

**KETERSEDIAAN UNSUR HARA MIKRO Cu DAN Zn DI DALAM
TANAH DAN SERAPANNYA OLEH TANAMAN JAGUNG AKIBAT
PEMBERIAN BERBAGAI JENIS BIOCHAR DAN PUPUK P**

(Skripsi)

Oleh

Tri Lestari

1914181019



**JURUSAN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

KETERSEDIAAN UNSUR HARA MIKRO Cu DAN Zn DI DALAM TANAH DAN SERAPANNYA OLEH TANAMAN JAGUNG AKIBAT PEMBERIAN BERBAGAI JENIS BIOCHAR DAN PUPUK P

Oleh

TRI LESTARI

Ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah memengaruhi serapannya oleh tanaman. Tanah Ultisol memiliki karakteristik P-tersedia dan pH tanah yang rendah sehingga memerlukan pemupukan P dan pemberian biochar untuk mengurangi penjerapan P oleh koloid tanah. Namun, pemupukan P dan pemberian biochar kemungkinan dapat mempengaruhi Cu dan Zn tersedia di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pengaplikasian berbagai jenis biochar, pemupukan P, dan interaksi keduanya terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung. Rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah biochar (B) yang terdiri dari B₁ = biochar sekam padi 10 Mg ha⁻¹, B₂ = biochar tongkol jagung 10 Mg ha⁻¹ dan B₃ = biochar batang singkong 10 Mg ha⁻¹. Faktor kedua adalah pemupukan P yang terdiri dari P₀ = tanpa pupuk P dan P₁ = Pupuk P (222,2 kg TSP ha⁻¹). Data dianalisis dengan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji BNJ 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian berbagai jenis biochar menurunkan ketersediaan Zn di dalam tanah namun, tidak berpengaruh terhadap Cu-tersedia. Sementara itu pemberian pupuk P tidak berpengaruh nyata pada ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah. Interaksi pemberian biochar dan pupuk P dapat meningkatkan serapan Cu dan menurunkan serapan Zn pada brangkasan tanaman jagung dan meningkatkan serapan Zn pada biji jagung.

Kata kunci: Biochar, Cu, Ketersediaan, Pupuk P, Zn

ABSTRACT

AVAILABILITY OF MICRONUTRIENTS Cu AND Zn IN SOIL AND THEIR UPTAKE BY CORN PLANTS DUE TO APPLICATION OF VARIOUS TYPES OF BIOCHAR AND PHOSPHORUS FERTILIZER

By

TRI LESTARI

The availability of Cu and Zn in soil affects their uptake by plants. Ultisol soil has low P-availability and low soil pH requires P fertilization and biochar to reduce P adsorption by soil colloids. However, applications of P fertilization and biochar may affect Cu and Zn available in the soil and their uptake by plants. This research aimed to study the effect of the application of various types of biochar, P fertilization, and their interaction on the availability of Cu and Zn in the soil and their uptake by corn plants. The design used was a Randomized Block Design (RBD) consisting of two factors. The first factor was biochar (B) which consisted of B₁ = rice husk biochar 10 Mg ha⁻¹, B₂ = corn cob biochar 10 Mg ha⁻¹ and B₃ = cassava stem biochar 10 Mg ha⁻¹. Then, the second factor was P fertilization which consisted of P₀ = no P fertilizer and P₁ = P (fertilizer 222.2 kg TSP ha⁻¹). Data were analyzed using analysis of variance and continued with the 5% HSD test. The results showed that the application of various types of biochar significantly decreased the availability of Zn in the soil, but the availability of Cu was not affected. Meanwhile, the application of P fertilizer did not significantly affect the availability of Cu and Zn in the soil. The interaction of biochar and P fertilizer has increased Cu uptake and reduced Zn uptake in corn shoots and increased Zn uptake in corn seeds.

Keywords: Availability, Biochar, Cu, P Fertilization, Zn

**KETERSEDIAAN UNSUR HARA MIKRO Cu DAN Zn DI DALAM
TANAH DAN SERAPANNYA OLEH TANAMAN JAGUNG AKIBAT
PEMBERIAN BERBAGAI JENIS BIOCHAR DAN PUPUK P**

Oleh

Tri Lestari

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Petanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul : **KETERSEDIAAN UNSUR HARA MIKRO
Cu DAN Zn DI DALAM TANAH DAN
SERAPANNYA OLEH TANAMAN JAGUNG
AKIBAT PEMBERIAN BERBAGAI JENIS
BIOCHAR DAN PUPUK P**

Nama Mahasiswa : **Tri Testari**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1914181019**

Jurusan : **Ilmu Tanah**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**

Dr. Supriatin, S.P., M.Sc.
NIP 197912192005012001

Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si.
NIP 198809192019032014

2. **Ketua Jurusan Ilmu Tanah**

Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.
NIP 196611151990101001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Liska Mutiara Septiana, S.P, M.Si.** 

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

Dekan Fakultas Pertanian

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

NIP 196110201986031002



Tanggal Ujian Lulus Skripsi : **1 November 2023**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"Ketersediaan Unsur Hara Mikro Cu dan Zn di dalam Tanah dan Serapannya oleh Tanaman Jagung Akibat Pemberian Berbagai Jenis Biochar dan Pupuk P"** merupakan hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian dosen, yaitu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., Prof. Dr. Ir. Jamalam Lumbanraja, M.Sc., Dr. Supriatin, S.P., M.Sc., dan Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si. dengan sumber dana DIPA Fakultas Pertanian, Universitas Lampung T.A 2022. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi ini ditemukan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 6 November 2023
Yang membuat pernyataan



Tri lestari
1914181019

RIWAYAT HIDUP

Tri Lestari. Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 26 April 2001 sebagai anak ketiga dari 4 bersaudara dari pasangan Bapak Samsir Hidayat, S.Pd. dan Ibu Muryati, S.Pd. Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 2 Talang pada tahun 2007-2013, lalu melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 3 Bandar Lampung pada tahun 2013-2016 dan selanjutnya menempuh pendidikan di SMA Negeri 2 Bandar Lampung pada 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 SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam mengikuti kegiatan akademik dan organisasi. Untuk kegiatan akademik penulis pernah mengikuti Program Pertukaran Mahasiswa Tanah Air Nusantara–Sistem Alih Kredit (PERMATA-SARI) di Universitas Singaperbangsa Karawang (UNSIKA) dengan matakuliah Pertanian Organik, kemudian di Universitas Pembangunan Nasional (UPN) Veteran Jakarta dengan matakuliah *Big Data*. Selain itu, penulis pernah menjadi asisten dosen praktikum Biologi Dasar, Biologi Tanah, Kimia Dasar, Kimia Dasar Organik, Kimia Tanah, dan Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Sedangkan untuk kegiatan organisasi, penulis pernah tergabung dalam Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung (GAMATALA) pada tahun 2020-2023.

Pada bulan Februari-Maret tahun 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Panjang Selatan, Kecamatan Panjang, Bandar Lampung. Kemudian pada bulan Juli-Agustus 2022 melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di P4S Jaya Anggara Farm.

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan semua rangkaian penelitian dan penulisan skripsi dengan judul “Ketersediaan Unsur Hara Mikro Cu dan Zn di dalam Tanah dan Serapannya oleh Tanaman Jagung akibat Pemberian Berbagai Jenis Biochar dan Pupuk P”.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ir. Hery Novpriyansah, M.Si., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Dr. Supriatin, S.P., M.Sc., selaku dosen pembimbing utama atas bimbingan, nasihat, ilmu, dan motivasi selama penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Liska Mutiara Septiana, S.P, M.Si., selaku dosen pembimbing kedua dan Pembimbing DP2S atas ide, bimbingan, motivasi, nasihat, serta kesabarannya selama penulis menjalankan proses penelitian dari awal hingga akhir, sampai penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Abdul Kadir Salam, M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran, dan kritik yang membangun dalam penulisan skripsi.
6. Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D., selaku pembimbing akademik atas arahan, saran, motivasi, arahan, dan bimbingan yang telah diberikan selama penulis melaksanakan perkuliahan.

7. Kedua orangtuaku tercinta Ibu Muryati dan Bapak Samsir Hidayat yang telah mencurahkan segala dukungan, kasih sayang, cinta, serta do'a yang tulus dan semangat sepanjang hidup penulis.
8. Kakak-kakakku Feni Safitri, S.St, dan Dwi Anggraini, S.Tr.Stat. dan adikku Nur Hidayah yang terus memberikan dukungan dan sedikit bantuan kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
9. Sahabat-sahabatku, Ade Putri Aisyah, Ersya Julia Ananda, Ezta Kharisma Wijayanti, Meidita Husnulita Pubian Turi, Zakiyya Nabeela Albajili atas semangat, keceriaan, motivasi serta do'a yang tulus sehingga penulisan skripsi ini berjalan dengan lancar.
10. Dimas, Desva, Dian, Dinda, Tazkia, dan Jessica selaku partner di laboratorium yang saling memberikan semangat, senantiasa membantu dalam analisis laboratorium, berbagi keluhan-kesah, dan tempat berdiskusi.
11. Teman-teman satu tim penelitian Wulan, Atul, Teva, Fina, Cindy, Aci, Abdillah, Beni, Bang Gede, Bang Juanda, Kak Fairuz, dan Kak Nanda, atas kerjasamanya dalam melaksanakan penelitian.
12. Teman-teman tercinta Ilmu Tanah 2019 dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu, memberikan semangat, do'a dan kebahagiaan kebersamaan selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT memberikan rahmat dan pahala yang berlimpah pada mereka dan menjadikannya sebagai ibadah. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat, Aamiin.

Bandar Lampung, 6 November 2023

Penulis

Tri Lestari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Kerangka Pemikiran	4
1.5. Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Peranan Unsur Hara Mikro Cu dan Zn di dalam Tanah Bagi Makhluk Hidup.....	8
2.2. Ketersediaan Cu dan Zn di dalam Tanah.....	9
2.3. Serapan Cu dan Zn Oleh Tanaman	10
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan.....	12
3.3. Metode Penelitian	13
3.4. Sejarah Lahan.....	14
3.5. Pelaksanaan Penelitian	14
3.5.1. Pembuatan Biochar	14
3.5.2. Persiapan Lahan	15
3.5.3. Pembuatan Petak percobaan.....	15
3.5.4. Aplikasi Biochar.....	16
3.5.5. Penanaman	16
3.5.6. Pemupukan.....	16
3.5.7. Pemeliharaan Tanaman	17
3.5.8. Panen	17
3.5.9. Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman	17
3.6. Variabel Pengamatan	18
3.6.1. Variabel Utama	18
3.6.1.1. Ketersediaan Cu dan Zn di dalam Tanah	18
3.6.1.2. Bobot Kering Brangkas dan Biji Jagung.....	19
3.6.1.3. Serapan Cu dan Zn pada Tanaman Jagung	19

3.6.2. Variabel Pendukung	20
3.6.2.1. Karakteristik Tanah Sebelum Tanam Dan Sesudah Panen	20
3.6.2.2. Karakteristik Biochar	20
3.7. Analisis Data	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1. Karakteristik Tanah Awal.....	21
4.2. Karakteristik Biochar.....	22
4.3. Ketersediaan Cu di dalam Tanah	23
4.4. Ketersediaan Zn di dalam Tanah	24
4.5. pH Tanah	25
4.6. C-Organik.....	26
4.7. P-tersedia	26
4.8. Berat Kering Brangkas Tanaman jagung.....	28
4.9. Serapan Cu pada Brangkas Tanaman Jagung	29
4.10. Serapan Zn pada Brangkas Tanaman Jagung	31
4.11. Berat Kering Biji Jagung	33
4.12. Serapan Cu pada Biji Jagung.....	34
4.13. Serapan Zn pada Biji Jagung.....	35
V. SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rataan Hasil analisis sifat tanah awal	21
2. Analisis sifat biochar.....	22
3. Pengaruh pemberian biochar dan pemupukan P terhadap ketersediaan Cu dan Zn, pH dan C-organik di tanah	24
4. Interaksi pemberian biochar dan pemupukan P terhadap P-Tersedia di dalam tanah (mg kg^{-1})	27
5. Interaksi pemberian biochar dan pemupukan P terhadap berat kering brangkasan tanaman jagung (Mg ha^{-1}).....	28
6. Interaksi pemberian biochar dan pemupukan P terhadap serapan Cu pada brangkasan tanaman jagung (g ha^{-1}).....	30
7. Interaksi pemberian biochar dan pemupukan P terhadap serapan Zn pada brangkasan tanaman jagung (g ha^{-1})	32
8. Interaksi pemberian biochar dan pemupukan P terhadap berat kering biji jagung (Mg ha^{-1})	33
9. Tabel 9. Interaksi pemberian biochar dan pemupukan P terhadap serapan Zn pada biji jagung (g ha^{-1}).....	35
10. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap ketersediaan Cu di dalam tanah	46
11. Uji homogenitas ketersediaan Cu di Tanah	46
12. Analisis ragam ketersediaan Cu di Tanah.....	47
13. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap ketersediaan Zn di dalam tanah (data asli).....	47

14. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap ketersediaan Zn di dalam tanah (data transformasi $\sqrt{\quad}$).....	48
15. Uji homogenitas ketersediaan Zn di dalam tanah (data transformasi $\sqrt{\quad}$) ..	48
16. Analisis ragam ketersediaan Zn di dalam tanah (data transformasi $\sqrt{\quad}$).....	49
17. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap berat kering brangkasan tanaman jagung.....	49
18. Uji homogenitas berat kering brangkasan tanaman jagung	50
19. Analisis ragam berat kering brangkasan tanaman jagung.....	50
20. Hasil pengukuran AAS kandungan Cu dan Zn di brangkasan dan biji	51
21. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap serapan Cu pada brangkasan	51
22. Uji homogenitas serapan Cu pada brangkasan	52
23. Analisis ragam serapan Cu pada brangkasan	52
24. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap serapan Zn pada brangkasan	53
25. Uji homogenitas serapan Zn pada brangkasan.....	53
26. Analisis ragam serapan Zn pada brangkasan	54
27. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap bobot biji jagung kering oven ..	54
28. Uji homogenitas bobot biji jagung kering oven.....	55
29. Analisis ragam bobot biji jagung kering oven	55
30. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap serapan Zn pada biji jagung	56
31. Uji homogenitas serapan Zn pada biji jagung.....	56
32. Analisis ragam serapan Zn pada biji jagung	57
33. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap pH tanah	57
34. Uji homogenitas pH tanah	58
35. Analisis ragam pH tanah	58
36. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap C-Organik.....	59

37. Uji homogenitas C-Organik.....	59
38. Analisis ragam C-Organik	60
39. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap P-tersedia.....	60
40. Uji homogenitas P-tersedia	61
41. Analisis ragam P-tersedia.....	61
42. Hasil analisis sifat tanah awal	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Kerangka Pemikiran	6
2. Tata Letak Petak Percobaan dan Perlakuan di Lapang	13

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman membutuhkan asupan atau pasokan hara untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur hara pada tanaman secara garis besar terbagi menjadi unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro seperti seperti C, H, O, N, P, K, Ca, S, dan Mg merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak, sedangkan unsur hara mikro seperti Cu, Zn, Mn, Fe, Mo, B, dan Cl adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah kecil (Maya, 2022).

Unsur hara mikro dikelompokkan kembali menjadi dua, yaitu unsur hara mikro logam (Fe, Mn, Zn, dan Cu) dan unsur hara mikro *nonlogam* (Mo, B, dan Cl). Masing-masing kelompok memiliki sifat kelarutan di dalam tanah dan bentuk ion yang diserap oleh tanaman berbeda-beda. Pada unsur hara Zn dan Cu tanaman menyerap dalam bentuk ion Zn^{2+} dan Cu^{2+} . Unsur hara tembaga (Cu) pada tanaman berperan sebagai aktivator dan berperan penting dalam pembentukan zat hijau daun (klorofil) (Kartika dkk., 2014). Sementara itu, dalam proses fisiologi pada hewan dan manusia tembaga (Cu) berperan dalam proses metabolisme serta pembentukan hemoglobin (Winiarska, 2009). Di sisi lain, seng (Zn) berperan sebagai kofaktor dari beberapa enzim dan berhubungan dengan metabolisme karbohidrat pada tanaman (Hafeez dkk., 2012), sedangkan pada manusia dan hewan seng (Zn) berperan dalam pertumbuhan dan pembelahan sel, anti-oksidan, fungsi reproduksi dan kekebalan tubuh (Ambarwati, 2012).

Ketersediaan unsur hara mikro di dalam tanah dapat mempengaruhi serapan unsur hara pada tanaman. Hasil penelitian Khairuddin, dkk (2017) menyatakan bahwa besarnya kandungan logam berat pada tanaman dapat berpengaruh terhadap serapannya pada tanaman, apabila jumlah kandungan logam yang ada pada media tanam akan sebanding dengan kandungan logam yang diserap oleh tanaman. Meskipun demikian unsur hara mikro sangat diperlukan pada konsentrasi tertentu untuk kesuburan tanaman.

Ketersediaan unsur hara mikro di tanah seperti Cu dan Zn dipengaruhi oleh pH tanah dan bahan organik. Tanah yang diberi kapur dari pH awal 4,3 menjadi 5 menyebabkan ketersediaan Zn sangat menurun (Riwandi dkk., 2016). Sedangkan ketersediaan Cu paling tinggi pada $\text{pH} < 5$ dan akan berkurang pada $\text{pH} > 7$ (Hodges, 2011). Dari kedua pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa pH tanah berpengaruh terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah. pH tanah dapat dipengaruhi oleh pemberian kapur, pemupukan, pemberian amelioran, dan pemberian bahan organik. Penambahan biochar dapat mempengaruhi pH pada tanah (Nguyen dkk., 2017). Akmal dan Simanjuntak, (2019) melaporkan bahwa nilai pH tanah akan semakin tinggi seiring dengan bertambahnya dosis biochar yang diberikan.

Selain pH ketersediaan Zn dan Cu juga dapat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah. Pemberian bahan organik dapat mempengaruhi ketersediaan Cu dan Zn apabila bahan organik di tanah tinggi. Bahan organik di tanah tinggi maka ketersediaan Cu dan Zn juga menurun. Pada saat kandungan bahan organik tinggi Zn akan membentuk kompleks Zn-humus dan Cu akan membentuk Cu-humus yang keduanya dalam bentuk tidak tersedia. Pemberian bahan organik seperti biochar pada tanah berguna untuk meningkatkan kandungan bahan organik tanah yang rendah. Biochar tergolong bahan pembenah tanah yang memiliki kandungan C yang tinggi. Selain itu biochar mampu menurunkan ketersediaan unsur logam di dalam tanah. Hal ini dikarenakan biochar memiliki kemampuan menstabilkan logam berat pada tanah yang tercemar dengan menurunkan secara nyata penyerapan logam berat oleh tanaman dan meningkatkan kualitas tanah dengan

memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Ippolito dkk., 2012; Komárek dkk., 2013). Meskipun demikian karakteristik dari setiap biochar dapat berbeda-beda berdasarkan bahan baku dan proses pembuatannya.

Pemupukan P dapat meningkatkan P-tersedia di dalam tanah, Namun, pemupukan P dalam dosis tinggi dapat menyebabkan kekahatan Zn tanah dikarenakan terjadi pengikatan Zn tersedia menjadi Zn-P mengakibatkan serapan Zn pada tanaman menurun. Menurut penelitian Juliati (2008) hara Zn dan P memiliki sifat antagonis dalam hal serapannya pada tanaman. Sedangkan peningkatan P-tersedia akibat pengaplikasian pupuk P terhadap Cu-tersedia didalam tanah dan serapan Cu oleh tanaman belum diketahui.

1.2. Rumusan Masalah

1. Apakah pemberian berbagai jenis biochar berpengaruh terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung?
2. Apakah pemupukan P berpengaruh terhadap terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung?
3. Apakah terdapat pengaruh interaksi antara pemberian berbagai jenis biochar dan pemupukan P terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh pemberian berbagai jenis biochar terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung.
2. Mengetahui pengaruh pemupukan P terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung.

3. Mengetahui pengaruh interaksi antara pemberian berbagai jenis biochar dan pemupukan P terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung.

1.4. Kerangka Pemikiran

Tanah merupakan tempat tumbuh dan penyedia unsur hara. Ketersediaan unsur hara menjadi faktor yang paling penting pada tanaman. Hal ini dikarenakan ketersediaan unsur hara dapat mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan produktivitas tanaman, khususnya bagi tanaman pertanian, baik unsur hara makro (C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg) dan juga unsur hara mikro (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl). Kandungan unsur hara mikro di dalam tanaman, khususnya tanaman pertanian, sangat tergantung pada ketersediaan unsur hara mikro di dalam tanah. Oleh sebab itu, ketersediaan unsur hara mikro esensial di dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman (pertanian) merupakan sumber utama unsur hara mikro bagi tanaman.

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang memiliki sebaran luas mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia (Prasetyo, 2006). Namun, jenis tanah ini mempunyai pH yang rendah, serta memiliki kandungan aluminium yang tinggi. pH tanah yang rendah, selain mempunyai pengaruh langsung terhadap tanaman, juga berpengaruh terhadap pola ketersediaan unsur hara seperti P.

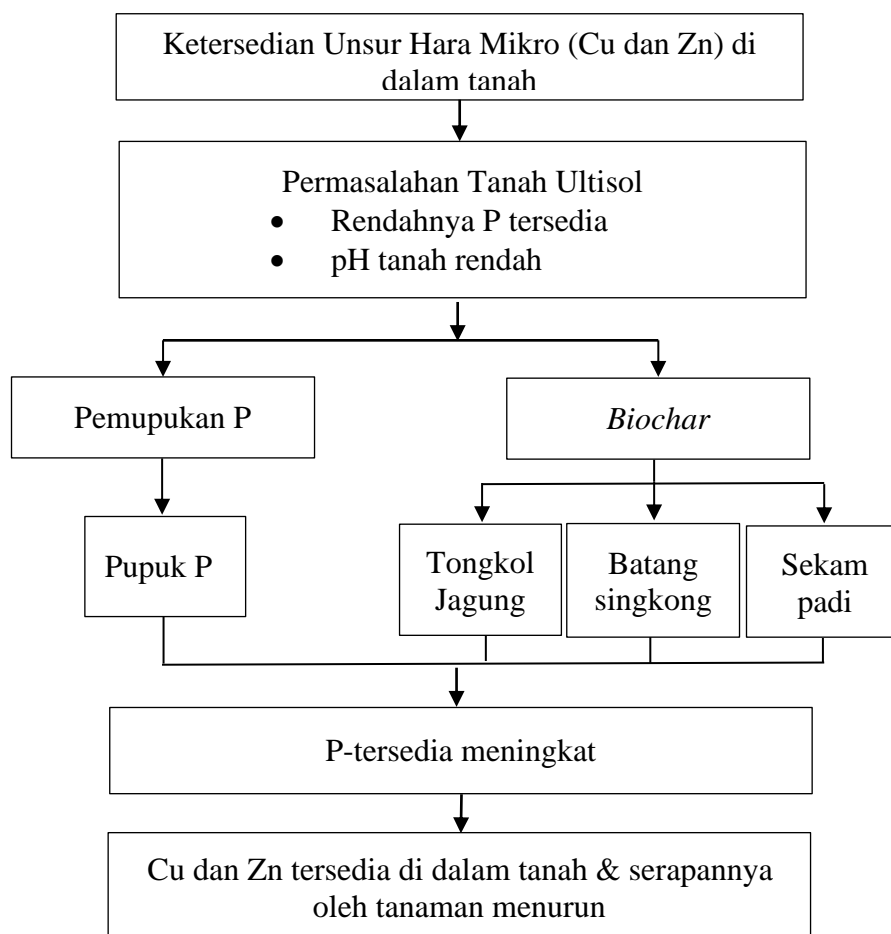
Tanaman jagung tidak dapat tumbuh dan berproduksi dengan optimal pada tanah dengan pH yang rendah dengan kandungan Al yang tinggi yang bersifat racun bagi tanaman. Selain bersifat racun kandungan Al yang tinggi menyebabkan P menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Selain itu fosfor juga dapat berikatan dengan Fe terlarut membentuk senyawa Fe-P pada tanah masam sehingga tidak tersedia. Selain itu fosfor mudah dijerap oleh koloid tanah apabila tidak diserap

oleh tanaman. Walaupun unsur hara P yang terjerap dikoloid tanah masih bisa terekstraksi oleh akar tanaman melalui difusi atau kontak langsung.

Tidak tersedianya P dapat mengakibatkan hasil produksi tanaman jagung menurun. Untuk meningkatkan produktivitasnya maka diperlukan penerapan teknologi seperti pengapuran, pemupukan, dan pengelolaan bahan organik (Purwono dan Hartono, 2005). Penelitian Parhusip dkk (2020) mengenai peningkatan produksi tanaman jagung melalui pemberian pupuk anorganik fosfat alam menunjukkan bahwa pemberian pupuk fosfat secara nyata mampu meningkatkan produktivitas jagung di tanah Andisol di Kabupaten Langkat. Namun menurut Sujana dan Pura (2015), peningkatan produksi tanaman jagung di tanah Ultisol tidak cukup hanya dengan memberikan pupuk sebagai sumber hara karena pupuk tersebut tidak akan efektif bila pH tanah masih di bawah 4,5. Hal ini dikarenakan sebagian besar unsur hara tidak tersedia pada pH rendah. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan bahan pembenah tanah berupa bahan organik seperti biochar yang mempunyai sifat stabil dan mempunyai pengaruh jangka panjang (*longterm effect*) khususnya dalam meningkatkan dan mempertahankan stabilitas bahan organik tanah dan perbaikan sifat tanah yang menunjang perbaikan tata air dan hara tanah

Penelitian Herhandini dkk (2021) menunjukkan bahwa pengaplikasian biochar sekam padi berpengaruh nyata dalam peningkatan pH tanah Ultisol. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Wendy (2019) yang menunjukkan bahwa pemberian biochar tongkol jagung mampu meningkatkan pH tanah serta meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung di Padang Tujuh Kabupaten Pasaman Barat. Sementara itu, penelitian dari Lumbantoruan (2018) menunjukkan bahwa pemberian biochar tongkol jagung mampu meningkatkan pH tanah serta menghasilkan pertumbuhan vegetatif tanaman jagung yang lebih besar dibandingkan perlakuan lainnya. Penelitian dari Diva dkk (2021) menyatakan bahwa pemberian biochar sekam padi 8 ton biochar sekam padi ha^{-1} dan 30ton kompos ha^{-1} berpengaruh terhadap peningkatan pH, C-organik, dan P-tersedia pada tanah Ultisol yang diinkubasi dan tanah dengan pertanaman jagung.

Ketersediaan unsur hara mikro seringkali diabaikan jumlahnya, dikarenakan saat pemberian pupuk hara makro secara tidak langsung juga mempengaruhi ketersediaan unsur hara mikro di dalam tanah. Seperti pemberian pupuk P selain dapat mempengaruhi P-tersedia pupuk P juga sering mengandung unsur tambahan seperti Cd, Cu, Mn, Pb, dan Zn. Ketersediaan P juga dapat dipengaruhi akibat pemberian biochar yang melepas asam-asam organik. Asam-asam organik ini akan membentuk khelat yang berikatan Fe dan Al sehingga P-tersedia meningkat. Tingginya P-tersedia di tanah dapat menurunkan Zn yang tersedia di tanah. Menurut penelitian Juliati (2008) hara Zn dan P memiliki sifat antagonis dalam hal serapannya pada tanaman. Hal ini dibuktikan saat pemberian pupuk P dapat menurunkan serapan Zn total tanaman. Sebaliknya pemberian pupuk Zn nyata meningkatkan serapan Zn total tanaman. Sedangkan pengaruh pemberian pupuk P terhadap ketersediaan Cu di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman belum diketahui.



Gambar 1. Bagan Kerangka Pemikiran.

1.5. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini, yaitu

1. Perlakuan berbagai jenis biochar berpengaruh terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung.
2. Pemupukan P berpengaruh terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung.
3. Terdapat pengaruh interaksi antara pemberian berbagai jenis biochar dan pemupukan P terhadap ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman jagung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peranan Unsur Hara Mikro Cu dan Zn di dalam Tanah Bagi Makhluk Hidup

Unsur hara mikro dibutuhkan bagi makhluk hidup, walaupun dalam jumlah sedikit. Unsur hara mikro dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu, unsur hara mikro esensial (Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, dan Cl) dan unsur hara mikro non esensial (Co, Se, Ni, Si, dan V). Tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang termasuk unsur hara mikro esensial. Unsur hara mikro esensial adalah unsur hara yang diperlukan dalam jumlah sedikit tetapi memiliki peranan yang sangat besar dalam metabolisme (Harmsen, 1977).

Unsur tembaga (Cu) sangat penting bagi tanaman dikarenakan unsur Cu berperan sebagai perkembangan tanaman generatif, transport elektron dan fotosintesis, respirasi yang menghasilkan ATP (Munawar, 2011). Sedangkan pada hewan Cu berperan dalam pembentukan hemoglobin dan berperan dalam proses fisiologi pada tubuh hewan (Burns, 1981). Secara umum tembaga pada manusia berfungsi untuk membantu produksi sel darah merah dan sel darah putih di dalam tubuh, membantu melepaskan zat besi sehingga membentuk hemoglobin untuk membawa oksigen keseluruh tubuh, membantu kerja fungsi saraf, membantu pembentukan tulang dan membantu sistem kerja gula dalam tubuh (Winiarska,2009).

Adapun seng (Zn) memiliki berperan penting pada tubuh manusia dan hewan seperti kulit, mukosa saluran cerna dan hampir semua sel membutuhkan Zn.

Mineral ini berperan dalam berbagai aktivitas enzim, pertumbuhan dan diferensiasi sel, serta berperan penting dalam mengoptimalkan fungsi sistem kekebalan tubuh (PAIK, 2001). Sedangkan peran Zn pada tanaman yaitu, pengaktif enzim, berperan dalam biosintesis auxin, pengisian biji pada tanaman sereal, pemanjangan sel dan ruas batang.

2.2. Ketersediaan Cu dan Zn di dalam Tanah

Tembaga dengan nama kimia *cuprum* dilambangkan dengan Cu. Logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Sebagai logam berat, Cu berbeda dengan logam-logam berat lainnya seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam berat Cu digolongkan ke dalam logam berat dipentingkan atau logam berat esensial artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam jumlah yang sedikit.

Ketersediaan tembaga (Cu) di tanah berasal dari mineral Cu sulfat, Cu-sulfida, Cu-karbonat dan kadar Cu terbanyak dijumpai pada mineral Calcopirit, 34% Cu (Hodges, 2011). Bentuk Cu dalam tanah dapat berupa Cu tersedia dalam bentuk ion bebas Cu^{2+} di dalam tanah, Cu dapat dipertukarkan (Cu-dd), dan terjerap spesifik khelat (kompleks Cu-organik). Cu dalam bentuk kompleks Cu-organik lebih dominan, yaitu lebih dari 90% di dalam tanah.

Seng (Zn) adalah komponen alam yang terdapat dalam kerak bumi. Sumber seng (Zn) di tanah dapat berasal dari mineral primer dan bahan organik. Mineral-mineral yang mengandung Zn seperti: Spalerit (ZnS), Smitsonit (ZnCO_3), hemimorfit ($\text{Zn}_4(\text{OH})_2\text{Si}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), zincit ZnO , sphalerit, dan ZnS (Hodges, 2011). Adapun bentuk-bentuk Zn di dalam tanah dapat berupa Zn-mineral, kompleks Zn organik, Zn yang dapat dipertukarkan (Zn-dd), dan Zn terlarut. Ketersediaan Zn sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Zn total tanah berkisar 10-300 ppm dan Zn rata-rata tanah 50 ppm (Munawar, 2011).

Faktor yang mempengaruhi Ketersediaan Cu di dalam tanah, yaitu pH tanah, tekstur tanah, kandungan bahan organik, dan hubungan dengan ion lainnya, sedangkan faktor yang mempengaruhi ketersediaan Zn, yaitu pH tanah, interaksi dengan unsur lain, penyerapan pada mineral liat, kandungan bahan organik, tekstur tanah, dan kandungan karbonat. Pengikatan Cu dan Zn dengan bahan organik dalam bentuk kompleks jerapan juga dijumpai di dalam tanah. Pada tanah yang mengandung bahan organik tinggi ketersediaan Cu dan Zn rendah. Selain bahan organik, tekstur tanah sangat mempengaruhi ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah. Pada tekstur berpasir Cu dan Zn yang tersedia rendah akibat Cu dan Zn yang terikat pada koloid tanah rendah.

2.3. Serapan Cu dan Zn Oleh Tanaman

Tembaga (Cu^{2+}) tersedia di dalam tanah, karena pelapukan mineral tanah dan langsung diserap tanaman. Kadar Cu kritis tanah berkisar 0,06–0,96 ppm (Kebede dan Yamoah, 2009). Kekurangan unsur Cu dapat mengakibatkan pembungaan dan pembuahan terganggu, warna daun muda kuning dan kerdil, daun-daun lemah, layu dan pucuk mongering serta batang dan tangkai daun lemah. Menurut Tisdale dkk (1985) kekurangan Cu mengakibatkan daun menjadi kuning dan ukuran daun mengecil. Gejala umum pada banyak tanaman menunjukkan daun menjadi hijau kebiruan, klorosis, mengkriting dan menyebabkan terakumulasinya besi (Fe) pada tanaman jagung terutama bagian buku-buku batang. Gejala kekurangan Cu juga dapat dilihat pada daun muda tanaman jagung mengalami etiolasi dan daun bagian bawah terjadi etiolasi dari arah pangkal ke pucuk (ujung), pucuk daun tampak hijau muda dan akhirnya terjadi etiolasi pada seluruh daun.

Faktor yang mempengaruhi Cu diserap tanaman adalah pH, paling banyak tersedia pada $\text{pH} < 5$ dan kurang tersedia pada $\text{pH} 6,8$. Tembaga diserap tanaman dalam bentuk ion Cu^{2+} . Bentuk Cu dalam tanah dapat berupa Cu-dd, dan terjerap

spesifik kelat (kompleks Cu-organik). Ketersediaan Cu dalam bentuk kompleks Cu-organik lebih dominan, yaitu lebih dari 90% di dalam tanah.

Seng diserap oleh tanaman dalam bentuk Zn^{2+} sedangkan seng dalam bentuk organik tidak dapat diserap oleh tanaman. Seng sangat sensitif terhadap pH tanah. Hal ini dikarenakan pada pH rendah (5,5-6,5) ketersediaan Zn tinggi sedangkan apabila pH tinggi Zn menjadi tidak tersedia dalam bentuk $Zn(OH)_2$ sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Selain itu fosfor dapat mempengaruhi serapan seng melalui akar atau translokasi seng di dalam tanaman. Kelebihan fosfor dapat menekan fungsi metabolik seng.

Gejala kekurangan Zn mengakibatkan ukuran daun mengecil dan pucuk menumpuk (roset), pada jagung dan sorgum dikenal istilah tunas putih, untuk kapas diistilahkan daun kecil (Tisdale dkk., 1985). Menurut Dwidjoseputro (1980) terjadi penghambatan pertumbuhan sebagai akibat kekurangan Zn. Gejala yang muncul akibat kekurangan Zn pada tanaman jagung yaitu, tulang-tulang daun menjadi ungu dari pangkal ke ujung daun, terjadi pengeringan daun dari ujung ke pangkal daun yang didahului oleh menguningnya daun.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

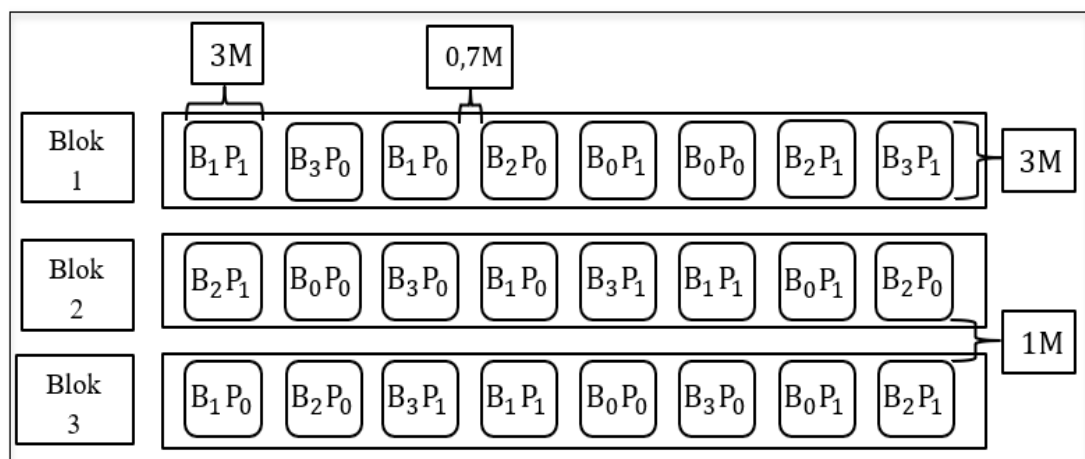
Penelitian dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan UPT Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung. Penelitian dilakukan dari bulan Maret 2022 sampai Maret 2023.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk analisis, yaitu neraca analitik, botol kocok, mesin kocok, kertas saring *Whatman* no 42, sentrifius, tabung reaksi, rak tabung reaksi, oven, pipet tetes, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), batang pengaduk, labu ukur, gelas ukur, pH meter, dan kertas label. Sedangkan alat yang digunakan di lahan, yaitu cangkul, sekop, pisau, meteran, ember, selang, dan baskom. Bahan yang akan digunakan untuk analisis antara lain pengestrak DTPA pH 7,3, larutan standar Cu dan Zn, sampel tanah awal dan akhir, biochar sekam padi, biochar batang singkong, biochar tongkol jagung, pupuk TSP, pupuk KCl dan pupuk Urea dan benih jagung varietas Bernas 9.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama berupa pemberian berbagai macam biochar (B), dengan dosis 0 Mg ha⁻¹(B0), biochar sekam padi (B1), biochar tongkol jagung (B2), dan biochar batang singkong (B3). Faktor kedua yaitu perlakuan pupuk fosfor (P), yang terdiri dari : tanpa pupuk fosfor (P0) dan dengan pupuk fosfor (P1). Berdasarkan kedua faktor perlakuan, maka diperoleh delapan kombinasi perlakuan yaitu sebagai berikut B0P0 (perlakuan biochar 0 Mg ha⁻¹ + tanpa pupuk TSP), B1P0 (perlakuan biochar sekam padi 10 Mg ha⁻¹ + tanpa pupuk TSP), B2P0 (perlakuan biochar tongkol jagung 10 Mg ha⁻¹ + tanpa pupuk TSP), B3P0 (perlakuan biochar batang singkong 10 Mg ha⁻¹ + tanpa pupuk TSP), B0P1 (perlakuan biochar Mg ha⁻¹ + pupuk TSP 222,2 kg ha⁻¹), B1P1 (perlakuan biochar sekam padi 10 Mg ha⁻¹ + pupuk TSP 222,2 kg ha⁻¹), B2P1 (perlakuan biochar tongkol jagung 10 Mg ha⁻¹ + pupuk TSP 222,2 kg ha⁻¹), B3P1 (perlakuan biochar batang singkong 10 Mg ha⁻¹ + pupuk TSP 222,2 kg ha⁻¹). Setiap perlakuan di atas diulang sebanyak 3 kali dan total satuan percobaan 4 x 2 x 3 sehingga diperoleh 24 satuan percobaan.



Gambar. 2 Tata Letak Petak Percobaan dan Perlakuan di Lapangan.

3.4. Sejarah Lahan

Lahan penelitian ini berlokasi di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Lahan penelitian ini mengalami beberapa penggunaan sepanjang beberapa tahun tertentu. Lahan penelitian ini digunakan untuk penelitian dengan perlakuan pupuk organonitrofos dan pupuk NPK pada tahun 2015-2017 dengan tanaman tebu. Kemudian lahan penelitian ini digunakan kembali untuk penelitian yang berbeda dengan perlakuan biochar sekam padi dan pemupukan fosfor pada tahun 2017-2018 dengan tanaman jagung. Setelah itu, lahan penelitian ini tidak digunakan kembali sampai pada tahun 2021. Lahan penelitian ini digunakan kembali dengan perlakuan berbagai jenis biochar dan pemupukan fosfor pada tahun 2022 dengan tanaman jagung.

3.5. Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Pembuatan Biochar

Biochar dibuat dari hasil limbah pertanian seperti sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong yang sudah tidak digunakan oleh petani. Pembuatan biochar sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong dilakukan menggunakan cara tradisional di mana menggunakan alat yang sederhana yaitu kawat kasa dengan ukuran lubang 1cm x 1cm, tinggi 1,5 m, dan lebar 1 m yang dibentuk menjadi seperti tabung sebagai alat pembakaran. Tahap-tahap pembuatan biochar sekam padi menurut Rahmiati dkk (2019) sebagai berikut:

1. Tongkol jagung dan batang singkong dihancurkan terlebih dahulu menggunakan alat penghancur rabakom.
2. Sekam padi/tongkol jagung, dan batang singkong dibuat gundukan mengelilingi kawat pembakaran yang berada pada posisi tengah gundukan.
3. Bahan pembakar seperti arang kayu, kertas, serasah kering tumbuhan sekitar, dan sebagiannya dimasukkan ke dalam kawat pembakaran kemudian dibakar menggunakan korek api,

4. Gundukan biochar didiamkan selama \pm 20-30 menit atau saat puncak gundukan berubah menjadi hitam lalu naikkan sekam/tongkol jagung/batang singkong yang masih berwarna cokelat di bawah ke puncak gundukan yang sudah hitam, lakukan terus hingga semua bahan menghitam,
5. Gundukan biochar disiram air saat sudah hitam merata, tujuannya untuk menghentikan proses pembakaran sehingga bahan biochar tidak menjadi abu,
6. Gundukan biochar sekam/tongkol jagung/batang singkong yang sudah jadi dibongkar dan dikeringkan di bawah sinar matahari.
7. Biochar batang singkong/tongkol jagung dihaluskan dan diayak dengan waring ukuran 3 mm. Sedangkan biochar sekam padi tidak dilakukan pengayakan.

3.5.2. Persiapan Lahan

Persiapan lahan dilakukan dengan cara melakukan pengukuran dari luas lahan yang dibutuhkan menggunakan meteran, dalam penelitian ini digunakan lahan seluas 11 m x 30 m. Setelah itu, ditandai dengan memberi penanda dari bambu dan tali rafia. Lalu, memabat terlebih dahulu gulma yang menutupi lahan pertanaman menggunakan pemotong rumput agar lahan dapat ditanami kembali. Setelah itu, dilakukan pembakaran pada serasah gulma yang sudah dipotong sambil tetap dijaga agar api tidak merambat ke tempat yang tidak seharusnya. Pembakaran dilakukan dengan tujuan gulma yang masih ada karena tidak terpotong oleh pemotong rumput bisa ikut terbakar dan mati.

3.5.3. Pembuatan Petak percobaan

Petak percobaan dibuat dengan diukur terlebih dahulu sesuai yang dibutuhkan yaitu seluas 3 m x 3 m menggunakan meteran. Setelah itu, diberi tanda pada setiap petak percobaan menggunakan penanda bambu dan tali rafia. Saat petak

percobaan sudah ditentukan, selanjutnya tanah diolah pada tiap–tiap petak percobaan menggunakan cangkul agar tanah untuk pertanaman menjadi gembur.

3.5.4. Aplikasi Biochar

Pengaplikasian biochar sebagai perlakuan dilakukan pada saat 1 minggu sebelum tanam dengan dosis 10 Mg ha^{-1} . Aplikasi biochar dilakukan pada petak yang memperoleh perlakuan biochar dengan cara membuat larikan pada baris tanam terlebih dahulu sebagai tempat menaburkan biochar. Selanjutnya biochar ditaburkan kemudian ditutup dengan tanah dan diaduk menggunakan cangkul agar biochar bisa tercampur dan masuk ke dalam tanah.

3.5.5. Penanaman

Penanaman dilakukan 1 minggu setelah aplikasi biochar dengan jarak tanam $60 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$. Berdasarkan luas petakan dan jarak tanam yang sudah diketahui, maka dapat dihitung jumlah lubang tanam di setiap petakan yaitu sebanyak 60 lubang tanam. Setiap lubang tanam memiliki kedalaman sekitar 3-5 cm yang diisi 2 benih jagung. Lubang tanam dibuat dengan cara ditugal menggunakan kayu.

3.5.6. Pemupukan

Pengaplikasian pupuk sebagai perlakuan dilakukan pada saat 2 MST yang terdiri dari aplikasi pupuk Urea+KCl pada petak dengan perlakuan tanpa P (P0) dan aplikasi pupuk Urea+KCl+TSP pada perlakuan dengan pupuk P (P1). Dosis pupuk yang diberikan, yaitu pupuk Urea sebesar 435 kg ha^{-1} (200 kg N ha^{-1}), pupuk KCl 200 kg ha^{-1} ($120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$), dan pupuk TSP $222,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ($100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) (Murni, 2008). Pengaplikasian pupuk dilakukan dengan cara ditugal dengan jarak $\pm 5 \text{ cm}$ dari akar. Untuk aplikasi pupuk Urea+KCl pada

penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu saat 2 MST dan 4 MST. Hal ini dilakukan agar pupuk tetap terjaga ketersediaannya dalam tanah sehingga pemupukan lebih efisien.

3.5.7. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi beberapa kegiatan yaitu, penyiraman yang dilakukan sehari sekali pada pagi atau sore hari saat tidak terjadi hujan, penyiangan gulma dilakukan setiap ada gulma yang muncul. Penyulaman yang dilakukan apabila ada bibit jagung yang tidak tumbuh atau mengalami kerusakan. Pembumbunan tanaman jagung bertujuan untuk memperkokoh tanaman. Pengendalian hama dan penyakit pada jagung yang dilakukan hanya saat dibutuhkan.

3.5.8. Panen

Tanaman jagung dipanen pada umur \pm 4 sampai 4,5 bulan. Pemanenan dilakukan dengan cara dipotong batang tanaman jagung yang sudah dibiarkan kering menggunakan parang. Setelah itu, tanaman jagung dikumpulkan dan diambil buahnya. Tanda tanaman jagung siap panen antara lain: bila kelobot telah berwarna kuning, biji telah keras dan biji mengkilap, jika ditekan dengan ibu jari tidak ditemukan bekas tekanan pada biji tersebut.

3.5.9. Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman

Pengambilan sampel tanah dilakukan 2 kali, yaitu sampel tanah awal dan sampel tanah akhir. Pengambilan sampel tanah menggunakan bor tanah. Sampel tanah awal diambil saat sebelum tanah diolah pada 3 titik dan dikompositkan sesuai blok sehingga diperoleh sampel tanah awal sebanyak 3 sampel tanah. Sedangkan

sampel tanah akhir diambil setelah panen pada 3 titik di setiap petaknya. Lalu sampel tanah dikompositkan sesuai petak perlakuan dan diperoleh sampel tanah akhir sebanyak 24 sampel tanah. Kemudian sampel tanah dibawa ke ruang kering udara untuk mengeringkan sampel tanah yang tujuannya menghilangkan air di tanah. Proses ini berlangsung selama ± 2 hari. Setelah itu dilakukan pemisahan biochar yang terdapat pada sampel tanah. Lalu sampel tanah diayak menggunakan ayakan 2 mm, tanah yang lolos ayakanlah yang akan digunakan untuk analisis tanah. Sedangkan pengambilan sampel tanaman dilakukan pada saat panen. Lima sampel tanaman diambil di setiap petaknya. Dua sampel tanaman jagung yang telah diberi tanda dan tiga tanaman diambil secara acak. Selanjutnya lima sampel tanaman jagung dicacah lalu dioven menggunakan amplop selama 3 hari dengan suhu 70°C. Setelah itu, sampel tanaman jagung yang telah dikompositkan digiling menggunakan *chopper*. Sampel tanaman jagung dikompositkan sesuai dengan perlakuan.

3.6. Variabel Pengamatan

3.6.1. Variabel Utama

3.6.1.1. Ketersediaan Cu dan Zn di dalam Tanah

Pengukuran Cu dan Zn di dalam tanah menggunakan metode DTPA (Lindsay dan Norvell, 1978). Pengekstrak DTPA (*dietilene triamine penta acetic acid*) pH 7,3 dapat melarutkan ion-ion logam dalam bentuk senyawa khelat. Pada pH 7,3 larutan DTPA memiliki daya khelat paling kuat untuk unsur mikro logam termasuk Cu dan Zn. Cu dan Zn diukur menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Adapun ekstraksi Cu dan Zn pada tanah dilakukan dengan cara menimbang tanah sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam botol kocok. Lalu pengekstrak DTPA ditambahkan sebanyak 20 ml. Setelah itu campuran tanah dan larutan pengekstrak dikocok selama 2 jam dengan kecepatan 750 rpm. Setelah itu suspensi tanah disentrifus selama 5 menit dengan

kecepatan 3000 rpm dan disaring dengan kertas saring *Whatman* 42. Kemudian ekstrak tanah dimasukkan ke tabung reaksi dan diukur konsentrasi Cu dan Zn pada ekstrak tanah dengan AAS.

3.6.1.2. Bobot Kering Brangkasan dan Biji Jagung

Bobot kering brangkasan dan biji tanaman jagung ditentukan dengan cara mengeringkan brangkasan dan biji jagung pada suhu 70°C selama 3 × 24 jam. Pengeringan dilakukan setelah dilakukan penimbangan berat basah pada sampel brangkasan tanaman jagung dan biji. Selanjutnya brangkasan tanaman dipotong-potong lalu dimasukkan ke dalam amplop dan dioven dan ditimbang berat keringnya. Selain itu, berat biji pada saat panen dan berat 100 butir biji jagung juga diukur. Berat 100 butir diperoleh dari 3 sampel biji jagung yang dikompositkan perpetaknya lalu dihitung hingga 100 biji jagung. Sedangkan berat kering biji jagung didapat dari sampel tanaman yang digunakan untuk sampel brangkasan (2 sampel tanaman perpetaknya).

3.6.1.3. Kandungan Cu dan Zn pada Tanaman Jagung

Kandungan Cu dan Zn pada tanaman dianalisis pada sampel biji jagung dan brangkasan tanaman jagung (batang + daun + kelobot jagung). Metode yang digunakan untuk mengukur kandungan Cu dan Zn pada biji dan brangkasan tanaman jagung, yaitu metode pengabuan kering dengan menggunakan pelarut HCl 1 N. Adapun pengukuran Cu dan Zn menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

3.6.2. Variabel Pendukung

3.6.2.1. Karakteristik Tanah Sebelum Tanam Dan Sesudah Panen

Karakteristik tanah sebelum dan sesudah panen, yaitu pH (H₂O) tanah, P-tersedia, dan C-organik dianalisis di laboratorium Kimia Tanah. Analisis pH (H₂O) tanah menggunakan metode pH meter dengan elektrode gelas. Analisis P-tersedia menggunakan metode Bray-1 dan untuk analisis C-organik menggunakan metode *Walkley and Black* (Thom dan Utomo, 1991). N-total dengan metode kjedahl.

3.6.2.2. Karakteristik Biochar

Karakteristik biochar yang dianalisis, yaitu kandungan Cu dan Zn, C-Organik, dan pH (H₂O). Analisis kandungan Cu dan Zn dilakukan dengan metode EPA 200.7 (U.S Environmental Protection Agency, 2001), sedangkan C-Organik dianalisis dengan metode ASTM 1762-84 menggunakan tungku pengabuan (*muffle furnace*). pH biochar dianalisis dengan metode pH meter dengan elektrode gelas, dengan rasio biochar dan aquades 1:10 (Singh dkk., 2017).

3.7. Analisis Data

Data yang diperoleh diuji homogenitas ragamnya dengan uji Barlett dan aditivitas data dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi maka data akan diolah dengan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka simpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Pemberian berbagai jenis biochar dapat menurunkan ketersediaan Zn di dalam tanah, sedangkan ketersediaan Cu di dalam tanah tidak dipengaruhi oleh biochar tetapi cenderung mengalami penurunan.
2. Pemberian pupuk P tidak berpengaruh nyata pada ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah.
3. Interaksi pemberian biochar dan pupuk P dapat meningkatkan serapan Cu dan menurunkan serapan Zn pada brangkasan tanaman jagung. Sedangkan interaksi keduanya dapat meningkatkan serapan Zn pada biji jagung.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis menyarankan agar dilakukannya penelitian lebih lanjut tentang serapan Cu dan Zn pada tanaman jagung baik pada brangkasan dan biji jagung.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, R., Ishak, C.F., Osman, N., Halim, N.S.A. and Panhwar, Q.A. 2021. Determining the characteristics and potential of plant-based biochars to reduce copper uptake in maize. *Bragantia*, 80
- Akmal, S., B. H. Simanjuntak. 2019. Pengaruh Pemberian Biochar terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakchoy (*Brassica rapa* Subsp. chinensis). *Jurnal Ilmu Pertanian*, 7(2): 168-174.
- Alloway, B. J. 2008. *Zinc in soils and crop nutrition*. IZA. Brussels
- Ambarwati, R. 2012. Peran Zinc Terhadap Peningkatan Sistem Immunitas. *Jurnal Keperawatan*, 5(2): 98-103.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 234 hal.
- Barber, S.A. 1995. *Soil nutrient bioavailability*. A mechanistic approach. New York. John Wiley & Sons
- Bargali, Shukla, K., Singh, L., Ghosh, L., and Lakhera, M.L. 2015. Leaf Litter Decomposition and Nutrien Dynamics in Four Tree Species of Dry Deciduous Forest. *Tropical Ecology*, 56(2): 191–200.
- Beesley L, Moreno-Jiménez E, Gomez-Eyles JL, 2010. Effects of biochar and greenwaste compost amendements on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. *Environ Pollut*, 158(6):2282–2287
- Bouis, H.E., R.D. Graham, and R.M. Welch. 2000. The Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) Micronutrients Project: justification and objectives. *Food and Nutrition Bulletin*. 21 (4): 374-381.
- Burns, M. J. 1981. Role of copper in physiological process. *Auburn Vet. Journal* 38(1): 12 – 13

- Chairunnisya, R. A., Hanum, H., & Hidayat, B. 2017. Aplikasi Bahan Organik dan Biochar untuk Meningkatkan C–Organik, P dan Zn tersedia Pada Tanah Sawah: Application of Organic Matter and Biochar to Increase Organic Carbon, P and Zn Available in Paddy Soil. *Jurnal Online Agroteknologi*, 5(3): 494-499.
- Ciampitti, I.A., J.J. Camberato, S.T. Murrell, and T.J. Vyn. 2013 . Maize Nutrient Accumulation and Partitioning in Response to Plant Density and Nitrogen Rate: I. Macronutrients. *Agronomy Journal*, 105(3): 783-795.
- Damanik, M. M. B., B. E. Hasibuan, Fauzi, Sarifuddin, dan H. Hanum. 2011. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. USU Press. Medan. 44 hal
- DeLuca, T. H., M. D. MacKenzie and M. J. Gundale. 2009. Biochar Effects on Soil Nutrient Transformation. In Lehmann, J and S. Joseph, editor. *Biochar for Enviromental Management: Science and Technology*. Sterling, Va Earthscan, . 251-265
- Diva, A.H., Retni, S., dan Ania C. 2021. Pengaruh Aplikasi *Biochar* Sekam Padi dan Kompos terhadap Sifat Kimia Tanah, Pertumbuhan, dan Serapan Fosfor Tanaman Jagung Pada Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan*, 8(2):385-394.
- Dobermann, A. and Fairhurst, T. 2000. *Rice, Nutrient Disorders and Nutrient Management*. IRRI. Mekati City. The Philippines.
- Dobermann, A. 2007. *Nutrient use efficiency – measurement and management*. In: Proc. “IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices”, Brussels, Belgium. p1-28.
- Hafeez, R., T. Aziz, M. Farooq, A. Wakeel, Z. Rengel. 2012. Zinc Nutrition In Rice Production Systems: A Review. *Journal Plant Soil*, 361: 203-226.
- Harmsen, K. 1977. *Behavior of Heavy Metals in Soils*. Agricultural research reports. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen
- 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.
- Hodges, S. C. 2011. *Soil fertility basics*. NC Certified crop advisor training. Soil Sc. Extention North Carolina State University
- Ippolito JA, Laird DA, Busscher WJ. 2012. Environmental benefits of biochar. *Journal Environ Qual*, 41:967–972.

- Jiang J, Ren-kou Xua, Tian-yu Jiang, Zhuo Li, 2012. Immobilization of Cu(II), Pb(II) and Cd(II) by the addition of rice straw derived biochar to a simulated polluted Ultisol. *Journal of Hazardous Materials*, 229 :145– 150.
- Juliati, S. 2008. Pengaruh pemberian Zn dan P terhadap bibit jeruk varietas *Japanese citroen* pada tanah inseptisol. *Jurnal Hort*, 18(4):409-419.
- Kartika, Y. S., Ginting, Y. C., dan Karyanto, A. 2014. Pengaruh Konsentrasi Tembaga Terbaik Untuk Pertumbuhan Dan Produksi Dua Varietas Melon (*Cucumis Melo* L.) Pada Sistem Hidroponik Media Padat. *Jurnal Agrotek Tropika*, 2(3).
- Kaya, E. 2012. Pengaruh Pupuk Kalium dan Fosfat terhadap Ketersediaan dan Serapan Fosfat Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) pada Tanah Brunizem. *Agrologia*, 1 (2): 113-118.
- Kebede, F. dan C.Yamoah. 2009. Soil Fertility Status and Numass Fertilizer Recommendation of Typic Hapluusterts in the Northern Highlands of Ethiopia. *World Applied Sciences Journal*, 6(11): 1473-1480.
- Khairuddin, K., Sikanna, R. and Sabaruddin, S., 2017. Kajian Kemampuan Akar Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir) Dalam Menyerap Logam Merkuri pada Tanah Tercemar. KOVALEN: *Jurnal Riset Kimia*, 3(3): 303-312.
- Komárek M, Vaněk A, Ettler V. 2013. Chemical stabilization of metals and arsenic in contaminated soils using oxides—a review. *Environ Pollut*, 172: 9–22
- Lehmann, J. 2007. Bioenergy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5 (7): 381 - 387.
- Li. Y. M., M. Elson, D. Zhang, Z. He, R.C. Sincher, and V. Baligar. 2015. Macro and Micro Nutrient Uptake Parameters and Use Efficiency in Cacao Genotypes as Influenced by Levels of Soil-Applied K. *International Journal of Plant & Soil Sciences*. IJPSS. 7(2): 80-90
- Lindsay, W. L., and Norvell, W. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*. 42(3): 421-428.
- Lumbantoruan, B.R, 2018. Pemanfaatan beberapa jenis biochar dalam mengurangi pemupukan npk pada tanaman jagung. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Lutfiyanah, F. 2014. Ketersediaan Unsur Hara Silika (Si) Tanah Dalam Sistem Pertanian Organik Dan Konvensional Pada Tanaman Padi. *Doctoral dissertation*, Universitas Brawijaya.

- Maya, A. R. 2022. Kajian Unsur Hara Makro dan Mikro pada Pertumbuhan Tanaman. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Murni, A.M., 2008. Menentukan kebutuhan nitrogen, fosfor dan kalium untuk tanaman jagung berdasarkan target hasil dan efisiensi agronomik pada lahan kering Ultisol Lampung. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 10(2): 46-49.
- Munawar, A. 2011. *Kesuburan Tanah Dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press. Bogor.
- Nguyen, T. T. N, C. Y. Xu, I. Tahmasbian, R. Che, Z. Xu, X. Zhou , H. M. Wallace, and S. H. Bai. 2017. Effects of biochar on soil available inorganic nitrogen: A review and meta-analysis. *Geoderma*, 288: 79–96.
- Nurida, N. L. 2014. Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitasi Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 8 (3) : 57-68.
- Nurida, N.L., Rachaman, A., dan Sutono, S. 2015. *Biochar Pembenh Tanah yang Potensial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. 48 hlm.
- Nuryani, E., G. Haryono, dan Historiawati. 2019. Pengaruh Dosis dan saat Pemberian Pupuk P terhadap Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris*, L.) Tipe Tegak. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 4 (1): 14-17.
- Paik, I.K. 2001. Application of chelated minerals in animal production. *Asian-Aust. Journal Anim. Sci.* 14:191 – 198
- Parhusip, D., dkk. 2020. Peningkatan produksi tanaman jagung melalui pemberian pupuk an-organik fosfat alam. *Jurnal Agrica Ekstensia* 14 (2): 113-118.
- Prasetyo, B. H dan D. A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik , Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol Untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. Bogor
- Priyadi, S., Soelistijono, S., Harieni, S. and Prasetyowati, K., 2019. Identifikasi Logam Berat dalam Biji Jagung Manis dan Kedelai pada Transisi Sistem Pertanian Organik. *agriTECH*, 38(4):456-462.
- Purwono dan Hartono, R. 2005. *Kacang Hijau*. Niaga Swadaya. Bogor. 61 hlm
- Putriani, S. S., Yusnaini, S., Septiana, L. M., & Dermiyati, D. 2022. Aplikasi biochar dan pupuk P terhadap ketersediaan dan serapan p pada tanaman jagung manis (*Zea mays* Saccharata Sturt.) di tanah Ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(4): 615-626.

- Puspita, V., Syakur, S. and Darusman, D., 2021. Karakteristik Biochar Sekam Padi Pada Dua Temperatur Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4): 732-739.
- Rahmiati, F., Grace, A., dan Emilius, G.. 2019. Pelatihan Pemanfaatan Limbah Padi Menjadi Arang Sekam untuk Menambah Pendapatan Petani. *Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. 5(2): 159-164.
- Riwandi, Prasetyo, Hasanudin dan I. Cahyadinata. 2016. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. Yayasan Sahabat Alam Rafflesia. Bengkulu. 153 hal.
- 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. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1034 (1): 012045.
- Severo, F.F., da Silva, L.S., Moscôso, J.S.C., Sarfaraz, Q., Rodrigues Júnior, L.F., Lopes, A.F., Marzari, L.B. and Molin, G.D., 2020. Chemical and physical characterization of rice husk biochar and ashes and their iron adsorption capacity. *SN Applied Sciences*, 2 :1-9.
- Singh, B., Dolk, M.M., Shen, Q. and Camps-Arbestain, M., 2017. Biochar pH, electrical conductivity and liming potential. *Biochar: A guide to analytical methods*, 23.
- Sismiyanti, S., Hermansah, H., & Yulnafatmawita, Y. 2018. Klasifikasi beberapa sumber bahan organik dan optimalisasi pemanfaatannya sebagai biochar. *Jurnal Solum*, 15(1): 8-16.
- Soemarno. 2010. *Ketersediaan Unsur Hara Dalam Tanah*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Solfianti, M., Herviyanti, T. B. Prasetyo, dan A. Maulana. 2021. Pengaruh Aplikasi Biochar Limbah Kulit Pinang Dosis Rendah terhadap Sifat Kimia Inceptisol. *Jurnal Agrikultura*. 32 (1): 77-84.
- Sujana, I. P. dan Pura, I. N. L.S. 2015. Pengelolaan tanah Ultisol dengan pemberian pembenah organik biochar menuju pertanian berkelanjutan. *Agrimeta*. 5 (9):1-9
- Thom, W. O., dan Utomo, M. 1991. *Manajemen laboratorium dan metode analisis tanah dan tanaman*. Universitas Lampung. Bandar Lampung, 85.
- Tisdale, S.L. Nelson, W.L. dan Beaton, J.D. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4th Edition. Macmillan Publishing Company. New York.

- US Environmental Protection Agency. 2001. Method 200.7: Trace elements in water, solids, and biosolids by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Rev. 5. EPA-821-R-01-010*.
- Wendy, I.P. 2019. Pengaruh pemberian biochar tongkol jagung terhadap beberapa sifat kimia inceptisol dan pertumbuhan tanaman jagung di padang tujuh kabupaten pasaman barat. *Thesis*. Universitas Andalas.
- Winiarska, MA. 2009. Assessment of infant exposure to lead and cadmium content in infant formulas. *Journal Elementol* 14:573–581
- Yuan, J., Xu, R., and Zhang, H., 2011. The Forms of Alkalis in the Biochar Produced from Crop Residues at Different Temperatures. *Bioresour Technol.* 102: 3488-3497.