

**KETERSEDIAAN UNSUR HARA MIKRO Cu DAN Zn PADA TANAH
SAWAH DAN SERAPANNYA OLEH TANAMAN PADI (*Oryza Sativa* L.)
PADA SENTRA PERTANAMAN PADI DI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

**Nurul Hanaliza Arsita
1914121027**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KETERSEDIAAN UNSUR HARA MIKRO Cu DAN Zn PADA TANAH SAWAH DAN SERAPANNYA OLEH TANAMAN PADI (*Oryza Sativa* L.) PADA SENTRA PERTANAMAN PADI DI LAMPUNG

Oleh

NURUL HANALIZA ARSITA

Tembaga (Cu) dan seng (Zn) merupakan unsur hara mikro esensial bagi pertumbuhan tanaman, hewan ternak, dan manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari status ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah-tanah sawah dan pengaruhnya terhadap serapannya pada tanaman padi, serta mempelajari korelasi antara sifat-sifat tanah terhadap ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah sawah. Penelitian ini dilaksanakan pada Agustus 2022-Juni 2023 dengan mengambil sampel tanah dan tanaman padi di 10 lokasi di 6 Kabupaten di Lampung. Hasil penelitian ini yaitu kandungan Cu tersedia pada tanah sawah berkisar 0,17-2,14 mg kg⁻¹, terdapat 8 lokasi berstatus defisiensi dan 2 lokasi berstatus cukup. Kandungan Zn tersedia pada tanah sawah berkisar 1,70-13,99 mg kg⁻¹, terdapat 2 lokasi berstatus defisiensi dan 8 lokasi berstatus cukup. Kandungan Cu pada beras berkisar 0,99-1,99 mg kg⁻¹ dan pada jerami 0,18-2,64 mg kg⁻¹, sedangkan kandungan Zn pada beras berkisar 10,94-17,30 mg kg⁻¹ dan pada jerami 33,72-115,92 mg kg⁻¹. Kandungan Cu pada beras dan jerami dalam status defisiensi. Kandungan Zn pada beras juga dalam status defisiensi. Status kandungan Zn pada jerami yang mengalami defisiensi pada 2 lokasi, tergolong cukup pada 6 lokasi, dan toksisitas terdapat pada 2 lokasi. pH dan KTK tanah berkorelasi positif sangat nyata terhadap Cu tersedia pada tanah sawah, sedangkan kandungan Zn tersedia tidak berkorelasi dengan sifat-sifat tanah. Hubungan Cu tersedia dengan Cu jerami menunjukkan korelasi positif yang nyata. Hubungan Cu tersedia dengan Cu beras dan hubungan Zn tersedia dengan Zn jerami dan beras menunjukkan hubungan yang tidak nyata.

Kata kunci : Cu, status unsur hara, tanah sawah, tanaman padi, Zn.

ABSTRACT

AVAILABILITY OF MICRONUTRIENTS Cu AND Zn IN PADDY SOILS AND THEIR UPTAKE BY RICE PLANTS (*Oryza Sativa* L.) AT THE RICE CULTIVATION CENTERS IN LAMPUNG

By

NURUL HANALIZA ARSITA

Copper (Cu) and zinc (Zn) are essential micronutrients for plant growth, animals, and humans. The purpose of this study was to determine the status of the availability of micronutrients Cu and Zn in paddy soils and their uptake by rice plants, as well as to determine the correlations between soil properties and the availability of micronutrients Cu and Zn in paddy soils. This research was carried out in August 2022-June 2023 by taking soil and rice plant samples in 10 locations in 6 districts in Lampung. The results of this study are the available contents of Cu in paddy soils range from 0.17-2.14 mg kg⁻¹, have 8 locations with deficiency status and 2 locations have sufficient status. The contents of available Zn in paddy soils range from 1.70-13.99 mg kg⁻¹, have 2 locations with deficiency status and 8 locations with sufficient status. The Cu contents in rice range from 0.99-1.99 mg kg⁻¹ and in straw 0.18-2.64 mg kg⁻¹, while the Zn contents in rice range from 10.94-17.30 mg kg⁻¹ and in straw 33.72-115.92 mg kg⁻¹. The Cu contents in rice and straw are in deficiency status. The Zn contents in rice are also in deficiency status. The status of Zn contents in straw are classified as deficient in 2 locations, sufficient in 6 locations, and toxicity in 2 locations. Soil pH and CEC are positively correlated with the amounts of available Cu in paddy soils, while available Zn contents are not correlated with soil properties. The amounts of available Cu in soils are positively correlated to contents in straw. The amounts of available Cu in soils show no correlation with Cu contents in rice and the amounts of available Zn in soils show no correlation with Zn contents in straw and rice show.

Keywords: Cu, nutrient status, paddy soils, rice plants, Zn.

**KETERSEDIAAN UNSUR HARA MIKRO Cu DAN Zn PADA TANAH
SAWAH DAN SERAPANNYA OLEH TANAMAN PADI (*Oryza Sativa* L.)
PADA SENTRA PERTANAMAN PADI DI LAMPUNG**

Oleh

Nurul Hanaliza Arsita

Skripsi

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

Pada

**Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul : **KETERSEDIAAN UNSUR HARA MIKRO Cu
DAN Zn PADA TANAH SAWAH DAN
SERAPANNYA OLEH TANAMAN PADI
(*Oryza Sativa* L.) PADA SENTRA
PERTANAMAN PADI DI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Nurul Hanaliza Arsita**

No. Pokok Mahasiswa : **1914121027**

Program Studi : **Agroteknologi**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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



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

2. Ketua Jurusan Agroteknologi



Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Sc.
NIP 196305081988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

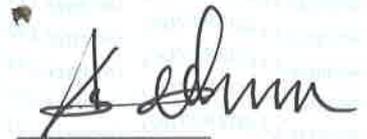


Anggota Pembimbing : **Dr. Ir. Kuswanta F.H., M.P.**



Pembahas

Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Abdul K.S., M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung



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

NIP. 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Februari 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Ketersediaan Unsur Hara Mikro Cu dan Zn pada Tanah Sawah dan Serapannya oleh Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) pada Sentra Pertanaman Padi di Lampung”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil Salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Februari 2024

Penulis,



Nurul Hanaliza Arsita

NPM 1914121027

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kecamatan Labuhan Ratu, Kota Bandar Lampung pada 08 November 2001. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Husnik dan Ibu Rohaena Erma Sari. Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Amarta Tani HKTI Kedaton, Sekolah Dasar (SDN) 2 Kampung Baru Tahun 2013, SMP Negeri 3 Natar Tahun 2016, SMA Yadika Bandar Lampung Tahun 2019. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jurusan Agroteknologi melalui jalur PMPAP (Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan).

Penulis memilih Ilmu Tanah sebagai minat penelitian dari perkuliahan. Pada tahun 2022, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Rumah Belajar Kang Suyut, Kecamatan Rajabasa Jaya Kota Bandar Lampung. Pada tahun 2022, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ketapang, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (Perma AGT) sebagai anggota bidang Pengabdian Masyarakat (Pengmas) periode 2020/2021 dan 2022.

Alhamdulillahirobbil'alamin

Dengan tulus dan penuh rasa syukur kupersembahkan karya ini
kepada

Kedua orang tuaku

Bapak Husnik dan Ibu Rohaena Erma Sari yang senantiasa selalu mendoakan
untuk kelancaran dan keberhasilan, memberikan seluruh cinta dan kasih sayang,
perhatian, kesabaran, nasehat, dan dukungan yang tidak akan pernah terbalaskan
dengan apapun

Kakak dan Adikku

Nurjahadi, Wuni Alfionita, Nuri Trianandani Arisma dan Muhammad Budiman

Nizar yang telah memberikan doa, kasih sayang dan dukungan.

Sahabat-sahabat yang selalu menemani dalam suka maupun duka, serta
memberikan bantuan, motivasi, dukungan dan perhatian selama ini.

serta

Almamater tercinta

***Agroteknologi, Fakultas Pertanian,
Universitas Lampung***

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.
Bukankah kami telah melapangkan untukmu dadamu. Dan kami telah
menghilangkan daripadamu bebanmu. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada
kemudahan. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu
berharap”

(QS. Al-Baqarah: 286 dan QS-Insyirah: 1-8)

“Only you can change your life. Nobody else can do it for you”

**Orang lain tidak akan paham perjuangan dan masa
sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya cerita sukses.
Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang
tepuk tangan.**

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu.
Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan
dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu lancar. Tapi,
gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan”

(Boy Candra)

SANWACANA

Alhamdulillah, dengan mengucapkan puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai pada waktunya. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wassalam yang telah memberikan tuntunan dan petunjuk kepada kita semua sehingga kita dapat mengenal keagungan Allah Subhanallahu wa ta'ala dengan segala ciptaan-Nya.

Skripsi dengan judul “Ketersediaan Unsur Hara Mikro Cu dan Zn Pada Tanah Sawah Dan Serapannya Oleh Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) Pada Sentra Pertanaman Padi di Lampung” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian dari Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat., M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini., M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
3. Bapak Ir. Setyo Widagdo, M.Si., selaku Sekretaris Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
4. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing pertama dan Pembimbing Akademik atas kesediaannya yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan nasihat-nasihat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan,
5. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat., M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas kesediaannya memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan kritik kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan,

6. Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Kadir Salam., M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik saran, dan nasihat dalam penyelesaian skripsi ini,
7. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Husnik. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana,
8. Pintu surgaku, Ibunda Rohaina Erma Sari. Beliau sangat berperan penting dalam menyelesaikan program study penulis, beliau juga memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai di bangku perkuliahan, tapi semangat, motivasi serta doa yang selalu beliau berikan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana,
9. Keluarga tersayang abangku Nurjahadi, mbaku Wuni Alfionita, Adikku Nuri Trianandani Arisma dan Muhammad Budiman Nizar beserta seluruh keluarga atas doa, dukungan, bantuan dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis,
10. Keluarga besar Agroteknologi 2019 atas kenangan dan pengalamannya selama masa perkuliahan,
11. Sahabat-sahabat penulis Karimah, Larasati Khosyatillah, Mayang Lisa Triana, Miranda, Apsa Riyanti, Siti Nur Khasanah, Ragil Saputra, Rio Adi Saputra, dan Ardi Alviando yang telah memberikan bantuan, waktu, support, motivasi serta semangat dan canda tawa selama masa perkuliahan kepada penulis,
12. Sahabat sekaligus *Support sistem* terbaik yang akan selalu penulis kenang Alm. Yudhistira Hadytia Permana yang semasa hidupnya selalu siap sedia membantu dan membersamai penulis selama penelitian serta penyusunan skripsi walaupun tidak sampai akhir,
13. Teruntuk diri sendiri atas segala usaha, keringat, serta kuat melewati lika-liku yang terjadi, ma ri bekerjasama untuk lebih berkembang lagi menjadi pribadi yang lebih baik dari hari ke hari.

Akhir kata, penulis dapat menyadari tanpa Ridho dan pertolongan Allah SWT, serta bantuan, dukungan, motivasi, dari segala pihak skripsi ini tidak dapat diselesaikan. Kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam

penulisan ini, penulis ucapkan banyak terima kasih dan semoga Allah SWT membalas segala kebaikan kalian. *Aamiin Yarabbal'alamin.*

Bandar Lampung, 19 Februari 2024

Penulis

Nurul Hanaliza Arsita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kerangka Pemikiran	4
1.5 Hipotesis.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Karakteristik Tanah Sawah	9
2.2 Unsur hara mikro Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) di Dalam Tanah	11
2.3 Unsur hara mikro Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) di Dalam Tanaman	12
III. BAHAN DAN METODE	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian	17
3.4.1 Penentuan Lokasi	17
3.4.2 Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman	18
3.4.3 Analisis Cu dan Zn Tersedia Pada Sampel Tanah	19
3.4.4 Analisis Total Cu dan Zn pada Sampel Tanah	19
3.4.5 Analisis Kandungan Cu dan Zn pada Sampel Tanaman	20
3.5 Variabel Pengamatan.....	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Karakteristik Tanah Sawah	22
4.2 Total dan Ketersediaan Cu dan Zn di Tanah.....	26
4.3 Kandungan Cu dan Zn pada Tanaman Padi.....	29
4.4 Hubungan Cu dan Zn Tersedia dengan Sifat Tanah	34
4.5 Hubungan Cu dan Zn Tersedia di dalam Tanah dengan Serapannya oleh Tanaman Padi	38
V. SIMPULAN DAN SARAN	39

5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil analisis karakteristik tanah sawah.....	22
2. Total Zn dan Cu di dalam tanah.....	26
3. Konsentrasi Cu dan Zn tersedia di dalam tanah yang diekstrak dengan DTPA.....	27
4. Kandungan unsur hara Cu pada beras dan jerami.....	29
5. Kandungan unsur hara Zn pada beras dan jerami.....	32
6. Hubungan antara unsur hara mikro Cu tersedia dan Zn tersedia dengan sifat tanah (<i>Single Linear Regression</i>).....	34
7. Hubungan antara unsur hara mikro Cu tersedia dengan sifat tanah (<i>Multiple Linear Regression</i>).....	36
8. Hubungan antara unsur hara mikro Zn tersedia dengan sifat tanah (<i>Multiple Linear Regression</i>).....	37
9. Hubungan antara unsur hara mikro Cu dan Zn tersedia dengan kandungan Cu dan Zn pada beras dan jerami.....	38
10. Hasil pengukuran Tekstur Tanah pada sentra pertanaman padi di Lampung.....	48
11. Hasil pengukuran unsur hara mikro Cu (Beras & Jerami) pada sentra pertanaman padi di Lampung.....	49
12. Hasil pengukuran unsur hara mikro Zn (Beras & Jerami) pada sentra pertanaman padi di Lampung.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran Ketersediaan Unsur Hara Mikro Cu dan Zn Pada Tanah Sawah dan Serapannya Pada Tanaman Padi Sawah di Sentra Pertanaman Padi di Lampung	7
2. Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian	15

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Unsur hara atau fitonutrien merupakan faktor penting bagi pertumbuhan tanaman, hewan ternak, dan manusia. Berdasarkan jumlah yang dibutuhkan oleh tanaman, unsur hara dibagi menjadi dua kelompok, yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, antara lain fosfor (P), kalium (K), nitrogen (N), belerang (S), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Unsur hara N, P, K sebagai unsur hara makro primer dan unsur hara S, Ca, Mg sebagai unsur hara makro sekunder, sedangkan yang tergolong unsur hara mikro esensial dalam jumlah sedikit, antara lain besi (Fe), boron (B), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu), molibdenum (Mo), dan klor (Cl) (Sugito, 2012). Seng (Zn) adalah elemen jejak penting yang berperan dalam metabolisme asam nukleat, pembelahan sel, dan sintesis protein. Selain itu, Zn dapat meningkatkan kesehatan dan hasil tanaman serta meningkatkan ketahanan terhadap serangan hama (Gogi dkk., 2012). Sedangkan Cu merupakan salah satu unsur mikro yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, pembentukan klorofil dan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Fauziah dkk., 2018). Peran Cu pada tanaman sebagai komponen metaloenzim dan aktivator enzim oksidase mendukung metabolisme asam askorbat dan polifenol (Stevanus dkk., 2015).

Dalam keadaan tergenang, semua hara di dalam tanah berada dalam bentuk tereduksi. Penggenangan lahan sawah setelah proses pengolahan tanah dan pelumpuran membawa konsekuensi perubahan fisika kimia tanah. Perubahan

kimia akibat penggenangan sangat memengaruhi dinamika dan ketersediaan hara di dalam tanah. Perubahan sifat kimia tanah sawah yang terjadi setelah penggenangan antara lain penurunan kadar oksigen, perubahan potensial redoks, meningkatnya pH tanah, reduksi ferri (Fe^{3+}) menjadi ferro (Fe^{2+}), perubahan mangan (Mn^{4+}) menjadi mangan (Mn^{2+}), terjadi denitrifikasi, reduksi sulfat (SO_4^{2-}) menjadi sulfid (SO_3^{2-}), penurunan ketersediaan Zn dan Cu, terjadinya pelepasan CO_2 , CH_4 , H_2S dan asam organik.

Tanah sawah sangat rentan terhadap defisiensi Zn karena pada tanah yang tergenang air, maka kandungan Zn tersedia akan menurun. Penggenangan tanah meningkatkan pH tanah, menyebabkan pembentukan seng hidroksida ($\text{Zn}(\text{OH})_2$) dan meningkatkan kandungan ion besi (II) dan mangan (II). Aktivitas ion-ion tersebut sangat mempengaruhi penyerapan Zn oleh akar tanaman (Alloway, 2008). Konsentrasi Zn di dalam tanah umumnya turun setelah penggenangan. Turunnya konsentrasi Zn disebabkan oleh presipitasi $\text{Zn}(\text{OH})_2$ karena pH tanah meningkat oleh penggenangan, presipitasi ZnCO_3 karena akumulasi CO_2 oleh pelapukan bahan organik, dan presipitasi ZnS karena tanah sangat reduktif (Sulaeman dan Eviati, 2000). Penggunaan bahan organik dapat meningkatkan aktivitas mikroba yang dapat membantu meningkatkan ketersediaan unsur hara mikro termasuk Zn, namun tidak cukup. Suplementasi Zn dalam pupuk diperlukan untuk meningkatkan kadar Zn di lahan sawah (Salawat dkk., 2018).

Ketersediaan unsur hara Cu di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH. Naiknya nilai pH tanah sawah akibat penggenangan menyebabkan jumlah Cu yang tersedia cenderung menurun. Sedikitnya Cu di dalam tanah juga disebabkan oleh pemberian pupuk NPK dalam jumlah tinggi yang menyebabkan pertumbuhan tanaman semakin cepat dan menghabiskan Cu dalam larutan tanah, pengapuran yang berlebihan di tanah masam, dan kelebihan Zn dalam tanah yang akan menghambat penyerapan Cu (Virzelina dkk., 2019). Pada tanah dengan kandungan bahan organik tinggi, seperti gambut, sebagian besar unsur hara mikro terutama Cu sangat didominasi oleh Cu yang terjerap oleh bahan organik, sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Lebih dari 98% dari tembaga yang terkandung dalam larutan tanah terdiri dari Cu yang terjerap oleh bahan organik.

Dibandingkan dengan unsur mikro lain seperti Zn^{2+} dan Mn^{2+} , tembaga terikat lebih kuat pada bahan organik, sehingga bahan organik ini berperan penting dalam mengatur mobilitas dan ketersediaan Cu di dalam tanah. Menurut penelitian sebelumnya tembaga juga dipengaruhi oleh kalsium. Rendahnya kadar bahan organik dan kalsium dalam tanah menjadi faktor penyebab tingginya kandungan tembaga tanah (Stepanus dkk., 2013).

Ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn di dalam tanah merupakan salah satu faktor penting untuk pertumbuhan tanaman. Kelebihan atau kekurangan unsur-unsur tersebut mengakibatkan pertumbuhan tanaman tidak normal, karena keracunan atau kahat terhadap unsur tersebut. Hingga saat ini informasi mengenai status unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah sawah di Lampung belum banyak ditemukan. Informasi tersebut sangat penting untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara mikro bagi tanaman dan serapannya oleh tanaman. Terserapnya Cu dan Zn tersedia di dalam tanah oleh tanaman padi (bulir beras dan jerami) akan memberikan sumber nutrisi bagi manusia dan hewan ternak. Mineral Zn pada hewan berperan untuk pertumbuhan dan pembelahan sel, perkembangan seksual, produksi sperma yang sehat, pembentukan embrio (Rostini dkk., 2019). Peranan Zn pada manusia yaitu sebagai aktivasi dan sintesis hormon pertumbuhan, menjaga kekebalan tubuh, sebagai antioksidan, fungsi pengecapan serta stabilitas membran sel (Hidayati dkk., 2019). Mineral Cu pada hewan dibutuhkan dalam jumlah sedikit di dalam tubuh, namun bila kelebihan dapat mengganggu kesehatan, sehingga mengakibatkan keracunan, tetapi bila kekurangan Cu dalam darah dapat menyebabkan anemia yang merupakan gejala umum, akan terjadi pertumbuhan yang terganggu, kerusakan tulang, depigmentasi rambut, wool atau bulu, pertumbuhan abnormal dari bulu atau wool, dan gangguan gastrointestinal (Arifin, 2007). Pada manusia, tembaga (Cu) berperan untuk menghasilkan energi, anti oksidasi dan sintesa hormon adrenalin, serta untuk pembentukan jaringan ikat (Khaira, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana status ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah-tanah sawah di sentra pertanaman padi di Lampung ?
2. Apakah terdapat pengaruh ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah-tanah sawah terhadap serapannya pada tanaman padi ?
3. Bagaimana korelasi antara sifat-sifat tanah terhadap ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah sawah ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun maka, tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mempelajari status ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah-tanah sawah di sentra pertanaman padi di Lampung.
2. Mempelajari pengaruh ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah-tanah sawah terhadap serapannya pada tanaman padi.
3. Mempelajari korelasi antara sifat-sifat tanah terhadap ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah sawah.

1.4 Kerangka Pemikiran

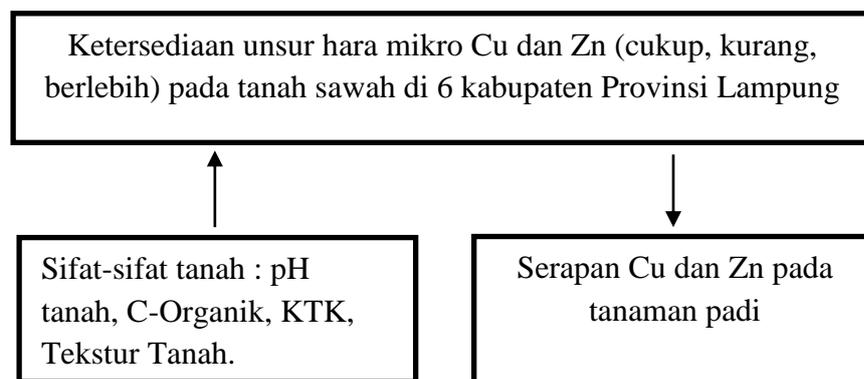
Unsur hara (Cu dan Zn) merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tembaga (Cu) merupakan salah satu unsur hara mikro yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, pembentukan klorofil dan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Seng (Zn) juga merupakan unsur hara

mikro yang berperan dalam meningkatkan produktivitas tanaman serta ketahanan terhadap serangan hama. Unsur hara mikro Cu dan Zn tidak hanya berguna bagi tanaman tetapi juga bermanfaat bagi nutrisi hewan (ternak) dan manusia. Besarnya unsur hara Cu dan Zn yang diserap oleh tanaman dan dikonsumsi oleh hewan (ternak) dan manusia (melalui tanaman pada rantai makanan) bergantung pada besarnya Cu dan Zn tersedia di dalam tanah. Ketersediaan unsur hara Cu dan Zn dalam tanah harus dalam kondisi normal. Kelebihan atau kekurangan unsur tersebut akan menghambat pertumbuhan tanaman. Menurut Novizan (2002), ketersediaan kebutuhan normal unsur tembaga (Cu) di dalam tanah sebesar 0,1-4 ppm sedangkan kebutuhan normal di dalam tanaman sebesar 5-20 ppm. Ketersediaan kebutuhan normal unsur seng (Zn) di dalam tanah sebesar 1-20 ppm sedangkan kebutuhan normal di dalam tanaman sebesar 25-125 ppm. Unsur hara Cu diserap tanaman dalam bentuk Cu^{2+} atau kompleks organik. Unsur hara Zn diserap tanaman dalam bentuk Zn^{2+} .

Ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor yang secara umum mempengaruhi ketersediaan unsur mikro logam (Fe, Mn, Cu, Zn) di dalam tanah antara lain kandungan total unsur mikro logam tersebut, pH, kandungan bahan organik tanah, liat dan kalsium karbonat, kondisi redoks tanah, aktivitas mikroorganisme tanah di rhizosphere, konsentrasi unsur mikro logam yang lain, konsentrasi unsur hara makro, khususnya fosfor untuk unsur mikro Zn, dan iklim. Besarnya serapan Zn oleh tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kandungan total Zn di dalam tanah, pemadatan tanah di daerah perakaran, tanah berkapur (*calcareous soils*), kandungan bahan organik tanah, temperature tanah, spesies dan varietas tanaman, ketersediaan fosfor di dalam tanah dan pengaruh nitrogen (Alloway, 2008). Faktor-faktor yang mempengaruhi serapan Cu oleh tanaman secara efektif karena dibantu oleh zat pengkelat berupa zat organik. Zat yang disebut dengan fitokhelatin dalam tumbuhan membentuk kompleks dengan logam berat dan berfungsi sebagai pengikat logam berat. Fitokhelatin ini dapat disintesis secara enzimatik dari glutathione yang memberikan respon terhadap ion logam (Elawati dkk., 2015).

Penggenangan tanah sawah berpengaruh terhadap sifat fisika dan kimia tanah. Perubahan kimia akibat penggenangan sangat memengaruhi dinamika dan ketersediaan hara pada tanah sawah termasuk ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn. Menurut Sarno dan Syam (1994), berdasarkan penelitian sebelumnya kisaran Zn tersedia yang diekstrak dengan DTPA-TEA untuk tanah-tanah sawah di Lampung (Lampung Selatan, Lampung Tengah, dan Lampung Utara) yaitu 0,56-7,50 ppm dengan rata-rata 1,70 ppm dari 149 sampel tanah. Kisaran Cu tersedia yang diekstrak dengan DTPA-TEA untuk tanah-tanah sawah di Lampung (Lampung Selatan, Lampung Tengah, dan Lampung Utara) yaitu 0,16-4,488 ppm dengan rata-rata 0,96 ppm dari 149 sampel tanah. Menurut Pirzadeh dkk. (2010), total konsentrasi Zn untuk tanah sawah berkapur (*calcareous paddy soil*) dengan pH 6,9-8,3 bervariasi dari 14,1-116,5 mg/kg dengan nilai rata-rata 40,7 mg/kg dan konsentrasi Zn yang dapat diekstraksi dengan DTPA di tanah bervariasi dari 0,4-14,5 mg/kg. Lebih dari 50% dari sampel tanah tersebut mengandung <2,0 mg/kg pengekstrak DTPA yang dianggap sebagai konsentrasi kritis Zn di tanah sawah (Doberman dan Fairhurst, 2000). Total konsentrasi Cu untuk tanah sawah berkapur (*calcareous paddy soil*) dengan pH 6,9-8,3 bervariasi dari 10,0-29,7 mg/kg dengan nilai rata-rata 20,1 mg/kg dan konsentrasi Cu yang dapat diekstraksi dengan DTPA di tanah bervariasi dari 0,5-9,1 mg/kg. Sampel tanah yang mengandung >1,0 mg/kg pengekstrak DTPA yang dianggap sebagai konsentrasi kritis Cu di tanah sawah (Doberman dan Fairhurst, 2000). Menurut Wu dkk. (2010), konsentrasi total Cu pada tanah sawah di Cina berkisar 15,3-78,4 mg/kg dengan nilai pH berkisar 4,40-8,30. Hal ini menunjukkan bahwa tanah sawah berada di bawah tingkat kontaminasi Cu. Menurut Virzelina dkk. (2019), konsentrasi Cu tersedia pada tanah sawah di Desa Sri Agung, Kecamatan Batang Asam Kabupaten Tanjung Abung Barat, Provinsi Jambi dengan pH 4,60-5,28 berkisar antara 2,66-4,25 ppm. Kandungan Cu tersedia ini tergolong cukup menurut kriteria Balai Penelitian Tanah (2009), berkisar dari 0,5-4,25 ppm. Konsentrasi Zn tersedia pada tanah sawah tersebut berkisar antara 7,6-18,56 ppm, hal ini menunjukkan bahwa kandungan Zn tergolong tinggi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, hubungan Zn dan Cu tersedia pada tanah-tanah sawah di Lampung dengan pH menunjukkan bahwa Zn tersedia dengan pengestrak DTPA-TEA menunjukkan hubungan yang tidak nyata ($r=0,07$) sedangkan Cu tersedia dengan pengestrak DTPA-TEA menunjukkan hubungan yang positif sangat nyata ($r=0,30$) (Sarno dan Syam, 1994). Hubungan C-Organik dengan Cu tersedia dengan pengestrak DTPA-TEA menunjukkan bahwa semua macam tanah tidak nyata ($r=0,14$), korelasi Zn dengan C-Organik menunjukkan hubungan yang tidak nyata pula ($r=0,16$) (Sarno dan Syam, 1994). Al-Jabri dkk. (1988), mendapatkan bahwa hubungan antara C-Organik dengan kadar Zn dan Cu tersedia pada tanah-tanah sawah di Jawa menunjukkan hubungan positif nyata. Hubungan Cu dan Zn tersedia dengan tekstur tanah menunjukkan bahwa untuk seluruh tanah sawah di Lampung kadar Cu tersedia dengan pengestrak DTPA-TEA menunjukkan hubungan tidak nyata dengan kadar liat ($r=0,14$), sangat nyata dengan kadar debu ($r=0,22$), dan negatif sangat nyata dengan kadar pasir ($r=-0,28$). Kadar Zn menunjukkan hubungan positif sangat nyata dengan kadar liat ($r=0,23$), tidak nyata dengan kadar debu ($r=0,11$), dan negatif sangat nyata dengan kadar pasir ($r=-0,29$) (Sarno dan Syam, 1994).



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Ketersediaan Unsur Hara Mikro Cu dan Zn pada Tanah Sawah dan Serapannya pada Tanaman Padi Sawah di Lampung.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Status ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn pada tanah-tanah sawah di sentra pertanaman padi di Lampung tergolong rendah (defisiensi).
2. Pengaruh ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn tersedia pada tanah sawah menunjukkan hubungan yang positif dengan serapannya pada tanaman padi.
3. Korelasi antara unsur hara mikro Cu dan Zn dengan sifat tanah (pH, C-Organik, KTK, dan % liat) menunjukkan hubungan positif sangat nyata.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Tanah Sawah

Tanah sawah berdasarkan asalnya dapat dibedakan atas sawah dari endapan aluvial, sawah dari lahan kering, sawah dari rawa lebak, dan sawah dari rawa pasang surut (Prasetyo dan Setyorini, 2008). Genangan air di permukaan, dan penggenangan serta pengeringan yang bergantian menjadi faktor penting dalam proses pembentukan profil tanah sawah. Proses pembentukan profil tanah sawah menyebabkan terjadi beberapa reaksi yang meliputi berbagai proses, yaitu (a) proses utama berupa pengaruh kondisi reduksi-oksidasi (redoks) yang bergantian; (b) penambahan dan pemindahan bahan kimia atau partikel tanah; dan (c) perubahan sifat fisik, kimia, dan mikrobiologi tanah, akibat penggenangan pada tanah kering yang disawahkan, atau perbaikan drainase pada tanah rawa yang disawahkan (Salam, 2020).

Sifat kimia tanah terdiri dari pH, KTK, dan C-Organik. Nilai pH atau aktivitas ion hidrogen adalah ciri kimia paling penting dari tanah sebagai media tumbuh tanaman, karena itu besaran pH pada suatu daerah akan menjadi parameter untuk menentukan besarnya ketersediaan unsur hara bagi tanaman. pH tanah yang ideal untuk tanaman padi berkisar antara 5,5-7,5. Pada tanah sawah tergenang, pH tanah cenderung netral. Namun, pH tanah pada lahan kering akan menurun karena terjadinya oksidasi sehingga adanya ion H^+ yang meningkatkan keasaman tanah (Palembang dkk., 2013). Kisaran pH tanah sawah di Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi yaitu pH rata-rata tanah kondisi lapang berkisar dari 5,62-5,80 dimana 31,25% tergolong masam dan 68,75% tergolong agak masam, sedangkan

rata-rata nilai pH tanah kering angin berkisar dari 4,60-5,28 dimana 12,5% tergolong sangat masam, 6,25% tergolong agak masam dan 81,25% tergolong masam (Virzelina dkk., 2019).

Kapasitas Tukar Kation adalah jumlah kation yang dijerap dan dipertukarkan oleh tanah dan dinyatakan dalam satuan cmol (+)/kg. Menurut Djaenuddin dkk. (2003), nilai KTK suatu lahan yang optimal untuk dijadikan sawah irigasi berkisar antara 16-80 cmol/kg tanah. Menurut Maulana dkk. (2021), KTK tanah sawah di beberapa subak Kecamatan Mendoyo Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali menunjukkan bahwa KTK di lokasi penelitian tergolong tinggi berkisar 25,57-39,93 me/100 g dan KTK tergolong sangat tinggi dengan nilai 42,71 me/100 g. Menurut Felix dkk. (2020), meningkatnya kapasitas tukar kation pada tanah akan berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman padi. Kapasitas tukar kation tanah yang memiliki banyak muatan tergantung pH dapat berubah-ubah dengan perubahan pH. Keadaan tanah yang sangat masam menyebabkan tanah kehilangan kapasitas tukar kation dan kemampuan menyimpan hara kation dalam bentuk dapat tukar karena perkembangan muatan positif.

Bahan organik tanah adalah seluruh karbon di dalam tanah yang berasal dari sisa tanaman atau tumbuhan dan hewan yang telah mati. Kebanyakan bahan organik tanah adalah jaringan tanaman atau tumbuhan (Munawar, 2013). Kandungan bahan organik (karbon organik) dalam tanah mencerminkan kualitas tanah yang langsung maupun tidak langsung berpengaruh pada kualitas tanah tersebut dan sustainabilitas agronomi karena pengaruhnya pada indikator fisik, kimia, dan biologi dari kualitas tanah (Nagur, 2007). Menurut Djaenuddin dkk. (2003), kandungan C-Organik yang optimal suatu lahan untuk dijadikan sawah irigasi yaitu lebih besar dari 2%. Tanah sawah di Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi memiliki kandungan C-Organik sebesar 0,94%-1,46%. Dimana 12,5% tergolong sangat rendah, 6,25% tergolong sedang dan 81,25% tergolong rendah (Virzelina dkk., 2019).

2.2 Unsur hara mikro Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) di Dalam Tanah

Ketersediaan unsur hara merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Ketersediaan adalah perubahan unsur hara dari bentuk organik menjadi bentuk anorganik. Unsur yang ada di dalam tanah akan mengalami proses mineralisasi seperti unsur N,P, dan K. Ketersediaan unsur hara sangat terkait dengan aktivitas ion H^+ atau pH dalam larutan tanah. Menurunnya pH tanah secara langsung meningkatkan kelarutan unsur Mn, Zn, Cu dan Fe.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan Cu dan Zn di dalam tanah antara lain kandungan total unsur mikro logam tersebut, pH, kandungan bahan organik tanah, liat dan kalsium karbonat, kondisi redoks tanah, aktivitas mikroorganisme tanah di rhizosphere, konsentrasi unsur mikro logam yang lain, konsentrasi unsur hara makro, khususnya fosfor untuk unsur mikro Zn, dan iklim. Ketersediaan unsur hara mikro di dalam tanah sangat menentukan seberapa banyak kandungan unsur mikro tersebut di dalam jaringan tanaman, atau tubuh hewan dan manusia (sebagai nutrisi). Tanah sawah yang menunjukkan berstatus kahat Zn dan Cu tampaknya lebih berasosiasi dengan kandungan total unsur tersebut yang rendah. Pengaruh bahan induk terhadap ketersediaan unsur mikro lebih besar dari pada unsur makro. Kekurangan unsur mikro seringkali dapat dihubungkan dengan rendahnya kadar unsur mikro batuan induk atau bahan induk yang terangkut (Sarno dan Syam, 1994). Secara umum, ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn menurun dengan meningkatnya pH tanah karena meningkatnya kapasitas jerapan tanah, pembentukan Cu atau Zn terhidrolisis, terjerap pada kalsium karbonat, dan mengalami presipitasi (pengendapan) pada permukaan Fe-oksida. Menurut Follet dkk. (1981), menyatakan bahwa seiring dengan kenaikan pH, jumlah Cu yang teradsorpsi oleh liat cenderung meningkat karena pada saat pH meningkat muatan (-) pada koloid liat akan meningkat sehingga Cu^{2+} akan mudah terjerap/teradsorpsi pada koloid liat (Cu teradsorpsi meningkat). Oleh karena itu tanah-tanah alkalin, tanah berkapur (*calcareous soils*) dan tanah yang diaplikasikan kapur pertanian cenderung untuk mengalami defisiensi Zn

dibandingkan tanah-tanah ber-pH netral dan agak masam. Bahan organik di dalam tanah dapat mempengaruhi ketersediaan Cu dan Zn melalui pembentukan kompleks dengan asam organik yang mudah larut maupun yang sukar larut, yang disebut khelat. Ketersediaan Cu dan Zn akan meningkat jika Cu dan Zn tersebut membentuk kompleks dengan asam organik yang mudah larut (asam hidrofilik) dan menjadi tidak tersedia jika Cu dan Zn berikatan dengan asam organik yang sukar larut, seperti asam humik. Pemupukan juga dapat mempengaruhi ketersediaan Zn di dalam tanah. Sebagai contoh, pemupukan fosfor dan Cu dapat mengurangi ketersediaan Zn di dalam tanah, sedangkan pemupukan nitrogen dalam bentuk amonium sulfat dan amonium nitrat dapat meningkatkan ketersediaan Zn di dalam tanah akibat menurunnya pH tanah setelah pemupukan.

2.3 Unsur hara mikro Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) di Dalam Tanaman

Unsur hara mikro B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, dan Zn adalah tujuh unsur esensial bagi tanaman (Romheld dan Marschner, 1991) pada tingkat kebutuhan kurang dari 0,10% bahan kering tanaman (Glass, 1989). Unsur tembaga (Cu) merupakan salah satu unsur mikro yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah sangat kecil, rentang terkandung di bagian titik tumbuhnya antara 0,05-0,5 ppm, sementara dibagian-bagian lainnya sekitar 3-10 ppm. Dibandingkan dengan zat besi, unsur tembaga ini 20 kali lebih sedikit. Meskipun jarang terjadi kekurangan/defisiensi dan keracunan, lebih baik harus dihindarkan untuk menghindari efek negatif yang ekstrem bagi pertumbuhan dan kualitas tanaman. Unsur seng (Zn) merupakan unsur yang terdapat di semua jenis tanah, tanaman, dan hewan. Seng diperlukan oleh tanaman, hewan dan manusia dalam jumlah sedikit tetapi mutlak harus ada. Seng merupakan hara mikro dengan kandungan normal misalnya di dalam daun padi berkisar antara 30-160 mg kg⁻¹. Jika jumlahnya tidak mencukupi, tanaman dan hewan akan menderita cekaman fisiologis yang diakibatkan oleh tidak berfungsinya beberapa sistem enzim dan fungsi metabolik lain dimana seng memainkan perannya (Alloway, 2008).

Faktor yang mempengaruhi besarnya serapan Zn oleh tanaman antara lain kandungan total Zn di dalam tanah, pemadatan tanah di daerah perakaran, tanah berkapur (*calcareous soils*), kandungan bahan organik tanah, temperature tanah, spesies dan varietas tanaman, ketersediaan fosfor di dalam tanah dan pengaruh nitrogen. Tanaman yang tumbuh pada tanah dengan kandungan total Zn yang rendah (10 – 30 mg/kg) kemungkinan akan mengalami defisiensi Zn, seperti pada tanah gambut atau tanah berpasir. Pemadatan tanah dapat menyebabkan penetrasi akar tanaman terganggu sehingga serapan Zn oleh tanaman juga akan berkurang. Tanaman yang tumbuh pada tanah berkapur juga dapat mengalami defisiensi Zn karena pH yang tinggi pada tanah berkapur dapat mengurangi ketersediaan Zn di dalam tanah. Tanah dengan kandungan bahan organik rendah umumnya tidak dapat mengikat Zn di dalam tanah sehingga Zn akan mudah mengalami pencucian dan tanaman yang tumbuh di atasnya dapat mengalami defisiensi Zn. Suhu tanah yang rendah juga dapat menyebabkan serapan Zn oleh tanaman rendah akibat perkembangan perakaran tanaman yang lambat dan rendahnya aktivitas mikroorganisme tanah dalam mendekomposisi bahan organik sehingga sumbangan Zn yang dilepaskan ke larutan tanah juga berkurang. Tingginya ketersediaan fosfor di dalam tanah juga dapat menghambat penyerapan Zn oleh tanaman dan translokasi Zn di dalam jaringan tanaman. Ketersediaan N yang tinggi di dalam tanah juga dapat menurunkan serapan Zn oleh tanaman akibat tingginya kandungan protein di dalam jaringan tanaman sehingga translokasi Zn di dalam jaringan tanaman terhambat karena Zn membentuk kompleks dengan protein terutama di dalam perakaran tanaman. Di lain pihak pemupukan nitrogen dalam bentuk amonium sulfat atau amonium nitrat dapat menurunkan pH tanah sehingga ketersediaan Zn di dalam tanah dan serapannya oleh tanaman meningkat.

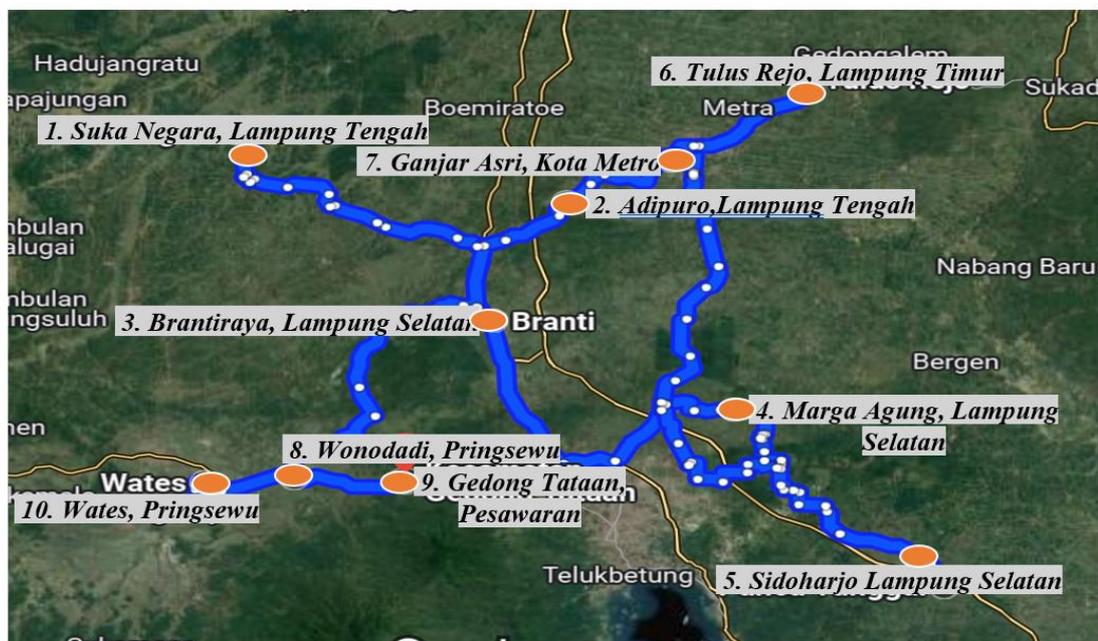
Jenis tanah yang mempengaruhi kandungan Zn dan Cu tersedia di dalam tanah bagi tanaman. Beberapa jenis tanah, seperti tanah berkapur (*calcareous soils*), tanah berpasir (*sandy soils*), tanah yang mengalami pelapukan lanjut (*strongly weathered tropical soils*), tanah dengan kandungan garam tinggi (tanah salin dan sodik), Vertisol, dan Gleysol secara umum memiliki kandungan Zn yang rendah (defisiensi Zn) (Alloway, 2008). Tanah berkapur memiliki masalah

defisiensi Zn dan Cu akibat pH yang tinggi yang dapat menurunkan ketersediaan Zn dan Cu di dalam tanah. Selain itu, tanah berkapur juga memiliki kandungan bahan organik yang rendah sehingga Zn dan Cu di dalam tanah mudah hilang akibat pencucian karena rendahnya pembentukan kompleks Zn atau Cu dengan bahan organik. Tanah berpasir (*sandy soils*) didominasi oleh mineral quartz yang miskin kandungan unsur hara termasuk Zn dan Cu. Selain itu, partikel pasir tidak dapat menjerap Zn dan Cu sehingga memiliki kapasitas menyimpan Cu dan Zn yang rendah. Tanah dengan tingkat pelapukan dan pencucian yang tinggi seperti tanah-tanah di daerah tropika juga memiliki ketersediaan Cu dan Zn yang rendah. Selanjutnya, rendahnya ketersediaan Zn pada tanah salin dikarenakan pH yang tinggi dan tingginya konsentrasi kalsium di dalam tanah, sedangkan ketersediaan Zn yang rendah pada tanah sodik disebabkan oleh tingginya kandungan sodium (Na) pada kompleks jerapan sehingga ion Zn lebih banyak hilang melalui pencucian.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Agustus 2022-Juni 2023 dengan menggunakan metode survei di lapangan. Survei ini dilakukan dengan mengambil sampel tanah dan tanaman padi di 10 lokasi sentra pertanaman padi di Lampung. Kemudian sampel-sampel tanah dan tanaman padi dianalisis kandungan Cu dan Zn di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Di bawah ini peta lokasi pengambilan sampel penelitian.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian

Keterangan:

Kabupaten Lampung Tengah :

1. Desa Suka Negara, Kecamatan Bangunrejo ($5^{\circ}6'34,21''$ LS; $105^{\circ}1'44,31''$ BT)
2. Desa Adipuro, Kecamatan Trimurjo ($5^{\circ}9'34,82''$ LS; $105^{\circ}13'53,96''$ BT)

Kabupaten Lampung Selatan :

3. Desa Brantiraya, Kecamatan Natar ($5^{\circ}15'9,19''$ LS; $105^{\circ}10'28,76''$ BT)
4. Desa Marga Agung, Kecamatan Jati Agung ($5^{\circ}19'6,12''$ LS; $105^{\circ}19'28,30''$ BT)
5. Desa Sidoharjo, Kecamatan Way Panji ($5^{\circ}37'33,65''$ LS; $105^{\circ}35'11,61''$ BT)

Kabupaten Lampung Timur :

6. Desa Tulus Rejo, Kecamatan Pekalongan ($5^{\circ}3'49,37''$ LS; $105^{\circ}23'3,79''$ BT)

Kota Metro :

7. Desa Ganjar Asri, Metro Barat ($5^{\circ}7'27,65''$ LS; $105^{\circ}17'17,50''$ BT)

Kabupaten Pringsewu :

8. Desa Wonodadi Utara, Kecamatan Gading Rejo ($5^{\circ}22'25,46''$ LS; $105^{\circ}3'1,75''$ BT)
9. Desa Wates, Kecamatan Gading Rejo, Kabupaten Pringsewu ($5^{\circ}21'26,60''$ LS; $105^{\circ}0'31,22''$ BT).

Kabupaten Pesawaran :

10. Desa Gedong Tataan, Kecamatan Negeri Katon ($5^{\circ}22'31,81''$ LS; $105^{\circ}5'46,91''$ BT)

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah bor tanah sawah, ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry*), pH meter, mortar, ayakan 2 mm, alat gelas, tabung reaksi, erlenmeyer, gelas ukur, pipet ukur, pipet tetes, dan lain-lain. Sedangkan bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah 10 sampel tanah sawah di Lampung, sampel tanaman padi, larutan pengestrak DTPA pH 7,30, larutan pereaksi seperti asam sulfat, asam fosfat, kalium bikromat, dan lain-lain.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode survei di lapangan dengan mengambil sampel tanah dan tanaman padi pada tanah-tanah sawah di sentra pertanaman padi di 6 kabupaten di Lampung yaitu di Kabupaten Lampung Tengah, Lampung Timur, Lampung Selatan, Metro, Pesawaran, dan Pringsewu. Lalu, sampel tanah diuji dengan uji DTPA untuk melihat status ketersediaannya di dalam tanah. Selain itu, analisis kandungan Cu dan Zn pada sampel tanaman padi dilakukan untuk mengetahui status serapannya pada tanaman padi. Kemudian, dari data yang telah didapat dilakukan perbandingan dengan standar ketersediaan unsur hara mikro Cu dan Zn di dalam tanah dan kandungannya di dalam sampel tanaman untuk mengetahui status Cu dan Zn tersedia di dalam tanah dan kandungan di dalam tanaman dan hubungannya dengan sifat-sifat tanah.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Penentuan Lokasi

Lokasi pengambilan sampel dilakukan di 10 lokasi di sentra pertanaman padi di 6 Kabupaten yang ada di Lampung, yang mana pada setiap lokasi diambil 6 titik pengambilan dengan jarak antar titik sejauh 100-300 m. Penentuan lokasi sampel tanah tersebut didasarkan pada jenis tanah dan bahan induk pembentuk tanah. Selain itu informasi mengenai pemeliharaan tanaman padi dikumpulkan dengan cara bertanya ke petani diantaranya, pemupukan (pupuk organik dan anorganik: jenis pupuk, dosis dan waktu aplikasi; apakah dosis pupuk yang diaplikasikan berbeda antara musim tanam 1 dan 2), aplikasi kapur pertanian dan pestisida, sumber air irigasi, intensitas penanaman padi dalam setahun (2 atau 3 kali dalam setahun) serta apakah petani melakukan rotasi tanaman dengan tanaman lain selain padi atau melakukan bera (membiarkan tanah tidak ditanami) setelah musim tanam kedua.

3.4.2 Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman

Pengambilan sampel tanaman padi dilakukan pada fase generatif. Sampel tanaman padi diambil pada musim tanam kedua yaitu pada bulan Agustus dan September 2022. Sampel tanaman diambil di lokasi yang telah ditentukan dari tanaman padi yang terlihat sehat (tidak diserang hama), bermalai banyak, normal (tinggi tanaman serumpun tampak sama), dan kondisi tanah tidak tergenang. Sampel tanaman diambil dengan cara menggunting (tidak sampai akarnya) batang tanaman padi di atas permukaan tanah. Lalu, sampel tanaman dimasukkan pada plastik yang telah diberi label lokasi pengambilan sampel. Setelah diambil dari lapang, sampel tanaman dibersihkan dari sisa-sisa tanah yang menempel. Selanjutnya, dipisahkan antara jerami, dan bulir beras. Masing-masing bagian dimasukkan ke dalam amplop kertas yang berbeda dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70°C selama 3 x 24 jam. Kemudian, sampel tanaman dihaluskan dengan penggiling dan sampel tanaman disimpan dalam botol atau plastik yang tertutup rapat untuk kemudian dianalisis.

Sampel tanah diambil di sekitaran tanaman padi yang telah dipilih menjadi sampel. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0 – 20 cm pada setiap lokasi dengan menggunakan bor tanah. Sampel tanah pada setiap lokasi diambil 6 titik di petak lahan yang berbeda, kemudian sampel tanah dari semua titik tersebut dicampurkan hingga homogen menjadi 1-2 kg sampel tanah untuk analisis. Setelah diambil dari lapang, sampel tanah dibersihkan dari sisa-sisa tanaman dan kerikil, dan dikeringudarkan pada suhu ruangan. Setelah kering, sampel tanah dihaluskan dengan menggunakan penumbuk tanah yang terbuat dari porselen (*porcelain mortar*), diayak menggunakan ayakan 2 mm, dan disimpan dalam plastik yang tertutup rapat untuk selanjutnya dianalisis.

3.4.3 Analisis Cu dan Zn Tersedia pada Sampel Tanah

Kandungan Cu dan Zn tersedia pada sampel tanah diekstrak dengan pengestrak DTPA pH 7,30 (Lindsay dan Norvel, 1978). Larutan DTPA sangat efektif dalam mengompleks Cu dan Zn dalam tanah (Lindsay dan Norvell, 1978). Sebanyak 10,00 g contoh tanah halus <2 mm ditempatkan dalam botol pengocok dan ditambahkan 20 ml larutan ekstraksi DTPA pH 7,30. Kemudian suspensi tanah dikocok dengan mesin pengocok horizontal dengan kecepatan 120 rpm selama 2 jam. Suspensi disentrifusi dan disaring dengan kertas saring Whatman No.42 untuk mendapatkan ekstrak yang jernih. Konsentrasi Cu dan Zn di dalam ekstrak tanah diukur dengan ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry*).

3.4.4 Analisis Total Cu dan Zn pada Sampel Tanah

Kandungan total Cu dan Zn di dalam tanah dianalisis dengan metode EPA 200.7 (U.S Environmental Protection Agency, 2001). Sampel tanah diuji untuk mencapai homogenitas dengan cara sampel kering diayak menggunakan ukuran 5 mesh saringan polipropilen dan haluskan dalam lesung dan alu. Saringan, lesung dan alu harus dibersihkan terlebih dahulu. Sampel yang dikeringkan kemudian digiling dan ditimbang secara akurat mewakili $1,0 \pm 0,01$ g dari sampel dan pindahkan ke gelas kimia untuk ekstraksi asam. Kedalam gelas kimia, tambahkan 4 ml HNO_3 (1+1) dan 10 ml HCl (1+4). Kemudian tutup gelas kimia dengan kaca. Tempatkan gelas kimia di atas lempeng pemanas untuk ekstraksi refluks analit. Lempeng pemanas harus ditempatkan di lemari asam dan sebelumnya disesuaikan untuk memberikan suhu refluks sekitar 95°C . Sampel dipanaskan selama 30 menit. Tunggu hingga sedikit mendidih karena pendidihan yang berlebihan harus dihindari untuk mencegah hilangnya azeotrop ($\text{HCl-H}_2\text{O}$). Penguapan akan terjadi pada sebagian larutan (3-4 ml). Biarkan larutan ekstrak sampel dingin dan

disentrifus hingga larutan ekstrak jernih. Kandungan Cu dan Zn dalam ekstrak sampel siap untuk dianalisis dengan ICP-OES.

3.4.5 Analisis Kandungan Cu dan Zn pada Sampel Tanaman

Kandungan Cu dan Zn pada sampel tanaman diuji dengan metode EPA 200.7 dan diukur dengan ICP-OES (U.S Environmental Protection Agency, 2001). Sampel tanaman padi (jerami, dan bulir beras) dikeringkan hingga berat konstan dengan suhu 60°C. Kemudian, bahan kering digiling sebanyak 1 g dan dipindahkan ke gelas kimia untuk ekstraksi asam. Setelah itu, tambahkan 10 ml HNO₃ ke dalam gelas kimia dan ditutup. Tempatkan gelas kimia di hotplat dan refluks sampel selama 10 menit. Lalu biarkan hingga dingin. Kemudian, tambahkan 5 ml HNO₃ pekat dan letakkan di atas hotplat serta refluks selama 30 menit. Ulangi langkah terakhir ini. Angkat gelas kimia dari hotplat dan biarkan sampel hingga dingin. Tambahkan 2 ml aquades dan 3 ml H₂O₂ 30%. Letakkan gelas kimia di hotplat dan panaskan sampel sampai berbuih. Lalu, tambahkan 1 ml H₂O₂ 30% sampai tidak ada buih tetapi tidak lebih dari total 10 ml. Tambahkan 2 ml HCl pekat dan 10 ml aquades kedalam sampel dan ditutup kemudian refluks selama 15 menit. Setelah itu, dinginkan sampel dan encerkan hingga 100 ml dengan aquades. Bahan padat yang tersisa harus dibiarkan mengendap atau di sentrifugasi. Kemudian Cu dan Zn di dalam ekstrak tanaman diukur dengan ICP-OES.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel utama yang diamati, yaitu :

1. Konsentrasi unsur mikro Cu dan Zn tersedia dalam tanah
Konsentrasi unsur mikro Cu dan Zn dalam tanah ditentukan status ketersediaannya dari hasil yang telah didapat setelah ekstraksi dengan larutan DTPA pH 7,30.

2. Konsentrasi unsur mikro Cu dan Zn dalam sampel tanaman
Konsentrasi unsur mikro Cu dan Zn dalam jerami dan bulir padi ditentukan status kandungannya dari hasil yang telah didapat setelah pengujian dengan oksidasi jaringan tanaman dengan metode EPA 200.7.

Variabel pendukung yang diamati, yaitu :

Analisis pH tanah diuji menggunakan pH meter dengan elektrode gelas. Analisis C-Organik diuji menggunakan metode CHN Elemental Analyzer. Analisis KTK diuji menggunakan metode 1 N NH_4OAc pH 7. Analisis tekstur tanah diuji menggunakan metode hydrometer. Kemudian ditentukan apakah sifat-sifat tanah tersebut memiliki keterkaitan dengan ketersediaan unsur hara Cu dan Zn pada tanah-tanah sawah melalui uji korelasi.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kandungan Cu tersedia pada tanah sawah berkisar $0,17-2,14 \text{ mg kg}^{-1}$, sedangkan Zn tersedia berkisar antara $1,70-13,99 \text{ mg kg}^{-1}$. Tanah sawah yang mengalami defisiensi Cu terdapat pada 8 lokasi dan tanah sawah yang memiliki konsentrasi Cu cukup terdapat pada 2 lokasi. Tanah sawah yang mengalami defisiensi Zn terdapat pada 2 lokasi dan tanah sawah yang memiliki konsentrasi Zn cukup terdapat pada 8 lokasi. Kandungan unsur hara Cu pada beras berkisar $0,99-1,99 \text{ mg kg}^{-1}$ dan pada jerami berkisar $0,18-2,64 \text{ mg kg}^{-1}$, sedangkan kandungan unsur hara Zn pada beras berkisar $10,94-17,30 \text{ mg kg}^{-1}$ dan pada jerami berkisar $33,72-115,92 \text{ mg kg}^{-1}$. Kandungan Cu pada beras dan jerami dalam status defisiensi. Kandungan Zn pada beras juga dalam status defisiensi. Sedangkan kandungan Zn pada jerami yang mengalami defisiensi terdapat pada 2 lokasi penelitian, konsentrasi Zn yang tergolong cukup terdapat pada 6 lokasi penelitian, dan konsentrasi Zn yang berada pada batas toksisitas terdapat pada 2 lokasi penelitian.
2. Hubungan Cu tersedia dengan Cu jerami menunjukkan korelasi positif yang nyata. Hubungan Cu tersedia dengan Cu beras menunjukkan hubungan yang tidak nyata. Hubungan Zn tersedia dengan Zn jerami dan beras menunjukkan hubungan yang tidak nyata.

3. pH dan KTK tanah berkorelasi positif sangat nyata terhadap Cu tersedia pada tanah sawah, sedangkan kandungan Zn tersedia tidak berkorelasi dengan sifat-sifat tanah (pH, C-Organik, KTK, kandungan liat, dan total Zn).

5.2 Saran

Disarankan untuk petani khususnya di sentra pertanaman padi di Lampung yaitu dengan memberikan pupuk NPK sesuai dosis yg di butuhkan tanaman agar kandungan unsur hara Cu dan Zn optimal. Selain itu, diperlukan peninjauan secara berkala agar pH tanah berada dalam batas optimum karena pH tanah masam akan berpengaruh terhadap kualitas dan produktivitas tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L., Sudirja, R., dan Harryanto, R. 2022. Analisis N total dan kandungan logam berat Cu dan Zn pada tanah sawah di daerah pengairan sungai Cikinjing kecamatan Rancaekek. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*. 7(1):1-9.
- Alloway, B.J. 2008. *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. 2nd Edition. Internasional Zinc Association (IZA) and International Fertilizer Industry Association (IFA). Brussels, Belgium and Paris, France. 135 hlm.
- Amanullah, Inamullah, Alwahibi, M.S., Elshikh, M.S., Alkahtani, J., Muhammad, A., Khalid, S., Imran., Ahmad, M., Khan, N., Ullah, S., dan Ali, I. 2020. Pemupukan fosfor dan seng meningkatkan biofortifikasi seng pada biji-bijian dan jerami genotype beras kasar. *Agronomi*. 10(8): 1155.
- Arifin, Z. 2007. Pentingnya mineral tembaga (Cu) dalam tubuh hewan dalam hubungannya dengan penyakit. *Wartazoa*, 17(2): 93-99.
- Bhon, H.L., Mc Neal, B.L. dan O'Connor, G.A. 2005. *Soil Chemistry*. Jhon Wiley & Sons, New York.
- Damayanti, K., Hanum, H., dan Lubis, A. 2016. Pemberian pupuk P dan Zn untuk meningkatkan ketersediaan P dan Zn di tanah sawah. *Jurnal Agroteknologi*. 4(3):2040-2047.
- Dani, K.R. Perubahan ketersediaan dan serapan Cu-Zn oleh rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) pada tanah tercemar logam berat dengan perlakuan berbagai jenis biochar. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Djaenuddin, D., Marwan, H., Subagyo, H., dan Hidayat, A. 2003. *Petunjuk Teknis untuk Komoditas Pertanian*. Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.
- Doberman, A. dan Fairhurst, T. 2000. *Rice nutrient disorders and nutrient management*. Intenational Rice Research Institute, Manila.

- Elawati, Kandowangko, N.Y., dan Lamondo, D. 2015. Efisiensi penyerapan logam berat tembaga (Cu) oleh tumbuhan kangkung air (*ipomoea aquatica* Forks) dengan waktu kontak yang berbeda. *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo*. 6(2): 162-166.
- Erfandi, D., dan Juarsah, I. 2014. Teknologi pengendalian pencemaran logam berat pada lahan pertanian. *Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim*. 159-186.
- Erizilina, E., Pamoengkas, P., dan darwo. 2019. Hubungan sifat fisik dan kimia tanah dengan pertumbuhan meranti merah di KHDTK Haurbentes. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 9(1):68-74.
- Fauziah, F., Wulansari, R., dan Rezamela, E. 2018. Pengaruh Pemberian Pupuk Mikro Zn dan Cu serta Pupuk Tanah terhadap Perkembangan *Empoasca sp.* pada Areal Tanaman Teh. 29(1): 26-34.
- Felix, I., Rismaneswati., dan Lias, S.A. 2020. Karakterisasi lahan sawah bukaan baru hasil konversi lahan hutan di Desa Kalosi Kecamatan Towuti Kabupaten Timur. *Jurnal Ecosolum*. 9(1): 69-89.
- Gogi, M.D., Arif, J.M., Asif, M., Zain, U.A., Bashir, M.H., Ashad, M., Khan, M.A., Abbas, Q., Shahid, M.R., and Anwar, A. 2012. Impact of nutrient management schedules on infestation of *Bemisia tabaci* on yield of non-BT cotton (*Gossypium hirsu-tum*) under unsprayed condition. Pak. Entomol. 34(1): 87-56.
- Hadi, J.S. 2022. Penyerapan kandungan beberapa varietas padi (*Oriza Sativa* L) padi pada pemupukan bawah tanah kelapa sawit usia 8 dan 20 tahun. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 2(6):108-117.
- Handayanto, E., Muddarisna, N., dan Fiqri, A. 2017. *Pengelolaan kesuburan tanah*. Malang : UB Press.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., dan Nelson, W.L. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers (Sixth edition)*. New Jersey.
- Hidayati, M.N., Perdani, R.R.W., dan Karima, N. 2019. Peran zink terhadap pertumbuhan anak. *Majority*, 8(1): 168-171.
- Indrasari, S.D., Hanarida, I., dan Daradjat, A.A. 2002. Indonesian Final Report Year I. Breeding for iron dense rice: a low cost, sustainable approach to reducing anemia in Asia. Internasional Food Policy Research Institute (IFPRI) and Indonesian Center Food Crops Research and Development (ICFORD) (Nutrition Aspect).

- Indrasti, N.S., Suprihatin, B., dan Novita, A. 2006. Penyerapan logam Pb dan Cd oleh ecang gondok: pengaruh konsentrasi logam dan lama waktu kontak. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 16(1): 44-50.
- Khaira, K. 2014. Analisis kadar tembaga (Cu) dan seng (Zn) dalam air minum isi ulang kemasan galon di Kecamatan Lima Kaum Kabupaten Tanah Datar. *Jurnal Saintek*, 6(2): 116-123.
- Kotu, S., Rondonuwu, J.J., Pakasi, S., Titah, T. 2015. *Status Unsur Hara dan pH Tanah di Desa Sea, Kecamatan Pineleng Kabupaten Minahasa*. Fakultas Pertanian. Universitas Sam Ratulangi.
- Mahbub, I.A., Tampubolon, G., Mukhsin, dan Farni, Y. 2023. Peningkatan kesuburan tanah dan hasil padi sawah melalui aplikasi pupuk organik. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 10(2):335-340.
- Maulana, H., Supadma, A.A.N., dan Adi, G.P.T. 2021. Evaluasi status kesuburan tanah sawah berbasis sistem informasi geografis (SIG) di beberapa subak Kecamatan Mendoyo Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 10(1): 59-70.
- Mautuka, Z.A., Maifa, A., dan Karbeka, M. 2022. Pemanfaatan biochar tongkol jagung guna perbaikan sifat kimia tanah lahan kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 8(1): 201-208.
- Nagur, Y.K. 2007. Kajian hubungan bahan organik tanah terhadap produktivitas lahan tanaman padi di Desa Kebonagung. Skripsi Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Nursyamsi, D., dan Suprihati. 2005. Sifat-sifat kimia dan mineral tanah serta kaitannya dengan kebutuhan pupuk untuk padi (*Oryza sativa*), jagung (*Zea mays*), dan kedelai (*Glycine max*). *Buletin Agronomi*. 33(3):40-47.
- Palembang, J.N., Jamilah, dan Sarifuddin. 2013. Kajian sifat tanah sawah dengan pola pertanaman padi semangka di Desa Air Hitam Kecamatan Lima Puluh Kabupaten Batubara. *Jurnal Online Agroteknologi*. 1(4): 1154-1162.
- Pirzadeh, M., Afyuni., Khoshgoftarmanesh, A., dan Schulin, R. 2010. Micronutrient status of calcareous paddy soils and rice products: implication for human health. *Biol Fertil Soils*, 46: 317-322.
- Prasetyo, B.H. dan Setyorini, D. 2008. Karakteristik tanah sawah dari endapan aluvial dan pengelolaannya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 2(1): 1-14.
- Putri, O., H., Utami, S., R., dan Kurniawan, S. 2019. Sifat kimia tanah pada berbagai penggunaan lahan di ub forest. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 6(1) : 1075-1081.

- Rangnekar, S.S., Suhu, S.K., Pandit, G.G., dan Gaikwad, V.B. 2013. Study of uptake of Pb and Cd by three nutritionally important Indian vegetables grown in artificially contaminated soils of Mumbai, India. *Internasional Research Jurnal of Environmental Sciences*. 2: 1-5.
- Rangnekar, S.S., Suhu, S.K., Pandit, G.G., dan Gaikwad, V.B. 2013. Accumulation and Translocation of Nickel and Cobalt in Nutritionally important Indian vegetables grown in artificially contaminated soil of Mumbai, India. *Research Journal of Agricultural and Forest Sciences*. 1: 15-21.
- Rasydy, L.O.A., Sylvia, D., dan Zein, Z.A. 2021. Analisis logam berat pada beras (*Oriza Sativa L.*) yang ditanam di daerah industri karet Mekar Jaya. *Jurnal Farmagazine*. 8(1): 66-74.
- Rohaeni, W.R., Susanto, U., Suwarno, W.B., Trikoesoemaningtyas, Ghulamahdi, M., dan Aswidinnoor, H. 2023. Sebaran potensi kandungan Zn galur-galur padi Biofortifikasi berdasarkan warna beras pucat kulit. *Jurnal Agro*. 10(1): 45-56.
- Rostini, T., Zakir, M.I., dan Hidayatulloh, A. 2019. Kualitas nutrisi paakan lokal yang disuplementasi Zn biokoplek dan vitamin E. *Ziraa'ah*, 44(2): 236-242.
- Salam, A.K. 2020. *Ilmu Tanah*. Global Madani Press. Bandar Lampung.
- Salawat, B.M., Kadekoh, I., Thaha, A.R. 2018. The effect of zn-enriched biochar on peroxide enzyme activity, auxin content flooding systems. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 19(5&6): 196-204.
- Sanchez, P.A. 2004. *Properties and Management of soils in the Tropics*. Jhon Wiley & Sons, New York.
- Sarno, dan Syam, T. 1994. Status unsur hara mikro tanah-tanah sawah di Lampung 1. Zn dan Cu. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 2(1): 48-56.
- Siswanto, B. 2018. Sebaran unsur hara N,P,K dan pH dalam tanah. *Buana Sains*. 18(2) : 109-124.
- Stepanus, D., Supriadi, dan Sarifuddin. 2013. Survei dan Pemetaan Status Hara Tembaga dan Boron Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat Hutabayu Raja. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(1): 64-71.
- Stevanus, C.T., Saputra, J., dan Wijaya, T. 2015. Peran Unsur Mikro Bagi Tanaman Karet. *Warta Perkaratan*. 34(1): 11-18.

- Sufardi. 2012. *Pengantar Nutrisi Tanaman*. Universitas Syiah Kuala. Bina Nanggroe. Banda Aceh.
- Sugito, Y. 2012. *Ekologi Tanaman : Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Tanaman dan Beberapa Aspeknya*. Universitas Brawijaya Press (UB Press). Cetakan Kedua.
- Sulaeman dan Eviati. 2000. Pengaruh pH terhadap serapan tembaga dan seng dan hara lainnya pada tanah. *Prosiding pertemuan pembahasan dan komunikasi hasil penelitian tanah dan agroklimat*. Bidang kimia dan biologi tanah. Bogor.
- Sulakhdin, Suswati, D., dan Gafur, S. 2019. Kajian status kesuburan tanah pada lahan sawah di Kecamatan Sungai Kunyit, Kabupaten Mempawah. *Jurnal Pedon Tropika Edisi 1*. 3:106-114.
- Susila, K.D. 2013. Studi keharaan tanaman dan evaluasi kesuburan tanah di lahan pertanaman jeruk Desa Cenggiling, Kecamatan Kuta Selatan. *Agrotrop*. 3(2):13-20.
- Syachroni, S.H. 2019. Kajian beberapa sifat kimia tanah pada tanah sawah di berbagai lokasi di Kota Palembang. *Sylva*. 7(2):60-65.
- Telliard, W.A. 2001. Trace elements in water, solids, and biosolids by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. U.S.Environmental Protection agency office of Science and Technology Ariel Rios Building. 1-68.
- Tolaka. W. 2013. Sifat fisik tanah pada hutan primer, agroforestry dan kebun kakao di Subdas Wera Saluopa. Desa Leboni. Kecamatan Pamina, Peselemba Kabupaten Poso. Jurusan Kehutanan, Universitas Tadulako. *Warta Rimba*, 1(1).
- U.S Environmental Protection Agency. 2001. *Method 200.7 Trace Elements In Water, Soilds, And Biosolids By Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*. EPA-821-R-01-010.
- Virzelina, S., Tampubolon, G., Nasution, H. 2019. Kajian status unsur hara Cu dan Zn pada lahan padi sawah irigasi semi teknis: studi kasus di Desa Sri Agung Kecamatan Batang Asam Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi. *Agroecotenia*, 2(1): 11-26.
- Wiraatmaja, I., W. 2017. Defisiensi dan toksisitas hara mineral serta responnya terhadap hasil. *Skripsi*. Program Studi Agroekoteknologi. Fakultas Pertanian. Universitas Udayana, Bali.

- Wening, R. H., Purwoko, B. S., Suwarno, W. B., Rumanti, I. A., dan Khumaida, N. 2019. Seleksi simultan karakter daun mengering dan produktivitas pada galur-galur padi. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 47(3): 33-43.
- Wu, C., Luo, Y., dan Zhang, L. 2010. Variability of copper availability in paddy fields in relation to selected soil properties in southeast china. *Geoderma*. 156: 200-206.
- Yang, X.E., Long, X.X., Ni, W.Z. dan C.U. Fu, C.U. 2005. *Sedum alfredii* H: a new Zn hyperaccumulating plant first found in China. *Chinese Science Bulletin*. 47: 1634-1637.
- Zheng, N., Qichao, W., dan Dongmei, Z. 2007. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. *Sci Total Environ*. 383: 81-89.