan Zn pada tajuk tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	55
35.	Pengaruh serapan Zn total pada tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	56
36.	Sidik ragam pengaruh serapan Zn total pada tanaman bayam duri akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	56
37.	Pengaruh pH tanah sebelum dan setelah diberi perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	57
38.	Sidik ragam pengaruh pH tanah sebelum dan setelah diberi perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	57
39.	Pengaruh KTK akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	58
40.	Sidik ragam pengaruh KTK akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	58
41.	Pengaruh Cu tersedia akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	59
42.	Sidik ragam pengaruh Cu tersedia akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	59
43.	Pengaruh Zn tersedia akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	60
44.	Sidik ragam pengaruh Zn tersedia akibat perlakuan limbah berlogam berat dan biochar	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Unsur logam berat Cu dan Zn merupakan logam berat esensial, yang dibutuhkan oleh organisme hidup dalam hal ini tanaman, tetapi jika terdapat dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun (Widowati dkk., 2008). Menurut Palar (2012), logam berat dikatakan mencemari bila melewati batas baku mutu. Pada umumnya, logam berat akan mencemari perairan yang kemudian akan tersedimentasi di sekitar perairan dan menyebar ke tanah dan juga melalui aktivitas manusia. Secara alami, tanah sudah mengandung logam berat dalam jumlah sedikit seperti Fe, Cu Zn, dan Mn yang berfungsi dalam proses fisiologis tanaman.

Sumber alami dari logam berat adalah adanya pengikisan dari batuan mineral yang mengandung logam berat sedangkan sumber lainnya berasal dari aktivitas manusia seperti industri dan rumah tangga. Dilaporkan oleh Yanthy dkk. (2013) salah satu sumber logam berat Cu yang berasal dari rumah tangga adalah limbah cairan pembersih lantai yang mengandung CuO. Sedangkan menurut Sudarmaji dkk. (2006) sumber logam berat Pb berasal dari industri baterai, industri kabel, dan industri kimia serta hasil pembakaran bahan bakar kendaraan. Menurut Tarigan (2003), logam berat Zn berasal dari limbah rumah tangga seperti korosi pipa-pipa air dan produk konsumen. Pada bidang pertanian, logam berat berasal dari bahan

agrokimia melalui pupuk sintetis dan pestisida. Pencemaran logam berat di dalam tanah akan berdampak buruk bagi lingkungan jika tidak diatasi dengan baik. Seperti contoh, pencemaran logam berat di daerah persawahan jika terus terakumulasi akan terangkut oleh tanaman yang menyebabkan keracunan bagi yang mengonsumsi padi. Dilaporkan oleh Amelia dkk. (2015) bahwa pencemaran logam berat pada daerah persawahan disebabkan oleh tercemarnya aliran irigasi pada lahan persawahan yang berasal dari pembuangan limbah rumah tangga, limbah industri, dan limbah pertanian.

Bentuk-bentuk logam berat tergantung pada berbagai proses baik proses kimia tanah seperti kompleksasi, dekomposisi, kelasi, reduksi-oksidasi, adsorpsi-desorpsi. Proses tersebut akan mengubah ukuran ataupun bentuk dan mempengaruhi reaksi kimia. Sebagai contoh, penyerapan logam berat oleh tanaman dapat mengurangi konsentrasi logam berat pada tanah (Salam dan Sriyani, 2019).

Salah satu tanaman yang dapat menyerap logam berat dalam jumlah tinggi adalah bayam duri (*Amaranthus spinosus*) (Hardiani, 2009). Menurut Mohamad (2011), tanaman bayam duri dimanfaatkan sebagai adsorben karena mengandung protein yang memiliki gugus amina (-NH₂), gugus sulfidril (-SH), dan gugus hidroksil (-OH) yang dapat mengikat logam berat. Saat terkena kontaminasi logam berat, tanaman ini akan menghasilkan fitokhelatin yang terbentuk untuk memfasilitasi penyerapan logam berat. Menurut Cobbet (2000), fitokhelatin dalam tumbuhan dapat membentuk kompleks dengan logam berat dan berfungsi sebagai detoksifikasi tumbuhan dari logam berat.

Selain oleh penyerapan tanaman, konsentrasi logam berat dapat secara kimiawi diturunkan dengan perlakuan *biochar*. *Biochar* adalah arang hayati hasil dari proses pemanasan biomassa dalam keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. *Biochar* memiliki sifat yang alkalin sehingga dapat juga menyebabkan logam berat menjadi bentuk tidak tersedia di dalam tanah (Khan dkk., 2018). Hal ini didukung oleh Hariyono (2021) yang melaporkan bahwa *biochar* merupakan

bahan basa yang dapat meningkatkan pH tanah dan berkontribusi terhadap stabilitas logam berat.

Sujana dkk. (2014) melaporkan manfaat dari *biochar* antara lain dapat meretensi dan memasok hara serta meningkatkan KTK. Salam dkk. (2022) juga melaporkan bahwa bahan organik terdiri gugus fungsional seperti fenolik, karboksil, dan hidroksil yang dapat meningkatkan kation tanah. Kualitas suatu *biochar* ditentukan oleh bahan baku dan proses pembuatannya. Bahan dari *biochar* dapat berupa kayu atau sisa tanaman yang mengandung ligniselulosa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah perlakuan berbagai jenis *biochar* mempengaruhi pertumbuhan bayam duri pada tanah tercemar logam berat?
2. Apakah perlakuan berbagai jenis *biochar* mempengaruhi serapan Cu dan Zn tanaman bayam duri pada tanah tercemar logam berat?
3. Apakah perlakuan berbagai jenis *biochar* mempengaruhi ketersediaan Cu dan Zn pada tanah tercemar logam berat?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

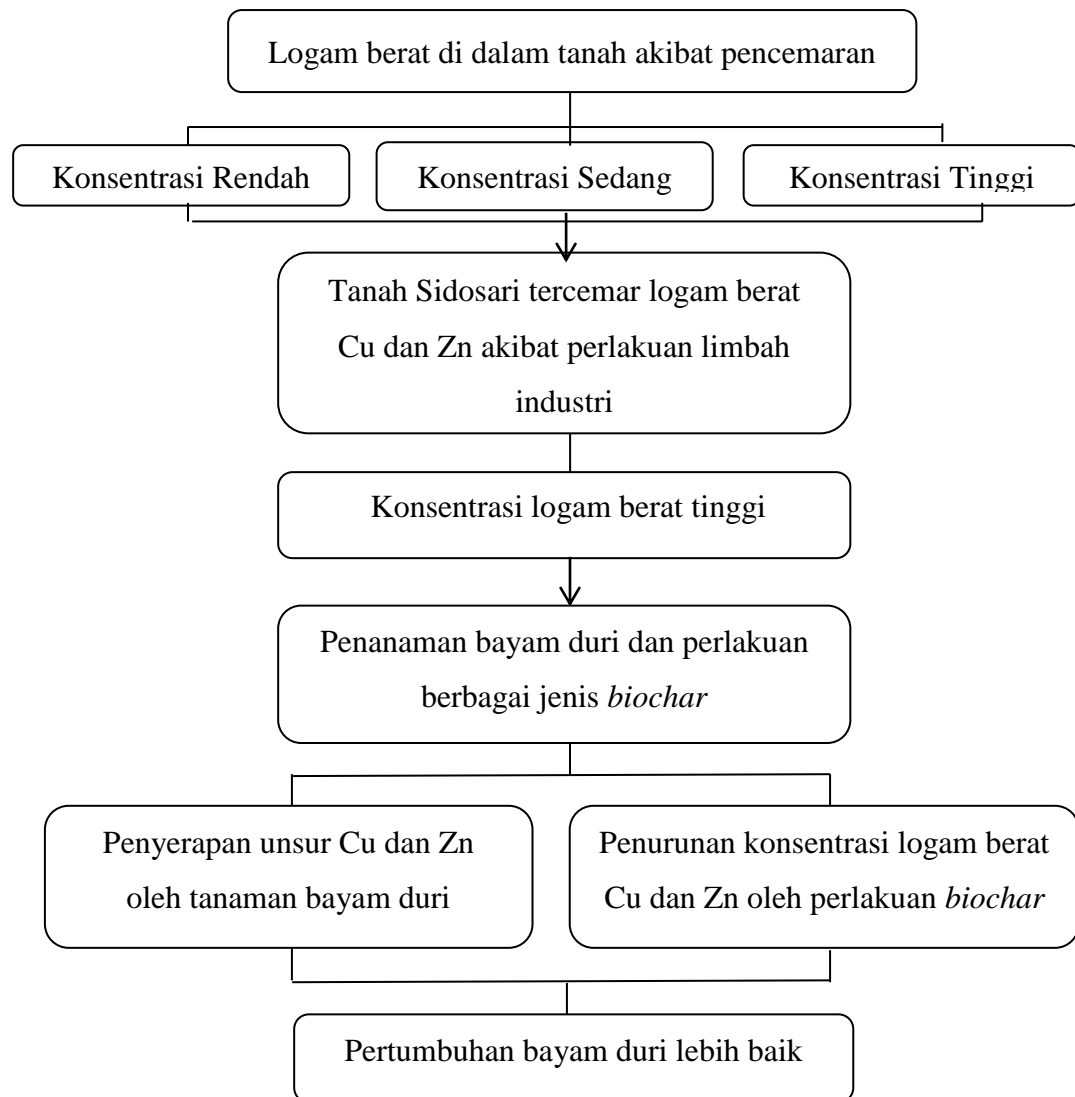
1. Mempelajari pengaruh perlakuan berbagai jenis *biochar* terhadap pertumbuhan tanaman bayam duri pada tanah tercemar logam berat
2. Mempelajari pengaruh perlakuan berbagai jenis *biochar* terhadap serapan Cu dan Zn pada tanah tercemar logam berat
2. Mempelajari pengaruh perlakuan berbagai jenis *biochar* terhadap ketersediaan Cu dan Zn pada tanah tercemar logam berat

1.4 Kerangka Pemikiran

Pada dasarnya tumbuhan memiliki kemampuan untuk menyerap ion-ion yang ada di sekitarnya melalui membran sel. Dengan adanya kemampuan ini, tumbuhan dapat dimanfaatkan untuk menjadi agen untuk memperbaiki tanah yang tercemar logam berat (Sa'ad dkk., 2009). Salah satu cara mengatasi pencemaran tanah oleh logam berat adalah dengan menggunakan tanaman yang dapat menyerap logam berat. Salah satu tanaman yang dapat menyerap logam berat dalam jumlah tinggi adalah bayam duri (*Amaranthus spinosus* L.) (Hardiani, 2009).

Dilaporkan oleh Salam dkk. (2021) bahwa konsentrasi logam berat yang tinggi dalam tanah harus dikelola dengan baik dengan beberapa mekanisme yang melibatkan adsorpsi dan presipitasi. Jika logam berat tidak dikelola dengan baik, maka akan berdampak buruk kepada manusia seperti tercemarnya air, tanah, dan udara di sekitar. Beberapa logam berat seperti arsenik (As), timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan logam berat lain harus menjadi perhatian serius karena berbahaya bagi kesehatan manusia dan kelangsungan kehidupan. Walaupun pada konsentrasi rendah, logam berat dapat berpengaruh pada kesehatan manusia karena akan terakumulasi melalui rantai makanan (Suhendrayatna, 2001).

Selain itu, konsentrasi logam berat dapat diturunkan dengan meningkatkan proses adsorpsi. Salah satu cara meningkatkan proses adsorpsi adalah dengan perlakuan *biochar* (Gambar 1). Kombinasi perlakuan tanah tercemar dengan perlakuan *biochar* yang mampu meningkatkan penjerapan logam berat oleh tanah dan penanaman tanaman bioakumulator dapat menurunkan konsentrasi logam berat di dalam tanah.



Gambar 1. Kerangka pemikiran Serapan Cu dan Zn serta pertumbuhan bayam duri pada tanah tercemar logam berat akibat perlakuan berbagai jenis *biochar*

Biochar memiliki area permukaan besar, dan kapasitas yang tinggi untuk menyerap logam berat yang dapat berpotensi digunakan untuk mengurangi bioavailabilitas dan pelindian logam berat dan polutan organik dalam tanah melalui adsorpsi dan reaksi fisikokimia lainnya (Park dkk., 2011). *Biochar* memiliki kemampuan menstabilkan logam berat pada tanah yang tercemar dengan menurunkan secara nyata penyerapan logam berat oleh tanaman dan dapat meningkatkan kualitasnya dengan memperbaiki sifat sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Ippolito dkk., 2012).

Selain menggunakan fitoremediasi, penambahan *biochar* berpotensi dapat mengatasi permasalahan tanah yang tercemar logam berat, sehingga dengan fitoremediasi dan penggunaan *biochar* diharapkan konsentrasi logam berat dapat diturunkan. Tentunya, pengaruh berbagai jenis *biochar* akan berbeda tergantung pada komposisi dan sifat-sifat kimia bahan dasarnya.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlakuan berbagai jenis *biochar* meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam duri pada tanah tercemar logam berat.
2. Perlakuan berbagai jenis *biochar* menurunkan serapan Cu dan Zn pada tanaman bayam duri pada tanah tercemar logam berat.
3. Perlakuan berbagai jenis *biochar* menurunkan ketersediaan logam berat Cu dan Zn pada tanah tercemar logam berat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ketersediaan Cu dan Zn dalam Tanah

Logam berat di dalam tanah terdapat dalam beberapa bentuk yang menentukan ketersediaannya untuk tanaman (Salam dkk., 2022). Pada tanah subur, unsur hara mikro seperti Cu dan Zn dibutuhkan relatif sedikit. Jika konsentrasi logam berat ini melebihi batas yang dapat ditoleransi oleh tanaman maka logam berat ini akan menjadi racun bagi tanaman. Menurut Surbakti (2011), tingginya Cu dan Zn dalam lingkungan dapat berubah akibat aktivitas manusia.

Karbassi (2018) menyatakan bahwa kegiatan berindustri yang intensif dan aktivitas manusia telah mengakibatkan pelepasan limbah logam berat ke lingkungan. Logam berat juga dapat berpindah dari lingkungan ke organisme dan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan. Logam berat yang ada pada perairan, suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi dan juga menyebabkan masyarakat yang menggunakan air yang mengandung logam berat tersebut akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Pada konsentrasi yang tinggi, limbah tersebut menyebabkan kontaminasi bakteriologis serta beban nutrisi yang berlebihan (*eutrophication*).

Logam berat dapat terdistribusi di dalam tanah dengan beberapa bentuk bioavailabilitas seperti ion bebas, ion kompleks, bentuk yang dapat dipertukarkan, endapan, dan mineral (Salam, 2017). Bentuk-bentuk tersebut sangat mempengaruhi makhluk hidup yang ada di sekitarnya seperti tanaman. Hal ini berkaitan dengan

penyerapan logam berat oleh akar tanaman dan toksisitas logam berat (Adhani dan Husaini, 2017).

2.2 Penyerapan Cu dan Zn oleh Tanaman Bayam Duri

Salah satu cara dalam menurunkan konsentrasi logam berat di dalam tanah adalah dengan cara fitoremediasi. Menurut Dwinata dkk. (2015) fitoremediasi merupakan salah satu metode alternatif yang efektif, murah, dan ramah lingkungan dalam menurunkan konsentrasi logam berat pada tanah. Fitoremediasi merupakan cara untuk memulihkan tanah yang telah terkontaminasi logam berat dengan menggunakan tanaman yang bersifat hiperakumulator sebagai alat untuk menyerap logam berat dari dalam tanah (Wahyudi, 2011). Tanaman hiperakumulator adalah spesies tanaman yang mampu mengakumulasi logam berat 100 kali lipat dibandingkan tanaman pada umumnya (Hardiani, 2009).

Salah satu tanaman hiperakumulator adalah bayam yang berada dalam keluarga *Amaranthaceae*. Keluarga *Amaranthaceae* memiliki sekitar 60 genera dan terbagi dalam sekitar 800 spesies bayam. Namun, penggolongan jenis bayam dibedakan atas 2 macam, yaitu bayam liar dan bayam budidaya. Bayam liar dikenal 2 jenis, yaitu bayam tanah (*A. blitum* L.) dan bayam berduri (*A. spinosus* L.) (Mohamad, 2011).

Menurut Mohamad (2011), tanaman bayam duri dapat dimanfaatkan sebagai adsorben karena mengandung protein yang memiliki gugus amina (-NH₂), gugus sulfidril (-SH), dan gugus hidroksil (-OH) yang dapat mengikat logam berat. Saat terkena kontaminasi logam berat, tanaman ini akan menghasilkan fitokhelatin yang terbentuk untuk memfasilitasi penyerapan logam berat. Menurut Cobbet (2000), fitokhelatin dalam tumbuhan dapat membentuk kompleks dengan logam berat dan berfungsi sebagai detoksifikasi tumbuhan dari logam berat.

Tanaman yang toleran terhadap logam berat memiliki mekanisme pertahanan yang berkaitan dengan sel dan enzim antioksidan yang melindungi beberapa proses fisiologis vital untuk mencegah kerusakan akibat bentuk-bentuk oksigen reaktif karena cekaman yang disebabkan oleh kandungan logam. Penyimpanan logam di dalam akar mencegah pentranslokasian logam berat menuju tajuk (Panda dan Choudhury, 2005). Metode penyerapan dan akumulasi logam oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang bersinambungan, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tanaman dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan atau tanaman tersebut (Priyanto dan Prayitno, 2006).

2.3 Teknik Penurunan Konsentrasi Logam Berat dalam Tanah

Tanah yang telah tercemar logam berat dapat ditanggulangi secara fisika melalui pencucian dan penggunaan bahan organik (Sukmana dkk., 1986).

Penanggulangan logam berat secara fisika dengan cara pencucian melarutkan unsur-unsur logam berat dengan air dan membawa keluar dari lahan tersebut melalui saluran drainase. Cara ini dilakukan dengan menggenangi lahan yang tercemar logam berat dengan air dari saluran irigasi yang tidak terkontaminasi logam berat. Setelah tergenang maka unsur logam berat tersebut akan terlarut dengan air sehingga dapat dikeluarkan dari saluran drainase. Namun, cara ini hanya memindahkan logam berat ke tempat lain sehingga cara ini tidak efektif dalam menurunkan konsentrasi logam berat. Selain itu, kendala lain adalah sulitnya mencari sumber air yang benar-benar bersih dari unsur pencemar (logam berat) (Kurnia dkk., 2003).

Teknik dasar penanggulan logam berat secara biologi adalah dengan vegetasi pengikat logam berat. Teknologi untuk memperbaiki lahan dengan menggunakan tanaman yang dikenal dengan sebutan fitoremediasi (Hasegawa, 2002). Fitoremediasi ini berjalan secara alami dengan enam tahapan proses-proses yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan di sekitarnya (Pivetz, 2001), yaitu:

1. Fitostabilisasi adalah akar tumbuhan mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan zat kontaminan dalam zona akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat inorganik.
2. Fitoekstraksi adalah akar tumbuhan menyerap zat kontaminan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan. Proses ini cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat inorganik.
3. Rizofiltrasi adalah akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada akar atau mengabsorpsi larutan zat kontaminan sekitar akar ke dalam akar.
4. Fitodegradasi adalah organ tumbuhan menguraikan zat kontaminan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan atau secara enzimatik.
5. Rizodegradasi adalah zat kontaminan diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat oleh ragi, fungi, dan eksudat. Proses ini adalah tepat untuk dekontaminasi zat organik.
6. Fitovolatilisasi adalah penyerapan zat kontaminan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer.

Perbaikan tanah tercemar logam berat dapat juga dilakukan dengan penggunaan bahan organik dan dapat dikatakan sebagai teknik dasar penurunan konsentrasi logam berat secara kimia. Kapasitas jerap tanah terhadap logam berat dapat ditingkatkan dengan pengapuran dan/atau pemberian bahan organik (Salam dkk., 1998). Pemberian bahan organik akan meningkatkan muatan negatif pada tanah, sehingga konsentrasi logam berat akan menurun karena terikat.

2.4 Sifat dan Peranan *Biochar* dalam Menurunkan Konsentrasi Logam Berat

Biochar adalah arang hayati hasil dari proses pemanasan biomassa pada keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. *Biochar* memiliki sifat yang alkalin sehingga dapat menyebabkan logam berat menjadi bentuk tidak tersedia di dalam tanah (Khan dkk., 2018). *Biochar* merupakan biomassa organik yang mengalami proses termolisis dan dapat dibuat dengan skala yang sederhana dapat dikembangkan

untuk mengatasi permasalahan lingkungan pencemaran hingga level terendah seperti pada tanah pertanian.

Biochar memiliki kemampuan menstabilkan logam berat pada tanah yang tercemar dengan menurunkan secara nyata penyerapan logam berat oleh tanaman dan dapat meningkatkan kualitasnya dengan memperbaiki sifat-sifat fisika kimia dan biologi tanah. Oleh karena itu, penerapan *biochar* berpotensi untuk dapat memberikan solusi untuk perbaikan dari tanah yang tercemar oleh logam berat. Stabilisasi logam berat dalam tanah dengan penerapan *biochar* dapat melibatkan sejumlah mekanisme, di antaranya adalah proses penjerapan. Aplikasi *biochar* dapat mengurangi mobilitas logam berat pada tanah tercemar logam berat sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman karena sudah tidak tersedia bagi tanaman. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa *biochar* dapat menjerap Cu, Hg, Ni, dan Cr baik dari tanah dan air, dan Cr dalam tanah tercemar logam berat (Skjemstad dkk., 2002 dan Cheng dkk., 2006).

Kualitas *biochar* ditentukan oleh proses pembuatan dan bahan bakunya. *Biochar* dapat diproduksi dari berbagai bahan yang mengandung ligniselulosa, seperti kayu, sisa tanaman (jerami padi, sekam padi, tandan kosong kelapa sawit dan limbah sagu) dan pupuk kandang (Maguire dan Agblevor, 2010).

Biochar sekam padi merupakan bahan pembenah tanah alternatif yang diketahui mampu meningkatkan pH, C-organik, dan P-tersedia tanah, mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Herman dan Resigia, 2018). Hasil penelitian Herhandini dkk. (2021) menunjukkan bahwa *biochar* sekam padi berpengaruh terhadap peningkatan pH, C-organik, dan P-tersedia pada tanah.

Limbah batang dan tongkol jagung merupakan limbah biomassa potensial untuk menjadi bahan *biochar*. Hasil penelitian Yuananto dan Utomo (2018) menunjukkan bahwa penambahan *biochar* limbah biomassa jagung mampu meningkatkan pH tanah dan serapan hara pada tanaman sekaligus mengurangi pemupukan NPK menjadi 75%.

Biochar sekam, kulit kakao, batang singkong, dan tongkol jagung dapat meningkatkan kandungan C-organik di dalam tanah dan memberikan pengaruh yang nyata. Namun, belum mampu meningkatkan retensi air di dalam tanah secara nyata (Siahaan, 2016). Selain itu pula proporsi kandungan lignin, selulose dan hemiselulose dalam biomassa menentukan hasil biochar (Brownsort, 2009), dan dalam proses pembuatannya akan menentukan struktur serta kandungan nutrisi di dalamnya (Mustaqiman dkk., 2021). Gani (2009) juga menyatakan bahwa keuntungan lain dari biochar bagi tanah adalah bahwa karbon pada biochar bersifat stabil dan dapat tersimpan selama ribuan tahun di dalam tanah, namun sifatnya berbeda.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Percobaan lapang dilaksanakan dari bulan Oktober-Desember 2022 di rumah plastik Perguruan Tinggi Al-Madani. Analisis tanah dan logam berat dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Ilmu Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu botol film, gelas ukur, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), botol kocok, erlenmeyer, gelas *beaker*, kertas saring *whatman*, labu ukur, pH meter, neraca analitik, *shaker*, dan spatula.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih tanaman bayam duri, tanah yang sudah tercemar logam berat yang berasal dari Sidosari, larutan HNO_3 , HCl , aquades, dan *biochar* yang berasal dari sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong. Ketiga bahan *biochar* ini digunakan untuk mengurangi mobilitas logam berat pada tanah tercemar logam berat. Selain itu, juga merupakan salah satu upaya pemanfaatan limbah untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

3.3 Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan 2 faktor dan diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah tanah tercemar logam berat limbah industri 25 tahun yang lalu (3 taraf): 0, 15, dan 60 Mg ha⁻¹ dan faktor kedua adalah berbagai macam *biochar* (3 jenis): sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong sehingga percobaan terdiri dari 3 x 3 x 3 atau 27 satuan percobaan yang disusun dalam rancangan acak lengkap seperti pada Gambar 2.

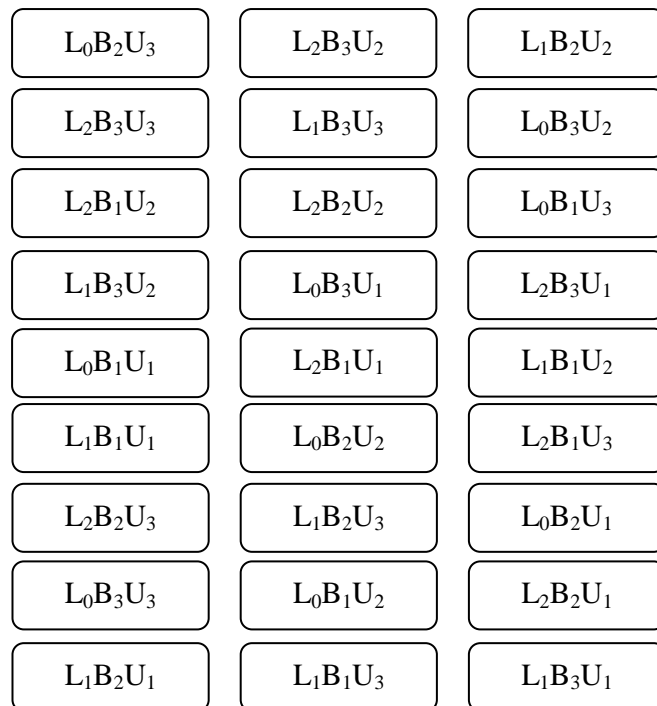
3.4 Tata Letak Penelitian

Tata letak percobaan disajikan pada Gambar 2.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Pengambilan media tanam

Pengambilan media tanam dilakukan dengan mengkompositkan contoh tanah dari beberapa titik pengambilan dan perlakuan percobaan yang sudah tercemar logam berat di daerah Sidosari, Natar, Lampung Selatan dari 3 blok tanah yang sudah ada sesuai dengan perlakuan pada tahun 1998 yang terdiri dari perlakuan limbah industri logam berat dengan tingkat 0, 15, dan 60 Mg ha⁻¹, tanpa kompos daun singkong, dan tanpa kapur. Tanah yang sudah dikompositkan kemudian dikeringkan, dihaluskan, dan diaduk rata, dan ditimbang sebanyak 300 g lalu dimasukkan ke dalam pot plastik.



Gambar 2. Tata letak percobaan dalam rancangan acak lengkap

Keterangan :

L₀ : Tanah berlogam berat konsentrasi rendah (Limbah industri 0 Mg ha⁻¹)

L₁ : Tanah berlogam berat konsentrasi sedang (Limbah industri 15 Mg ha⁻¹)

L₂ : Tanah berlogam berat konsentrasi tinggi (Limbah industri 60 Mg ha⁻¹)

B₁ : *Biochar* sekam padi

B₂ : *Biochar* tongkol jagung

B₃: *Biochar* batang singkong

3.5.2 Pengujian awal media tanam

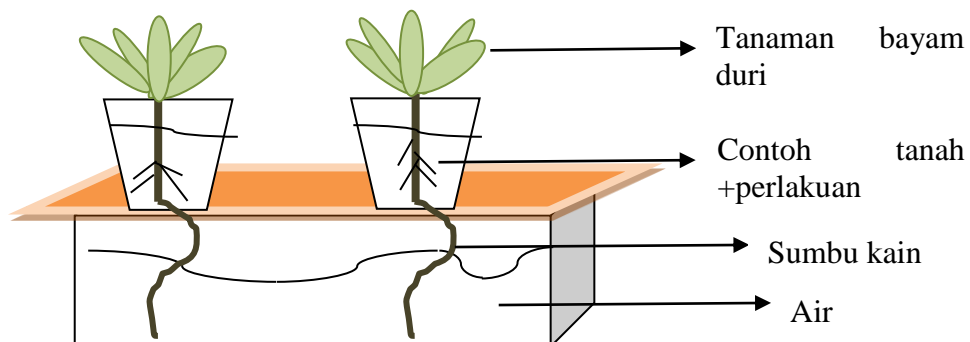
Pengujian awal media tanam merupakan tahap awal pemeriksaan contoh tanah. Pengujian meliputi mengukur pH tanah dan kandungan logam Cu dan Zn yang terdapat di dalam tanah sebelum diberi perlakuan.

3.5.3 Pengaplikasian *biochar*

Tahap ini dilakukan pengaplikasian *biochar* (B_1 , B_2 , B_3) ke dalam tanah yang sudah tercemar logam berat (L_0 , L_1 , L_2). *Biochar* tersebut diaplikasikan ke dalam tanah dengan cara pencampuran tanah dan *biochar* sesuai dosis di atas lembaran plastik bersih lalu dimasukkan ke dalam pot plastik. Benih bayam duri ditanam setelah campuran contoh tanah dan *biochar* dibasahi air sampai kadar air kapasitas lapang.

3.5.4 Penyiraman

Penyiraman tanaman dilakukan dengan menggunakan air secara kapiler dengan *reservoir* air di bawah pot (Gambar 3). Air tanah dan tanaman terjaga pada kapasitas lapang.



Gambar 3. Teknik pengairan pot percobaan dengan cara kapiler.

3.5.5 Penanaman benih bayam duri

Benih bayam duri ditanam setelah dilakukan penyemaian. Setelah dilakukan penanaman selama satu pekan, dilakukan penjarangan dengan menyisakan satu tanaman yang sehat.

3.5.6 Pemeliharaan tanaman dan panen

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan menyiram tanaman secara rutin dengan cara kapiler (Gambar 3). Pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan penyemprotan insektisida jika tanaman terserang hama dan penyakit. Pada pekan ke-4 setelah tanam dari bibit, dilakukan pemanenan dengan memotong bagian tanaman yang ada di permukaan tanah kemudian ditimbang. Pemanenan juga dilakukan pada akar tanaman dengan cara akar dibersihkan dari tanah dengan dibilas perlahan dengan menggunakan air. Berat kering akar dan tajuk ditimbang setelah pengovenan dengan suhu 60⁰C selama 3 x 24 jam. Panen tanah dilakukan juga pada contoh tanah yang sudah diberi perlakuan.

3.5.7 Analisis tanah dan tanaman

Analisis tanah dan tanaman 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 Spectroscopy* (AAS). Dalam analisis tanah dengan menggunakan larutan pengestrak HNO₃ 1 N, sedangkan analisis tanaman dengan menggunakan metode pengabuan.

3.6 Peubah Pengamatan

Peubah pengamatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Peubah utama : kandungan Cu dan Zn pada tersedia pada tanah dan serapannya pada tanaman bayam duri serta tinggi tanaman setiap pekan.

Peubah pendukung : pH tanah, Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan berat kering akar dan tajuk tanaman bayam duri.

3.7 Analisis Data

Dilakukan analisis kuantitatif untuk mengetahui kadar logam Cu dan Zn pada sampel tanah dan tanaman dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) di Laboratorium Ilmu Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Selanjutnya, homogenitas ragam data yang diperoleh diuji dengan Uji Bartlet dan aditivitas data diuji dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi (dengan antarperlakuan homogen dan data bersifat menambah) maka data dianalisis dengan sidik ragam. Perbedaan nilai tengah perlakuan, diuji dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pertumbuhan bayam duri pada perlakuan *biochar* tongkol jagung nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan *biochar* sekam padi, namun perlakuan *biochar* tongkol jagung tidak berbeda nyata dibandingkan perlakuan *biochar* batang singkong.
2. Pemberian berbagai jenis *biochar* tidak mempengaruhi serapan Cu pada bayam duri. Namun mempengaruhi serapan Zn pada bayam duri tertinggi pada perlakuan *biochar* tongkol jagung.
3. Serapan Cu dan Zn pada tanaman bayam duri cenderung meningkat dengan meningkatnya ketersediaan Cu dan Zn pada tanah tercemar logam berat.
4. Pemberian berbagai jenis *biochar* tidak mempengaruhi Cu dan Zn tersedia di dalam tanah.

5.2 Saran

Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan tanaman dan *biochar* lainnya untuk melihat kemampuan menurunkan konsentrasi logam berat pada tanah tercemar logam berat. Selain itu juga mengingat semakin meningkatnya kegiatan manusia yang menghasilkan atau meningkatkan kandungan logam berat di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R. dan Husaini. 2017. *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin.
- Amelia, R.A., Rachmadiarti, F., dan Yuliani. 2015. Analisis Kadar Logam Berat Pb dan Pertumbuhan Tanaman Padi di Area Persawahan Dusun Betas, Desa Kapulungan, Gempol-Pasuruan. *LenteraBio*. 4(3): 187-191.
- Brownsort, P. 2009. *Biomass Pyrolysis processes: Review of scope, control, and Variability*. UK Biochar Research Centre. Edinburgh. 39 hlm.
- Cheng, C.H., Lehman, J., Thies, J.E., Burton, S.D., dan Engelhard, M.H. 2006. Oxidation of Black Carbon by Biotic and Abiotic Processes. *Organic Geochemistry*. 37 (11): 1477-1488.
- Cobbet, C. S. 2000. Phytochelatin Biosynthesis and Function in Heavy Metal Detoxification. *Current Opinion in Plant Biology*. 3: 211-216.
- Dwinata, R., Nafie, N. L., dan Liong, S. 2015. Potensi Bayam Duri (*Amaranthus spinosus* L.) sebagai Tanaman Hiperkumulator Ion Logam Timbal (Pb^{2+}). *Jurnal Entropi*. 3 (1): 1-10.
- Erfandi, D. dan Juarsah, I. 2014. Teknologi Pengendalian Pencemaran Logam Berat pada Lahan Pertanian. *Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 268 hlm.
- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati (Biochar) sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *IPTEK Tanaman Pangan*. 4 (1): 33-48.

- Hardiani, H. 2009. Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *Jurnal Selulosa*. 44(1): 27-40.
- Hariyono, B. 2021. Multifungsi Biochar dalam Budidaya Tebu. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 13(2): 94-112.
- Hasegawa, I. 2002. Phytoremediation a Novel Strategy for Removing Toxic Heavy Metals for Contaminated Soils Using Plants. *Farming Japan*. 36 (6): 10-15.
- Haynes, R. J., dan Mokolobate, M. S. 2001. Amelioration of Al Toxicity and P Deficiency in Acid Soils by Additions of Organic Residues: A Critical Review of The Phenomenon and The Mechanisms Involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 59(1): 47-63.
- 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.
- Herman, W. dan Resigia, E. 2018. Pemanfaatan Biochar Sekam dan Kompos Jerami Padi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi (*Oryza sativa*) pada Tanah Ordo Ultisol. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 15(1) : 42-50.
- Hidayat, B. 2015. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat dengan Menggunakan Biochar. *Jurnal Pertanian Tropik*. 2(1): 31-42.
- Ippolito, J., Laird, D., dan Busscher, W. 2012. Environmental Benefits of Biochar. *Journal of Environmental Quality*. 41(4): 967-972.
- Karbassi, A. R., Monavari, S. M., Nabi, B, G. R., Nouri, J., dan Nematpour, K. 2018. Metal Pollution Assessment of Sediment and Water in the Shur River. *Environ. Monitor. Assess.* 147(1-3): 107-116.
- Khan, M.Z.H., Hasan, M.R., Khan, M., Aktar, S. and Fatema, K. 2018. Distribution of Heavy Metals in Surface Sediments of the Bay of Bengal Cost. *Journal of Toxicology*. 2017. 1-7.
- Kurnia, U., Erfandi, D., Sutono, S., dan Kusnadi, H. 2003. Penelitian Rehabilitasi dan Reklamasi Tanah Sawah Tercemar Limbah Industri Tekstil di Kabupaten Bandung. *Laporan Akhir*. Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Tanah dan Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian

Partisipatif dengan Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Daerah Kabupaten Bandung. Balai Penelitian Tanah Puslitbangtanah. Bogor.

- Kurniawan, A., Haryono, B., Baskara, M., dan Tyasmoro, S. Y. 2016. Pengaruh Penggunaan Biochar pada Media Tanam terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(2): 153-160.
- Lubis, D.S., Hanafiah, A.S., dan Sembiring, M. 2015. Pengaruh pH Terhadap Pembentukan Bintil Akar, Serapan Hara N, P dan Produksi Tanaman pada Beberapa Varietas Kedelai pada Tanah Inseptisol Di Rumah Kasa. *Jurnal Online Agroteknologi*. 3(3): 1111-1115.
- Madjid, A.R. 2009. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Fakultas Pertanian Unsri dan Program Pascasarjana Unsri. Palembang.
- Maguire, R. O dan Agblevor, F.A. 2010. *Biochar in Agricultural Systems*. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. Virginia. 311-442.
- Mohamad, E. 2011. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) dalam Tanah dengan Menggunakan Bayam Duri *Amaranthus spinosus* L. *Jurnal Entropi*. 3(1): 562-571.
- Mustaqiman, A. N., Wirosodarmo, R., Suharto, B., Ilham, A., dan Suwito, H. 2021. Pengaruh Biochar Sekam Padi dan Tongkol Jagung terhadap Penurunan Logam Fe. *Jurnal Envirotek*. 13(2): 1-9.
- Nurida, N. L. 2014. Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitas Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 8(3): 57-68.
- Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Panda, S. K. dan Choudhury, S. 2005. Chromium Stress in Plant. *Brazil Journal Plant Physiologi*. 17(1): 95-102.
- Park, J.H., Girish, K. C., Nanthi, S. B., Jae, W. C., dan Thammared, C. 2011. Biochar Reduces the Bioavailability and Phytotoxicity of Heavy Metals. *Plant Soil*. 348: 439-451.
- Pivetz, B. E. 2001. *Ground Water Issue Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites*. Technology Support Project. Washington. 1-36.

- Priyanto, B. dan Prayitno, J. 2006. *Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khusus Logam Berat*.
<http://lftl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm>. Diakses pada tanggal 13 September 2022. 18.25 WIB.
- Putriani, S. S., Yusnaini, S., Septiana, L. M., dan Dermiyati. 2022. Aplikasi Biochar dan Pupuk P terhadap Ketersediaan dan Serapan P pada Tanaman Jagung Manis (*Zea mays Saccharata Sturt.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(4): 615-626.
- Rahayu, S. T., Fatadila, M., Verawati, E. Y., dan Triana, M. 2014. Respon Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap Logam Berat Pb dan Cd di Sungai Pegangasaan Dua. *Pharmaceutical Sciences and Research*. 1(1): 9-15.
- Rahmawati, V., Sumarsono., dan Slamet, W. 2013. Nisbah Daun Batang, Nisbah Tajuk Akar dan Kadar Serat Kasar Alfalfa (*Medicago sativa*) pada Pemupukan Nitrogen dan Tinggi Defoliiasi Berbeda. *Animal Agriculture Journal*. 2(1): 1-8.
- Sa'ad, N. S., Artanti, R., dan Dewi, T. 2009. Fitoremediasi untuk Rehabilitasi Lahan Pertanian Tercemar Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu). *Jurnal Tanah dan Iklim*. 46(30): 59-66.
- Salam, A. K. 1995. Imobilisasi Logam Berat di dalam Tanah Selama 15 Tahun. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*. 3(1): 20-27.
- Salam, A. K., Djuniwati, S., dan Novpriansyah, H. 1998. Perubahan Kelarutan Seng Asal Limbah Industri di dalam Tanah Tropika Akibat Penambahan Kapur dan Kompos Daun Singkong. *Jurnal Tanah Tropika*. 6 (1): 111-117.
- Salam, A.K. 2017. *Management of Heavy Metals in Tropical Soil Environment*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 270 hlm.
- Salam, A.K., dan Ginanjar, K. 2018. Tropical Soil Labile Fractions of Copper in The Experimental Plots \pm Ten Years After Application of Copper-Containing-Waste. *J. Trop Soils*. 23(1): 11-18.
- Salam, A. K., dan Sriyani, N. 2019. *The Chemistry and Fertility of Soils Under Tropical Weeds*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 190 hlm.
- Salam, A.K. 2020. *Ilmu Tanah*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 393 hlm.

- Salam, A.K., Pakpahan, A.F., Susilowati G., Fernando, N., Sriyani, N., Sarno., Novpriansyah, H., Yusnaini, S., dan Dermiyati. 2021. *Research Article*. 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*. 14 hlm.
- Salam, A.K. 2022. The Potential Roles of Biochar in Restoring Heavy-Metal-Polluted Tropical Soils and Plant Growth. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.105791>. Diakses pada tanggal 17 Juli 2023. 22.50 WIB.
- 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.
- Satriawan, B. D. dan Handayanto, E. 2015. Effect of Biochar and Crop Residues Application on Chemical Properties of a Degraded Soil of South Malang, and P Uptake by Maize. *Journal of Degraded Andmining Lands*. 2(2): 271-281.
- Siahaan, D. C. 2016. Pengaruh Berbagai Jenis Biochar Terhadap Retensi Air, C-Organik, dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L) di Lahan Kering. *Skripsi*. Malang. Universitas Brawijaya.
- Sinaga, R. 2008. Keterkaitan Nisbah Tajuk Akar dan Efisiensi Penggunaan Air pada Rumput Gajah dan Rumput Raja Akibat Penurunan Ketersediaan Air Tanah. *Jurnal Biologi Sumatra*. 3(1): 29-35.
- Siringoringo, H. H. dan Siregar, C. A. 2011. Pengaruh Aplikasi Arang terhadap Pertumbuhan Awal *Michelia Montana* Blume dan Perubahan Sifat Kesuburan Tanah pada Tipe Tanah Latosol. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8(1): 65-85.
- Skjemstad, J. O., Riscosky, D.C., McGowan, J.A. dan Wilts, A.R. 2002. Charcoal Carbon in U.S. Agricultural soils. *Soil Science Society of America Journal*. 66: 1249-1255.
- Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macedo, J. L. V., Blum, W. E. H., dan Zech, W. 2007. Long Term Effects of Manure, Charcoal and Mineral Fertilization on Crop Production and Fertility on a Highly Weathered Central Amazonian Upland Soil. *Plant and Soil*. 291(1): 275-290.

- Sudarmaji., Mukono, J., dan Corie, I.P. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2(2): 129-142.
- Suhedrayatna. 2001. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan (Heavy Metal Bioremoval by Microorganisms: A Literature Study)*. Institute for Science and Technology Studies (ISTECS). Chapter Japan, disampaikan pada Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. <https://www.mail-archive.com/lingkungan@indoglobal.com/msg01058.html>. Diakses pada tanggal 20 April 2022. 20.13 WIB.
- Sujana, I.P., Lanya, I., Subadiyasa, I. N. N., dan Suarna, I. W. The Effect of Dose Biochar and Organic Matters on Soil Characteristic and Corn Plants Growth on the Land Degraded by Garment Liquid Waste. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 4(5): 77-88.
- Sukamto. 1995. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Penanaman Terhadap Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb oleh Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Sukmana, S., Prawirasumantri, J., Sodik, M., dan Rustandi, M. 1986. *Laporan Penelitian Mengatasi Keracunan Limbah Pengeboran Minyak*. Pusat Penelitian Tanah-Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Surbakti, P. 2011. Analisis Logam Berat Cadmium (Cd), Cuprum (Cu), Cromium (Cr), Ferrum (Fe), Nikel (Ni). Zinkurn (Zn) pada Sedimen Muara Sungai Asahan di Tanjung Balai dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Tesis*. Universitas Sumatera Utara.
- Tarigan, Z., Edward., dan Rozak, A. 2003. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam Air Laut dan Sedimen di Muara Sungai Membramo, Papua Dalam Kaitannya Dengan Kepentingan Budidaya Perikanan. *Makara Sains*. 7 (3): 119-127.
- Verlo, M. 1993. Chemical Aspect of Soil Polution. *ITC-Gen Publications Series*. 4: 17-46.
- Wahyudi, I. 2011. *Serapan Tembaga Oleh Tanaman Petsai (Brassica chinensis L.) Akibat Pemberian Tembaga Pada Entisol Sidera*. Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako. Palu.

- Widowati, W., Sastiono, A., dan Yusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangannya*. Andy. Yogyakarta. 410 hlm.
- Widyantika, S. D. dan Priyono, S. 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.
- Wong, M. T. F. dan Swift, R. S. 2001. Application of Fresh and Humified Organic Matter to Ameliorate Soil Acidity. *Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments, and Water*. 235-242.
- Yanthy, K. I., Sahara, E., dan Dewi, K. S. P. 2013. Spesiasi dan Bioavailitas Logam Tembaga (Cu) Pada Berbagai Ukuran Partikel Sedimen di Kawasan Pantai Sanur. *Jurnal Kimia*. 7(2): 141-152.
- Yuananto, H. dan Utomo W.H. 2018. Pengaruh Aplikasi Biochar Tongkol Jagung Diperkaya Asam Nitrat terhadap Kadar C-Organik, Nitrogen, dan Pertumbuhan Tanaman Jagung pada Berbagai Tingkat Kemasaman Tanah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 5(1): 655-662.
- Zhang, P., Sun, H., Yu, L., dan Sun, T. 2013. Adsorption and Catalytic Hydrolysis of Carbaryl and Atrazine on pig Manure-derived Biochars: Impact of Structural Properties of Biochars. *Journal Hazard Mater*. 244-245: 217-224.