

PENGARUH APLIKASI TIGA JENIS BIOCHAR DAN PUPUK FOSFOR TERHADAP KEBERADAAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR SERTA PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*) DI LTPD UNILA

EFFECT OF APPLICATION OF THREE TYPES BIOCHAR AND PHOSPHOR FERTILIZER ON THE PRESENCE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND THE GROWTH OF MAIZE (*Zea mays*) PLANTS AT LTPD UNILA

Fairuz Nabilah Sholihah, Sri Yusnaini*, Maria Viva Rini, dan M. A. Syamsul Arif

Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

*Corresponding Author. E-mail address: sri.yusnaini@fp.unila.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 5 Januari 2024

Direvisi: 20 Maret 2024

Disetujui: 16 Juli 2024

KEYWORDS:

AM fungi, biochar, phosphore fertilizer

ABSTRACT

Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AM) is one of the fungi that carry out a symbiotic mutualism with plant roots and provides several benefits. This research aims to determine the effect of biochar application on presence of AM fungi, determine the effect of phosphorus fertilizer application on the presence of AM fungi, and to determine the interaction between the type of biochar and the dose of phosphorus fertilizer on the presence of AM fungi in corn plants. This research was conducted from March to October 2022 at the Integrated Field Laboratory (LTPD) and Plantation Production and Mycorrhiza Laboratory, Faculty of Agriculture, Lampung University. The design used in this research is a factorial Randomized Group Design (RAK) with two factors. The first factor of biochar (B) consisted of no biochar (B_0), rice husk biochar (B_1), corn cob biochar (B_2), and cassava stem biochar (B_3), the second factor is phosphorus fertilizer (P) consisted of no phosphorus fertilizer $0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (P_0) and with phosphorus fertilizer of $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (P_1). The results showed that biochar application did not significantly affect the population of AM fungi or the percent root colonization by AM fungi. Phosphorus fertilizer application had no significant effect on the population of AM fungi and the percent of root colonization by AM fungi. There was an interaction between the two treatments on the weight of corn plant, seed dry weight, and AM fungi population. Analysis result showed that the interaction of rice husk biochar without phosphorus fertilizer increased the highest population of AM fungi compared to other interactions.

ABSTRAK

Fungi Mikoriza Arbuskular (MA) merupakan salah satu fungi yang melakukan simbiosis mutualisme dengan akar tanaman dan memberikan beberapa manfaat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian biochar terhadap keberadaan fungi MA, mengetahui pengaruh pemberian pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung, serta mengetahui interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung. Penelitian ini dilaksanakan pada Maret hingga Oktober 2022 di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) dan Laboratorium Produksi Perkebunan dan Mikoriza Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama biochar (B) terdiri dari tanpa biochar (B_0), biochar sekam padi (B_1), biochar tongkol jagung (B_2), dan biochar batang singkong (B_3), faktor kedua pupuk fosfor (P) terdiri dari tanpa pupuk fosfor $0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (P_0) dan dengan pupuk fosfor $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (P_1). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biochar tidak berpengaruh nyata terhadap populasi fungi MA maupun persen kolonisasi akar oleh fungi MA. Pemberian pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap populasi fungi MA maupun persen kolonisasi akar oleh fungi MA. Terdapat interaksi antara kedua perlakuan terhadap bobot brangkas kering panen, bobot biji kering, dan populasi fungi MA. Hasil analisis menunjukkan bahwa interaksi biochar sekam padi tanpa pupuk fosfor meningkatkan populasi fungi MA paling tinggi dibandingkan interaksi lainnya.

KATA KUNCI:

Biochar, fungi MA, pupuk fosfor

1. PENDAHULUAN

Produktivitas jagung di Provinsi Lampung mengalami peningkatan dari tahun 2017 sebesar 5,21 ton ha⁻¹ menjadi 5,85 ton ha⁻¹ tahun 2018 dan meningkat lagi menjadi 6,94 ton ha⁻¹ tahun 2019 (Kementerian Pertanian, 2020), selanjutnya menurut Susilowati dan Kusumo (2018), produktivitas jagung masih dapat ditingkatkan hingga 12 ton ha⁻¹ dengan pengolahan tanah serta pengelolaan tanaman yang tepat. Namun, lahan di Provinsi Lampung didominasi oleh tanah Ultisol atau Podsolik Merah Kuning (PMK) sekitar 1.522.336 ha (Badan Koordinasi Penanaman Modal, 2011). Menurut Handayani dan Karnilawati (2018), tanah PMK merupakan tanah dengan kesuburan yang rendah karena terdapat beberapa kendala seperti kandungan bahan organik rendah, pH tanah masam, tingkat Al-dd tinggi, kandungan unsur hara (N, P, dan K) rendah, dan sangat peka terhadap erosi. Akibat kendala-kendala tersebut kesuburan tanah menjadi menurun sehingga produktivitas dan produksi jagung menjadi kurang maksimal.

Solusi alami mengatasi kendala di atas terutama kendala ketersediaan unsur hara P adalah dengan pemanfaatan fungi Mikoriza Arbuskular (MA) yang dapat berinteraksi saling menguntungkan dengan tanaman, dimana fungi MA mendapatkan karbohidrat dan energi berupa eksudat akar (Pangaribuan, 2014) dan tanaman mendapatkan unsur hara terutama P yang sulit tersedia dalam tanah (Cahyaningrum *et al.*, 2020). Menurut Octavianti *et al.* (2014), fungi MA berperan dalam peningkatan kemampuan tanah menyerap unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman terutama P dan beberapa unsur hara lain seperti N, K, Zn, Mg, Cu, dan Ca (Octavianti *et al.*, 2014). Bahkan, Musfal (2010) menyatakan bahwa akar tanaman yang terinfeksi fungi MA dapat enam kali lebih cepat menyerap unsur hara P dibandingkan akar yang tidak terinfeksi fungi MA.

Perkembangan fungi MA dapat dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik, faktor abiotik diantaranya yaitu suhu, pH tanah, kelembaban tanah, kandungan hara P, dan konsentrasi logam berat. Selanjutnya, faktor biotik yang mempengaruhi perkembangan fungi MA yaitu jenis tanaman inang yang akan mempengaruhi kepekaan tanaman inang terhadap infeksi (Cahyaningrum *et al.*, 2020). Rini dan Hidayat (2016) menyatakan bahwa, tingkat kesuburan tanah yang rendah akibat praktik budidaya dengan penggunaan bahan kimia tinggi akan menurunkan populasi dan jenis fungi MA di alam.

Solusi yang dapat digunakan untuk membantu memperbaiki keadaan tanah yang kurang subur adalah pemberian biochar dalam tanah. Biochar mampu membenahi tanah karena memiliki luas permukaan dan daya serap alami yang tinggi serta dapat menjadi media pertumbuhan untuk mikroorganisme. Selain itu, biochar juga mampu menurunkan kepadatan tanah, meningkatkan kekuatan tanah, meningkatkan Al dan Fe dapat dipertukarkan, meningkatkan porositas, membantu tersedianya kadar air tanah, meningkatkan C-organik, P tersedia, KTK, K dan Ca dapat dipertukarkan, serta mampu meningkatkan serapan unsur hara N, P, dan K (Chan *et al.*, 2017). Selain itu, biochar juga sulit terdekomposisi karena tersusun dari cincin karbon aromatis sehingga dapat bertahan lebih lama dalam tanah (Widyantika dan Sugeng, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian biochar terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung, mengetahui pengaruh pemberian pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung, serta mengetahui interaksi antara biochar dan pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Maret sampai dengan Juli 2022. Lalu, analisis populasi fungi MA dilakukan di Laboratorium Produksi Perkebunan dan Mikoriza, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Juli sampai dengan Oktober 2022. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak plastik, timbangan digital, saringan mikro bertingkat (ukuran 500µm, 250µm, 150µm,

dan 45µm), alat pengaduk tanah, cawan petri, kaca preparat, cover glass, gelas arloji, mikroskop stereo, mikroskop majemuk, *counter*, cangkul, spidol, plastik sampel, gelas beker, pinset spora, dan *water bath*. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sampel tanah dari 24 petak percobaan, sampel akar tanaman jagung, air, KOH 10%, HCl 2%, larutan pewarna *trypan blue*, gliserol, dan aquades.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama yaitu tiga jenis biochar (B) yang terdiri dari (B₀) tanpa biochar, (B₁) biochar sekam padi 10 ton ha⁻¹ BKO, (B₂) biochar tongkol jagung 10 ton ha⁻¹ BKO, dan (B₃) biochar batang singkong 10 ton ha⁻¹ BKO dan faktor kedua adalah pupuk fosfor (P) yang terdiri dari (P₀) tanpa pupuk fosfor dan (P₁) pemberian pupuk fosfor 100 kg P₂O₅ ha⁻¹. Data yang diperoleh diuji homogenitas ragam dengan uji Bartlett dan aditivitasnya dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi yaitu ragam perlakuan homogen dan data bersifat menambah, maka data diolah dengan analisis ragam dan dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengah yang diuji dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf α 5 %.

Penelitian diawali dengan pembuatan biochar sekam padi, biochar tongkol jagung, dan biochar batang singkong secara tradisional menggunakan kawat kasa dengan ukuran lubang 1cm x 1cm, tinggi 1,5 m, dan lebar 1 m yang dibentuk menjadi seperti tabung sebagai alat pembakaran. Penelitian ini menggunakan lahan seluas 11 m x 30 m yang sudah dibersihkan dengan petak percobaan seluas 3 m x 3 m yang sudah diolah menggunakan cangkul agar gembur. Pengaplikasian biochar sebagai perlakuan dilakukan 1 minggu sebelum tanam sebanyak 9 kg petak⁻¹ BKO. Penanaman dilakukan 1 minggu setelah aplikasi biochar dengan jarak tanam 75 cm x 25 cm. Pengaplikasian pupuk fosfor sebagai perlakuan dilakukan 1 minggu setelah tanam menggunakan pupuk TSP sebanyak 218 kg TSP ha⁻¹. Pemupukan dasar menggunakan pupuk Urea dengan dosis 435 kg Urea ha⁻¹ dan KCl dengan dosis 200 kg KCl ha⁻¹ yang di aplikasikan sebanyak 2 kali, yaitu 1 minggu setelah tanam dan saat tanaman jagung mulai berbunga. Perawatan tanaman jagung meliputi, penyiraman, penyiangan gulma, penjarangan, dan pengendalian hama penyakit. Tanaman jagung dipanen pada umur 106 hst atau sekitar 4 bulan dengan cara dipotong batang tanaman jagung yang sudah dibiarkan kering menggunakan parang. Variabel yang diamati dalam penelitian ini yaitu:

2.1 Variabel Pengamatan

2.1.1 Populasi Fungi MA

Populasi fungi MA di analisis menggunakan metode penyaringan basah (*wet sieving*) dengan sampel tanah diambil sebanyak dua kali yaitu di awal setelah olah tanah dan saat vegetatif maksimum.

2.1.2 Indeks Keanekaragaman

Menurut Wahyuningsih et al., 2019, indeks keanekaragaman dihitung dengan rumus indeks keanekaragaman Shannon-Wiener sebagai berikut:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (1)$$

Keterangan: H' = indeks keanekaragaman; P_i = n_i/N; N_i = jumlah individu jenis ke-i; N = jumlah total individu semua jenis

2.1.3 Persen Infeksi Akar oleh Fungi MA

Persen infeksi akar oleh fungi MA di analisis dengan teknik pewarnaan akar (*root staining*). Pengambilan sampel akar dilakukan saat vegetatif maksimum. Persen infeksi akar dihitung dengan rumus:

$$\text{Persen Infeksi Akar} = \frac{\text{bidang pandang bertanda (+)}}{\text{bidang pandang keseluruhan}} \times 100\% \quad (2)$$

2.1.4 Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman menggunakan meteran diukur dari pangkal batang yang menyentuh tanah sampai batas batang sebelum daun teratas.

2.1.5 Jumlah Daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan menghitung jumlah daun yang sudah tumbuh kecuali daun yang masih kuncup.

2.1.6 Diameter Batang

Pengamatan diameter batang dilakukan menggunakan jangka sorong pada batang bagian tengah ± 10 cm dari permukaan tanah.

2.1.7 Data Komponen Pertumbuhan dan Produksi

Data ini mencakup bobot brangkasan kering panen dan bobot biji kering yang didapat dengan menghitung bobot brangkasan kering/bobot biji kering alami dengan KA 14%.

2.1.8 Analisis Tanah

Analisis tanah meliputi pH tanah menggunakan metode elektrometri, kadar air tanah menggunakan metode gravimetric, dan suhu tanah menggunakan termometer tanah.

2.1.9 %P Tanaman Jagung

Data %P tanaman jagung di analisis menggunakan metode spektrofotometri.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Awal Tanah, Biochar, dan Populasi Fungi MA

Kondisi awal tanah pada lahan penelitian menunjukkan, tanah memiliki kandungan pH netral dan p-total sangat tinggi, namun masih kurang subur. Lalu, hasil pengamatan karakteristik pada tiga jenis biochar menunjukkan bahwa biochar sekam padi unggul pada kandungan pH yang netral, biochar tongkol jagung unggul pada kandungan N-total dan kadar air, dan biochar batang singkong unggul pada kandungan c-organik dan C/N yang tinggi. Data tanah awal dan karakteristik berbagai jenis biochar dapat dilihat pada Tabel 1.

Selain pengamatan awal pada tanah dan biochar, jumlah awal populasi fungi MA juga di analisis. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah awal penelitian didominasi oleh spora kecil (Tabel 2).

Tabel 1. Sifat kimia awal pada tanah dan berbagai jenis biochar

Parameter Pengukuran	Tanah	Biochar Sekam Padi	Biochar Tongkol Jagung	Biochar Batang Singkong
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	30	tidak diukur	tidak diukur	tidak diukur
P-tersedia (mg kg^{-1})	3,61	tidak diukur	tidak diukur	tidak diukur
Kadar Air Kering Oven (%)	28,13	8,70	13,58	9,20
pH (H_2O)	6,29	6,50	9,20	10,10
C-organik (%)	1,61	29,38	54,58	58,53
N-total (%)	0,11	0,28	0,66	0,52
C/N	14,64	104,93	82,70	112,52
P-total (mg kg^{-1})	123,9	tidak diukur	tidak diukur	tidak diukur

Tabel 2. Data awal populasi fungi MA tiap kelompok 50 g⁻¹ tanah

Kelompok	Ukuran Spora			Total
	Besar (>250 µm)	Sedang (150 µm-250 µm)	Kecil (45 µm-150 µm)	
1	1	7	50	58
2	0	11	87	98
3	3	15	70	88
Total	4	33	207	
Rata-rata	1,33±1,53	11±4	69±18,52	81,33±20,82

Tabel 3. Nilai tengah interaksi biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA saat vegetatif maksimum

Biochar (B)	Pupuk Fosfor (P)	
	Tanpa pupuk Fosfor	Pupuk Fosfor
Tanpa biochar	(54,11) 2,48 a A	(96,11) 2,86 a A
Biochar sekam padi	(112,78) 2,97 b B	(68,33) 2,56 a A
Biochar tongkol jagung	(62,67) 2,59 a AB	(73,89) 2,64 a A
Biochar batang singkong	(94,33) 2,81 a A	(58,11) 2,49 a A
BNT 0,05		0,40

Keterangan: Data dalam tanda kurung adalah data asli sebelum transformasi $\sqrt{(x+0,5)}$; nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf α 5%. Huruf kapital dibandingkan secara vertikal dan Huruf kecil dibandingkan secara horizontal.

3.2 Populasi Fungi MA saat Vegetatif Maksimum

Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi perlakuan yang meningkatkan populasi fungi MA paling tinggi adalah perlakuan biochar sekam padi tanpa pupuk fosfor dengan rata-rata populasi fungi MA sebesar 112,78 50 g⁻¹ tanah (Tabel 3). Karam *et al.* (2022) menyebutkan bahwa, biochar sekam padi pada suhu pirolisis 300-700 °C menghasilkan luas permukaan sebesar 377,717 m² g⁻¹ dan diameter pori 3815 nm (38,15 Å), sehingga memungkinkan penyerapan dan retensi air yang lebih baik serta meningkatkan kapasitas penyimpanan nutrisi dalam tanah. Berdasarkan penjelasan diatas menunjukkan bahwa biochar sekam padi mampu menciptakan keadaan tanah yang menguntungkan bagi tanaman dan fungi MA, selain itu diameter pori biochar sekam padi yang tinggi mampu menjadi penampung tambahan untuk menahan ion-ion fosfat (PO₄³⁻) dalam tanah serta menahan fosfor terlarut agar tidak hilang akibat limpasan air (Wijitkosum dan Jiwnok, 2019), hal tersebut dapat membantu fungi MA dalam menyediakan unsur hara P untuk tanaman. Peningkatan populasi fungi MA juga terjadi karena pemberian biochar sekam padi tidak ditambah dengan pupuk fosfor sehingga tanaman membutuhkan fungi MA untuk membantu biochar sekam padi dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara P dalam tanah (Yusnaini *et al.*, 2017).

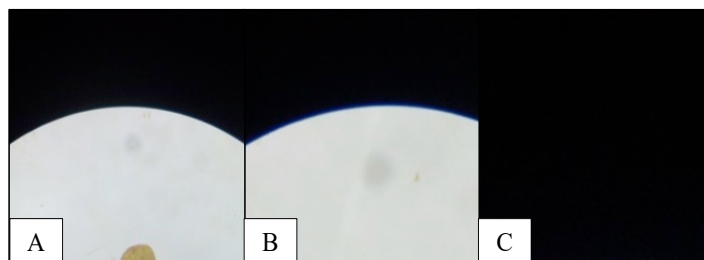
3.3 Indeks Keanekaragaman Populasi Fungi MA

Hasil pengamatan populasi fungi MA menunjukkan bahwa spora fungi MA dikelompokkan berdasarkan ukuran saringan tempat spora terperangkap sehingga didapat 3 jenis spora fungi MA yaitu besar (>250 µm), sedang (150–250 µm), dan kecil (45 µm-150 µm). Setelah diamati lebih jauh jenis spora fungi MA berdasarkan ukuran tersebut, diketahui bahwa jenis spora fungi MA dapat terbagi lagi berdasarkan warna spora menurut color chart berupa nilai %CYM (Cyan, Yellow, Magenta). Spora fungi MA besar (>250 µm) terdiri dari spora warna (C, Y, M) 0/90/0, 60/80/80, dan 60/40/80 (Gambar 1). Spora fungi MA sedang (150-250 µm) terdiri dari spora warna (C,Y,M) 0/30/0, 0/40/0, 0/50/0, 40/90/60, dan 60/100/80 (Gambar 2). Spora fungi MA kecil (45-150 µm)

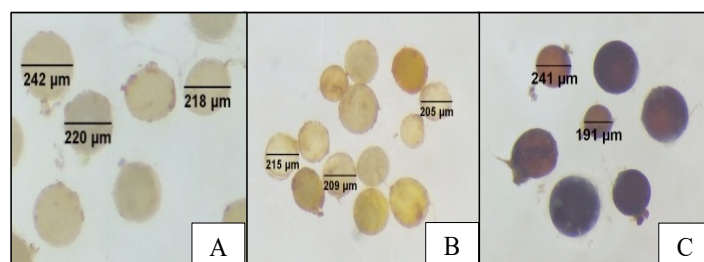
terdiri dari spora warna (C,Y,M) 0/20/0, 0/100/10, 0/20/0, 20/90/40, 40/60/60, 0/100/20, dan 0/100/40 (Gambar 3).

Setelah jumlah populasi fungi MA didapatkan, selanjutnya dihitung indeks keragamannya menggunakan indeks keragaman Shannon-Wiener untuk melihat sebaran populasi antar jenis spora fungi MA pada setiap perlakuan. Hasil analisis menunjukkan bahwa keragaman pada tanpa perlakuan termasuk dalam kategori rendah karena nilainya kurang dari 1, artinya sebaran populasi antar jenisnya berbeda cukup jauh karena ada jenis tertentu yang dominan. Sedangkan pada perlakuan lainnya termasuk dalam kategori sedang karena nilainya kurang dari 3, artinya sebaran populasi antar jenisnya tidak terlalu berbeda karena tidak ada jenis yang terlalu dominan (Tabel 4).

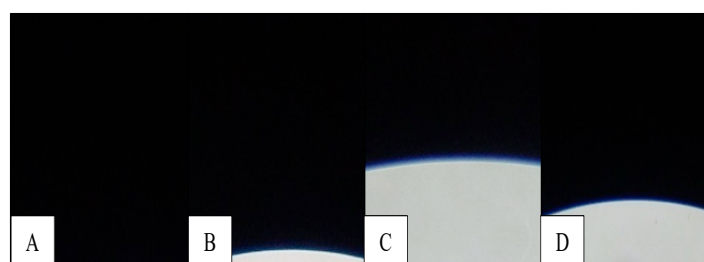
Keseragaman populasi fungi MA dapat terjadi karena tanaman pada lahan penelitian juga seragam yaitu tanaman jagung. Nurhalimah *et al.* (2014) menjelaskan bahwa, apabila tanaman yang seragam ditanam dalam suatu area, maka lingkungan disekitarnya cenderung memiliki kondisi yang serupa seperti suhu, kelembapan dan jenis nutrisi yang tersedia sehingga mempengaruhi jenis fungi MA yang dapat tumbuh pada lingkungan tersebut dan jenis fungi MA yang tidak sesuai pada lingkungan tumbuh tersebut menjadi terhambat pertumbuhannya. Miska *et al.* (2016) menyatakan bahwa, perbedaan rhizosfer dan lokasi akan menyebabkan perbedaan keanekaragaman spesies dan populasi fungi MA.



Gambar 1. Spora fungi MA besar ($>250\ \mu\text{m}$); A = (C,Y,M) 0/90/0; B = (C,Y,M) 60/80/80; C = (C,Y,M) 60/40/80.



Gambar 2. Spora fungi MA sedang ($150\text{--}250\ \mu\text{m}$); A = (C,Y,M) 0/30/0; B = (C,Y,M) 0/40/0 dan 0/50/0; C = (C,Y,M) 40/90/60 dan 60/100/80.

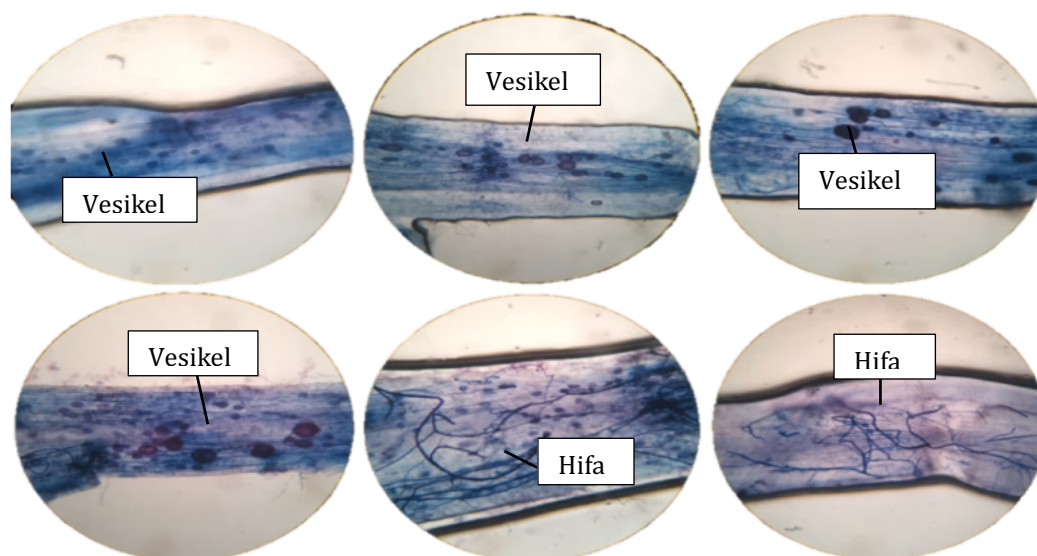


Gambar 3. Spora fungi MA kecil ($45\text{--}150\ \mu\text{m}$); A = (C,Y,M) 0/20/0; B = (C,Y,M) 0/100/10 dan 0/20/0; C = (C,Y,M) 20/90/40 dan 40/60/60; D = (C,Y,M) 0/100/20 dan 0/100/40.

Tabel 4. Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener Hasil Pengaruh Pemberian Biochar dan Pupuk Fosfor terhadap Populasi Fungi MA Saat Vegetatif Maksimum.

Perlakuan	Ulangan	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	Jumlah	Total	H'	Kriteria
B0P0	1	1	0	0	5	11	1	15	28	0	0	0	61	488	0,9	rendah
	2	91	46	0	11	52	0	2	103	0	0	0	305			
	3	4	24	1	8	16	0	1	63	0	0	5	122			
B0P1	1	47	34	3	12	38	2	7	78	0	0	2	223	865	1,1	sedang
	2	67	10	2	4	49	1	0	148	0	0	0	281			
	3	3	35	0	1	102	0	0	217	0	0	3	361			
B1P0	1	48	68	0	30	116	0	20	133	0	0	0	415	1015	1,1	sedang
	2	32	39	0	6	47	0	0	168	0	0	4	296			
	3	33	44	0	6	69	0	0	150	1	0	1	304			
B1P1	1	6	14	3	12	51	0	0	42	0	0	6	134	615	1,0	sedang
	2	15	44	0	3	80	0	1	156	0	0	0	299			
	3	0	30	0	2	36	0	1	113	0	0	0	182			
B2P0	1	43	13	2	17	46	3	0	118	0	0	2	244	564	1,1	sedang
	2	10	22	0	1	42	0	0	121	0	0	1	197			
	3	7	29	0	6	37	0	0	44	0	0	0	123			
B2P1	1	20	6	1	9	20	1	0	70	0	0	0	127	665	1,0	sedang
	2	15	42	2	26	69	0	0	70	0	1	0	225			
	3	2	11	0	0	62	0	1	237	0	0	0	313			
B3P0	1	17	49	1	0	107	1	0	101	0	0	3	279	849	1,1	sedang
	2	56	14	2	17	59	0	41	109	0	0	2	300			
	3	3	30	0	0	93	0	0	135	0	0	9	270			
B3P1	1	1	0	0	1	12	0	1	35	0	0	2	52	484	1,0	rendah
	2	61	17	1	15	58	1	1	86	0	0	1	241			
	3	3	18	0	0	66	0	2	98	0	0	4	191			

Keterangan: S1=(C,Y,M) 0/30/0 bulat sedang; S2=(C,Y,M) 0/20/0 bulat kecil; S3=(C,Y,M) 0/90/0 bulat besar; S4=(C,Y,M) 0/50/0 bulat sedang; S5=(C,Y,M) 0/100/10 bulat kecil; S6=(C,Y,M) 60/80/80 bulat besar; S7=(C,Y,M) 40/90/60 bulat sedang; S8=(C,Y,M) 40/60/60 bulat kecil; S9=(C,Y,M) 60/40/80 bulat besar; S10=(C,Y,M) 20/90/40 bulat kecil; S11=(C,Y,M) 0/100/40 bulat kecil; H'=indeks keanekaragaman



Gambar 4. Vesikel dan hifa fungi MA dalam akar tanaman jagung.

3.4 Persen Kolonisasi Akar oleh Fungi MA

Pengamatan persen infeksi akar oleh fungi MA dilakukan dengan mengamati adanya spora atau vesikel atau hifa atau ketiganya pada akar tanaman jagung. Hasil pengamatan persen infeksi akar oleh fungi MA dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 5. Pengaruh Pemberian Biochar dan Pupuk Fosfor terhadap Persen Kolonisasi Akar Oleh Fungi MA Saat Vegetatif Maksimum.

Perlakuan	Pupuk fosfor (kg ha ⁻¹)	Kolonisasi akar (%)		Kriteria
		Data Asli	Data transformasi $\sqrt{x}$	
Tanpa biochar	0	94,47	9,71 ^{tn}	sangat tinggi
Biochar sekam padi	0	95,03	9,75 ^{tn}	sangat tinggi
Biochar tongkol jagung	0	93,33	9,66 ^{tn}	sangat tinggi
Biochar batang singkong	0	96,03	9,80 ^{tn}	sangat tinggi
Tanpa biochar	218	94,08	9,70 ^{tn}	sangat tinggi
Biochar sekam padi	218	94,57	9,72 ^{tn}	sangat tinggi
Biochar tongkol jagung	218	97,23	9,86 ^{tn}	sangat tinggi
Biochar batang singkong	218	94,07	9,70 ^{tn}	sangat tinggi

Keterangan : tn = tidak nyata pada taraf α 5%.

Selain mengamati populasi fungi MA dalam tanah, diamati pula persen kolonisasi akar oleh fungi MA. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian biochar dan pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap persen kolonisasi akar tanaman jagung oleh fungi MA, serta tidak terdapat interaksi antara perlakuan biochar dan pupuk fosfor.

Meskipun pemberian perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap persen kolonisasi akar tanaman jagung oleh fungi MA, namun menurut *The Institute of Mycorrhizal Research and Development*, USDA Forest Service, Atena, Georgia hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai persen kolonisasi akar tanaman jagung oleh fungi MA masuk dalam kriteria sangat tinggi karena nilainya >75% (Pulungan, 2013). Tingginya nilai persen kolonisasi akar tanaman jagung oleh fungi MA tidak hanya dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, tetapi karena populasi fungi MA yang memang sudah banyak dalam tanah sebelum diberi perlakuan yaitu rata-rata seluruh kelompok sebesar 81,33 50 g⁻¹ (Tabel 2). Hal tersebut dapat terjadi karena lahan penelitian sebelumnya tidak digunakan dari tahun 2019-2022 sehingga sudah ditumbuhi oleh banyak tumbuhan liar seperti ilalang dan berbagai jenis gulma lainnya. Tumbuhan-tumbuhan tersebut tentunya membutuhkan mikroorganisme seperti fungi MA untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara P dan kesuburan tanah karena tidak dirawat. Saat penelitian ini dimulai, fungi MA tersisa dalam tanah sehingga populasi fungi MA bahkan sebelum diberi perlakuan biochar dan pupuk fosfor menjadi banyak.

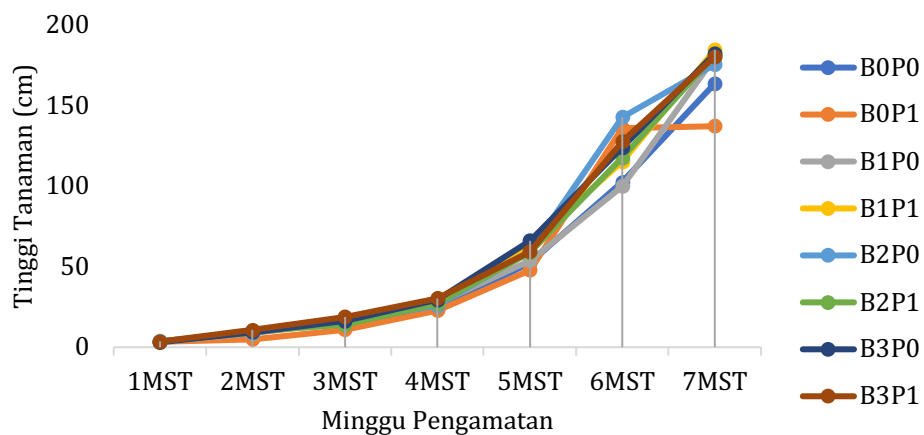
3.5 Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, dan Diameter Batang

Hasil pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang tanaman jagung setelah diberi perlakuan biochar dan pupuk fosfor menunjukkan peningkatan dari minggu pertama pengamatan hingga minggu terakhir pengamatan yaitu minggu 7 namun tidak berbeda secara signifikan. Grafik tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan 7.

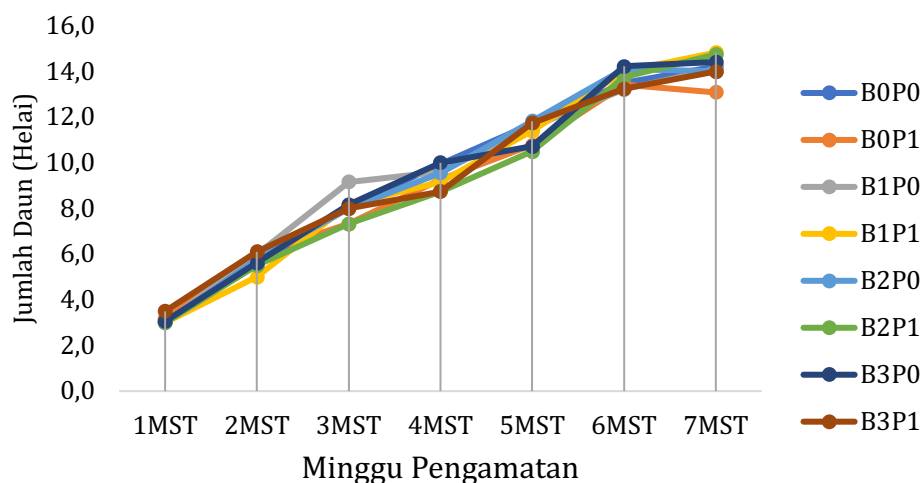
Peningkatan pertumbuhan tanaman jagung dapat terjadi karena biochar berperan sebagai pembenah tanah dengan luas permukaan dan ruang pori tinggi sehingga dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara seperti N, P, K, Ca, dan Mg yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Pendapat tersebut sesuai dengan hasil penelitian oleh Rohaniatun *et al.* (2021) bahwa, biochar dosis 10 ton ha⁻¹ berpengaruh nyata meningkatkan tinggi, jumlah daun, dan diameter batang tanaman jagung. Tanah yang sudah dibenahi oleh biochar akan membuat penambahan pupuk fosfor dalam tanah menjadi efisien yang berfungsi membantu perkembangan akar, pembentukan biji, dan transfer energi dalam tanaman (Prasetyo *et al.*, 2014). Selain itu, kesuburan tanah juga dipengaruhi oleh keberadaan fungi MA yang cukup tinggi pada tiap kombinasi perlakuan (Tabel 2 dan Tabel 5).

Keberadaan fungi MA menunjang peningkatan penyerapan nutrisi oleh tanaman dan peningkatan ketersediaan unsur hara terutama P sehingga pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang pun meningkat (Pangaribuan, 2014). Smith dan Smith

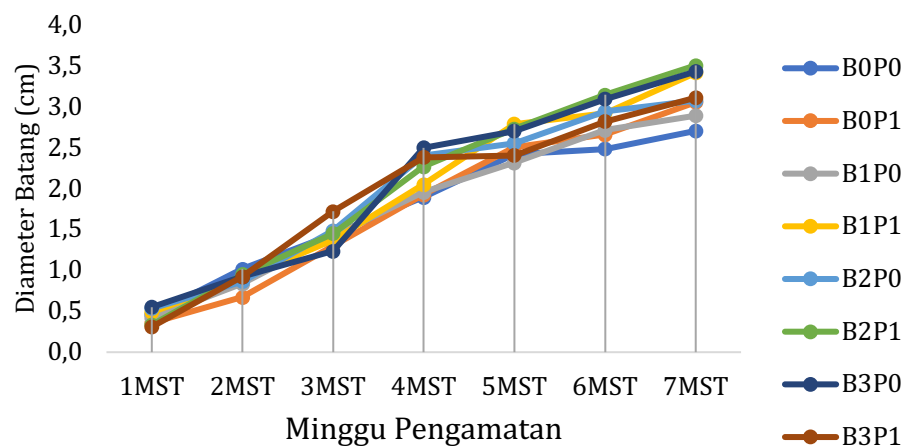
(2012) menjelaskan bahwa keberadaan fungi MA secara nyata meningkatkan pertumbuhan tanaman tebu.



Gambar 5. Tinggi tanaman jagung 1-7 MST



Gambar 6. Jumlah daun tanaman jagung 1-7 MST



Gambar 7. Diameter batang tanaman jagung 1-7 MST

3.6 Bobot Brangkasan Kering dan Bobot Biji Kering KA 14%

Pertumbuhan tanaman yang meningkat akan diiringi peningkatan bobot brangkasan dan bobot biji. Hasil analisis bobot biji kering KA 14% menunjukkan bahwa, biochar sekam padi ditambah pupuk fosfor meningkatkan bobot biji kering KA 14% tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 6). Hal tersebut disebabkan biochar sekam padi memiliki luas permukaan dan diameter pori tinggi dibandingkan biochar tongkol jagung dan batang singkong yaitu sebesar $377,717 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ dan 3815 nm (Karam et al., 2022), sehingga memungkinkan penyerapan dan retensi air yang lebih baik serta meningkatkan kapasitas penyimpanan nutrisi dalam tanah sehingga penambahan pupuk fosfor menjadi efisien.

Hasil analisis terhadap bobot brangkasan kering panen KA 14% menunjukkan bahwa perlakuan biochar tongkol jagung tanpa pupuk fosfor berbeda nyata lebih tinggi dalam meningkatkan bobot brangkasan kering panen KA 14% (Tabel 7). Hal tersebut disebabkan biochar tongkol jagung mengandung kadar N-total paling tinggi dibandingkan biochar sekam padi dan batang singkong yaitu 0,66% (Tabel 1). Menurut Patti et al. (2013), unsur hara N berperan penting dalam pembentukan sel tanaman, jaringan, dan organ tanaman yang dapat meningkatkan pertumbuhan terutama saat fase vegetatif maksimum.

Salah satu peran unsur fosfor adalah pembentukan biji (Putriani et al., 2022), sehingga penyerapan unsur fosfor akan banyak disalurkan ke biji. Penjelasan tersebut sesuai dengan data penelitian yang menunjukkan bahwa kandungan P-biji lebih tinggi dibandingkan P-brangkasan.

Tabel 6. Nilai Tengah Interaksi Biochar dan Pupuk Fosfor terhadap Bobot Biji Kering KA 14% (g tanaman^{-1}).

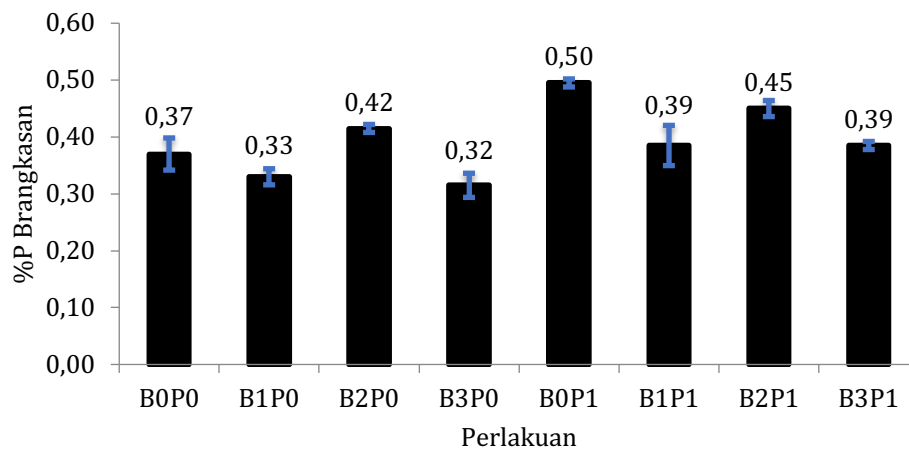
Biochar (B)	Pupuk Fosfor (P)	
	Tanpa pupuk fosfor	Pupuk fosfor
Tanpa biochar	201,35 a A	178,25 a A
Biochar sekam padi	186,22 a A	221,08 b B
Biochar tongkol jagung	210,53 a A	196,60 a AB
Biochar batang singkong	202,96 a A	215,97 a B
BNT 0,05		26,77

Keterangan: Nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf α 5%. Huruf kapital dibandingkan secara vertikal dan Huruf kecil dibandingkan secara horizontal

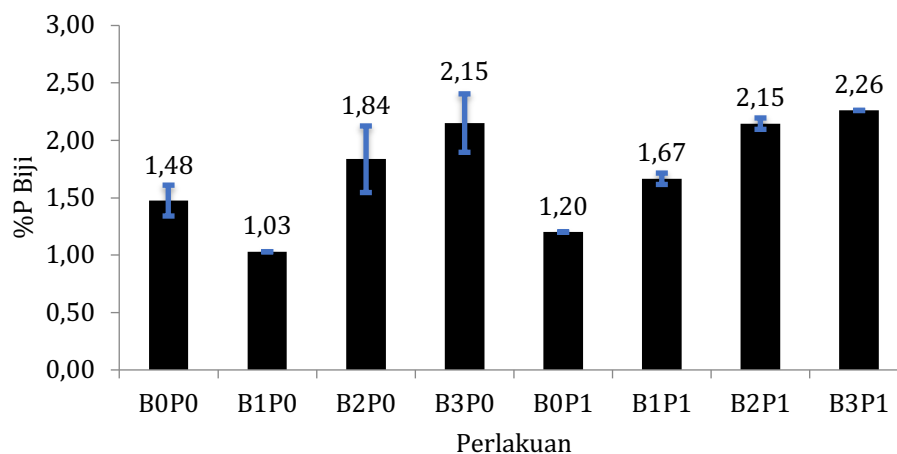
Tabel 7. Nilai Tengah Interaksi Biochar dan Pupuk Fosfor terhadap Bobot Brangkasan Kering Panen KA 14% (g tanaman^{-1}).

Biochar (B)	Pupuk Fosfor (P)	
	Tanpa pupuk fosfor	Pupuk fosfor
Tanpa biochar	363,21 a AB	303,29 a A
Biochar sekam padi	332,39 a A	392,45 a B
Biochar tongkol jagung	432,01 b B	351,02 a AB
Biochar batang singkong	335,26 a A	391,73 a B
BNT 0,05		3,35

Keterangan: Nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf α 5%. Huruf kapital dibandingkan secara vertikal dan Huruf kecil dibandingkan secara horizontal.



Gambar 8. %P brangkasan tanaman jagung.



Gambar 9. %P biji tanaman jagung.

3.7 Analisi Tanah

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa, pemberian biochar serta pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap suhu, kadar air, dan pH tanah vegetatif maksimum serta tidak terdapat interaksi antara biochar dan pupuk fosfor terhadap suhu, kadar air, dan pH tanah vegetatif maksimum. Biochar tidak memberikan pengaruh diduga karena biochar resisten terhadap serangan mikororganisme sehingga memberikan efek yang relatif lama terhadap tanah maupun tanaman (Putriani *et al.*, 2022). Selain itu, penelitian berlangsung saat musim hujan sehingga tanah menjadi jenuh air dan analisis kadar air menjadi tidak nyata. Utami (2019) menyatakan bahwa, curah hujan mempengaruhi pengenceran nutrisi, perubahan pH tanah, kadar air tanah, dan stress tanaman.

3.8 Korelasi Komponen Analisis Tanah, Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung dengan Infeksi Akar serta Populasi Fungi MA.

Berdasarkan Tabel 9 dan Tabel 10, komponen analisis tanah, pertumbuhan dan produksi tanaman jagung dengan kolonisasi akar serta populasi fungi MA menunjukkan hubungan yang lemah karena nilainya mendekati 0, searah karena nilainya positif, dan tidak nyata pada taraf α 5% dengan uji t.

Tabel 8. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap suhu tanah, kadar air tanah, dan pH tanah saat vegetatif maksimum.

Perlakuan		Suhu Tanah (°C)	Kadar Air Tanah (%)	pH Tanah
Biochar	Pupuk Fosfor (kg ha ⁻¹)			
Tanpa biochar	0	29,72 ^{tn}	29,04 ^{tn}	5,90 ^{tn}
Biochar sekam padi	0	29,88 ^{tn}	31,65 ^{tn}	6,64 ^{tn}
Biochar tongkol jagung	0	30,05 ^{tn}	31,89 ^{tn}	6,04 ^{tn}
Biochar batang singkong	0	29,93 ^{tn}	31,84 ^{tn}	6,26 ^{tn}
Tanpa biochar	218	29,55 ^{tn}	29,28 ^{tn}	6,70 ^{tn}
Biochar sekam padi	218	29,80 ^{tn}	32,60 ^{tn}	5,91 ^{tn}
Biochar tongkol jagung	218	29,97 ^{tn}	33,74 ^{tn}	6,86 ^{tn}
Biochar batang singkong	218	29,83 ^{tn}	33,03 ^{tn}	6,37 ^{tn}

Keterangan : tn = tidak nyata pada taraf α 5%

Tabel 9. Nilai Korelasi Komponen Analisis Tanah dengan Kolonisasi Akar Serta Populasi Fungi MA.

Pengamatan	Infeksi Akar (%)	Populasi Fungi MA
	Koefisien Korelasi (r)	
Suhu Tanah Vegetatif Maksimum (°C)	0,103 ^{tn}	0,141 ^{tn}
Kadar Air Vegetatif Maksimum (%)	0,016 ^{tn}	0,062 ^{tn}
pH Tanah Vegetatif Maksimum	0,355 ^{tn}	0,272 ^{tn}

Keterangan : tn = tidak nyata pada taraf α 5%.

Tabel 10. Nilai Korelasi Komponen Pertumbuhan dan Produksi dengan Kolonisasi Akar Serta Populasi Fungi MA.

Pengamatan	BK Brangkas Panen (kg ha ⁻¹)	Produksi (kg ha ⁻¹)
	Koefisien Korelasi (r)	
Infeksi Akar (%)	0,204 ^{tn}	0,190 ^{tn}
Populasi Fungi MA	0,328 ^{tn}	0,296 ^{tn}

Keterangan : tn = tidak nyata pada taraf α 5%.

Hardianto dan Mahardhika (2017) menjelaskan bahwa nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga 1. Korelasi menunjukkan negatif kuat jika nilai koefisien (r) mendekati -1, artinya hubungannya tidak searah karena peningkatan satu variabel akan menurunkan variabel lainnya. Sebaliknya, hubungan dikatakan positif kuat jika nilai koefisien (r) mendekati 1, artinya hubungannya searah karena peningkatan suatu variabel akan meningkatkan variabel lainnya. Serta tidak adanya hubungan linear antar variabel adalah jika nilai koefisien mendekati 0. Menurut Ardianto dan Lestari (2019), hubungan linear lemah dapat disebabkan oleh adanya hubungan lain diluar variabel yang diuji korelasi, serta adanya faktor luar yang mempengaruhi variabel yang diuji sehingga hubungan linear yang diuji menjadi kabur.

4. KESIMPULAN

Simpulan yang didapat dari penelitian ini adalah, pemberian biochar tidak memberikan pengaruh nyata terhadap populasi fungi MA dan persen kolonisasi akar oleh fungi MA. Pemberian pupuk fosfor juga tidak memberikan pengaruh nyata terhadap populasi fungi MA dan persen kolonisasi akar oleh fungi MA. Namun, terdapat interaksi antara perlakuan biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA, bobot brangkas kering panen KA 14%, dan bobot biji kering KA 14%. Hasil menunjukkan bahwa, kombinasi perlakuan tertinggi dalam meningkatkan populasi fungi MA yaitu pemberian biochar sekam padi tanpa pupuk fosfor sebesar 112,78 spora 50 g⁻¹. Selain itu, pemberian biochar dan pupuk fosfor memberikan pengaruh terhadap indeks keanekaragaman populasi fungi MA sehingga termasuk kategori sedang dibandingkan tanpa biochar dan pupuk fosfor yang masuk dalam kategori rendah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ardianto, E. & D. Lestari. 2019. Analisis korelasi nonlinear data pendapatan dan konsumsi rumah tangga di Indonesia dengan metode spline. *Jurnal Ekonometrika dan Statistika*. 3(1):1-12.
- Badan Koordinasi Penanaman Modal. 2011. *Peluang Investasi Provinsi Lampung*. Yayasan Rukun Sejahtera. Jakarta.
- Cahyaningrum, H., B.A. Himawan, & Z. Winda. 2020. Keberadaan jamur mikoriza arbuskular (JMA) pada beberapa jenis akar tanaman. *Jurnal Ilmiah Media Agrosains*. 6(1):14-19.
- Chan, K. Y., Z.L. Van, I. Meszaros, A. Downie, & S. Joseph. 2017. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*. 45(8):629-634.
- Handayani, S., & Karnilawati. 2018. Karakteristik dan klasifikasi tanah ultisol di Kecamatan Indrajaya Kabupaten Pidie. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 14(2):52-59.
- Hardianto, A., & S.A. Mahardhika. 2017. Korelasi antara pengetahuan tentang HIV/AIDS dan perilaku seksual remaja di Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 12(2):137-145.
- Karam, D. S., P. Nagabovanalli, K.S. Rajoo, C.F. Ishak, A. Abdu, Z. Rosli, F.M. Muharam, & D. Zulperi. 2022. An overview on the preparation of rice husk biochar, factors affecting its properties, and its agriculture application. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 21(1): 149-159.
- Kementerian Pertanian. 2020. *Outlook Jagung Komoditas Pertanian Subsektor Tanaman Pangan*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Jakarta. 78 hlm.
- Li, J., X. Liu, F. Li, J. Zhang, F. Zhang, & R. Jiang. 2017. Phosphorus runoff losses in responses to phosphorus application rates on sloping farmland in the purple soil area of China. *Journal of Environmental Management*. 198 (1): 68-76.
- Miska, M.E.E., A. Junaedi, A. Wachjar, & I. Mansur. 2016. Karakterisasi fungi mikoriza arbuskula pada rhizosfer aren (*Arenga pinnata* (Wrmbs) Merr.) dari Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 7(1):18-23.
- Musfal. 2010. Potensi cendawan mikoriza arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29(4):154-158.
- Octavianti, E.N. & D. Ermavitalini. 2014. Identifikasi mikoriza dari lahan Desa Poteran, Pulau Poteran, Sumenep Madura. *Jurnal Sains Pomits*. 3(2): 53-57.
- Pangaribuan, N. 2014. Penjaringan cendawan mikoriza arbuskula indigenous dari lahan penanaman jagung dan kacang kedelai pada gambut Kalimantan Barat. *Jurnal Agro*. 1(1):50– 60.
- Patti, P.S., E. Kaya, & Ch. Silahooy. 2013. Analisis status nitrogen tanah dalam kaitannya dengan serapan N oleh tanaman padi sawah di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram bagian barat. *Agrologia*. 2(1):51-58.
- Prasetyo, D., F. Fajarindo, Sarno, Supriatin, & T. Syam. 2022. Aplikasi biochar batang singkong dan pemupukan fosfat pada tanah ultisol terhadap p tersedia, pertumbuhan, dan produksi jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(2):329-337.
- Prasetyo, M., D. Herru, & S. Nijen. 2014. Pengaruh kombinasi bahan baku dan dosis biochar terhadap perubahan sifat fisika tanah pasir pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Skripsi Universitas Negeri Jember*. Jember.
- Pulungan, A.S.S. 2013. Infeksi fungi mikoriza arbuskula pada akar tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Biosains Unimed*. 1(1): 43-46.
- Putriani, S.S., S. Yusnaini, L.M. Septiana, & Dermiyati. 2022. Aplikasi biochar dan pupuk fosfor terhadap ketersediaan dan serapan p pada tanaman jagung manis (*Zea mays Saccharata* Sturt.) di tanah ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(4): 615-626.
- Rini, M.V. & K.F. Hidayat. 2016. Populasi fungi mikoriza arbuskular pada perakaran tiga klon ubi kayu di sentra produksi ubi kayu Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat Provinsi Lampung. *Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Ilmu Pertanian*. pp. 222-227.

- Rohaniatun, Oklima, A.M., & I.W. Ayu. 2021. Pengaruh biochar sekam padi dan pupuk silikat cair terhadap tanaman jagung manis (*Zea Mays Saccharatasturt. L*) di lahan kering. *Jurnal Agroteknologi*. 1(1):1-11.
- Smith, F.A. & S.E. Smith. 2012. How useful is the mutualism parasitism continuum of arbuscular mycorrhizal functioning. *Plant and Soil*. 356 (1-2): 407-418.
- Susilowati, L.E. & B.H. Kusumo. 2018. Peningkatan kompetensi petani dalam pengelolaan hara pada petanaman jagung berbasis pemupukan berimbang di Kabupaten Dompu. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian kepada Masyarakat dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*. 1:1905-1915.
- Utami, D.N. 2019. Kajian dampak perubahan iklim terhadap degradasi tanah. *Jurnal Alami*. 3(2):122-131.
- Wahyuningsih, E., E. Faridah, Budiadi, & A. Syahbudin. 2019. Komposisi dan keanekaragaman tumbuhan pada habitat ketak (*Lygodium circinatum* (BURM.(SW.)) di Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(1):92-105.
- Widyantika, S.D., & P. Sugeng. 2019. Pengaruh biochar sekam padi dosis tinggi terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung pada typic kanhapludult. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 6(1): 1157-1163.
- Wijitkosum, S., & P. Jiwnok. 2019. Elemental composition of biochar obtained from agricultural waste for soil amendment and carbon sequestration. *Applied Sciences*. 9(3980):1-15.
- Yusnaini, S., M.Ach. S. Arif, A. Niswati, & A.Y. Pakpahan. 2017. Keberadaan fungi arbuskular mikoriza (FMA) pada berbagai vegetasi dan kemiringan lereng di laboratorium lapang terpadu FP UNILA. *Prosiding Seminar Nasional BKS P*.