

EFEKTIVITAS *BIOCHAR* TERHADAP KETERSEDIAAN UNSUR HARA MIKRO PADA ULTISOL

(Effectiveness of Biochar on Micronutrients Availability of Ultisol)

OKSANA^{1*}, IRWAN TASLAPRATAMA¹, MUHAMMAD ALI NOVIA¹, YUSMAR MAHMUD¹,
TIARA SEPTIROSYA¹, RAUDHATU SHOFIAH¹

¹Prodi Agroteknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif kasim Riau, Pekanbaru
Riau, Indonesia

*E-mail: oksana@uin-suska.ac.id

ABSTRACT

Biochar with a high organic matter composition is considered to be an ameliorant for Ultisol. Providing biochar as an ameliorant needs to be studied because it will cause an increase in micronutrients, most of which are excessive in Ultisol. This study aims to determine the effect of several levels of biochar dosage from corn cob as a base material on changes in micronutrients in Ultisol soil. This research was conducted in a greenhouse and in the Laboratory of Agrostology, Feed Industry and Soil Science, State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau. Experiments with several doses of biochar as treatment, e.g., 0%, 5%, 10%, and 15% of the composition of the growing media were arranged in a Completely Randomized Design (CRD) with six replications. The parameters observed were the micronutrient content of Boron (B), Copper (Cu), Zinc (Zn), Iron (Fe) and Aluminum (Al). The experimental results showed that giving corn cob biochar with doses of 0.5%, 10% and 15% did not significantly change the levels of B, Cu and Zn Ultisol. Biochar at a dose of 10% significantly increased the soil Zn content and decreased Al-dd Ultisol solubility.

Keywords: acidic soil, aluminum, boron, copper, iron, zinc

PENDAHULUAN

Ultisol sebagai jenis tanah yang luas memiliki peran penting dalam pembangunan pertanian di Indonesia. Reaksi tanah yang masam, rendahnya bahan organik dan kelarutan Aluminium yang tinggi merupakan karakter Ultisol yang membatasi produksi tanaman. Ultisol dengan luas sekitar 54,20 juta hektar ini menduduki urutan kedua setelah inceptisol sebarannya di Indonesia. Dikemukakan oleh Suwardi (2019 dalam Soil Research Institute 2006) bahwa masalah utama Ultisol adalah rendahnya pH dan bahan organik tanah. Pengapuran, teknologi pemupukan, pengelolaan air dan pemilihan tanaman merupakan cara yang dapat diterapkan dalam memanfaatkan tanah masam.

Jumlah liat yang tinggi pada horizon B (Saraswati 2006) pada Ultisol ini menyebabkan terhalangnya air infiltrasi sehingga tanah cenderung mengalami aliran permukaan yang cukup intensif. Hal ini makin menyebabkan Ultisol kehilangan bahan organik tanah sehingga proses dekomposisi akan berjalan sangat lambat. Hal inilah yang menyebabkan rendahnya kandungan Nitrogen, Fosfor dan Belerang tanah dan sebaliknya tanah didominasi oleh kation-kation masam seperti Al dan Fe.

Pemberian bahan organik dan pengapuran sudah diyakini mampu mengatasi masalah kemasaman tanah dan menurunkan kelarutan Aluminium dan Besi pada tanah mineral masam. Penelitian Ifansyah (2013) menjelaskan bahwa kompos kotoran ayam yang diinkubasikan selama tiga minggu signifikan menurunkan Al-dd Ultisol hingga 25,53% dan kelarutan Fe hingga 24,52%. Adanya gugus fungsional karboksil dan hidroksil dari hasil dekomposisi bahan organik akan membentuk senyawa kompleks bersama logam Aluminium dan Besi. Berbagai sumber bahan organik dapat dimanfaatkan dengan tujuan tertentu berdasarkan permasalahan utama pada suatu jenis tanah.

Biochar merupakan salah satu sumber bahan organik berbentuk arang steril yang bebas dari patogen karena diproses melalui pembakaran tidak sempurna dengan suhu tinggi (pirolisis). Aplikasi *biochar* saat ini lebih diutamakan karena beberapa kelebihan yang dimilikinya terhadap reklamasi tanah lebih unggul dibanding sumber bahan organik lain. Penelitian Yan *et al.* (2022) menunjukkan *biochar* dengan dosis 40 ton/ha yang ditebar merata hingga kedalaman 20 cm tanah Mollisol meningkatkan P-tersedia dan memberikan hasil jagung yang optimal hingga 3 tahun penanaman.

Selain itu efek *biochar* pada penelitian ini mampu meningkatkan proses enzimatik yang terjadi dalam tanah (sukrase dan katalase), meningkatkan *electrical conductivity* tanah yang sangat berperan dalam menyangga alkalinitas tanah. Hasil penelitian Yunedi & Perdana (2023) menjelaskan *biochar* sekam padi dan batok kelapa yang diinkubasi selama 3 bulan belum nyata meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai pada tanah Ultisol. Penelitian Azadi & Raiesi (2021) yang menginkubasikan *biochar* ampas tebu selama 4 minggu di tanah menurunkan kadar logam Cd dan Pb, meningkatkan pH, biomassa dan aktivitas mikroba tanah. Namun hasil penelitian tersebut belum mengukur keberadaan unsur-unsur lainnya terutama unsur hara esensial bagi tanaman di lahan-lahan pertanian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *biochar* bonggol jagung yang diinkubasikan pada tanah Ultisol dengan level dosis berbeda terhadap perubahan kadar B, Cu, Zn, Fe dan Al. Bonggol jagung dipilih karena produksi jagung di Provinsi Riau rata-rata dari tahun 2020–2023 sebesar 821.50 ton (Badan Pusat Statistik 2023). Hal ini menurut Yuzaria dkk., (2020) akan menghasilkan potensi limbah sebesar 82,5 ton dan 1,64 ton bonggol jagung kering per tahun.

Hasil penelitian ini akan menjelaskan bagaimana dinamika unsur hara mikro pada tanah Ultisol pasca didistribusikan *biochar* secara merata di dalam tanah. Dimana pada peneliti sebelumnya oleh Gunten *et al.* (2019) menunjukkan bahwa aplikasi *biochar* dari kayu *Tibouchina arborea* dosis 20 ton/ha pada tanah Oxisol meningkatkan pH dan konsentrasi K, Ca, Mg, Zn serta menurunkan kejenuhan Al.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau pada bulan Februari - April 2020. Sampel tanah Ultisol sebagai unit percobaan diambil dari Kelurahan Lembah Damai Kecamatan Rumbai, Pekanbaru. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Riau.

Metode Penelitian

Sampel tanah Ultisol diambil dari perkebunan jati di Kelurahan Lembah Damai Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru. Lahan merupakan kawasan perkebunan jati, memiliki topografi datar berbukit dengan warna kuning kecokelatan (7,5 YR) coklat kekuningan serta tekstur liat berpasir, Sampel tanah terganggu dikumpulkan dari kawasan 1 Ha sebanyak 10 titik random sampling dengan kedalaman 0–20 cm. *Biochar* dari bahan bonggol jagung kering dihasilkan dari proses pembakaran konvensional drum terbuka (Widiastuti & Lantang 2017). *Biochar* yang sudah jadi diayak dengan ukuran 5 mm agar mempercepat proses dekomposisinya di dalam tanah.

Percobaan empat taraf dosis *biochar* bonggol jagung (0%, 5%, 10%, dan 15%) diterapkan untuk mendapatkan dosis terbaik berdasarkan konsentrasi hara mikro Ultisol. *Biochar* dicampur merata pada tanah Ultisol setara berat kering 5 kg kemudian dimasukkan ke dalam polibag dan diinkubasikan selama 14 hari. Kondisi tanah yang sudah tercampur *biochar* dijaga dalam keadaan kapasitas lapang dengan melakukan penyiraman satu kali sehari. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali dan disusun pada rumah kaca menurut Rancangan Acak Lengkap. Parameter yang diamati adalah konsentrasi kandungan Al-dd dan unsur hara mikro B, Fe, Zn dan Cu terlarut. Semua unit percobaan dijadikan sampel untuk dianalisis kadar hara mikronya di laboratorium. Analisis Al-dd dengan metode titrasi, analisis Fe, Zn, Cu menurut metode AAS dengan ekstrak DTPA, dan analisis B dengan spektrofotometer.

Analisis data

Analysis of Variance (Anova) digunakan untuk melihat sejauh mana keragaman konsentrasi hara mikro tanah Ultisol pada setiap dosis *biochar* yang diterapkan. Untuk menentukan dosis terbaik dilakukan uji beda rerata perlakuan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Analisis data ini menggunakan program *Microsoft Excel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh *Biochar* terhadap Al-dd Ultisol

Rata-rata kandungan Al-dd tanah Ultisol dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan analisis ragam perbedaan dosis *biochar* yang di aplikasikan ke tanah Ultisol nyata mempengaruhi kadar Al-dd tanah namun tidak merubah kriteria/ status keberadaannya dalam tanah.

Tabel 1. Rata-rata kandungan Al-dd Ultisol pada Beberapa Taraf Dosis *Biochar* Bonggol Jagung

Dosis <i>Biochar</i> Bonggol Jagung (%)	Kadar Aluminium (cmol/kg)	Kriteria*
0	10.93 ^a	Sangat Tinggi
5	7.63 ^a	Sangat Tinggi
10	3.76 ^b	Tinggi
15	3.30 ^b	Tinggi

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT ($\alpha=5\%$)

* Kriteria Penilaian Hara Tanah menurut Balai Penelitian Tanah Bogor (2009)

Tabel 1 menjelaskan bahwa pemberian *biochar* bonggol jagung dengan dosis 5% dari komposisi media tanam belum menurunkan kadar Al-dd ultisol secara nyata. Penurunan Al-dd nyata pada pemberian 10% *biochar* yang menyebabkan perubahan kriteria dari sangat tinggi menjadi kategori tinggi (Balai Penelitian Tanah 2009), sedangkan penambahan hingga 15% masih menunjukkan kriteria yang sama. Hal ini mengindikasikan Ultisol Lembah Damai Kecamatan Rumbai membutuhkan penambahan bahan organik dalam jumlah besar untuk perbaikan secara kimia. Penelitian Haryanti *et al.* (2018) menjelaskan bahwa aplikasi *biochar* meningkatkan konsentrasi asam humat pada media pembibitan bibit kakao. Dimana asam–asam humat ini adalah senyawa yang lebih larut pada larutan basa. *Biochar* yang ditambahkan kedalam media penelitian ini memiliki pH 10 yang memungkinkan terjadinya fiksasi Al dari gugus fungsional asam humat yang terbentuk.

Biochar yang memiliki karakteristik ruang/volume pori serta permukaan partikel yang luas (Hossain *et al.* 2020) menyebabkan peningkatan daya retensi hara yang tinggi terutama mengikat kation seperti Aluminium. Ditambahkan Palanivell *et al.* (2020) dan Hidayat (2015) adanya gugus fungsional yang beragam pada *biochar* akan menurunkan sejumlah logam larut melalui ikatan kompleks dan adanya sifat alkalinitas *biochar* tersebut. Porositas ini juga memberikan efek kepada mikroba tanah sebagai tempat habitatnya, memperluas ruang bagi proses respirasi disamping daya immobilisasi mikroba terhadap unsur–unsur hara yang larut.

Karakter *biochar* yang alkalis menyebabkan makin rendahnya kelarutan Aluminium, dimana kenaikan pH akan menurunkan Al-dd tanah. Sesuai pendapat Takahashi *et al.* (2007) dan Gergichevich *et al.* (2010) bahwa kelarutan Al dalam tanah dikendalikan oleh reaksi pertukaran ion H⁺ dan Al pada muatan negatif bahan organik tanah, dimana Al akan mudah rilis pada pH tanah 4.2–4.6. *Biochar* sebanyak 10% dalam 14 hari inkubasi disini telah dapat menurunkan Al-dd tanah melalui reaksi khelat membentuk kompleks dengan gugus fungsional yang dihasilkan dari *biochar*. Hasil penelitian (Zhu *et al.*, 2014) menerapkan 24 ton/ha *biochar* pada jenis tanah Oxisol dan Ultisol di China meningkatkan ketersediaan P dalam tanah dan penurunan Aluminium dapat ditukar (Al-dd). sekitar 47.4-61.5%. Namun menurut penelitian Vijay *et al.* (2021) dan Premalatha *et al.* (2023), efek *biochar* lebih positif responnya terhadap tanah mineral masam dibanding di tanah alkalin, efektivitas *biochar* sangat tergantung pada jenis bahan *biochar*, proses pirolisis, dosis dan jenis tanah.

Pengaruh *Biochar* terhadap Kadar Seng (Zn) Ultisol

Rata-rata kandungan unsur hara Zn pada tanah Ultisol dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan analisis ragam perbedaan dosis *biochar* yang diaplikasikan ke tanah Ultisol nyata mempengaruhi kadar Zn terlarut dalam tanah.

Tabel 2. Rata-rata Kadar Zn Ultisol pada Beberapa Taraf Dosis *Biochar*

Dosis <i>Biochar</i> Bonggol Jagung (%)	Kadar Zn (ppm)	Kriteria*
0	22.80 ^p	Tinggi
5	23.66 ^b	Tinggi
10	28.76 ^a	Sangat tinggi
15	30.23 ^a	Sangat tinggi

* Kriteria Status kesuburan Tanah Balai Penelitian Tanah (2009)

Tabel 2 menjelaskan bahwa pemberian 5%, 10% dan 15% *biochar* meningkatkan kadar Zn tanah berturut-turut 3.7%, 26% dan 32%. Nilai ini merupakan konsentrasi yang melebihi batas kritis kesuburan tanah bagi tanaman. Hal ini sangat wajar melihat tanah dengan perlakuan tanpa *biochar* sudah menunjukkan nilai konsentrasi Zn pada kriteria tinggi. Peningkatan ini berkaitan dengan properti *biochar* yang memiliki Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang tinggi yang mana akan menarik unsur Zn dari permukaan liat oleh muatan negatif gugus fungsional asam organik dari *biochar*. Sehingga Zn yang awalnya *immobile* menjadi lebih labil di dalam tanah. Penelitian Weber & Peter (2018) menunjukkan bahwa *biochar* dari proses pirolisis sederhana dibawah suhu 300°C menghasilkan KTK yang lebih tinggi dibanding proses dengan suhu diatas 400°C. Nilai KTK *biochar* tersebut berasal dari proses pembakaran dibawah 300°C sebesar 51,9 cmol.KG⁻¹ sedangkan pirolisis dengan suhu 600°C menghasilkan nilai KTK sebesar 21 cmol.KG⁻¹. *Biochar* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari proses pembakaran anaerob yang sederhana dengan suhu dibawah 300°C. Perbedaan nilai KTK berkaitan dengan perbedaan struktur aromatik dari *biochar*, yang mana makin tinggi suhu pada proses pirolisis maka struktur *biochar* akan membentuk susunan kristal (tidak amorf) yang mempersempit luas permukaan jerapannya (menurunkan nilai KTK).

Berdasarkan Tabel 2 diketahui pemberian *biochar* pada tanah yang berkadar Zn tinggi tidak disarankan jika melihat efek peningkatannya yang bersifat linear seiring bertambahnya dosis *biochar*. Penelitian Vahedi *et al.* (2022) yang mengaplikasikan *biochar* kayu apel dengan dosis 1.5% pada tanah *calcareous* menunjukkan peningkatan kadar Zn sebesar 8.6% dan bahan organik tanah sebesar 55% dibanding tanpa *biochar*. Fakta ini menerangkan Zn yang sangat tidak larut pada tanah alkali masih menunjukkan respon terhadap keberadaan asam-asam organik dari *biochar*. Asam humat merupakan bahan makromolekul polielektrolit yang memiliki gugus fungsional seperti -COOH, -OH fenolat maupun -OH alkoholat sehingga asam humat memiliki peluang untuk membentuk kompleks dengan ion logam seperti Fe dan Zn karena gugus ini dapat mengalami deprotonasi pada pH yang relatif tinggi. Menurut Rajakumar & Jayasree (2019), *biochar* dengan dosis 10 ton.ha⁻¹ yang diinkubasikan pada tanah Ultisol memiliki kadar asam fulvat tanah sebesar 6.40% dan asam humat sebesar 4.63%. Ini menunjukkan *biochar* lebih banyak menghasilkan asam fulvat dibanding humat pada Ultisol dengan tekstur lempung liat berpasir. Asam fulvat merupakan substansi humus yang larut pada suasana asam maupun basa. Selain itu ditambahkan oleh Eshwar *et al.* (2017) bahwa asam fulvat mengandung gugus karboksil dan fenol masing-masing 6.2 me.g⁻¹ dan 3.2 me.g⁻¹ sedangkan asam humat mengandung gugus karboksil dan fenol masing-masing 4.2 me.g⁻¹ dan 3.0 me.g⁻¹. Tingginya kadar asam fulvat ini menyebabkan unsur-unsur logam seperti Zn pada tanah masam mengalami desorpsi melalui kompleksnya bersama gugus karboksil dan fenol yang terikat pada asam fulvat.

Pengaruh *Biochar* terhadap Kadar Besi (Fe) Ultisol

Kandungan unsur hara Fe rata-rata pada tanah Ultisol dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan analisis ragam perbedaan dosis *biochar* yang di aplikasikan ke tanah ultisol tidak nyata mempengaruhi kadar Fe terlarut dalam tanah.

Tabel 3. Kandungan unsur hara Besi (Fe) rata - rata pada tanah PMK dengan pemberian *biochar* bonggol jagung

Dosis <i>Biochar</i> Bonggol Jagung (%)	Besi (ppm)	Kriteria*
0	18.15	Sedang
5	17.53	Sedang
10	17.48	Sedang
15	17.42	Sedang

* Kriteria Status kesuburan Tanah menurut Balai Peneliti Tanah (2009)

Berdasarkan sidik ragam terhadap rerata kadar Fe terlarut tidak signifikan pengaruhnya akibat berbagai dosis *biochar* yang diinkubasikan selama 14 hari. Konsentrasi Fe terlarut tanah sedikit menurun sekitar 4% pada penambahan *biochar* hingga 15%. Sehingga kriteria Fe tanah ultisol masih dalam kategori sedang baik diberi maupun tidak diberi *biochar*.

Penurunan Fe terlarut dalam tanah ultisol seiring penambahan dosis *biochar* tidak sebesar penurunan Al-dd. Kadar Al-dd tanah akibat peningkatan dosis *biochar* hingga 15 % sebesar 69.8% sedangkan penurunan Fe terlarut hanya 4%. Hal ini mengindikasikan jumlah ion Al lebih banyak teradsorpsi oleh senyawa organik *biochar* dibanding ion Fe. Hal ini berkaitan dengan karakter fisis dan kimia dari kedua unsur tersebut, dimana Fe memiliki nomor atom yang lebih besar dari Al sehingga memiliki ukuran jari-jari ion yang lebih besar berakibat pada potensial ioniknya. Sesuai pendapat Sari & Rusdiarso (2022) yang menyatakan perbedaan jumlah ion Pb dan Ni yang teradsorpsi oleh asam

humat disebabkan dari perbedaan ukuran jari-jari ion dan nilai potensial ionik dari kedua unsur. Makin besar nilai potensial ionik maka semakin kuat molekul terhidrat tersebut terikat pada kation. Hal tersebut mengakibatkan energi hidrasi Fe^{3+} untuk melepas molekul-molekul H_2O lebih besar dibandingkan energi hidrasi Al^{3+} sehingga akan lebih sulit mengganti ikatannya bersama molekul H_2O dengan gugus aktif *biochar*. Hal serupa juga dilaporkan oleh Ifansyah (2013), dimana asam humat 0.5 gram yang diinkubasikan dalam 1 kg tanah Ultisol menurunkan Fe terlarut sebesar 48.99 % sedangkan kadar Al-dd menurun sebesar 59.57%. Disini terlihat aktifitas ion Al lebih tinggi dibanding ion Fe sehingga lebih reaktif terhadap penambahan senyawa-senyawa organik.

Dinamika kadar logam tanah seperti Fe ini tidak terlepas dari adanya perubahan reaksi tanah menjadi alkalis akibat penambahan *biochar*. Meningkatnya pH ditandai tingginya gugus hidroksi dalam larutan tanah menyebabkan pembentukan senyawa Al dan Fe hidroksida yang tidak larut atau mengendap dilapisan tanah. Hal inilah yang menjelaskan kekuatan adsorpsi suatu bahan organik terhadap kation dalam tanah akan menurun seiring peningkatan pH, terutama pada pH diatas 8.2 (Sari & Rusdiarso 2022).

Pengaruh *Biochar* terhadap Kadar Boron (B) Ultisol

Rata-rata kandungan unsur hara B pada Ultisol dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan analisis ragam perbedaan dosis *biochar* yang diaplikasikan ke tanah Ultisol tidak berbeda nyata mempengaruhi kadar B di tanah tersebut dengan konsentrasi berkisar 0,56 ppm hingga 0,8 ppm.

Tabel 4. Rata-rata Kandungan Unsur Boron pada Ultisol dengan Pemberian *Biochar* Bonggol Jagung

Dosis <i>Biochar</i> Bonggol Jagung (%)	Boron (ppm)	Kategori
0	0.79	Sedang
5	0.62	Sedang
10	0.56	Sedang
15	0.80	Sedang

* Kriteria Status kesuburan Tanah menurut Landon (1987)

Tabel 4. menunjukkan bahwa pemberian berbagai dosis *biochar* bonggol jagung menghasilkan rerata unsur hara B yang relatif sama. Kandungan unsur hara B pada tanah Ultisol 0% *biochar* dengan nilai 0.79 ppm, 5% *biochar* dengan nilai 0.62 ppm, 10% *biochar* dengan nilai 0.56 ppm, dan 15% *biochar* dengan nilai 0.80 ppm berada pada kategori sedang, sesuai dengan pernyataan Landon (1987), bahwa 0.5 ppm–5.0 ppm berada pada kategori sedang.

Boron jumlahnya sangat terbatas di dalam tanah terutama pada jenis-jenis tanah tropis. Sifat-sifat utama Ultisol berdasarkan kriteria dari Balai Penelitian Tanah (2009) menyatakan bahwa hasil analisis, pH H_2O sebesar 3.9 dan pH KCl 3.4 tergolong sangat masam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bondansari dan Susilo (2011), tanah ultisol mengalami kekahatan unsur hara makro N, P, K, S, Ca, dan Mg serta kekahatan unsur hara mikro Zn, Cu, B dan Mo. Secara umum, ketersediaan unsur hara mikro akan meningkat dengan menurunnya pH tanah (Pradyana 2017).

Sheng (2007) mengatakan ketersediaan B dalam tanah dipengaruhi oleh bahan organik dan ketersediaan unsur hara lain. Kadar bahan organik yang tinggi menyebabkan ketersediaan B rendah dan begitu pula sebaliknya. Unsur B sangat terpengaruh oleh kadar Ca yang ada di dalam tanah, jika kadar Ca dalam tanah rendah maka kadar B juga rendah, begitu pula sebaliknya. Jika kadar Posfat tinggi maka kadar B menjadi tinggi (Stepanus dkk. 2013). Pada penelitian ini menghasilkan kandungan boron yang masih rendah hal ini diduga karena pembakaran bonggol jagung menjadi arang hayati belum sempurna sehingga kandungan Ca pada *biochar* belum tercukupi untuk meningkatkan kadar B pada Ultisol

Menurut Lehmann dan Joseph (2009), *biochar* diproduksi dari bahan-bahan organik yang sulit terdekomposisi yang dibakar secara tidak sempurna (pirolisis) atau tanpa oksigen pada suhu yang tinggi. Arang hayati yang terbentuk dari pembakaran ini akan menghasilkan karbon aktif yang mengandung mineral seperti Ca atau Mg dan karbon anorganik. Kualitas senyawa organik yang terkandung dalam *biochar* tergantung pada asal bahan organik dan metode karbonisasi. Dengan kandungan senyawa organik dan anorganik yang terdapat didalamnya, *biochar* banyak digunakan sebagai bahan amelioran untuk meningkatkan kualitas tanah (Hunt dkk. 2010).

Pengaruh *Biochar* terhadap Kadar Tembaga (Cu) Ultisol

Rata-rata kadar Cu tanah Ultisol dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan analisis ragam perbedaan dosis *biochar* yang diaplikasikan ke tanah Ultisol tidak nyata mempengaruhi kadar tembaga di tanah tersebut, konsentrasi Cu tanah berkisar 11.73 ppm hingga 14.06 ppm.

Tabel 5. Rata-rata kandungan unsur hara mikro tembaga (Cu) pada tanah PMK pemberian *biochar* bonggol jagung

Dosis <i>Biochar</i> Bonggol Jagung (%)	Tembaga (ppm)	Kategori
0	13.63	Sedang
5	11.73	Sedang
10	13.96	Sedang
15	14.06	Sedang

* Kriteria Status kesuburan Tanah menurut Landon (1987)

Tabel 5 menunjukkan bahwa pemberian berbagai dosis *biochar* bonggol jagung menghasilkan rerata unsur hara Cu yang hampir sama yakni 13.63 ppm hingga 14.06 ppm, dosis *biochar* yang diberikan memberi pengaruh nyata terhadap kandungan unsur hara Cu pada tanah Ultisol. Kandungan Cu Ultisol yang dihasilkan dengan pemberian *biochar* bonggol jagung maupun tanpa pemberian *biochar* bonggol jagung tergolong sedang, sesuai dengan pernyataan Landon (1987) yang menyatakan bahwa Cu dengan nilai 5.1 ppm – 25 ppm termasuk dalam kategori sedang.

Kandungan tembaga total dalam tanah umumnya berkisar antara 1 hingga 140 mg kg⁻¹ di seluruh dunia, tergantung pada sifat bahan induk tanah. Mobilitas dan ketersediaan tembaga tanah diatur oleh proses keseimbangan dinamis dan tidak hanya oleh konsentrasi totalnya. Dalam sebuah studi pada tanah semi-kering tropis yang terpapar limbah tambang yang mengandung logam, ditemukan bahwa Cu terutama berasosiasi dengan karbonat dan oksida besi amorf (Romić *et al.* 2014). Hal ini menurut Poggere *et al.* (2023) disebabkan karena Cu tidak terlalu *mobile* di dalam tanah dan cenderung terakumulasi di lapisan atas tanah karena adsorpsi spesifik pada fraksi mineral dan organik tersebut. Tingginya konsentrasi Cu dalam tanah sangat dipengaruhi oleh sumber yang berasal dari tambahan cemaran, sehingga kadar Cu tanah ini lebih tinggi di kawasan pemukiman atau industri dari pada kawasan hutan dan lahan pertanian.

Menurut Fu *et al.* (2020) mobilitas Cu tanah lebih dipengaruhi oleh pH dan konsentrasinya dalam tanah. Jumlah bahan organik tanah dan jumlah Al, Si dan Fe tidak nyata mempengaruhi kelarutan Cu. Cu kurang *mobile* di tanah kaya organik karena tidak mudah termetilasi atau terikat kuat sehingga membentuk kompleks yang stabil. Hal inilah yang menyebabkan penambahan dosis *biochar* hingga 15% belum merubah status Cu terlarut pada tanah Ultisol.

KESIMPULAN

Efektivitas *biochar* sebagai bahan amelioran di tanah Ultisol terlihat pada dosis 10% dari media tanam, dimana dapat menurunkan Al-dd sebesar 65.60% dan meningkatkan kadar Zn sebesar 26.14% pasca 14 hari inkubasi. Aplikasi *Biochar* hingga 15% dari media tanam tidak merubah kelarutan Fe, Cu dan B dalam tanah Ultisol.

DAFTAR PUSTAKA

- Azadi, N & Raiesi, F 2021, '*Biochar* alleviates metal toxicity and improves microbial community functions in a soil co-contaminated with cadmium and lead'. *Biochar.*, vol. 3, no.4, pp. 485–498.
- Balai Penelitian Tanah 2009, *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. BBSDLP. Kementerian Pertanian. Bogor.
- Badan Pusat Statistik 2023, *Luas Panen dan Produksi Jagung di Indonesia 2023*, diunduh 12 Februari 2024, <<https://www.bps.go.id/id/infographic>>.
- Eshwar, M, Srilatha, Bhanu, RMK & Sharma, HKS 2017, 'Characterization of Humic Substances by Functional Groups and Spectroscopic Methods'. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, vol. 6, no.10, pp. 1768-1774.
- Fu, C, Tu, C, Zhang, H, Li, Y, Li, L, Zhou, Q, Scheckel, KG & Luo, Y 2020, 'Soil accumulation and chemical fractions of Cu in a large and long-term coastal apple orchard, North China', *Journal of Soils and Sediments.*, vol. 20, no.10, pp. 3712–3721.

- Gergichevich, CMM, Alberdi, AG, Ivanov & Díaz, RM 2010, 'Al³⁺- Ca²⁺ interaction in plants growing in acid soils: Al-phytotoxicity response to calcareous amendments'. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.*, vol. 10, no. 3, pp. 217 -243.
- Gunten, VK, Hubmann, M, Ineichen, R, Gao, Y, Kurt, KO, Allesi, DS 2019, 'Biochar-induced changes in metal mobility and uptake by perennial plants in a ferralsol of Brazil's Atlantic forest'. *Biochar.*, vol. 1, pp. 309–324.
- Haryanti, I, Anas, Dwi, S & Kurnia, DS 2018, 'Penggunaan Biochar Dan Dekomposer Dalam Proses Pengomposan Limbah Kulit Buah Kakao Serta Pengkayaan Mikrob Pelarut Fosfat (Mpf) Untuk Meningkatkan Kualitas Pupuk Organik'. *Jurnal ilmu Tanah dan Lingkungan.*, vol. 20, no.1, hlm. 25-32.
- Hidayat. B 2015, 'Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan Biochar'. *Pertanian Tropik.*, vol. 2, no.1, hlm. 51- 61.
- Hossain, MZ, Bahar, MM, Sarkar, B 2020, 'Biochar and its importance on nutrient dynamics in soil and plant'. *Biochar 2.*, pp. 379–420.
- Ifansyah, H 2013, 'Soil pH and Solubility of Aluminum, Iron, and Phosphorus in Ultisols: the Roles of Humic Acid', *Journal of Tropical Soils.*, vol.18, no.3, pp.203-208.
- Palanivell, P, Osumanu HA, Omar, L, & Nik MAM 2020, 'Adsorption and Desorption of Nitrogen, Phosphorus, Potassium, and Soil Buffering Capacity Following Application of Chicken Litter Biochar to an Acid Soil'. *Applied Science.*, vol.10, no. 1, pp. 295.
- Poggere, G, Gasparin, A, Barbosa, JZ, Melo, GW, Corrêa, RS & Motta, ACV 2023, 'Soil contamination by copper: Sources, ecological risks, and mitigation strategies in Brazil', *Journal of Trace Elements and Minerals.*, vol. 4, 100059.
- Premalatha, RP, Poorna Bindu, J, Nivetha, E, Malarvizhi, P, Manorama, K, Parameswari, E & Davamani, V 2023. 'A review on biochar's effect on soil properties and crop growth', *Frontiers in Energy Research.*, vol. 11, pp. 1092637.
- Rajakumar R & Jayasree SS 2019. 'Effect of Biochar on Improving Soil Properties of Ultisols (Typic Plinthustults)'. *Environment and Ecology.*, vol. 37, no.4A, pp. 1336—1342.
- Romić, M, Matijević, L, Bakić, H & Romić, D 2014, 'Copper Accumulation in Vineyard Soils: Distribution, Fractionation and Bioavailability Assessment', *IntechOpen.*, pp. 28.
- Saraswati 2006, *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Peneitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Sari, MK & Rusdiarso 2022, 'The Study of pH and Ionic Strength on Ni(II) and Pb(II) sorption using Humic Acid-Urea Formaldehyde (AHUF)', *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology.*, vol. 5, no. 1, pp. 31-41.
- Suwardi 2019, 'Utilization and Improvement of Marginal Soils for Agricultural Development in Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 383.
- Takahashi T, Nanzyo, M, Hiradate, S 2007, 'Aluminum status of synthetic Al–humic substance complexes and their influence on plant root growth', *Soil Science and Plant Nutrition.*, vol. 53, pp. 115–124.
- Vahedi, R, Sadaghiani, RMH, Barin, M, Vetukuri, RR 2022, 'Effect of Biochar and Microbial Inoculation on P, Fe, and Zn Bioavailability in a Calcareous Soil'. *Processes.*, vol. 10, no. 2, pp. 343.
- Vijay, V, Shreedhar, S, Adlak, K, Payyanad, S, Sreedharan, V, Gopi, G, Voort, SVD, Malarvizhi, P, Yi, S, Gebert, J & Aravind, PV 2021, 'Review of Large-Scale Biochar Field-Trials for Soil Amendment and the Observed Influences on Crop Yield Variations', In *Frontiers in Energy Research.*, vol. 9
- Weber, K & Peter, Q 2018, 'Properties of Biochar', *Fuel.*, vol. 217, pp. 240 – 261.
- Widiastuti, MMD & Lantang, B 2017, 'Pelatihan Pembuatan Biochar dari Limbah Sekam Padi Menggunakan Metode Retort Kiln', *Agrokreatif.*, vol 3, no.2, hlm. 129–135.
- Yan, S, Shaoliang, Z, Yan, P, Muhammad, A 2022, 'Effect of biochar application method and amount on the soil quality and maize yield in Mollisols of Northeast China', *Biochar.*, vol. 4, no. 56, pp. 1-15
- Yunedi, S & Perdana, A 2023, 'Pemberian fungi mikoriza arbuskula dan biochar terhadap pertumbuhan

- dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada tanah ultisol', *Jurnal Agroteknologi*, vol. 14 no. 1, hlm. 33-42.
- Yuzaria, M, Ikhsan, R, Zaki, M 2020, 'Potensi Ketersediaan Limbah Tanaman Jagung sebagai Pakan Alternatif untuk Meningkatkan Populasi Sapi Potong di Kabupaten Pasaman Barat'. *Prosiding Seminar Teknologi dan Agribisnis Peternakan VII-Webinar*, Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman, vol. 7, pp 119-128.
- Zhu, QH, Peng, XH, Huang, TQ., Xie, ZB & Holden, NM 2014, 'Effect of *Biochar* Addition on Maize Growth and Nitrogen Use Efficiency in Acidic Red Soils'. *Pedosphere*, vol. 24, no.6, pp. 699–708.