



APLIKASI *BIOCHAR* DAN PUPUK P TERHADAP KETERSEDIAAN DAN SERAPAN P PADA TANAMAN JAGUNG MANIS (*Zea mays Saccharata Sturt.*) DI TANAH ULTISOL

APPLICATION OF BIOCHAR AND P FERTILIZER ON P AVAILABILITY AND ABSORPTION IN SWEET CORN (*Zea mays Saccharata Sturt.*) IN ULTISOL SOIL

Sonya Soraya Putriani¹, Sri Yusnaini^{2*}, Liska Mutiara Septiana¹, dan Dermiyati¹

¹Jurusan Ilmu Tanah, ²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

*Email:sri.yusnaini@fp.unila.ac.id

* Corresponding Author, Diterima: 15 Jul. 2022, Direvisi: 23 Ags. 2022, Disetujui: 18 Okt. 2022

ABSTRACT

*Sweet corn (*Zea mays saccharata sturt.*) is a commodity that is widely used in the food sector so that its production needs to be increased, however to increase the production is constrained because most of the land for planting sweet corn is ultisol. Ultisol is an acid soil that is poor in nutrients, so to increase the productivity of ultisol it is necessary to do soil rehabilitation and fertilization. Soil rehabilitation by utilizing biochar is expected to improve soil quality so that fertilization can be carried out more efficiently and effectively. This study aimed to study the effect of application various types of biochar, P fertilization and their interactions on the availability and uptake of P in sweet corn plants. This research was conducted at the experimental field of the Natar Agricultural Technology Assessment Agency (BPTP) from January-June 2021 and soil analysis was carried out at the Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. This study was designed using a factorial randomized completely block design (RCBD) with 2 factors and 3 replications. The first factor is the application of various types of biochar (B) consisting of (B0) without biochar, (B1) rice husk biochar, (B2) corn cobs biochar and (B3) cassava stem biochar and the second factor is phosphate fertilization (P) without P (P0) and with P fertilizer (P1). The data were statistically analyzed using analysis of variance which had previously been tested for homogeneity of variance with Bartlett's test and additivity with Tukey's test and LSD test at 5% and 1% significance levels. The results showed that the application of corncob biochar was able to increase the availability of P in the soil. P fertilization was able to increase P availability, root P uptake, root dry weight, soil pH, plant height and production. The interaction of corncob biochar and P fertilization was able to increase P uptake in sweet corn plant roots. There is a positive correlation between pH and P-available, P uptake, dry weight, height and plant production, there is also a positive correlation between C-Organic and P-Available, P uptake with dry weight of stover, and root P uptake with root dry weight and sweet corn production.*

Keywords: Absorption of P, availability of P, biochar, P fertilization, ultisol.

ABSTRAK

Jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*) merupakan komoditi yang banyak dimanfaatkan dalam bidang pangan sehingga produksinya perlu ditingkatkan, namun peningkatan produksi terkendala karena sebagian besar lahan penanaman jagung manis merupakan tanah ultisol. Tanah ultisol merupakan tanah masam yang miskin unsur hara, sehingga untuk meningkatkan produktivitas tanah ultisol perlu dilakukan rehabilitasi tanah dan pemupukan. Rehabilitasi tanah dengan memanfaatkan *biochar* diharapkan dapat memperbaiki kualitas tanah sehingga pemupukan yang dilakukan dapat lebih efisien dan efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian berbagai jenis *biochar* dan pemupukan P serta interaksinya terhadap ketersediaan dan serapan P pada tanaman jagung manis. Penelitian ini dilakukan di Kebun Percobaan Badan

Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Natar dari bulan Januari-Juni 2021 serta analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah pemberian berbagai jenis *biochar* (B) terdiri dari (B0) Tanpa *biochar*, (B1) *Biochar* sekam padi, (B2) *Biochar* tongkol jagung dan (B3) *Biochar* batang singkong dan faktor kedua adalah pemupukan fosfat (P) yaitu (P0) Tanpa pupuk P dan (P1) Dengan pupuk P. Data dianalisis statistik menggunakan analisis ragam yang sebelumnya telah diuji homogenitas ragamnya dengan uji Bartlett dan aditivitasnya dengan uji Tukey serta Uji BNT pada taraf nyata 5% dan 1% untuk melihat perbedaan nilai tengah perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *biochar* tongkol jagung mampu meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Pemupukan P mampu meningkatkan ketersediaan P, serapan P berangkas dan akar, bobot kering berangkas dan akar, pH tanah, tinggi dan produksi tanaman. Interaksi pemberian *biochar* tongkol jagung dan pemupukan P mampu meningkatkan serapan P pada akar tanaman jagung manis. Terdapat korelasi positif antara pH dengan P-tersedia, serapan P, bobot kering, tinggi dan produksi tanaman, juga terdapat korelasi positif antara C-Organik dengan P-Tersedia, serapan P dengan bobot kering berangkas, serta serapan P akar dengan bobot kering akar dan produksi jagung manis.

Kata kunci : *Biochar*, ketersediaan P, pemupukan P, serapan P, ultisol.

1. PENDAHULUAN

Jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*) merupakan komoditi yang banyak dimanfaatkan dalam bidang pangan dan memiliki peluang pasar yang baik, sehingga produksinya dapat ditingkatkan secara intensif. Namun, peningkatan produksi terkendala akibat rendahnya kandungan unsur hara pada sebagian besar lahan penanaman jagung manis di tanah ultisol (Arman *et al.*, 2020).

Ultisol merupakan tanah tua dengan tingkat pelapukan lanjut sehingga miskin hara. Disamping itu pula tanah ultisol telah digunakan digunakan secara terus menerus, tanpa memperhatikan pengelolaan bahan organik (Arman *et al.*, 2020). Rendahnya kualitas tanah ultisol dicirikan dengan kemasaman tanah yang tinggi, kandungan hara P, bahan organik, kapasitas tukar kation (KTK), dan kejenuhan basa (KB) yang rendah serta kadar Al dan Fe tinggi (Nurida *et al.*, 2017). Oleh karena perlu suatu pengelolaan yang tepat agar kualitas tanah ultisol meningkat (Kurnia, 1996). Pengelolaan tanah ultisol dengan menggunakan bahan pembenah tanah, salah satunya *biochar* diharapkan mampu meningkatkan kualitas tanah ultisol.

Biochar adalah produk sampingan dari proses pirolisis berbagai sumber bahan organik (Antal & Gronli, 2003; Gao & DeLuca, 2016) dengan komposisi utama adalah C, O, H, N, abu Kalsium (Ca) Kalium, dan Fosfor (Glaser *et al.*, 2002). Aplikasi *biochar* pada tanah mineral masam, diharapkan mampu meningkatkan pH, sehingga akan berpengaruh terhadap ketersediaan hara yang dibutuhkan oleh tanaman khususnya unsur hara fosfor (P) (Ratmini *et al.*, 2019) menyerap C

(Sombroek *et al.*, 2003; Liang *et al.*, 2006), meningkatkan kesuburan tanah (Glaser *et al.*, 2002; Lehman *et al.*, 2003; Gao & DeLuca, 2016) dan meningkatkan produksi tanaman (Novak *et al.*, 2009; Chan *et al.*, 2008).

Selain penambahan pembenah tanah, pemupukan terutama fosfat, merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kesuburan pada tanah ultisol. Tanah ultisol pada umumnya memberikan respon yang baik terhadap pemupukan fosfat. Rendahnya kandungan P pada tanah ultisol disebabkan karena terikatnya P oleh Al dan Fe sehingga tidak tersedia untuk tanaman (Prasetyo & Suriadikarta, 2006), padahal P sangat berperan merangsang pertumbuhan awal, pembentukan akar, dan pertumbuhan, pembelahan sel, pembentukan DNA dan RNA, meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap air dan nutrisi, merangsang pembungaan dan pengembangan benih, meningkatkan kekuatan tanaman dan kemampuan untuk mentoleransi lingkungan yang tidak menguntungkan bagi kondisi fotosintesis. vegetatif maksimum, maka proses fotosintesis akan berjalan aktif, sehingga proses pembelahan, pemanjangan, dan diferensiasi sel akan berjalan lancar sehingga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan. Penelitian ini bertujuan untuk : mempelajari pengaruh aplikasi berbagai jenis *biochar* dan pupuk P serta interaksi keduanya terhadap ketersediaan dan serapan P pada tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*), serta mempelajari korelasi antara P-Tersedia, serapan P (berangkas dan akar) pH, C-Organik dengan bobot kering (berangkas dan akar), tinggi dan produksi tanaman.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian lapang dilaksanakan pada bulan Januari-Juni 2021 di Kebun Percobaan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Natar, Lampung Selatan. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah pemberian berbagai jenis *biochar* (B) terdiri dari (B0) Tanpa *biochar*, (B1) *Biochar* sekam padi, (B2) *Biochar* tongkol jagung dan (B3) *Biochar* batang singkong dan faktor kedua adalah pemupukan fosfat (P) yaitu (P0) Tanpa pupuk P dan (P1) Dengan pupuk P (TSP 335 kg ha⁻¹). Bahan yang digunakan yaitu pupuk dasar terdiri dari urea 435 kg ha⁻¹, KCl 250 kg ha⁻¹ dan benih jagung manis hibrida F1 dan bahan kimia lainnya.

Pelaksanaan penelitian diawali dengan pembuatan berbagai jenis *biochar* menggunakan limbah pertanian seperti sekam padi, tongkol jagung dan batang singkong. Pengambilan sampel tanah awal dilakukan sebelum aplikasi perlakuan pada ke dalaman 0-20 cm secara komposit. Penyiapan lahan terdiri dari pengolahan tanah dan membuat petakan berukuran 3 m x 4 m sebanyak 24 petakan dengan jarak antar petak 0,5 m dan jarak antar ulangan 1 m. Pengaplikasian *biochar* dilakukan 7 hari sebelum tanam dengan dosis 10 Mg ha⁻¹. Benih jagung ditanam dengan jarak tanam 25 cm x 75 . Pupuk TSP 335 kg ha⁻¹ dan KCl 250 kg ha⁻¹, diaplikasikan secara tugal pada 7 hari setelah tanam (HST), sedangkan pupuk urea dengan dosis 435 kg ha⁻¹ diberikan dua kali yaitu umur 7 HST dan pada fase vegetatif maksimum (50 HST). Pemeliharaan tanaman terdiri dari penyiraman/ pengairan, penyiangan dan pengendalian OPT. Penyiraman dilakukan 1-2 kali sehari tergantung kelembaban tanah. Penyiangan dilakukan dengan membersihkan gulma yang ada di sekitar pertanaman dengan cara mencabut gulma.

Sampel tanaman untuk pengamatan bobot berangkasan dan serapan P, diambil pada saat tanaman berumur 50 HST, sebanyak 3 tanaman tiap plot. Panen jagung manis dilakukan pada umur 75 HST, yang dicirikan tanaman jagung sudah berwarna kekuningan, bersamaan juga dilakukan pengambilan sampel tanah kedua untuk pengamatn P-tersedia metode Bray-1, pH metode elektrometrik dan C-organik metode *Walkley and Black* (Thom & Utomo, 1991). Analisis statistika menggunakan analisis ragam dan Uji lanjut Beda

Nyata Terkecil (BNT) taraf 5 % dan 1 % menggunakan Software Ms. Excel 2010.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sifat Kimia Tanah Ultisol BPTP Natar Sebelum Pertanaman Jagung Manis dan Hasil Analisis Berbagai Jenis *Biochar*

Hasil analisis kimia tanah awal dapat di lihat pada Tabel 1. Tanah Ultisol BPTP Natar memiliki pH tanah masam dan ketersediaan unsur hara di dalam tanah seperti P-tersedia tergolong sangat-rendah, N-total tanah sangat rendah, C-organik rendah dan KTK tanah tergolong sangat rendah.

Hasil analisis *biochar* menunjukkan bahwa *biochar* batang singkong mempunyai komposisi kimia yang lebih baik jika dibandingkan sekam padi dan tongkol jagung kecuali N-total 0,52 % lebih rendah dibandingkan *biochar* tongkol jagung dengan nilai N-total 0,66 % (Tabel 2).

3.2 P-tersedia

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian berbagai jenis *biochar* dan pemberian pupuk P berpengaruh sangat nyata terhadap P-tersedia, namun pada interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata (Tabel 3).

Hasil uji lanjut (Tabel 4) menunjukkan bahwa P tersedia pada perlakuan *biochar* batang singkong nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan pemberian *biochar* lainnya. Hal ini karena *biochar*

Tabel 1. Sifat Kimia Tanah Sebelum Tanam (Awal).

Parameter Tanah	Nilai	Kriteria
pH (H ₂ O)	5,17	Masam
N-Total (%)	0,13	Rendah
P-tersedia (ppm)	9,14	Sangat Rendah
C-Organik (%)	0,98	Sangat Rendah
KTK (cmol kg ⁻¹)	10,78	Sangat Rendah

Tabel 2. Analisis Berbagai Jenis *Biochar*.

Parameter Pengukuran	<i>Biochar</i> sekam padi	<i>Biochar</i> tongkol jagung	<i>Biochar</i> batang singkong
Kadar air (%)	8,7	14,28	10
pH	6,92	9,39	10,16
Carbon (%)	29,38	54,58	58,53
N-total (%)	0,28	0,66	0,52
C/N (%)	104,92	82,69	112,56
P Total (%)	0,34	0,55	0,76

Tabel 3. Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis *Biochar* dan Pemupukan P terhadap P-Tersedia (ppm).

Perlakuan	P-Tersedia (ppm)
B ₀ P ₀	3,64
B ₁ P ₀	4,29
B ₂ P ₀	5,45
B ₃ P ₀	9,22
B ₀ P ₁	16,23
B ₁ P ₁	17,21
B ₂ P ₁	17,53
B ₃ P ₁	16,23
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi
B	45,99**
P	4,68*
B x P	2,14 ^{tn}

Keterangan : ** = sangat nyata; * = nyata; tn = tidak nyata; B = pemberian *biochar*; P = pemupukan P; B x P = interaksi pemberian *biochar* dengan pemupukan P; B₀ = tanpa *biochar*; B₁ = *biochar* sekam padi 10 Mg ha⁻¹; B₂ = *biochar* tongkol jagung 10 Mg ha⁻¹; B₃ = *biochar* batang singkong 10 Mg ha⁻¹; P₀ = tanpa pemupukan P; P₁ = dengan pemupukan P (TSP 335 kg ha⁻¹).

batang singkong memiliki pH, P total, C-org, serta C/N ratio lebih tinggi dibandingkan dengan jenis *biochar* lainnya. Aplikasi *biochar* dengan kualitas yang baik akan memiliki implikasi yang signifikan, karena *biochar* dapat meretensi unsur P yang tidak bisa diretensi oleh bahan organik tanah biasa sehingga unsur P lebih stabil di dalam tanah dan juga asam-asam organik juga berpean dalam pembebasan dan pelepasan unsur-unsur hara (Mateus *et al.*, 2017; Glaser *et al.*, 2002; Tarigan & Nelvia, 2020;) sehingga akan mengurangi kehilangan unsur hara akibat pencucian (Lehmann *et al.*, 2003).

Tabel 4 juga menunjukkan bahwa ketersediaan P pada perlakuan pemupukan P nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk P. Pemberian pupuk P juga berpengaruh nyata terhadap ketersediaan P dalam tanah. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh langsung dari pupuk P yang akan meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Pemberian pupuk P juga berpengaruh terhadap berkurangnya retensi karena tempat adsorpsi dipenuhi oleh fosfat, sehingga ketersediaan unsur P meningkat (Kaya, 2018). Unsur P memiliki peran dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Fahmi *et al.* 2010, Kasno (2019) (Munawar, 2018).

3.3 Serapan P dan Bobot Kering Brangkasian Jagung Manis (*Zea mays saccharata Sturt.*) pada Fase Vegetatif Maksimum

Ringkasan analisis ragam (Tabel 5), menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P berpengaruh nyata terhadap serapan P dan bobot kering brangkasian tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*), namun perlakuan berbagai jenis *biochar* dan interaksi antara pemberian berbagai jenis *biochar* dan pemupukan P tidak berpengaruh nyata terhadap serapan P dan bobot kering brangkasian tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*).

Hasil uji lanjut (Tabel 6) menunjukkan bahwa serapan P dan bobot kering brangkasian tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*) pada fase vegetatif maksimum pada perlakuan pemberian pupuk P nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemupukan P. Fosfat merupakan bagian inti sel yang sangat penting dalam pembelahan sel dan untuk perkembangan jaringan meristem, dengan demikian fosfat dapat

Tabel 4. Hasil Uji BNT 5% Pengaruh Aplikasi Berbagai Jenis *Biochar* dan Pemupukan P terhadap P-Tersedia (ppm).

Perlakuan Pemberian Biochar	P-tersedia (ppm)
B ₀ (Tanpa <i>biochar</i>)	9,94 a
B ₁ (<i>Biochar</i> sekam padi 10 Mg ha ⁻¹)	10,75 b
B ₂ (<i>Biochar</i> tongkol jagung 10 Mg ha ⁻¹)	11,49 c
B ₃ (<i>Biochar</i> batang singkong 10 Mg ha ⁻¹)	12,73 d
BNT _{0,01}	1,75
Pemberian Pupuk P	P-Tersedia (ppm)
P ₀ (Tanpa pupuk P)	5,65 a
P ₁ (Dengan pupuk TSP 335 kg ha ⁻¹)	16,80 b
BNT _{0,05}	0,59

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT 1% dan 5%.

Tabel 5. Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis *Biochar* dan Pemupukan P terhadap Serapan P dan Bobot Kering Brangkasan Tanaman Jagung manis (*Zea mays Saccharata Sturt.*)

Pelakuan	Serapan P pada Brangkasan (g tanaman ⁻¹)	Bobot Kering Brangkasan (g tanaman ⁻¹)
B ₀ P ₀	11,46	49,33
B ₁ P ₀	11,64	27,22
B ₂ P ₀	17,67	33,67
B ₃ P ₀	21,68	44,22
B ₀ P ₁	13,89	53,67
B ₁ P ₁	14,67	49,22
B ₂ P ₁	30,01	58,56
B ₃ P ₁	23,71	54,56
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikasi	
B	0,51 ^{tn}	1,84 ^{tn}
P	6,67*	12,82**
B x P	0,38 ^{tn}	1,27 ^{tn}

Keterangan : ** = sangat nyata; * = nyata; tn = tidak nyata; B = pemberian *biochar*; P = pemupukan P; B x P = interaksi pemberian *biochar* dengan pemupukan P; B₀ = tanpa *biochar*; B₁ = *biochar* sekam padi 10 Mg ha⁻¹; B₂ = *biochar* tongkol jagung 10 Mg ha⁻¹; B₃ = *biochar* batang singkong 10 Mg ha⁻¹; P₀ = tanpa pemupukan P; P₁ = dengan pemupukan P (TSP 335 kg ha⁻¹).

Tabel 6. Pengaruh Pemupukan P terhadap Serapan P dan Bobot Kering Brangkasan Tanaman Jagung Manis (*Zea mays Saccharata Sturt.*) pada Fase Vegetatif Maksimum (g tanaman⁻¹)

Pelakuan Pemberian Pupuk P	Serapan P pada Brangkasan (g tanaman ⁻¹)	Bobot Kering Brangkasan (g tanaman ⁻¹)
P ₀ (Tanpa pupuk P)	15,61 a	38,61 a
P ₁ (Dengan pupuk TSP 335 kg ha ⁻¹)	20,57 b	54,00 b
BNT _{0,05}	2,49	-
BNT _{0,01}	-	3,69

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT 1% dan 5%.

merangsang pertumbuhan akar dan tanaman muda, sehingga meningkatkan penyerapan unsur hara (Nuryani et al., 2019). Namun pada perlakuan pemberian berbagai jenis *biochar* dan interaksi antara pemberian berbagai jenis *biochar* dan pemupukan P tidak memberikan pengaruh nyata terhadap serapan P brangkasan tanaman jagung manis. Bobot kering brangkasan tanaman jagung manis pada perlakuan pemberian pupuk P berpengaruh nyata terhadap bobot kering brangkasan tanaman jagung manis. Sedangkan pemberian berbagai jenis *biochar* dan interaksi antara pemberian berbagai jenis *biochar* dengan pemupukan P tidak berpengaruh nyata. Tidak adanya pengaruh pemberian berbagai jenis *biochar* terhadap serapan P dan bobot kering brangkasan tanaman jagung manis diduga karena P yang terdapat pada *biochar* membutuhkan waktu lama untuk tersedia bagi tanaman. *Biochar* mampu bertahan lama di dalam tanah atau

mempunyai efek yang relatif lama atau relatif resisten terhadap serangan mikroorganisme, sehingga proses dekomposisi berjalan lambat (Nurida, 2014).

3.4 Serapan P dan Bobot Kering Akar Jagung Manis (*Zea mays saccharata sturt.*) pada Fase Vegetatif Maksimum

Ringkasan analisis ragam pada Tabel 7, menunjukkan bahwa perlakuan pemberian berbagai jenis *biochar* dan pupuk P serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap serapan P akar tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*) pada fase vegetatif maksimum. Sedangkan pada perlakuan pemupukan P berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*), namun pemberian berbagai jenis *biochar* dan interaksi antara pemberian *biochar* dan pupuk P tidak berpengaruh

Tabel 7. Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis *Biochar* dan Pemupukan P terhadap Serapan P dan Bobot Kering Akar Tanaman Jagung Manis (*Zea mays Saccharata Sturt.*) pada Fase Vegetatif Maksimum

Pelakuan	Serapan P pada Akar (g tanaman ⁻¹)	Bobot Kering Akar (g tanaman ⁻¹)
B ₀ P ₀	3,05	13,33
B ₁ P ₀	7,32	15,56
B ₂ P ₀	4,16	11,11
B ₃ P ₀	4,27	12,11
B ₀ P ₁	5,61	15,44
B ₁ P ₁	7,66	14,44
B ₂ P ₁	14,36	19,89
B ₃ P ₁	7,84	15,89
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikasi	
B	9,33**	0,29 ^{tn}
P	13,70**	7,59*
B x P	3,51*	2,81 ^{tn}

Keterangan : ** = sangat nyata; * = nyata; tn = tidak nyata; B = pemberian *biochar*; P = pemupukan P; B x P = interaksi pemberian *biochar* dengan pemupukan P; B₀ = tanpa *biochar*; B₁ = *biochar* sekam padi 10 Mg ha⁻¹; B₂ = *biochar* tongkol jagung 10 Mg ha⁻¹; B₃ = *biochar* batang singkong 10 Mg ha⁻¹; P₀ = tanpa pemupukan P; P₁ = dengan pemupukan P (TSP 335 kg ha⁻¹).

Tabel 8. Pengaruh Interaksi Berbagai Jenis *Biochar* dan Pupuk P terhadap Serapan P Akar Tanaman Jagung Manis (*Zea mays Saccharata Sturt.*) pada Fase Vegetatif Maksimum (g tanaman⁻¹)

<i>Biochar</i> (10 Mg ha ⁻¹)	Serapan P akar (g tanaman ⁻¹)	
	Tanpa Pupuk	Aplikasi Pupuk
B ₀ (Tanpa <i>biochar</i>)	3,05 a	5,61 b
B ₁ (<i>Biochar</i> sekam padi)	A	A
	7,32 a	7,66 b
B ₂ (<i>Biochar</i> tongkol jagung)	B	B
	4,16 a	14,36 b
B ₃ (<i>Biochar</i> batang singkong)	A	C
	4,27 a	7,84 b
	A	B
BNT _{0,05}	1,70	

Keterangan : Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada lajur dan baris tidak berbeda nyata pada taraf nyata uji BNT 5%. Huruf kecil menunjukkan perbandingan horizontal, huruf kapital menunjukkan perbandingan vertikal

nyata terhadap bobot kering akar tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*)

Hasil uji lanjut pada Tabel 8 menunjukkan bahwa interaksi antara pemberian *biochar* dan pemupukan P mampu meningkatkan serapan P pada akar tanaman jagung manis. Tabel 8 juga menunjukkan serapan P akar pada perlakuan pemupukan P nyata lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pemupukan P. Pada perlakuan *biochar* sekam padi dengan tanpa pemupukan nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, dikarenakan *biochar* sekam padi memiliki kemampuan dalam meretensi unsur hara P sehingga memperbaiki efisiensi serapan P (Herhandini *et al.*, 2021). Pada perlakuan *biochar* tongkol jagung

dengan pemupukan P nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, namun pada perlakuan *biochar* sekam padi dan *biochar* batang singkong dengan pemupukan tidak berbeda nyata. Hasil penelitian Agviolita *et al.* (2021), *biochar* tongkol jagung memiliki pH paling tinggi yaitu 7,9. pH pada tanah dapat mempengaruhi retensi tanah atau kemampuan tanah dalam menjaga kandungan unsur hara karena mikroorganisme tanah tidak bisa hidup dalam pH rendah dan bertugas untuk penyempurna kandungan N, P, K di dalam tanah sehingga akan mempengaruhi serapan P pada tanaman. Serapan P pada tanaman meningkat seiring dengan meningkatnya ketersediaan P (Tabel 4). Meningkatnya

Tabel 9. Pengaruh Pemupukan P terhadap Bobot Kering Akar Tanaman Jagung pada Fase Vegetatif Maksimum (g tanaman-1)

Perlakuan Pemberian Pupuk P	Bobot Kering Akar (g tanaman ⁻¹).
P ₀ (Tanpa pupuk P)	13,03 a
P ₁ (Dengan pupuk TSP 335 kg ha ⁻¹)	16,42 b
BNT _{0,05}	0,76

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%.

Tabel 10. Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis *Biochar* dan Pemupukan P Terhadap pH dan C-Organik Tanah (%).

Pelakuan	pH	C-organik (%)
B ₀ P ₀	4,82	1,69
B ₁ P ₀	4,94	1,75
B ₂ P ₀	4,87	1,72
B ₃ P ₀	5,11	1,73
B ₀ P ₁	5,15	1,70
B ₁ P ₁	5,25	1,77
B ₂ P ₁	5,32	1,74
B ₃ P ₁	5,44	1,81
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi	
B	0,88 ^{tn}	0,89 ^{tn}
P	7,84*	0,82 ^{tn}
B x P	0,06 ^{tn}	0,17 ^{tn}

Keterangan : ** = sangat nyata; * = nyata; tn = tidak nyata; B = pemberian *biochar*; P = pemupukan P; B x P = interaksi pemberian *biochar* dengan pemupukan P; B₀ = tanpa *biochar*; B₁ = *biochar* sekam padi 10 Mg ha⁻¹; B₂ = *biochar* tongkol jagung 10 Mg ha⁻¹; B₃ = *biochar* batang singkong 10 Mg ha⁻¹; P₀ = tanpa pemupukan P; P₁ = dengan pemupukan P (TSP 335 kg ha⁻¹).

ketersediaan P maka kontak secara difusi antara akar tanaman dan P dalam tanah menjadi lebih besar sehingga serapan P akar menjadi lebih besar (Kaya, 2018). Pemberian *biochar* dan pemupukan P mampu meningkatkan kadar P tanaman jagung (Aswiguna, 2020). Hal tersebut dikarenakan permukaan *biochar* terdapat gugus fungsional yang dapat mengadsorpsi ion Al³⁺, Fe³⁺, dan Ca²⁺ dan menghilangkan efek khelat sehingga P yang terfiksasi akan terbebaskan sehingga kelarutan P di dalam tanah meningkat (Solfianti et al., 2021).

Hasil uji lanjut (Tabel 9) menunjukkan bahwa bobot kering akar tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*) pada fase vegetatif maksimum pada perlakuan pemupukan P nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemupukan P. Menurut Munawar (2018) unsur fosfor (P) berfungsi dalam proses perkembangan tanaman. Namun, pemberian berbagai jenis *biochar* tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar tanaman. Hal ini karena jenis *biochar* yang diaplikasikan belum dapat meningkatkan kualitas tanah sehingga bobot kering akar tanaman juga

belum meningkat. Respon tanah akibat pemberian *biochar* sangat bergantung dan ditentukan oleh jenis bahan yang digunakan (Gani, 2009).

3.5 pH dan C-organik Tanah

Ringkasan analisis ragam pada Tabel 10, menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P berpengaruh nyata terhadap pH tanah, namun pada pemberian berbagai jenis *biochar* dan interaksi antara pemberian berbagai jenis *biochar* dan pemupukan P tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah. Ringkasan analisis ragam (Tabel 10), juga menunjukkan perlakuan pemberian berbagai jenis *biochar* dan pemupukan P serta interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap C-organik tanah.

Hasil uji lanjut (Tabel 11), menunjukkan bahwa pH tanah pada perlakuan pemupukan P nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemupukan P. Penjerapan P oleh oksida Fe dan Al berkurang seiring dengan meningkatnya pH tanah. Jika pH meningkat maka aktivitas Fe dan Al turun,

dengan itu *adsorpsi* berkurang sehingga konsentrasi P larut meningkat (Munawar, 2018). Hasil analisis Kaya (2018) menunjukkan bahwa pemberian pupuk fosfat secara mandiri berpengaruh nyata dan memperlihatkan bahwa meningkatnya dosis fosfat maka pH tanah akan semakin meningkat. Pengaruh pupuk P terhadap peningkatan pH tanah karena adanya pelepasan sejumlah OH⁻ ke dalam larutan akan menurunkan *adsorpsi* sebagian anion fosfat (H₂PO₄⁻) oleh oksida-hidrat Al dan Fe sehingga pH tanah meningkat. Selain itu ion Ca²⁺ dalam pupuk tersebut akan menggantikan ion H⁺ dan Al³⁺ pada kompleks adsorpsi, maka konsentrasi ion H⁺ dalam larutan berkurang dan konsentrasi ion OH⁻ meningkat (Kaya, 2018).

Hasil analisis C-organik tanah menunjukkan bahwa perlakuan pemberian berbagai jenis *biochar* dan pemberian pupuk P serta interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap C-Organik tanah. Namun C-Organik pada tiap perlakuan meningkat jika dibandingkan dengan kondisi sebelum perlakuan 0,98% menjadi berkisar 1,69-1,81% setelah diberikan perlakuan. Hasil penelitian Nurida (2014) bahwa peningkatan karbon tanah setelah aplikasi *biochar* selama satu musim tanam tidak selalu dapat dilihat, di beberapa lokasi penelitian menunjukkan bahwa kadar C-organik tanah bisa meningkat, stabil atau menurun setelah diberi *biochar* jangka panjang.

3.6 Tinggi Tanaman dan Produksi

Tinggi tanaman merupakan indikator dari pertumbuhan tanaman. Tinggi tanaman jagung manis sejak minggu pertama pengamatan hingga

panen mengalami peningkatan yang signifikan. Hasil tertinggi yaitu pada perlakuan interaksi antara *biochar* batang singkong dengan pemupukan P dengan rata-rata yaitu 80,2 cm, sedangkan hasil terendah yaitu pada interaksi antara pemberian *biochar* batang singkong dengan tanpa pemupukan P dengan nilai 59 cm dan disajikan pada Gambar 1.

Ringkasan analisis ragam (Tabel 12), menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan produksi jagung manis (tanpa kelobot dan berkelobot), namun perlakuan pemberian berbagai jenis *biochar* dan interaksi antara pemberian berbagai jenis *biochar* dan pemupukan P tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan produksi jagung manis (tanpa kelobot dan berkelobot).

Hasil uji lanjut pada Tabel 13 menunjukkan bahwa tinggi tanaman jagung manis (*Zea mays*

Tabel 11. Pengaruh Aplikasi Berbagai Jenis *Biochar* dan Pemupukan P terhadap pH Tanah

Perlakuan Pemberian Pupuk P	pH
P ₀ (Tanpa pupuk P)	4,96 a
P ₁ (Dengan pupuk TSP 335 kg ha ⁻¹)	5,31 b
BNT _{0,05}	0,08

Keterangan : ** = sangat nyata; * = nyata; tn = tidak nyata; B = pemberian *biochar*; P = pemupukan P; B x P = interaksi pemberian *biochar* dengan pemupukan P; B₀ = tanpa *biochar*; B₁ = *biochar* sekampadi 10 Mg ha⁻¹; B₂ = *biochar* tongkol jagung 10 Mg ha⁻¹; B₃ = *biochar* batang singkong 10 Mg ha⁻¹; P₀ = tanpa pemupukan P; P₁ = dengan pemupukan P (TSP 335 kg ha⁻¹).

Tabel 12. Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis *Biochar* dan Pemupukan P terhadap Tinggi Tanaman dan Produksi Jagung Manis (Tanpa Kelobot dan Berkelobot)

Pelakuan	Tinggi (cm)	Produksi Jagung tanpa kelobot (kg plot ⁻¹)	Produksi Jagung Berkelobot (kg plot ⁻¹)
B ₀ P ₀	157,43	10,50	11,90
B ₁ P ₀	127,63	14,17	14,51
B ₂ P ₀	158,13	11,09	12,89
B ₃ P ₀	161,93	12,84	14,29
B ₀ P ₁	172,00	14,72	15,83
B ₁ P ₁	184,57	19,71	20,95
B ₂ P ₁	166,00	16,09	17,37
B ₃ P ₁	177,13	19,24	20,69
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi		
B	0,47 ^{tn}	1,55 ^{tn}	3,32 ^{tn}
P	8,37*	10,54**	26,74**
B x P	1,83 ^{tn}	0,08 ^{tn}	0,40 ^{tn}

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5

Tabel 13. Pengaruh Pemupukan P terhadap Tinggi Tanaman (50 HST) dan Produksi (Tanpa Kelobot dan Berkelobot) Jagung Manis (*Zea mays saccharata sturt.*)

Perlakuan	Tinggi Tanaman Jagung Manis (cm)	Bobot Jagung Tanpa Kelobot (kg plot ⁻¹)	Bobot Jagung Berkelobot (kg plot ⁻¹)
P ₀ (Tanpa pupuk P)	151,28 a	12,15 a	13,40 a
P ₁ (Pupuk TSP 335 kg ha ⁻¹)	174,93 b	17,44 b	18,71 b
BNT _{0,05}	5,62		
BNT _{0,01}		1,40	
BNT _{0,01}			0,88

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT 1% dan 5%.

saccharata sturt.) pada fase vegetatif maksimum (50 HST), produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata sturt.*) tanpa kelobot dan berkelobot lebih tinggi pada pemupukan P dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemupukan P. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Kasno (2019) yang menyatakan bahwa pemupukan P pada *Typic Dystrudept* dapat meningkatkan hara P tanah potensial dan tersedia, serta pertumbuhan dan hasil jagung. Lebih lanjut dinyatakan pula bahwa pemupukan P 40 kg P ha⁻¹ nyata meningkatkan hasil jagung dibandingkan dengan control, dan produksi jagung semakin meningkat dengan semakin tinggi dosis P dan produksi tertinggi dicapai pada pemberian dosis pupuk P 150 kg ha⁻¹ yaitu 9,37 Mg ha⁻¹. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian berbagai jenis biochar belum mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung manis. Hal ini karena *biochar* membutuhkan proses lama dalam membantu penyediaan unsur (Tarigan, 2015).

3.7 Hubungan antara Variabel Utama dengan Variabel Pendukung

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi nyata antara pH dengan P-tersedia, serapan P (brangkasan dan akar), bobot kering (brangkasan dan akar), tinggi tanaman, produksi (tanpa kelobot dan berkelobot). Begitu juga C-organik dengan P-tersedia, serapan P brangkasan tanaman jagung manis dengan bobot kering brangkasan dan serapan P akar dengan bobot akar (Tabel 14).

3.8 Hubungan pH dengan P-Tersedia, Serapan P (Brangkasan dan Akar), Bobot Kering (Brangkasan dan Akar), Tinggi Tanaman, Produksi (Tanpa Kelobot dan Berkelobot).

Korelasi antara pH dengan P-Tersedia, serapan p (brangkasan dan akar), bobot kering (brangkasan

dan akar), tinggi tanaman, produksi (tanpa kelobot dan berkelobot). yaitu positif. dengan meningkatnya pH tanah maka P-Tersedia, serapan P (brangkasan dan akar), bobot kering (brangkasan dan akar), tinggi tanaman, produksi (tanpa kelobot dan berkelobot) juga meningkat. Hasil uji korelasi tersebut menunjukkan bahwa tinggi dan rendahnya ketersediaan P dalam tanah dipengaruhi oleh tinggi dan rendahnya pH. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Firnia (2018) yang menyatakan bahwa pada tiap horizon profil tanah yang bersifat masam, maka ketersediaan unsur hara P akan semakin rendah. Ketersediaan dan bentuk-bentuk P di dalam tanah sangat erat hubungannya dengan kemasaman (pH) tanah. Jika pH diaplikasikan sendiri akan berpengaruh negatif, namun jika diaplikasikan bersama dengan P tersedia maka akan memberikan pengaruh positif terhadap serapan P (La Habi et al., 2018). Hubungan pH dengan bobot kering tanaman yaitu positif, peningkatan pH nyata meningkatkan bobot kering tanaman. Bobot kering tanaman tergantung dengan P yang terserap oleh tanaman. Fosfor merupakan unsur hara makro esensial bagi tanaman, yang fungsinya tidak dapat digantikan oleh unsur hara lainnya (Sirait & Siahaan, 2019). Unsur P memiliki peran dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Fahmi et al., 2010). Hubungan pH dengan produksi jagung manis yaitu positif, hal tersebut sejalan dengan penelitian Syarifudin et al. (2020) semakin tinggi pH maka semakin tinggi hasil jagung manis, demikian pula arah hubungan antara serapan P dengan bobot tongkol tanpa kelobot jagung manis adalah positif.

3.9 Hubungan C-organik dengan P-tersedia

Korelasi antara C-organik tanah dan P-tersedia yaitu positif ($r = 0,48$) dengan meningkatnya C-organik tanah maka P-tersedia juga meningkat. Peningkatan C-organik tanah juga dapat

Tabel 14. Hubungan Antara Variabel Utama dengan Variabel Pendukung Tanah dan Tanaman.

Variabel	P-tersedia (ppm)	Serapan P pada Brangkas (g tanaman ⁻¹)	Serapan P pada Akar (g tanaman ⁻¹)	Bobot Kering Brangkas (g tanaman ⁻¹)	Bobot Kering Akar (g tanaman ⁻¹)	Tinggi Tanaman (cm)	Produksi (tampa kelobot) (kg plot ⁻¹)	Produksi (berkelobot) (kg plot ⁻¹)
Koefisien korelasi (r)								
pH	0,91**	0,66**	0,91**	0,68**	0,61**	1,00**	0,88**	0,90**
C-organik (%)	0,48*	-	-	-	-	-	-	-
P-tersedia (ppm)	-	0,53**	0,63**	-	-	-	-	-
Serapan P pada Brangkas (g tanaman ⁻¹)	-	-	-	0,51*	-	0,34 ^{tn}	0,32 ^{tn}	0,38 ^{tn}
Serapan P pada Akar (g tanaman ⁻¹)	-	-	-	-	0,91**	0,15 ^{tn}	0,58**	0,56**

Keterangan : tn = tidak berkorelasi nyata; * = berkorelasi nyata; ** = berkorelasi sangat nyata; r = nilai koefisien korelasi.

mempengaruhi sifat tanah menjadi lebih baik secara fisik, kimia dan biologi. Karbon merupakan substrat mikroorganisme tanah, keberadaan C-organik dalam tanah akan memacu kegiatan mikroorganisme, meningkatkan proses dekomposisi tanah dan reaksi-reaksi yang memerlukan bantuan mikroorganisme, misalnya pelarutan P, dan fiksasi N. Meningkatnya C-organik di dalam tanah diduga akan meningkatkan kelompok mikroorganisme pelarut fosfat, sehingga kelarutan fosfat juga meningkat dan tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman.

3.10 Hubungan P-Tersedia dan Serapan P Brangkas dan Akar

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan positif antara P-tersedia dengan serapan P brangkas ($r = 0,53$) dan akar ($r = 0,63$) dengan meningkatnya P-tersedia maka serapan P brangkas dan akar juga meningkat. Fosfor diserap tanaman dalam bentuk ion monofosfat atau fosfat primer ($H_2PO_4^-$) dan sekunder (HPO_4^-), sehingga semakin banyak P yang tersedia di dalam tanah maka akan semakin banyak pula P yang diserap oleh akar (Aprilianda, 2012). Sagala *et al.* (2013) juga menyatakan penyerapan P pada permukaan akar lebih cepat dari pergerakan fosfat ke permukaan akar, sehingga zona terkurasnya fosfat akan semakin banyak terjadi disekitar akar.

3.11 Hubungan Serapan P Brangkas dan Akar dengan Bobot Kering Brangkas dan Akar

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa serapan P brangkas dan akar dengan bobot kering brangkas dan akar berkorelasi nyata. Korelasi antara serapan P brangkas dan akar dengan bobot kering brangkas dan akar yaitu positif ($r = 0,51$ dan $r = 0,91$) artinya dengan meningkatnya serapan P brangkas dan akar maka bobot kering brangkas dan akar juga meningkat. Karena unsur hara P berfungsi mempercepat pembungaan, pemasakan buah/ biji/ gabah dan dapat meningkatkan produksi biji-bijian (Mashur, 2001). Hal tersebut sejalan dengan penelitian Kasno & Rostaman (2013) pemupukan NPK majemuk maupun tunggal nyata meningkatkan bobot brangkas dan bobot pipilan kering biji jagung. Pemberian pupuk NPK 15-15- 15 sebanyak 50 kg/ ha nyata meningkatkan bobot brangkas kering dibanding kontrol.

3.12 Hubungan Serapan P Akar dan Produksi Jagung Manis (Tanpa Kelobot dan berkelobot)

Korelasi antara serapan P akar dan produksi jagung manis (tanpa kelobot) yaitu positif ($r = 0,58$) dengan meningkatnya serapan P akar maka produksi jagung manis (tanpa kelobot) juga meningkat. Korelasi antara serapan P pada akar dan produksi jagung manis (berkelobot) yaitu positif ($r = 0,56$) dengan meningkatnya serapan P akar maka produksi jagung manis (berkelobot) juga meningkat. Fosfor merupakan salah satu hara penyusun komponen transfer energi, asam nukleat, konstituent enzim utama, menstimulate pertumbuhan awal akardan pertumbuhan, mempercepat pertumbuhan biji dan masih banyak fungsi metabolisme lainnya. Berkaitan dengan fungsi-fungsinya tersebut, ketersediaan dan kecukupan fosfor sangatlah krusial.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian ini adalah: aplikasi berbagai jenis *biochar* mampu meningkatkan ketersediaan P dalam tanah dibandingkan dengan tanpa pemberian *biochar*, sedangkan pemupukan P mampu meningkatkan ketersediaan P, serapan P brangkasian dan akar, bobot kering brangkasian dan akar, pH tanah, tinggi tanaman dan produksi (tanpa kelobot dan berkelobot). *Biochar* tongkol jagung yang diberikan bersamaa dengan pemupukan P mampu meningkatkan serapan P pada akar tanaman jagung manis., juga terdapat korelasi positif antara pH dengan P-tersedia, serapan P pada brangkasian dan akar, bobot kering, tinggi tanaman, dan produksi (tanpa kelobot dan berkelobot).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Antal, M. J. & M. Gronli . 2003. The Art, Science, and Technology of Charcoal Production. *Industrial & engineering chemistry research*. 42 (8): 1619–1640.
- Aprilianda, D. 2012. Pengaruh Pupuk Majemuk NPK terhadap Pertumbuhan, Produksi dan Serapan Hara Jagung (*Zea mays L.*) pada Latosol Darmaga. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor. 51 hlm.
- Arman, M.W., D. A. Harahap, & R. Hasibuan. 2020. Pengaruh Pemberian Abu Sekam Padi Dan Kompos Jerami Padi Terhadap Sifat Kimia Tanah Ultisol Pada Tanaman Jagung Manis. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 7 (2): 315–320.
- Aswiguna, S. 2020. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dan Pemupukan P terhadap Serapan Hara NPK pada Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 63 hlm.
- Chan , K. Y., L. V. Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, & S. Joseph. 2008. Using Poultry Litter Biochars as Soil Amendments. *Soil Research*. 46 (5): 437–444.
- Fahmi, A., S. N. H. Utami, & B. Radjaguguk. 2010. Pengaruh Interaksi Hara Nitrogen dan Fosfor terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) pada tanah Regosol dan Latosol. *Berita Biologi*. 10 (3): 279–304.
- Firnia, D. 2018. Dinamika Unsur Fosfor pada Tiap Horison Profil Tanah Masam. *Jurnal Agroekoteknologi*. 10 (1): 45–52.
- Gao, S. & T. H. DeLuca. 2016. Influence of Biochar on Soil Nutrient Transformations, Nutrient Leaching, and Crop Yield. *Adv. Plants Agric. Res*. 4 (5): 1–16.
- Gani. A. 2009. Potensi Arang Hayati *Biochar* sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*. 4 (1): 33–48.
- Glaser, B., J. Lehmann, & W. Zech. 2002. Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in the Tropics with Charcoal—a Review. *Biology and fertility of soils*. 35 (4): 219–230.
- Kasno, A. 2019. Respon Tanaman Jagung terhadap Pemupukan Fosfor pada Typic Dystrudepts. *Journal of Tropical Soils*. 14 (2): 111–118.
- Kasno, A. & T. Rostaman. 2013. Serapan Hara dan Peningkatan Produktivitas Jagung dengan Aplikasi Pupuk NPK Majemuk. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 32 (3): 179–186.
- Kaya, E. 2018. Pengaruh Pupuk Kalium dan Fosfat terhadap Ketersediaan dan Serapan Fosfat Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea L.*) pada Tanah Brunizem. *Agrologia*. 1 (2): 113–118.
- Kurnia, U. 1996. Kajian Metode Rehabilitasi Lahan untuk Meningkatkan dan Melestarikan Produktifitas Tanah. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 223 hlm.
- La Habi, M., J. I. Nendissa, D. Marasabessy, & A. M. Kalay. 2018. Ketersediaan Fosfat,

- Serapan Fosfat, dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) Akibat Pemberian Kompos Granul Ela Sagu dengan Pupuk Fosfat pada Inceptisols. *Agrologia*. 7 (1): 42–52.
- Liang, B., J. D. Lehmann, J. Solomon, J. Kinyangi, B. Grossman, J. O. O'Neill, J. Skjemstad, F. J. Thies, J. Luizão, Peterson, & E. G. Neves. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 1719-1730.
- Lehmann, J., J. P. da Silva, C. Steiner, T. Nehls, W. Zech, & B. Glaser. 2003. Nutrient Availability and Leaching in an Archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon Basin: Fertilizer, Manure and Charcoal Amendments. *Plant and Soil*. 249 (2): 343–357.
- Mashur. 2001. Vermikompos Pupuk Organik Berkualitas Dan Ramah Lingkungan. *Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian*. Mataram. 63 hlm.
- Mateus, R., D. Kantur, & L. M. Moy. 2017. Pemanfaatan Biochar Limbah Pertanian sebagai Pembenh Tanah untuk Perbaikan Kualitas Tanah dan Hasil Jagung di Lahan Kering. *J. Agrotrop*. 7 : 99–108.
- Munawar, A. 2018. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor. 240 hlm.
- Nurida, N. L. 2014. Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitasi Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 8 (3): 57–68.
- Nurida, N. L., Sutono, & Muchtar. 2017. Pemanfaatan Biochar Kulit Buah Kakao dan Sekam Padi untuk Meningkatkan Produktivitas Padi Sawah di Ultisol Lampung. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 20 (1): 69–80.
- Nuryani, E., G. Haryono, & Historiawati. 2019. Pengaruh Dosis dan Saat Pemberian Pupuk P terhadap Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris L.*) Tipe Tegak. *VIGOR: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 4 (1): 14–17.
- Novak, J. M., W. J. Busscher, D. L. Laird, M. Ahmedna, D. W. Watts, & M. AS. Niandou. 2009. Impact of Biochar Amendment on Fertility of a Southeastern Coastal Plain Soil. *Soil Science*. 174 (2): 105–112.
- Prasetyo, B. H. & D. A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, Potensi dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25 (2): 39–46.
- Ratmini, N. P. S., Y. Juwita, & P. Sasmita. 2019. Pemanfaatan Biochar untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Sub Optimal. *Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. Hal 502–509.
- Sagala, Y., A. S. Hanafiah, & Razali. 2013. Peranan Mikoriza terhadap Pertumbuhan, Serapan P dan Cd Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*) serta Kadar P dan Cd Andisol yang Diberi Pupuk Fosfat Alam. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 2 (1): 97747.
- Sirait, B. A. & P. Siahaan. 2019. Pengaruh Pemberian Pupuk Dolomit dan Pupuk SP-36 terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L.*). *Jurnal Agrotekda*. 3 (1): 10–18.
- Solfianti, M., Herviyanti, T. B. Prasetyo, & A. Maulana. 2021. Pengaruh Aplikasi Biochar Limbah Kulit Pinang Dosis Rendah terhadap Sifat Kimia Inceptisol. *Agrikultura*. 32 (1): 77–84.
- Syarifudin, Y. S. Pata'dungan, & Isrun. 2020. Serapan Fosfor Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata Sturth*) Akibat Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Pupuk SP-36 pada Entisols Sidera. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*. 27 (1): 77–88.
- Sombroek, W. I. M., M. D. L. Ruivo, P. M. Fearnside, B. Glaser, & J. Lehmann. 2003. Amazonian Dark Earths as Carbon Stores and Sinks. In *Amazonian Dark Earths*. Pp 125–139.
- Tarigan, E. 2015. *Respons Pertumbuhan Dan Produksi Bawang Merah (Allium ascalonicum L.) terhadap Pemberian Abu Vulkanik Gunung Sinabung dan Arang Sekam Padi*. Fakultas Pertanian USU. Medan. 72 hlm.
- Tarigan, A. D. & Nelvia. 2020. Pengaruh Pemberian Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays sacharrata*) di Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi*. 12 (1): 23–37.
- Thom, W. O. & M. Utomo. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 85 hlm.