

Pengaruh Aplikasi Biochar Sekam Padi dan Kulit Biji Kopi Terhadap Hara dan Zn Serta Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) di Tanah Sawah Jenuh P

Influence of Rice Husk Biochar and Coffee Husk Biochar Application on P and Zn Nutrient and The Growth of Rice Plants in Paddy Soil with High Total P

Satber Naibaho, Hamidah Hanum*, Supriadi

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, USU, Medan 20155

*Corresponding author: hamidah.azhar@yahoo.co.id

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effect of rice husk biochar and coffee husk biochar, to evaluate difference effect of rice husk biochar and coffee husk biochar and to know effect of difference dose of rice husk biochar and coffee husk biochar on phosphate and zinc, and rice growth in the paddy soil with high total P. The research was conducted on the greenhouse, Faculty of Agriculture, University of North Sumatra, Medan. The soil which used from the paddy soil in LubukDendang, Perbaungan, SerdangBedagai which has the high total P. The experiment was carried out using completely randomized design with 7 treatment :Control; 10 ton/ha rice husk biochar; 20 ton/ha rice husk biochar; 30 ton/ha rice husk biochar; 10 ton/ha coffee husk biochar; 20 ton/ha coffee husk biochar; 30 ton/ha coffee husk biochar. The Analysis of data used the analysis of variance and contrast orthogonal test. Experimental results showed that rice husk biochar and coffee husk biochar has significant effect on levels of Zn plant, but not significant effect on soil pH, available P, soil Zn HCl 25%, levels of P plant, P uptake, Zn uptake and the growth of plants. Coffee husk biochar has more potential than rice husk biochar to increasing levels of Zn plant. Dose of coffee husk biochar 20-30 ton/ha increasing levels of Zn plant higher than 10 ton/ha.

Keyword :biochar, coffee husk, P, rice husk, Zn

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi biochar sekam padi dan kulit biji kopi, mengevaluasi perbedaan efek biochar sekam padi dan kulit biji kopi, serta untuk mengetahui pengaruh perbedaan dosis biochar sekam padi dan kulit biji kopi terhadap hara P dan Zn serta pertumbuhan tanaman padi di tanah sawah jenuh P. Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan pada bulan Juni sampai bulan Oktober 2016. Tanah yang digunakan diambil dari Desa Lubuk Dendang, Kec.Perbaungan, Kab. Serdang Bedagai yang memiliki kadar P total tinggi. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap dengan 7 perlakuan, yaitu : Kontrol, Biochar sekam padi 10 ton/ha, Biochar sekam padi 20 ton/ha, Biochar sekam padi 30 ton/ha, Biochar kulit biji kopi 10 ton/ha, Biochar kulit biji kopi 20 ton/ha, Biochar kulit biji kopi 30 ton/ha. Data dianalisis dengan sidik ragam dan uji lanjut Kontras Ortogonal. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi biochar sekam padi dan kulit biji kopi berpengaruh nyata meningkatkan kadar Zn tanaman, namun tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah, P Tersedia tanah, Zn HCl 25% tanah, kadar P tanaman, serapan P tanaman, serapan Zn tanaman dan pertumbuhan tanaman. Biochar kulit biji kopi lebih berpotensi meningkatkan kadar Zn tanaman dibandingkan dengan biochar sekam padi. Dosis biochar kulit biji kopi 20-30 ton/ha, meningkatkan kadar Zn tanaman lebih tinggi dibanding dosis 10 ton/ha.

Kata kunci :biochar, kulit biji kopi, P, sekam padi, Zn

PENDAHULUAN

Beras merupakan komoditi pangan utama yang kebutuhannya terus meningkat, namun masalah ketersediaannya menjadi hal yang sangat urgensi untuk ditanggulangi. Untuk itu berbagai upaya pun dilakukan, baik secara ekstensifikasi dengan membuka lahan baru maupun upaya intensifikasi. Dimana intensifikasi bertujuan meningkatkan hasil tiap satuan luas suatu areal melalui penerapan teknologi baru, diantaranya dengan pemberian input hara ketanah dan cara pengelolaan yang tepat melalui berbagai program yang dicanangkan (Sumaryanto *et al*, 2001).

Pemberian pupuk P pada sawah secara terus menerus setiap musim tanam dengan takaran yang tinggi menyebabkan terjadinya akumulasi hara P di tanah, sehingga efisiensi pemupukan menjadi turun mengingat pupuk P tidak mudah menguap, tercuci atau terbawa oleh air dan hal tersebut menekan ketersediaan unsur hara mikro, terutama unsur hara Zn dalam tanah sehingga produktivitas padi sawah menurun disebabkan ketidakseimbangan hara dalam tanah. Direktorat Jendral Pertanian Tanaman Pangan (2000) melaporkan bahwa terdapat kejenuhan P di beberapa daerah intensifikasi yang diperkirakan untuk Indonesia mencapai 2,5 juta ha, akibat pemupukan P yang terus-menerus setiap musim tanam. Penumpukan P ini akan menjadi residu di tanah dan akan mengakibatkan tanaman padi tidak tanggap lagi terhadap pemupukan P pada musim tanam berikutnya.

Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu upaya yang belum banyak diteliti untuk tanah sawah adalah dengan menggunakan biochar. Biochar merupakan bentuk karbon stabil yang dihasilkan dari proses pirolisis bahan-bahan organik (Prasetyo *et al*, 2014). Limbah pertanian yang dipilih untuk dijadikan Biochar adalah limbah-limbah yang mengandung lignin, hal ini dikarenakan limbah yang tidak mengandung lignin akan menjadi abu jika dilakukan pirolisis.

Pemanfaatan kembali sisa-sisa pertanian sebagai bahan masukan dalam produksi

disektor pertanian belum banyak mendapat perhatian yang khusus. Sebagian besar dari biomassa yang dihasilkan setelah dimanfaatkan hasil utamanya, selebihnya dibuang sebagai limbah. Maka dari itu sekam padi dan kulit biji kopi sangat berpotensi untuk dijadikan bahan baku Biochar, karena mengandung lignin dan ketersediaannya juga cukup melimpah. Pemanfaatan limbah pertanian sekam padi dan kulit biji kopi juga masih sangat terbatas. Bahan-bahan tersebut umumnya digunakan hanya sebagai kompos, namun karena kandungan lignin yang tinggi menyebabkan limbah tersebut sangat sukar terdekomposisi sehingga petani lebih memilih untuk membuangnya.

Semua bahan organik yang ditambahkan ke tanah nyata meningkatkan fungsi tanah, termasuk retensi beberapa unsur hara yang esensial bagi tanaman. Biochar lebih efektif dalam retensi hara dan ketersediaannya bagi tanaman dibanding bahan organik lain seperti kompos atau pupuk kandang. Hal ini juga berlaku bagi hara P yang tidak diretensi oleh bahan organik biasa. Karbon pada biochar bersifat stabil dan dapat tersimpan lebih lama di dalam tanah dibanding bahan organik lain. Karena itu, semua manfaat yang berhubungan dengan retensi hara dan kesuburan tanah dapat berjalan lebih lama dibanding bentuk bahan organik lain yang biasa diberikan (Gani, 2009).

Penambahan biochar ke tanah meningkatkan KTK dan pH, berturut-turut sampai 40% dari KTK awal dan sampai satu unit pH. Tingginya ketersediaan hara bagi tanaman merupakan hasil dari bertambahnya nutrisi secara langsung dari biochar dan meningkatnya retensi hara. Dengan penelitian pot menggunakan padi (*Oryza sativa L.*) disimpulkan bahwa penambahan biochar nyata meningkatkan pertumbuhan dan nutrisi tanaman. Walau konsentrasi N daun berkurang, serapan P, K, Ca, Zn, dan Cu oleh tanaman bertambah dengan makin tingginya penambahan biochar. Pencucian dari pupuk N yang diberikan berkurang nyata dengan pemberian biochar, sedangkan pencucian Ca dan Mg diperlambat (Lehmann and Joseph, 2009).

Dari uraian diatas, maka perlu diteliti bagaimana pengaruh biochar sekam padi dan kulit biji kopi terhadap hara P dan Zn serta

pertumbuhan tanaman padi (*Oryza sativa* L.) di tanah sawah jenuh P serta berapa dosis yang optimal untuk memperbaiki keseimbangan hara P dan Zn di tanah sawah jenuh P.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan dengan ketinggian tempat ± 25 meter di atas permukaan laut. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai bulan Oktober 2016.

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah benih padivarietas Cihwang, tanah sawah jenuh P (kandungan Ptotal tinggi) di ambil dari Desa Lubuk Dendang, Kec. Perbaungan, Kab. Serdang Bedagai, sekam padi sebagai bahan biochar, kulit biji kopi sebagai bahan biochar, pupuk Urea (46% N) dan KCl (60% K₂O) sebagai pupuk dasar, air untuk menggenangi tanah sawah, bahan-bahan kimia untuk analisis di laboratorium, dan bahan lainnya yang mendukung penelitian ini.

Alat yang digunakan adalah cangkul untuk mengambil dan menghomogenkan tanah, ember sebagai wadah tanah, alat pembuat biochar (pirolisator), timbangan untuk menimbang tanah dan biochar, alat-alat laboratorium untuk analisis, dan alat-alat lain yang mendukung penelitian ini.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan 5 ulangan sehingga terdapat 35 unit percobaan. Dengan perlakuan B₀(Kontrol), BP₁ (Biochar sekam padi 10 ton/ha), BP₂ (Biochar sekam padi 20 ton/ha), BP₃ (Biochar sekam padi 30 ton/ha), BK₁(Biochar kulit biji kopi 10 ton/ha),

BK₂(Biochar kulit biji kopi 20 ton/ha), BK₃(Biochar kulit biji kopi 30 ton/ha).

Untuk melihat perbedaan hasil perlakuan digunakan uji F pada taraf 5% dan jika nyat selanjutnya dilakukan uji Kontras Ortogonal.

Peubah amatan yang diamati adalah pH tanah, P tersedia tanah, Zn HCl 25% tanah, kadar P tanaman, kadar Zn tanaman, serapan P tanaman dan serapan Zn tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH Tanah

Data pengamatan pH tanah memperlihatkan bahwa pemberian biochar sekam padi dan kulit biji kopi tidak mempengaruhi pH tanah. Nilai rata-rata pH tanah pada berbagai perlakuan biochar disajikan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 diketahui bahwa semua pH pada setiap perlakuan berada pada kriteria netral. Pada tanah sawah, pH akan cenderung netral akibat penggenangan. Secara umum nilai pH yang netral ini pada tanah masam disebabkan oleh adanya penambahan ion OH⁻ dari reduksi Fe³⁺ menjadi Fe²⁺. Setyorini dan Abdurachman (2009) menyatakan bahwa pH pada tanah sawah (tanah tergenang) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti perubahan besiferi menjadi fero, sulfat menjadi sulfida, karbondioksida menjadi metan dan penumpukan ammonium. Karena hal tersebut, pH tanah sawah sudah diperbaiki dengan cara penggenangan. Sehingga pemberian biochar tidak berpengaruh pada pH tanah sawah.

Tabel 1. Rataan pH Tanah pada Berbagai Perlakuan Biochar

Perlakuan	pH	Kriteria*
Kontrol	6,93	Netral
Biochar sekam padi 10 ton/ha	6,73	Netral
Biochar sekam padi 20 ton/ha	6,67	Netral
Biochar sekam padi 30 ton/ha	7,03	Netral
Biochar kulit biji kopi 10 ton/ha	6,77	Netral
Biochar kulit biji kopi 20 ton/ha	7,00	Netral
Biochar kulit biji kopi 30 ton/ha	7,13	Netral

Keterangan * : Kriteria berdasarkan LPT(1983).

Tabel 2. Rataan P – Tersedia Tanah pada Berbagai Perlakuan Biochar

Perlakuan	P Tersedia(ppm)	Kriteria*
Kontrol	111,22	Sangat Tinggi
Biochar sekam padi 10 ton/ha	224,87	Sangat Tinggi
Biochar sekam padi 20 ton/ha	182,19	Sangat Tinggi
Biochar sekam padi 30 ton/ha	268,38	Sangat Tinggi
Biochar kulit biji kopi 10 ton/ha	251,72	Sangat Tinggi
Biochar kulit biji kopi 20 ton/ha	186,73	Sangat Tinggi
Biochar kulit biji kopi 30 ton/ha	119,43	Sangat Tinggi

Keterangan * : Kriteria berdasarkan LPT(1983)

P - Tersedia Tanah

Data pengamatan P Tersedia tanah menunjukkan bahwa pemberian biochar sekam padi dan kulit biji kopi tidak mempengaruhi P tersedia tanah. Nilai rataan P tersedia tanah pada berbagai perlakuan biochar disajikan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa semua perlakuan menunjukkan P tersedia tanah berada pada kriteria sangat tinggi, baik tanpa perlakuan (kontrol) maupun dengan perlakuan pemberian biochar sekam padi dan biochar kulit biji kopi. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah pH, reduksi ferri menjadi fosfat, dan hidrolisis beberapa Fe dan Al yang mengikat P menyebabkan P tersedia meningkat (Mukhlis *et al*, 2011).

P tersedia tanah pada tanah sawah meningkat akibat penggenangan. Pada tanah dengan pH netral, P tersedia tanah akan meningkat. Sehingga pemberian biochar sekam padi dan kulit biji kopi berpengaruh tidak nyata terhadap P tersedia tanah sawah. Hal ini sesuai dengan literatur Mukhlis, *et al*(2011) yang menyatakan bahwa pada tanah sawah, fosfor tersedia lebih tinggi

dibandingkan bila tanah dikeringkan. Hal ini disebabkan oleh reduksi ferri-ferro, tersedianya P-reductance soluble, hidrolisis Fe dan Al, meningkatnya mineralisasi P organik karena pH menjadi netral, difusi $H_2PO_4^-$ semakin besar. Namun meskipun berbeda tidak nyata, dapat dilihat dengan pemberian biochar, P tersedia tanah meningkat.

Zn HCl 25%

Data pengamatan Zn Total (HCl 25%) tanah menunjukkan bahwa pemberian biochar sekam padi dan kulit biji kopi tidak mempengaruhi Zn HCl 25% tanah. Nilai rataan Zn HCl 25% tanah pada berbagai perlakuan biochar disajikan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa Zn dalam tanah sawah baik kontrol, pemberian biochar sekam padi maupun biochar kulit biji kopi semua berada pada kriteria tinggi. Kandungan Zn tanah ini diduga berasal dari bahan induk tanah itu sendiri. Pada penelitian ini Zn yang dianalisis merupakan Zn total tanah, sehingga hasil penelitian menunjukkan Zn tanah sawah berbeda tidak nyata.

Tabel 3. Rataan Zn HCl 25% Tanah pada Berbagai Perlakuan Biochar

Perlakuan	Zn - HCl 25% (ppm)	Kriteria*
Kontrol	60,31	Tinggi
Biochar sekam padi 10 ton/ha	69,46	Tinggi
Biochar sekam padi 20 ton/ha	59,54	Tinggi
Biochar sekam padi 30 ton/ha	57,52	Tinggi
Biochar kulit biji kopi 10 ton/ha	60,25	Tinggi
Biochar kulit biji kopi 20 ton/ha	62,06	Tinggi

Biochar kulit biji kopi 30 ton/ha	59,10	Tinggi
-----------------------------------	-------	--------

Keterangan * : Kriteria berdasarkan Dobermann dan Fairhurst(2000).

Tabel 4. Uji Kontras Kadar Zn Tanaman pada Berbagai Perlakuan Biochar

Perbandingan	Rataan	Signifikansi
Kontrol vs BP ₁ ,BP ₂ ,BP ₃ ,BK ₁ ,BK ₂ ,BK ₃	27,00 vs 29,50	tn
BP ₁ ,BP ₂ ,BP ₃ vs BK ₁ ,BK ₂ ,BK ₃	27,89 vs 31,11	*
BP ₁ vs BP ₂ ,BP ₃	29,33 vs 27,17	tn
BP ₂ vs BP ₃	28,67 vs 25,67	tn
BK ₁ vs BK ₂ ,BK ₃	28,00 vs 32,67	*
BK ₂ vs BK ₃	30,33 vs 35,00	tn

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata.

Pertumbuhan Tanaman

Berdasarkan hasil analisis data pada data pertumbuhan tanaman, aplikasi biochar sekam padi dan kulit biji kopi berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot kering tajuk, bobot kering akar, jumlah anakan produktif, kadar P tanaman, serapan P tanaman, serapan Zn tanaman dan bobot kering gabah per pot.

Aplikasi biochar sekam padi dan kulit biji kopi berpengaruh nyata terhadap kadar Zn tanaman. Hasil dari uji lanjut Kontras Ortogonal disajikan pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 diketahui bahwa pemberian biochar sekam padi berbeda nyata dengan pemberian biochar kulit biji kopi terhadap kadar Zn tanaman. Biochar kulit biji kopi nyata meningkatkan kadar Zn tanaman dibandingkan dengan biochar sekam padi. Penambahan dosis biochar kulit biji kopi menjadi 20 ton/ha dan 30 ton/ha nyata meningkatkan kadar Zn tanaman.

Grafik serapan P dan Zn tanaman akibat pemberian biochar sekam padi pada berbagai dosis di tanah sawah jenuh P disajikan pada gambar 1.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa setelah aplikasi biochar sekam P dan Zn tanaman meningkat. Serapan tertinggi pada hara P dan Zn tanaman, berada pada aplikasi biochar sekam padi 10 ton/ha. Dengan penambahan dosis biochar, serapan hara P dan Zn sedikit berkurang. Pada aplikasi biochar sekam padi 20 dan 30 ton/ha sifat antagonis P dan Zn mulai terlihat, dimana serapan hara P

menurun sedangkan serapan hara Zn meningkat. Hal ini menunjukkan fungsi biochar yang dapat meretensi sebagian hara P sehingga serapan Zn meningkat.

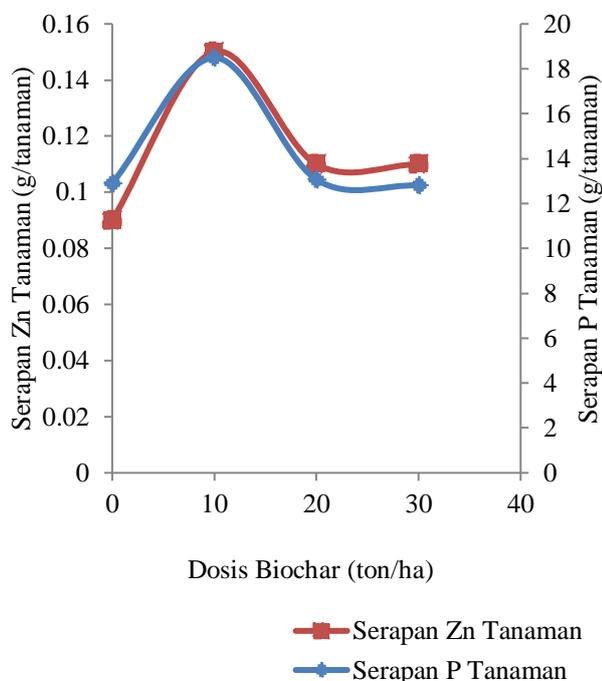
Grafik serapan P dan Zn tanaman akibat pemberian biochar kulit biji kopi pada berbagai dosis di tanah sawah jenuh P disajikan pada gambar 2.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa dengan pemberian biochar kulit biji kopi, serapan hara P dan Zn tanaman. Meskipun pada dosis 20 ton/ha serapan hara P dan Zn menurun dibandingkan pada dosis 10 ton/ha, namun serapan Zn tetap lebih tinggi dibanding dengan perlakuan kontrol. Pada pemberian 30 ton/ha, serapan hara P dan Zn tanaman kembali meningkat.

Dari kedua grafik tersebut dapat dilihat bahwa biochar sekam padi dan biochar sekam padi memberi pengaruh yang berbeda terhadap serapan P dan Zn setelah penambahan dosis menjadi 20 ton/ha dan 30 ton/ha. Dengan pemberian biochar sekam padi, serapan P tanaman sedikit menurun namun serapan Zn sedikit meningkat. Sedangkan dengan pemberian biochar kulit biji kopi serapan hara P dan Zn sama-sama meningkat. Hal ini diakibatkan perbedaan komponen organik sekam padi dan kulit biji kopi. Kulit biji kopi mengandung lignin yang lebih tinggi, sehingga kadar C-Organik nya lebih tinggi.

Dengan pemberian biochar pada tanah sawah jenuh P, dapat dilihat bahwa kadar Zn meningkat dan menurunkan kadar P tanaman. Hal ini dikarenakan sifat P dan Zn yang antagonistik. Hal ini sesuai dengan literatur

Setyorini dan Abdulrachman (2009) yang menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi ketersediaan Zn di tanah sawah adalah fosfor. Defisiensi Zn makin parah apabila kadar fosfor tanah tinggi, karena terbentuknya senyawa kompleks Zn dengan fosfor yang sukar larut.

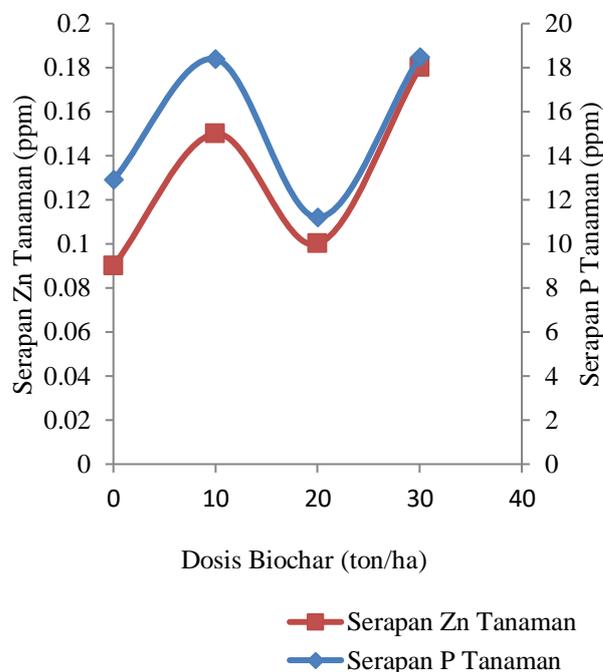


Gambar 1. Serapan P dan Zn Tanaman pada Pemberian Biochar Sekam Padi.

Menurut Ilyas *et al.* (2000) biochar dapat melepas ortofosfat dari ikatan logam-P tertentu melalui pembentukan kompleks logam-organik positif. Pemberian biochar pada tanah sawah jenuh P dapat meningkatkan kadar Zn tanaman dengan mekanisme pelepasan senyawa kompleks Zn dengan fosfor. Biochar meretensi sebagian hara P tanah sehingga meningkatkan Zn tersedia tanah, sehingga kadar Zn tanaman meningkat.

Dari hasil penelitian, diketahui bahwa kandungan Zn HCl 25% tanah sudah dalam kriteria tinggi, sehingga tidak diperlukan pemupukan Zn lagi untuk memenuhi Zn tanaman. Tingginya kandungan Zn tanah ini diduga berasal dari bahan induk tanah itu sendiri. Zn merupakan unsur hara mikro esensial bagi tanaman. Menurut Jones *et al.* (1991), kadar Zn tanaman optimum tanaman padi adalah 25-50 ppm. Kekahatan Zn pada tanaman akan mengalami pemendekan ruas-ruas batang, daun menjadi kecil dan sempit,

dan tampak gejala klorosis di antara urat daun. Sedangkan keracunan unsur hara Zn akan mengakibatkan proses fisiologi tanaman akan terganggu dan menimbulkan gejala penyakit.



Gambar 2. Serapan P dan Zn Tanaman pada Pemberian Biochar Kulit Biji Kopi

SIMPULAN

Pengaplikasian biochar sekam padi dan kulit biji kopi di tanah sawah jenuh P berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar Zn tanaman, tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap peningkatan P tersedia tanah, Zn HCl tanah, dan kadar P tanaman. Perbedaan dosis arang sekam tidak mempengaruhi kadar Zn tanaman.

Biochar kulit biji kopi lebih berpotensi meningkatkan kadar Zn tanaman dibandingkan dengan biochar sekam padi. Dosis biochar kulit biji kopi 20-30 ton/ha lebih baik dalam meningkatkan kadar Zn tanaman dibandingkan dosis 10 ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Pertanian Tanaman Pangan. 2000. Pengkajian Status Hara Fosfat di Lahan Sawah. Jakarta. 3 hal.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorder and Nutrient Management. International Rice

- Research Institute – Potash & Phosphate Institute (PPI) - Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC).
- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati “Biochar” sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*. 4 (1) : 33-45.
- Ilyas, Syekhfani, dan Sugeng, P. 2000. Analisis Pemberian Limbah Pertanian Abu Sekam Sebagai Sumber Silikat Pada Andisol dan Oxisol Terhadap Pelepasan Fosfor Terjerap dengan Teknik Perunut ³²P. *Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi*.
- Jones, J. B., B. Wolf and H.A Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide. Micro-Macro Publ. Inc.
- Lehmann, J., and Joseph. 2009. Biochar For Enviromental Management : Science and Technology. Sterling, Va. Earthscan.
- Lembaga Penelitian Tanah, 1983. Pedoman Pengamatan Tanah di Lapangan. Bogor. 86 hal.
- Mukhlis, Sarifuddin, dan Hamidah, H. 2011. Kimia Tanah: Teori dan Aplikasi. USU Press. Medan. Hal. 254-255.
- Prasetyo, Y., Djatmiko, dan Sulistyaningsih. 2014. Pengaruh Kombinasi Bahan Baku dan Dosis Biochar Terhadap Sifat Fisika Tanah Pasiran Pada Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Berkala Ilmiah Pertanian* 1(1): 54.
- Setyorini, D. dan S. Abdurachman. 2009. Pengelolaan Hara Mineral Tanaman Padi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Hal : 109-148.
- Sumaryanto, S. Friyatno, dan B. Irawan. 2001. Konversi Lahan Sawah Kepenggunaan Non Pertanian dan Dampak Negatifnya. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah. Bogor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Hal. 1-18.