

PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN *BIOCHAR* PADA TANAH ULTISOL TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merril)

(The Effect Mycorrhizal Arbuscular Fungi and Biochar Application In Ultisols on the Growth and Yield of Soybean)

SIDIK YUNEDI^{1*}, ANDRIAN PERDANA¹

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau
Jl. Bina Widya km 12.5, Simpang Baru, Pekanbaru, Riau 28293

*Email : sidikyunedi@gmail.com

ABSTRACT

Soybeans play a crucial role as a primary source of vegetable protein for Indonesians. The demand for soybeans continues to rise with the growing population, yet domestic production falls short of meeting these needs. To address this challenge, efforts are being directed towards enhancing soybean production by utilizing marginal lands through the utilization of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and biochar. This study aimed to investigate the individual impacts of AMF, biochar, and their combined interactions on the growth and yield of soybeans in Ultisol soil. The research was carried out between December 2018 and March 2019. This project utilized a 3 x 3 factorial design, incorporating 3 levels of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) dosage: AO (0 gr per plant), A1 (15 gr per plant), and A2 (30 gr per plant), along with three varieties of biochar: CO (without biochar), C1 (biochar derived from rice husk), and C2 (biochar obtained from coconut shell). The research design utilized a completely randomized setup with three replications. Collected data were subjected to statistical analysis using analysis of variance (ANOVA), and the outcomes of this analysis were further evaluated through the DMRT test at a significance level of 5%. The outcome indicated that the application of Mycorrhizal positively influenced every aspects in soybean. On the other hand, the sole application of biochar did not lead to improvements in all growth and production variables. Furthermore, the combination of AMF and biochar cannot effect yield enhancements in any of the growth or yield variables of soybean. These findings underscore the potential of AMF to promote soybean growth and yield. Although biochar alone did not result in the same level of improvement, the combined impact of AMF and biochar interaction did not lead to any further improvements in soybean growth and yield parameters. This study contributes valuable insights to efforts aimed at enhancing soybean production by utilizing marginal lands and employing beneficial agricultural practices.

Keywords : Arbuscular Mycorrhizal Fungi, biochar, soybean, ultisol soil

PENDAHULUAN

Kedelai memiliki peran vital sebagai kebutuhan sumber protein nabati bagi mayoritas masyarakat Indonesia. Biasanya, kedelai diolah menjadi bermacam produk pangan seperti tahu, tempe, susu, dan kecap, serta digunakan sebagai pakan ternak dalam bentuk bungkil kacang. Kebutuhan akan kedelai nasional terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Indonesia memerlukan sekitar 2.4-2.6 juta ton kedelai, tetapi produksi kedelai rata-rata antara tahun 2014 hingga 2017 baru mencapai 829.140 ton biji kering (BPS 2018). Situasi ini menghasilkan ketergantungan pada impor untuk memenuhi kebutuhan kedelai. Salah satu faktor utama penurunan ini adalah berkurangnya luas lahan produksi, dimana pada tahun 2017 terjadi penurunan yang signifikan dengan persentase penurunan mencapai 62.2% dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Maka dari itu, diperlukan langkah untuk meningkatkan produksi kedelai melalui ekstensifikasi pertanian, mengingat mayoritas area pertanian di Indonesia memiliki karakteristik tanah marginal.

Klasifikasi tanah marginal yang banyak ditemukan adalah termasuk dalam klasifikasi jenis tanah Ultisol. Tanah ini merupakan salah satu jenis tanah yang tersebar luas di Indonesia, mencakup sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia atau sekitar 45.794.000 ha (Subagyo *et al.* 2004). Namun,

mengembangkan pertanian di tanah Ultisol memerlukan usaha yang khusus, karena tanah ini memiliki kadar bahan organik, kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation yang rendah, kejenuhan aluminium (Al) yang tinggi, sifat asam, serta keterbatasan unsur terutama unsur fosfor (P) (Prasetyo & Suriadikarta 2006). Karena itu, langkah-langkah yang efektif perlu diambil untuk memperbaiki kesuburan tanah dan mengoptimalkan potensi pertanian, khususnya dalam budidaya kedelai.

Salah satu pendekatan yang dapat diambil adalah menggunakan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dan *biochar*. FMA melibatkan interaksi simbiosis yang rumit antara fungi dan akar tanaman, membentuk ikatan yang kuat di antara keduanya. Akar tanaman yang terinfeksi oleh FMA memiliki kemampuan yang lebih unggul dalam menyerap nutrisi makro dan mikro dibandingkan dengan akar yang tidak terinfeksi. FMA menyebar melalui hifa eksternal yang memperluas area penyerapan akar, bahkan mencapai pori-pori mikro di dalam tanah, yang berkontribusi pada penyerapan air (Indriani *et al.* 2011). Keunggulan lainnya adalah kemampuan FMA dalam memacu kemampuan menyerap fosfor pada tanah yang memiliki ketersediaan hara yang dikategorikan rendah (Clarke & Mosse 1981). FMA juga memproduksi enzim yang disebut fosfatase yang memiliki kemampuan untuk melepas fosfor yang terikat dalam tanah.

Biochar merupakan hasil dari proses pirolisis yang melibatkan pembakaran tidak sempurna sisa-sisa bahan organik pertanian. Ketika *biochar* diterapkan dalam tanah, hal ini membawa sejumlah manfaat penting dalam meningkatkan produktivitas tanaman dan kesuburan tanah (Gani 2009). Penerapan *biochar* memiliki dampak positif, seperti menaikkan pH pada tanah yang bersifat asam (Putri *et al.* 2017), menaikkan Kapasitas Tukar Kation (Tambunan *et al.* 2014), serta memberikan unsur hara seperti Nitrogen, Fosfor, dan Kalium (Suryana *et al.* 2016). Ciri serta mutu *biochar* dipengaruhi dengan metode produksi serta jenis bahan dasar yang digunakan dalam prosesnya (Septiana 2017). Bahan-bahan umum yang digunakan untuk menghasilkan *biochar* meliputi sisa-sisa biomassa dari hutan dan hasil pertanian seperti kulit buah kakao, sekam, tongkol jagung, tandan kosong kelapa sawit, kayu, tempurung kelapa (Nurida *et al.* 2010).

Penelitian oleh Sandiwantoro *et al.* (2017) menyajikan bahwasanya pemanfaatan *biochar* yang berasal dari sekam dengan dosis 10 sampai 12 ton per ha mampu mengalihkan perkembangan serta hasil panen jagung manis menjadi lebih baik. Gusmailina (2010) juga menyebutkan, aplikasi *biochar* memiliki potensi dalam memperbaiki karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah. Dengan struktur tanah yang lebih optimal, aktivitas mikroorganisme yang krusial bagi kesehatan tanah memiliki potensi untuk berkembang lebih optimal, dan pada gilirannya mendukung pembentukan serta peningkatan jumlah spora mikroba seperti ektomikoriza dan endomikoriza.

Harapan untuk penggunaan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) bersama dengan *biochar* sebagai bahan pemulihan tanah adalah agar mampu menyelesaikan permasalahan yang ada, dan bertujuan untuk menganalisis pengaruh dari aplikasi FMA dan *biochar* secara terpisah, dan menggali potensi kombinasi antara kedua perlakuan tersebut terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman kedelai di dalam tanah ultisol.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian telah dilakukan di UPT Kebun Percobaan dan Laboratorium Ekofisiologi Tumbuhan dan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Riau, Pekanbaru. Penelitian dilakukan selama tiga bulan, dimulai dari bulan Desember 2018 hingga Maret 2019.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang dipakai meliputi benih kedelai varietas Devon 2, tanah Ultisol, fungi mikoriza Arbuskular campuran *Acaulospora*, *Glomus*, *Scutellospora* produksi dari UNAND, pupuk hayati Agriso®[®], batok kelapa, sekam padi, dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), akuades, kalium hidroksida 10%, H_2O_2 3% (hidrogen peroksida), larutan tinta cuka 5%, pupuk urea, *Triple Super Phosphate*, kalium klorida, dan pestisida. Sementara itu, alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan, botol, penggaris, mikroskop, gunting, cangkul, *polybag*, alat tulis, lumpang dan alu, karung, oven, meteran, batang pengaduk dan kawat kasa.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan eksperimental dan menerapkan metode RAL faktorial. Faktor pertama yang diuji yaitu FMA dengan 3 dosis perlakuan yaitu A0 (0 gr/tanaman), A1 (15 gr per

tanaman), A2 (30 gr per tanaman). Sementara itu, faktor kedua yang diuji yaitu jenis *biochar* dengan tiga perlakuan : C0 (tanpa *biochar*), C1 (*biochar* dari sekam padi), C2 (*biochar* dari batok kelapa). Pada metode RAL faktorial, penelitian ini dapat menggambarkan pengaruh dari kombinasi dua faktor tersebut terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai dalam kondisi tanah Ultisol. Setiap kombinasi dari kedua faktor tersebut diuji secara acak dan diulang tiga kali untuk menghasilkan data yang akurat dan terpercaya.

Analisis Data

Data dianalisis melalui penerapan analisis ragam dengan menggunakan uji F pada tingkat signifikansi 5%. Jika hasil uji F menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari perlakuan terhadap variabel yang diukur, langkah analisis selanjutnya melibatkan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada tingkat signifikansi 5% untuk melakukan perbandingan rata-rata dari setiap variabel. Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi jumlah cabang primer dan nodul akar efektif dan polong per tanaman dan biji per tanaman, tinggi tanaman, persentase akar terinfeksi mikroiza dan berat biji per tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA berpengaruh nyata, sedangkan pemberian *biochar* dan interaksi FMA dan *biochar* berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah cabang primer kedelai. Hasil uji lanjut DMRT pada taraf 5% terhadap tinggi tanaman dan jumlah cabang primer tanaman kedelai dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi tanaman dan jumlah cabang primer

Dosis FMA (gr per tanaman)	Jenis <i>biochar</i>			Rata-rata
	Tanpa <i>biochar</i>	Sekam padi	Tempurung kelapa	
Tinggi tanaman (cm)				
0	43.83	49.17	46.17	46.40 ^b
15	46.00	47.67	52.33	47.11 ^b
30	49.00	51.83	53.17	51.33 ^a
Rata-rata	46.28	49.56	49.00	
Jumlah cabang primer				
0	2.67	4.00	3.33	3.33 ^b
15	5.00	4.00	4.33	4.67 ^a
30	5.33	5.33	4.67	5.11 ^a
Rata-rata	4.33	4.67	4.11	

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

Tabel 1 menunjukkan bahwa memberikan 15 gr Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) per tanaman tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan dalam tinggi tanaman dibandingkan dengan tanaman yang tidak menerima FMA. Namun, pemberian 30 gr FMA per tanaman secara nyata mempengaruhi tinggi tanaman. Pemberian 30 gr FMA mengakibatkan peningkatan yang cukup signifikan dalam tinggi tanaman kedelai jika dibandingkan dengan pemberian 15 gr FMA per tanaman atau tanaman tanpa pemberian FMA sama sekali. Dengan menggunakan 30 gr FMA per tanaman, terlihat bahwa pertumbuhan tinggi tanaman kedelai meningkat secara nyata. Hal ini disebabkan karena dosis FMA yang lebih tinggi yang membentuk simbiosis dengan akar tanaman dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dan air dari tanah. Hifa-hifa yang ada di sekitar akar memberikan kontribusi penting dalam proses ini. Penelitian yang dilakukan oleh Valentina *et al.* (2017) telah mengungkapkan peran hifa eksternal FMA dalam menyerap air serta nutrisi penting bagi metabolisme tanaman. Ini secara positif mempengaruhi pertumbuhan vegetatif. Konsep ini juga diperkuat oleh Setiadi (2000), yang menjelaskan bahwa peningkatan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan nutrisi akan merangsang proses metabolisme penting seperti karbohidrat, protein, dan regulasi pertumbuhan dalam tubuh tanaman. Semua ini berkontribusi pada peningkatan pertumbuhan secara keseluruhan pada tanaman.

Tabel 1 juga mengindikasikan jumlah cabang primer dengan FMA sebanyak 30 gr per tanaman secara signifikan berbeda dibandingkan tanaman tanpa diberikan FMA, tetapi belum menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan pemberian FMA sebanyak 15 gr per tanaman. Pada perlakuan FMA sebanyak 30 gr per tanaman, terlihat adanya peningkatan yang signifikan dalam jumlah cabang primer pada tanaman

kedelai jika dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberikan FMA. Pemberian FMA diyakini memiliki efek positif terhadap jumlah cabang primer tanaman. Hal ini dapat diterangkan oleh peningkatan kapabilitas tanaman kedelai yang diberikan oleh Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dalam mengambil nutrisi dari tanah. Proses ini mendukung peningkatan metabolisme yang lebih optimal untuk perkembangan vegetatif kedelai. Harahap *et al.* (2018) juga mengungkapkan bahwasanya memberikan FMA memiliki dampak positif pada penyerapan nutrisi seperti N dan P pada tanaman karet. Meningkatnya penerimaan nutrisi oleh tanaman berkontribusi pada peningkatan efisiensi proses fotosintesis. Dengan asimilat yang cukup untuk pertumbuhan, kedelai mampu menghasilkan lebih banyak materi organik yang mendukung pembentukan cabang tanaman yang lebih baik.

Tabel 1 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam tinggi tanaman dan jumlah cabang primer antara tanaman yang diberikan *biochar* dari sekam padi, tempurung kelapa, dan tanaman tanpa *biochar*. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa pengaruh *biochar* dalam hal penyediaan hara dan dukungan pertumbuhan belum terlihat selama periode tiga bulan penanaman. Kemungkinan, dampak *biochar* akan muncul dalam jangka waktu yang lebih panjang, sehingga dalam konteks penelitian ini, manfaatnya belum terlihat pada pertumbuhan tanaman dalam waktu singkat. Pendapat ini sejalan dengan pandangan Rismawan *et al.* (2018), yang mengungkapkan bahwa *biochar* mungkin tidak memiliki efek yang signifikan dalam ketersediaan hara dalam periode singkat. Sudhanta (2013) juga mengindikasikan bahwa *biochar* di dalam tanah cenderung tidak terurai dengan cepat, sehingga dampaknya akan muncul dalam jangka waktu yang lebih lama setelah aplikasi dalam tanah. Temuan serupa juga diungkapkan oleh Herman dan Elara (2018), di mana dengan memberikan *biochar* sekam padi tidak berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman padi. Secara keseluruhan, hasil ini menggambarkan bahwa efek *biochar* mungkin memerlukan lebih banyak waktu untuk menjadi nyata dalam pertumbuhan tanaman, dan penting untuk memperhitungkan faktor waktu dalam penilaian dampaknya.

Tabel 2. Jumlah nodul akar efektif

Dosis FMA (gr per tanaman)	Jenis <i>biochar</i>			Rata-rata
	Tanpa	Sekam	Batok kelapa	
0	13.33	13.33	13.33	13.33 ^b
15	28.33	29.67	29.67	29.22 ^a
30	30.00	32.33	30.67	31.00 ^a
Rata-rata	23.89	25.11	24.56	

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

Tabel 2 menyiratkan bahwasanya penggunaan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) sebanyak 30 gr per tanaman menghasilkan perbedaan yang signifikan dalam jumlah bintil akar yang efektif, jika dibandingkan dengan tanaman yang tidak menerima FMA. Meskipun demikian, pemberian FMA sebanyak 15 gr per tanaman tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Penerapan FMA memiliki potensi untuk meningkatkan jumlah bintil akar yang efektif pada tanaman kedelai jika dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberikan FMA. Kemungkinan hal ini terjadi karena kemampuan FMA dalam memproduksi hormon yang mendukung pertumbuhan akar, yang pada akhirnya memperkuat aktivitas bakteri *Rhizobium* yang bertanggung jawab atas pembentukan bintil akar. Menurut Hapsah (2008), aplikasi FMA mampu meningkatkan produksi hormon auksin dan sitokinin. Temuan lain oleh Muis *et al.* (2016) juga mengindikasikan bahwa pengaplikasian FMA dalam jumlah yang sesuai dapat merangsang peningkatan bintil akar karena FMA memiliki kapasitas untuk menghasilkan hormon yang esensial bagi tanaman guna meningkatkan penyerapan air dan hara. Hasilnya, tanaman mampu menghasilkan karbohidrat dalam jumlah besar, yang pada akhirnya memberikan energi bagi pertumbuhan bakteri *Rhizobium* yang mendukung perkembangan nodul akar pada tanaman kedelai.



Gambar 1. Bintil akar efektif

Gambar 2. Bintil akar pada akar tanaman kedelai

Hasil yang ditemukan oleh Taufik dan Sundari pada tahun 2012 yang mengemukakan bintil akar yang memiliki kandungan leghemoglobin berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara, yang kemudian akan diubah menjadi amonium melalui enzim nitrogenase yang bisa dimanfaatkan kedelai. Peran penting dari hifa mikoriza yang memiliki kemampuan mengabsorpsi dan mengeluarkan fosfor (P), serta membuatnya tersedia, juga berkontribusi dalam memfasilitasi proses pembentukan nodul akar pada tanaman kedelai. Unsur fosfor (P) diperlukan oleh bakteri sebagai nutrisi untuk mendukung pembentukan bintil akar. Simanjuntak (2005) mengemukakan bahwa penyerapan nitrogen berjalan efisien jika ketersediaan P mencukupi. Sementara itu, mikoriza akan memberikan kontribusi fosfor untuk penyerapan nitrogen, sedangkan bintil akar memberikan nitrogen yang tersedia untuk pertumbuhan mikoriza.

Tabel diatas juga menggambarkan bahwasanya penggunaan *biochar* yang berasal dari sekam padi, tempurung kelapa, maupun tanpa penggunaan *biochar* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam jumlah bintil akar yang efektif. Dugaan ini muncul karena bintil akar kemungkinan tumbuh ketika terpengaruh oleh ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Bakteri membentuk bintil akar akan memerlukan fotosintat yang dihasilkan oleh tanaman sebagai sumber energi. Namun, pemberian *biochar* ke dalam tanah tidak secara substansial meningkatkan ketersediaan unsur hara yang diperlukan.

Seperti yang dijelaskan oleh Apzani *et al.* (2015), peran *biochar* lebih fokus pada menjaga ketersediaan unsur hara daripada menjadi sumber hara instan bagi tanaman. Temuan Gani pada tahun 2009 juga menerangkan arang aktif belum dapat dianggap sebagai pupuk, karena dampaknya terhadap peningkatan kandungan unsur hara dalam tanah tidak signifikan. Penelitian lain yang didapat oleh Berek dan Eduardus (2018) juga mengindikasikan bahwa jenis *biochar* yang digunakan tidak memiliki pengaruh yang berarti terhadap peningkatan jumlah nodul akar efektif pada tanaman kedelai.

Tabel 3. Jumlah polong, biji dan berat biji per tanaman

Dosis FMA (gr per tanaman)	Jenis <i>biochar</i>			Rata-rata
	Tanpa	Sekam	Batok kelapa	
Jumlah polong per tanaman				
0	26.67	26.00	22.00	24.89 ^b
15	48.67	38.00	40.33	42.33 ^a
30	43.67	55.00	40.00	46.22 ^a
Rata-rata	39.67	39.67	34.11	
Jumlah biji per tanaman				
0	40.00	43.00	41.33	41.44 ^c
15	49.33	53.67	45.33	49.44 ^b
30	52.00	62.67	63.33	59.33 ^a
Rata-rata	47.11	53.11	50.00	
Berat biji per tanaman				
0	5.49	5.53	5.60	5.53 ^c
15	9.17	9.20	10,27	9.55 ^b
30	9.58	12.42	10.71	10.90 ^a
Rata-rata	8.08	9.05	8.85	

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

Tabel 3 mengungkapkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam jumlah polong per tanaman antara pemberian Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) sebanyak 30 gr per tanaman dan tanaman yang tidak menerima FMA. Walaupun begitu, memberikan FMA sebanyak 30 gr dan 15 gr per tanaman tidak menggambarkan perbedaan yang signifikan pada keduanya. Pemberian FMA tampaknya memiliki efek positif dalam meningkatkan jumlah polong per tanaman kedelai dibandingkan dengan tanaman yang tidak menerima FMA. Kemungkinan itu disebabkan oleh kemampuan FMA dalam membantu peningkatan penyerapan dan ketersediaan hara, terutama fosfor (P). Prihastuti (2007) telah menyebutkan bahwa FMA memiliki potensi untuk menyediakan lebih tinggi ketersediaan fosfor pada tanah asam melalui produksi asam organik yang dapat melepaskan fosfor yang terikat, sehingga dapat digunakan tanaman. Simanjuntak (2005) juga menekankan bahwa fosfor memiliki peran penting dalam fase generatif tanaman, terutama dalam pembentukan polong dan biji. Unsur fosfor berkontribusi pada sintesis protein dan pati, yang penting bagi pembentukan jaringan tanaman, karenanya berpotensi menaikkan jumlah polong. Temuan lain oleh Buhaira *et al.* (2013) juga mendukung temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa

pemberian FMA secara signifikan meningkatkan jumlah polong per tanaman kedelai daripada tanaman yang tidak menerima FMA.

Dalam hal jumlah dan berat biji, terlihat aplikasi FMA sebanyak 30 gr per tanaman memiliki perbedaan signifikan dengan yang diberikan FMA sebanyak 15 gr per tanaman dan tanaman yang tidak menerima FMA. Dosis FMA sebanyak 30 gr per tanaman menghasilkan jumlah dan berat biji yang paling tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada kasus ini dapat disimpulkan bahwa meningkatnya dosis FMA yang diaplikasikan, maka jumlah dan berat biji juga semakin meningkat. Meningkatnya dosis FMA bisa mengakibatkan interaksi yang lebih kuat antara FMA dan akar tanaman, memungkinkan peningkatan penyerapan unsur hara, terutama fosfor. Ini sesuai dengan hasil infeksi akar oleh FMA yang tercatat dalam Tabel 4, yang juga meningkat pada dosis FMA yang lebih tinggi. Sebagai akibatnya, penyerapan unsur hara, terutama fosfor, dapat meningkat.

Hasil penelitian oleh Mustapa *et al.* (2014) mendukung temuan tersebut dengan menyatakan bahwa semakin tinggi tingkat infeksi mikoriza, semakin tinggi pula aktivitas mikoriza dalam infeksi akar dan area penyerapan nutrisi dan air oleh akar semakin luas. Temuan serupa juga diungkapkan oleh Santosa dan rekannya pada tahun 2016 juga mengungkapkan bahwa unsur Fosfor lebih menonjol dalam mempengaruhi fase generatif tanaman, terutama dalam pembentukan biji. Oleh karena itu, dengan peningkatan dosis FMA, diyakini bahwa tingkat penyerapan unsur P juga akan meningkat. Novizan (2005) juga mencatat bahwa unsur P mampu mendorong perkembangan bunga, buah, dan biji serta memacu proses pematangan buah.

Namun, dalam hal aplikasi *biochar* dari sekam padi, tempurung kelapa, atau tanpa *biochar*, tidak terlihat perbedaan yang signifikan dalam jumlah polong per tanaman, jumlah biji per tanaman, dan berat biji per tanaman. Ini mungkin disebabkan oleh kualitas dan kemampuan adsorpsi *biochar* yang dihasilkan melalui proses pembuatan yang sederhana, sehingga tidak memiliki dampak yang signifikan pada hasil tanaman kedelai. Syahrudin *et al.* (2018) mengidentifikasi beberapa kelemahan dari teknik pembuatan *biochar* dengan sistem terbuka, termasuk emisi yang tinggi, rendemen arang yang rendah, dan kualitas *biochar* yang kurang matang. Hasil mereka menjelaskan bahwa *biochar* yang dibuat dengan menggunakan drum tertutup (retort) menghasilkan kualitas yang lebih baik, dengan sifat dan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi.

Selain itu, ada kemungkinan bahwa *biochar* yang digunakan belum sepenuhnya aktif dengan baik. Penjelasan yang diberikan oleh Wulandari *et al.* (2015) menjelaskan bahwa proses produksi karbon aktif melibatkan tahap karbonisasi dan aktivasi. Tahap karbonisasi menghasilkan karbon yang kurang aktif, sementara tahap aktivasi membuka atau memperbesar pori-pori, meningkatkan kemampuan adsorpsi. Penelitian oleh Ndruru (2018) memberi gambaran bahwa memberikan *biochar* dari tempurung kelapa, sekam padi, atau campuran keduanya dapat meningkatkan tanaman padi setelah mengalami proses aktivasi dengan menggunakan NaOH 1% dan dilakukan inkubasi selama 24 jam. Oleh karena itu, faktor-faktor seperti kualitas *biochar*, kemampuan adsorpsi, dan aktivasi dapat mempengaruhi hasil tanaman dan interaksi dengan FMA.

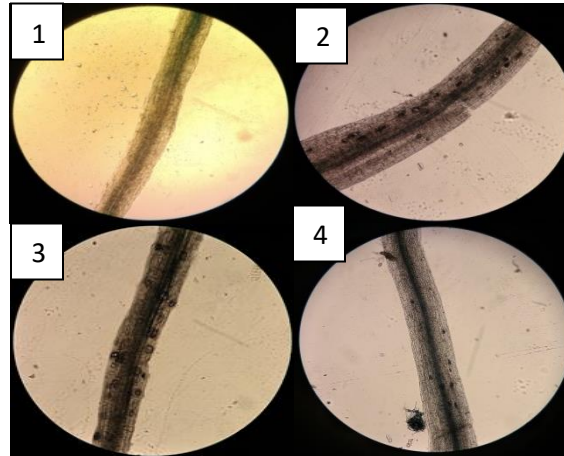
Tabel 4. Persentase infeksi mikoriza (%)

Dosis FMA (gr per tanaman)	Jenis <i>Biochar</i>			Rata-rata
	Tanpa <i>biochar</i>	Sekam padi	Tempurung kelapa	
0	56.67	58.33	56.67	57.22 ^c
15	83.33	85.00	85.00	84.44 ^b
30	91.67	96.67	91.67	93.33 ^a
Rata-rata	77.22	80.00	77.78	

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

Tabel 4 memberikan informasi bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam persentase infeksi akar mikoriza antara pemberian Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) sebanyak 30 gr per tanaman dengan FMA sebanyak 15 gr per tanaman dan tanaman yang tidak menerima FMA. Baik pemberian FMA sebanyak 30 gr maupun 15 gr per tanaman mampu meningkatkan persentase infeksi akar mikoriza pada tanaman kedelai dibandingkan dengan tanaman yang tidak menerima FMA sama sekali. Kemudian, jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya, pemberian FMA sebanyak 30 gr per tanaman menghasilkan tingkat infeksi mikoriza yang paling signifikan. Peristiwa ini menunjukkan bahwa dosis FMA yang diberikan mempengaruhi tingkat infeksi mikoriza pada akar tanaman. Apabila kadar FMA yang diberikan semakin

tinggi, maka semakin tinggi pula tingkat infeksi mikoriza yang terjadi. Pendapat Musfal pada tahun 2008 juga menegaskan bahwa dosis pupuk atau FMA yang diberikan pada tanaman jagung sangat memengaruhi infeksi akar mikoriza. Konsep yang serupa juga ditemukan dalam laporan oleh Oktaviani *et al.* (2014), di mana tingkat infeksi mikoriza pada tanaman kedelai dipengaruhi oleh variasi dosis FMA. Gambar 3 menunjukkan infeksi akar mikoriza.



Gambar 3. (1) Akar tanpa terinfeksi FMA, (2), (3) dan (4) Akar terinfeksi FMA

Gambar 3 memberikan gambaran tentang bentuk infeksi akar mikoriza yaitu berupa vesikel. Bahkan pada perlakuan tanpa diberikan Fungi Mikoriza Arbuskula, akar tanaman kedelai tetap mengalami infeksi mikoriza. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Oktaviani *et al.* (2014) yang mengindikasikan bahwa tingkat infeksi mikoriza sekitar 13.62% pada akar tanaman yang tidak diaplikasikan FMA. Kondisi ini terjadi secara alami melalui spora mikoriza yang ada dalam medium tanam, walaupun jenis spora tersebut belum diketahui. Ini mengindikasikan bahwa spora mikoriza mungkin ada dalam berbagai jenis tanah. Pandangan ini juga diperkuat oleh pernyataan Simanungkalit *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa mikoriza yang berpotensi berkoloni dengan akar tanaman dapat ditemukan diberbagai ekosistem. Penelitian oleh Tamin *et al.* (2012) juga mengungkapkan bahwa mikoriza sering didapati secara alami serta tidak bergantung pada inang yang spesifik. Keanekaragaman dan penyebaran mikoriza ini sangat dipengaruhi oleh variasi lingkungan.

Namun, pemberian *biochar* dari sekam padi tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap persentase infeksi mikoriza jika dibandingkan dengan pemberian *biochar* dari cangkang kelapa ataupun yang tidak. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan *biochar* tidak memberikan peningkatan yang signifikan pada persentase infeksi mikoriza. Hal ini mungkin disebabkan oleh fakta bahwa infeksi mikoriza terjadi karena adanya spora mikoriza dalam medium tanam, dan pengaruh *biochar* terhadap infeksi ini mungkin tidak langsung terkait. Temuan ini sesuai dengan yang dilakukan oleh Dermiyati *et al.* (2016) yang menunjukkan bahwasanya memberikan *biochar* tidak mempengaruhi jumlah spora mikoriza. Kombinasi antara aplikasi FMA dan *biochar* juga tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Salah satu alasan bisa jadi karena pemberian FMA sudah memberikan cukup nutrisi bagi tanaman untuk tumbuh, sementara *biochar* dalam jangka waktu singkat mungkin belum mampu secara substansial memberikan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman kedelai. Selain itu, jika sebelum penanaman telah dilakukan perlakuan seragam dalam memberikan kapur dan pupuk kimia dengan dosis yang sama pada setiap perlakuan, efek utama dari pemberian FMA dan *biochar* mungkin tidak terlihat dengan jelas. Temuan serupa juga dilaporkan oleh penelitian Syahrul (2014) yang mengindikasikan bahwa kolaborasi antara penerapan FMA dan *biochar* tidak menunjukkan dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman kacang tanah.

KESIMPULAN

Pemberian FMA dosis 30 gr per tanaman dan 15 gr per tanaman dapat meningkatkan semua parameter peubah pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai dibandingkan tanpa pemberian FMA, sedangkan pemberian *biochar* saja tidak dapat meningkatkan semua parameter peubah pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Interaksi antara FMA dan *biochar* tidak meningkatkan semua parameter peubah pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

- Apzani, W, Made, Sudhanta, IM, & Fauzi, MT 2015, 'Aplikasi biokompos stimulator *Trichoderma* spp. dan *biochar* tempurung kelapa untuk pertumbuhan dan hasil jagung', *Jurnal Agroteknologi*, vol. 9, no. 1, pp. 21-35.
- Badan Pusat Statistik 2018, *Produksi Tanaman Kedelai 2017*, diunduh 28 Agustus 2018, www.bps.go.id.
- Berek, FN & Eduardus, YN 2018, 'Pengaruh jenis *biochar* dan takaran pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.)', *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*, vol. 3, no.3, pp. 53-57.
- Buhaira, Nerty, S, Ardiyaningsih, PL & Yudi, A 2013, 'Pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai dengan pemberian mikokompos dalam kondisi cekaman air', *Jurnal Bioplantae*, vol. 2, no. 3, pp. 147-159.
- Clarke, C. & Mosse, B 1981, 'Plant Growth Responses to Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza. XII. Field inoculation responses of barley at two soil P Level, *New Phytologist*'. pp. 695—703.
- Dermiyati, Herawati, D, Rini, MV, Niswati, A, Lumbanraja, J, & Triyono, S 2016, 'Pengaruh pemberian kombinasi pupuk organonitrofos dan pupuk kimia serta *biochar* terhadap total fungi mikoriza arbuskula selama pertumbuhan tanaman jagung'. Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Ilmu Pertanian.
- Gani, A 2009, 'Potensi Arang Hayati *Biochar* Sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian', Peneliti Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Gusmailina, 2010, Arang dan arang kompos alternatif pilihan untuk mengatasi degradasi lahan dan mitigasi perubahan iklim, Peneliti pada Pusat Litbang Hasil Hutan, Balitbang Kehutanan, Bogor.
- Hapsah, 2008, 'Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Budidaya Kedelai di Lahan Kering. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Budidaya Pertanian pada Fakultas Pertanian', Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Harahap, LH, Asmaralaily, SH, Hardy, G 2018, 'Efektifitas Pemberian Mikoriza Terhadap Serapan Hara N dan P Tanaman Karet (*Hevea brassiliensis* Muell. Arg.) pada Lahan dengan Cekaman Kekeringan yang telah diberi Bahan Organik di Desa Aek Godang Kecamatan Hulu Sihapas Kabupaten Padang Lawas Utara', *Jurnal Online Agroteknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 167-173.
- Herman, W & Elara, S 2018, 'Pemanfaatan *biochar* sekam dan kompos jerami padi terhadap pertumbuhan dan produksi padi (*Oryza sativa*) pada tanah ordo Ultisol', *Jurnal Ilmiah Pertanian*, vol. 15, no.1, pp. 42-50.
- Indriani, NP, Mansyur, Susilawati, I, & Islami, RZ 2011, 'Peningkatan produktivitas tanaman pakan melalui pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)', *Jurnal Pastura*, vol.1, no.1, pp. 27-30.
- Muis, R, Munif, G, Maya, M, Purwono & Irdika, M 2016, 'Kompatibilitas fungi mikoriza arbuskular dengan tanaman kedelai pada budi daya jenuh air', *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, vol. 35, no.3, pp. 229-238.
- Musfal 2008, 'Efektifitas Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) terhadap Pemberian Pupuk Spesifik Lokasi Tanaman Jagung pada Tanah Inceptisol', Tesis, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Mustapa, A, Hanafi, ND, & Sembiring, I 2014, 'Pengaruh pemberian berbagai tingkat mikoriza arbuskula pada tanah ultisol terhadap produktivitas tanaman leguminosa', *Jurnal Peternakan Integratif*, vol.3, no.1, pp. 84-95.
- Ndruru, JI, Nelvia & Adiwirman 2018, Pertumbuhan padi gogo pada medium Ultisol dengan aplikasi *biochar* dan asap cair, *Jurnal Agroteknologi*, vol. 9, no.1, pp. 9-16.
- Novizan 2005, *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*, Agromedia Utama, Jakarta.
- Nurida, NL, Sutono, A, Dariah, & Rachman, A 2010, 'Efikasi pembenah tanah *biochar* dalam berbagai bentuk (serbuk, granul, dan pelet) dalam meningkatkan kualitas lahan kering masam terdegradasi. Bogor'. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Oktaviani, D, Hasanah, Y, & Barus, A 2014, 'Pertumbuhan kedelai (*Glycine max* (L). Merrill) dengan aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dan konsorsium mikroba', *Jurnal Online Agroekoteknologi*, vol. 2, no.2, pp. 905-918.

- Prasetyo, BH & Suriadikarta, DA 2006, 'Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah Ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia', *Jurnal Litbang Pertanian*, vol. 25, no.2, pp.39-46.
- Prihastuti 2007, Isolasi dan karakterisasi mikoriza vesikular-arbuskular di lahan kering masam, Lampung Tengah. Berk. Penel. Hayati. vol. 12: 99–106.
- Putri, VI, Mukhlis & Benny, H 2017, 'Pemberian beberapa jenis *biochar* untuk memperbaiki sifat kimia tanah Ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung'. *Jurnal Agroteknologi FP USU*. vol. 5, no.4, pp. 824-828.
- Rismawan, SF, Anna, SK & Titiek, I 2018, Pengaruh jenis bahan organik pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merril). *Jurnal Produksi Tanaman*. vol. 6, no. 7, pp.1543-1548.
- Santosa, CA, Anom, E & Murniati 2016, 'Efektivitas pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap serapan P, pertumbuhan serta produksi jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt) di lahan gambut', *Jom Faperta*, vol. 3, no.2, pp: 1-9.
- Sandiwanoro, RT, Murdiono, RE & Islami, T 2017, 'Pengaruh sistem olah tanah dan pemberian *biochar* pada pertumbuhan dan hasil tanaman jagung', *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 5, no. 10, pp. 1600-1607.
- Septiana, LM 2017, 'Karakteristik dan Kualitas *Biochar* dari Berbagai Limbah Biomassa Tanaman pada Pirolisis Suhu Rendah', Tesis, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setiadi 2000, *Bertanam Cabai*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Simanjuntak, D 2005, 'Peranan Trichoderma, mikoriza, dan posfat terhadap tanaman kedelai pada tanah sangat masam (Humitropets)', *Jurnal Penelitian bidang ilmu pertanian*, vol. 3, no.1, pp: 36-42.
- Simanungkalit, RDM, Suriadikarta, DA, Saraswati, R, Setyorini, D & Hartatik, W 2006, *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Subagyo, H, Suharta, N & Siswanto, AB 2004, *Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Sudhanta, M 2013, 'Potensi jamur endofit dan saprofit *Trichoderma* spp. untuk pembuatan biofungisida, bioaktivator, biodekomposer dan *biochar* dan perannya dalam meningkatkan kesehatan dan ketahanan pangan'. Buah Pikiran Sang Profesor. hlm: 215-246.
- Suryana, M, Sujana, P & Suyadispura, NL 2016, *Pengaruh penambahan dosis beberapa jenis biochar pada lahan yang tercemar limbah cair sablon terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau*. Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat (LPPM) Unmas Denpasar.
- Syahrudin, Wijaya, A, Butarbutar, T, Hartati, W, Ibrahim & Sipayung, M 2018, '*Biochar* yang diproduksi dengan tungku drum tertutup retort memberikan pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi', *Jurnal Hut. Trop*, vol.2, no.1, pp. 49-58.
- Syahrul 2014, 'Pengaruh dosis mikoriza dan *biochar* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang tanah (*Arachis hypogea* L.) pada tanah kritis'. Skripsi. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Tambunan, S, Siswanto, B & Handayanto, E 2014, Pengaruh aplikasi bahan organik segar dan *biochar* terhadap ketersediaan p dalam tanah di lahan kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumber daya Lahan*, vol.1, no.1, pp. 89-98.
- Tamin, RP, Nursanti & Albayudi 2012, 'Identifikasi jenis dan perbanyak endomikoriza lokal di hutan kampus Universitas Jambi', *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri SAINS*, vol.14, no.1, pp. 23-28.
- Taufik, A & Sundari, T 2012, 'Respon tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh', *Buletin Palawija*, vol. 23, pp. 13–26.
- Valentina, K, Herlina, N & Aini, N 2017, 'Pengaruh pemberian mikoriza dan *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan dan hasil produksi benih melon hibrida (*Cucumis melo* L.)', *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 5, no.7, pp. 1085 – 1092.
- Wulandari, F, Umiatin & Budi, E 2015, 'Pengaruh konsentrasi larutan NaOH pada karbon aktif tempurung kelapa untuk adsorpsi logam Cu²⁺'. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. vol.16, no.2, pp. 60-64.

