

Kualitas Fungi Mikoriza Arbuskula yang Diproduksi dengan Teknik Fortifikasi Nutrisi Berbeda terhadap Peningkatan Produktivitas Alfalfa (*Medicago sativa* L.)

Quality of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Produced with Different Nutritional Fortification Techniques for Increased Productivity Alfalfa (*Medicago sativa* L.)

I J Ramadayanti, I Prihantoro*, P D M H Karti

Corresponding email:

prihantoro@apps.ipb.ac.id,

Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB University, Jl. Agatis Kampus IPB Dramaga, Jawa Barat, Indonesia

Submitted : January 16, 2023

Accepted : April 11, 2023

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the quality of Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) produced by different nutrient fortification techniques in increasing the adaptation and productivity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) at the greenhouse scale. The research design was a completely randomized design (CRD) with 5 treatments and 10 replications. The treatment based on different types of AMF product, including alfalfa without AMF as control (P0), superior AMF (P1), and three types of AMF products from the Agrostology Laboratory, Faculty of Animal Science IPB: AMF1 (P2), AMF2 (P3), and AMF3 (P4). The control treatment was given a 100% recommended fertilizer dose while the AMF treated plants were given a 50% recommended fertilizer dose. The results showed that all AMF products produced the same effectiveness for plant morphological variables. The superior AMF product, AMF2, and AMF3 gave the better response to AMF colonization parameters and dry weight of alfalfa plants than the control and AMF1 product. It was concluded that AMF products with different nutrient fortification techniques were effective in symbiosis and increase the adaptation and productivity of alfalfa compared to control. The quality of AMF produced by different nutrient fortification techniques had the same performance as superior AMF.

Key words: alfalfa, arbuscular mycorrhizal fungi, nutrient fortification

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas FMA (fungi mikoriza arbuskula) yang diproduksi dengan teknik fortifikasi nutrisi berbeda dalam meningkatkan adaptasi dan produktivitas alfalfa (*Medicago sativa* L.) pada skala rumah kaca. Rancangan percobaan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan sepuluh ulangan. Perlakuan berdasarkan perbedaan jenis produk FMA, meliputi: tanpa pemberian FMA (P0), FMA unggulan (P1) dan tiga produk FMA dari laboratorium Agrostologi, Fakultas Peternakan IPB: produk FMA1 (P2), FMA2 (P3), dan FMA3 (P4). Perlakuan kontrol diberikan 100% dosis pupuk rekomendasi sedangkan tanaman dengan perlakuan FMA diberikan 50% dosis pupuk rekomendasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh produk FMA menghasilkan efektivitas yang sama baik untuk peubah morfologi tanaman. Produk FMA unggulan (P1), produk FMA2 (P3) dan FMA3 (P4) memberikan respon terbaik terhadap peubah kolonisasi FMA dan bobot kering tanaman alfalfa. Simpulan penelitian ini adalah produk FMA dengan teknik fortifikasi nutrisi berbeda efektif bersimbiosis dan meningkatkan adaptasi serta produktivitas tanaman alfalfa (biomassa, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, dan diameter batang) dibanding kontrol. Kualitas FMA yang diproduksi dengan teknik fortifikasi nutrisi berbeda (produk FMA1, FMA2 dan FMA3) memiliki performa yang sama baik dengan FMA unggulan.

Kata kunci: alfalfa, fortifikasi nutrisi, fungi mikoriza arbuskula

PENDAHULUAN

Alfalfa merupakan tumbuhan pakan dari kelompok leguminosa perennial yang berasal dari sub tropis dan berpotensi sebagai hijauan berkualitas tinggi, dengan kandungan protein kasar 18,0%-29,1% dan pencernaan berkisar 68%-79%. Alfalfa memiliki keterbatasan dalam beradaptasi pada kondisi tropis. Budidaya alfalfa sering terkendala terhadap cekaman abiotik dan rentan terhadap serangan hama, gulma dan penyakit (Sajimin 2011). Tanaman alfalfa dapat tumbuh baik pada suhu 20°C dan pH \geq 6,5, namun pertumbuhan alfalfa akan menurun pada pH rendah (Subantoro 2009); (Suwignyo & Sasongko 2019). Suwignyo et al. (2023) menambahkan bahwa alfalfa tidak dapat tumbuh dengan baik dan sulit dibudidayakan pada kondisi tropis. Status iklim, kelembaban dan suhu yang tinggi di tropis berpengaruh terhadap penurunan pertumbuhan tanaman. Kendala pertumbuhan alfalfa pada kondisi tropis perlu diupayakan untuk meningkatkan adaptasi dan produktivitasnya melalui inokulasi FMA.

FMA merupakan jenis fungi yang mampu bersimbiosis dengan sistem perakaran tanaman. FMA mampu berasosiasi baik dengan 90% jenis tanaman. Efektifitas simbiosis FMA dengan tanaman inang bergantung pada karakteristik tanaman inang dan faktor abiotik seperti suhu, pH, kelembaban dan mikroorganisme tanah (Finmeta et al. 2018); (Probosari 2011). Keberadaan FMA mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kondisi lingkungan tropis dan ketahanan terhadap penyakit. FMA pada sistem perakaran tanaman mampu memproduksi jalinan hifa yang berperan dalam meningkatkan penyerapan unsur hara, utamanya serapan fosfat terikat sehingga lebih tersedia bagi tanaman (Rini et al. 2017). Keunggulan FMA lainnya menurut Hendarjanti dan Sukorini (2022) bahwa aplikasi FMA dan *Trichoderma sp.* pada periode pembibitan dan penanaman efektif melindungi akar dan menekan kejadian penyakit BPB (busuk pangkal batang) akibat patogen *G. boninense* pada tanaman kelapa sawit. Khairiyah et al. (2022) penggunaan konsorsium FMA (*Acaulospora tuberculata-Glomus rubiforme-Gigaspora sp.*) dan FMA tunggal *Glomus manihotis* yang diaplikasikan 75% dosis pupuk rekomendasi efektif meningkatkan pertumbuhan dan biomassa tanaman singkong di tanah inseptisol dibandingkan kontrol (dosis pupuk 100% rekomendasi).

Parman & Harnina (2008) menyatakan bahwa inokulasi FMA mampu meningkatkan jumlah tunas dan kandungan klorofil daun tanaman alfalfa pada defoliasi pertama dibandingkan kontrol (tanpa FMA). Penggunaan mikoriza diharapkan efektif meningkatkan adaptasi dan produktivitas alfalfa pada kondisi tropis. Laboratorium Agrostologi IPB memiliki beberapa produk mikoriza yang dihasilkan dari teknik fortifikasi nutrisi berbeda yang efektif dalam pembibitan tanaman *Indigofera zollingeriana*. Fitria et al. (2022) menyatakan bahwa teknik fortifikasi memungkinkan adanya peningkatan kualitas dan kinerja FMA dengan mengontrol jumlah

dosis pupuk supaya lebih efisien. Hingga saat ini, evaluasi mengenai kualitas inokulum FMA hasil produksi massal dengan fortifikasi nutrisi berbeda pada tanaman alfalfa pada skala rumah kaca masih belum dilakukan. Berkaitan dengan hal tersebut, perlu dilakukan kajian lebih mendalam mengenai kualitas produk FMA hasil fortifikasi nutrisi berbeda dan efektivitasnya dalam meningkatkan adaptasi dan produktivitas tanaman alfalfa pada kondisi tropis. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi kualitas FMA hasil produksi laboratorium agrostologi IPB dengan teknik fortifikasi nutrisi berbeda dalam meningkatkan adaptasi dan produktivitas alfalfa (*Medicago sativa L.*) pada skala rumah kaca.

METODE

Materi Penelitian

Bahan yang digunakan meliputi benih alfalfa (*Medicago sativa L.*) tropis koleksi Laboratorium Agrostologi, FMA unggulan (pembanding) dan tiga jenis produk fungi mikoriza arbuskula (FMA) dari Laboratorium Agrostologi, Fakultas Peternakan IPB meliputi FMA1, FMA2, dan FMA3. Bahan lainnya yang digunakan adalah zeolit ukuran 2 - 3 mm, tanah, pupuk KCl, pupuk urea, pupuk SP₃₆, pupuk kandang, tanah, pupuk ABmix, KOH 2,5%, HCl 2%, gliserol, asam laktat dan larutan *staining (trypan blue)*.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca, laboratorium lapang agrostologi Fakultas Peternakan IPB. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan lima perlakuan dan sepuluh ulangan. Perlakuan berupa beberapa jenis produk FMA, yaitu tanpa pemberian FMA/kontrol (P0), produk FMA unggulan (P1), produk FMA1 (P2) yakni FMA yang diproduksi dengan teknik fortifikasi nutrisi ABmix 1000 ppm, produk FMA2 (P3) yakni FMA yang diproduksi dengan teknik fortifikasi nutrisi ABmix 2000 ppm dan produk FMA3 (P4) yakni FMA yang diproduksi dengan teknik fortifikasi nutrisi ABmix 3000 ppm. Isolat FMA1, FMA2 dan FMA3 diproduksi secara massal menggunakan inang tanaman *sorgum bicolor* pada media zeolit selama 4 bulan melalui modifikasi dosis nutrisi ABmix berbeda, yakni ABmix 1000 ppm, ABmix 2000 ppm dan ABmix 3000 ppm. Proses penanaman diawali dengan persemaian benih alfalfa pada media tanam zeolit ukuran 2 - 3 mm selama \pm 21 hari. Bibit alfalfa dipindahkan ke dalam media tanah pada polybag berkapasitas 1 kg. Setiap lubang tanam pada masing-masing polybag diberikan empat jenis produk FMA sebanyak 10 gram per polybag sesuai desain penelitian. Tanaman tanpa penambahan FMA/kontrol (P0) diberikan pupuk kandang sebanyak 20 ton ha⁻¹ atau 10 gram per 1 kg polybag (dosis pupuk rekomendasi 100%) sedangkan tanaman dengan perlakuan FMA diberikan 5 gram per 1 kg polybag atau 50% dari dosis pupuk rekomendasi. Penyiraman dilakukan satu kali dalam sehari. Penyianggul dilakukan setiap hari atau beberapa saat ketika ditemukan gulma yang tumbuh.

Umur 86 HST (hari setelah tanam) dilakukan stressing tanaman (tidak menyiram tanaman) selama 14 hari dan dilanjutkan pemanenan pada umur 100 HST. Pengambilan sampel akar untuk analisis kolonisasi FMA di akar menggunakan metode pewarnaan akar menurut Phillips & Hayman (1970) yang dimodifikasi. Pewarnaan akar diawali dengan pembersihan akar dan dilanjutkan perendaman sampel akar dengan larutan KOH 2,5% hingga akar berwarna putih atau kuning bening. Selanjutnya, larutan KOH dibuang dan akar dibilas pada air mengalir hingga bersih. Selanjutnya sampel akar direndam dalam larutan HCl 2% selama semalam. Larutan HCl dibuang dan sampel akar dibilas dengan air mengalir hingga tidak ada HCl yang tersisa. Sampel yang telah bersih direndam ke dalam larutan pewarna *trypan blue* 0,05% hingga pewarna masuk ke jaringan akar.

Penelitian dilaksanakan pada Februari – Juli 2022. Pengukuran pertumbuhan tanaman alfalfa dilakukan setiap minggu hingga umur tanaman 84 HST. Pengukuran diameter batang dilakukan satu kali yaitu umur 84 HST. Perhitungan kolonisasi FMA (infeksi FMA) pada akar tanaman alfalfa mengacu pada metode Brundrett *et al.* (1996). Potongan akar yang telah diwarnai dengan panjang ± 1 cm sebanyak 10 potongan akar disusun pada kaca preparat dan diamati untuk setiap bidang pandang. Bidang pandang yang menunjukkan tanda-tanda kolonisasi (terdapat struktur hifa atau vesikula atau arbuskula atau spora) diberikan tanda positif (+), sedangkan pada bidang pandang yang tidak terdapat tanda-tanda kolonisasi diberikan tanda negatif (-). Perhitungan kolonisasi FMA disajikan pada rumus berikut:

$$\text{Kolonisasi FMA (\%)} = \frac{\sum \text{bidang pandang yang terkolonisasi}}{\sum \text{keseluruhan bidang pandang yang diamati}} \times 100 \%$$

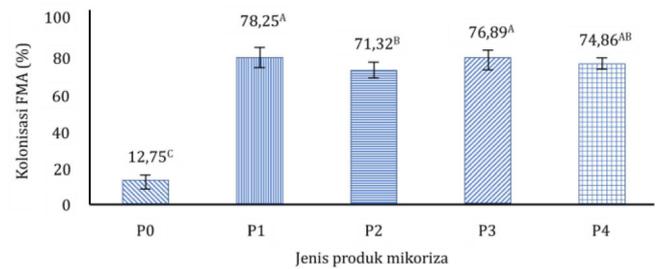
Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan aplikasi IBM SPSS versi 25. Apabila terdapat perbedaan nyata maka dilakukan uji Duncan *multiple range test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kolonisasi FMA di Akar Tanaman Alfalfa

Simbiosis mutualisme tanaman alfalfa dengan mikoriza dapat diketahui responnya melalui peubah kolonisasi FMA di akar. Hasil pengukuran tingkat kolonisasi FMA akar tanaman alfalfa disajikan pada Gambar 1. Penambahan beberapa produk mikoriza berbeda memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) pada kolonisasi FMA di akar.

Inokulasi FMA hasil produksi laboratorium Agrostologi, Fakultas Peternakan IPB (P2, P3 dan P4) memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan kontrol. Tingkat kolonisasi akar FMA pada kontrol (P0) menunjukkan nilai terendah yaitu 12,75 yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap P1, P2, P3 dan P4. Kolonisasi FMA yang dihasilkan dari P0 menunjukkan adanya FMA indigenous pada media tanam penelitian.

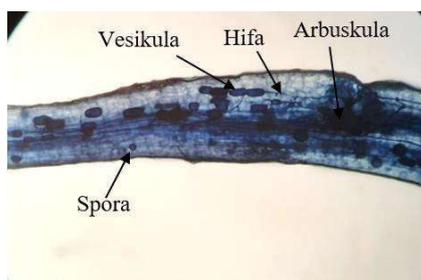


Gambar 1 Kolonisasi FMA di akar tanaman alfalfa terhadap pemberian produk FMA berbeda. Superskrip ^{A,B,C} menunjukkan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$). P0 adalah kontrol (tanpa FMA), P1 adalah FMA unggulan, P2 adalah FMA1 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 1000 ppm, P3 adalah FMA2 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 2000 ppm, dan P4 adalah FMA3 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 3000 ppm.

Kualitas produk FMA2 (P3) dan FMA3 (P4) memiliki kemampuan kolonisasi sebanding dengan FMA unggulan (P1).

Nilai kolonisasi FMA dari produk FMA2 (P3) dan FMA3 (P4) terhadap FMA unggulan (P1) yang tidak berbeda nyata menunjukkan kualitas produk FMA hasil fortifikasi nutrisi berbeda adalah baik dan setara dengan kualitas produk FMA unggulan. Keseluruhan kualitas FMA yang digunakan adalah baik, yakni mampu bersimbiosis dengan tanaman inang. Nilai kolonisasi FMA hasil fortifikasi nutrisi berbeda pada kategori tinggi yakni $71,32 \pm 4,16$ (P2), $74,86 \pm 3,20$ (P4) dan sangat tinggi $76,89 \pm 4,89$ (P3). Hasil serupa untuk FMA unggulan (P1) dengan kategori sangat tinggi ($78,25 \pm 5,10$). Nurhandayani *et al.* (2013) mengelompokkan tingkat infeksi FMA ke dalam beberapa kelas meliputi sangat rendah (0% – 5%), rendah (6% – 25%), sedang (26% – 50%), tinggi (51% – 75%) dan sangat tinggi (76% – 100%).

Aplikasi FMA mampu meningkatkan persentase kolonisasi akar tanaman. Kemampuan mikoriza dalam mengkolonisasi akar tanaman menandakan bahwa mikoriza mampu bersimbiosis baik dengan akar tanaman inang (Matondang *et al.* 2020). Simbiosis yang baik antara FMA dengan akar tanaman alfalfa cenderung meningkatkan kolonisasi FMA sebesar 83,71% dibandingkan kontrol. Efektivitas kolonisasi FMA terhadap tanaman inang berkaitan dengan kemanfaatan FMA dalam pemenuhan unsur hara bagi tanaman inang. Muryati *et al.* (2016) bahwa hifa mikoriza mengalami kontak langsung dengan tanaman inang yang sesuai dan memulai proses simbiotik dan melakukan penetrasi ke dalam sel akar tanaman inang. Kolonisasi mikoriza ditandai dengan adanya karakteristik khusus berupa struktur hifa, vesikula, arbuskula, spora atau salah satu dari struktur tersebut (Arisandi *et al.* 2019); (Pareira & Agu 2021). Kolonisasi akar yang terlihat pada perlakuan kontrol menunjukkan adanya FMA indigenous pada media tanam penelitian. Hal ini didukung Simanungkalit



Gambar 2 Visualisasi keberadaan kolonisasi FMA pada akar tanaman alfalfa (perbesaran 40x)

et al. (2019) bahwa walaupun kondisi tanah dalam keadaan steril tetap memungkinkan adanya mikoriza alami yang dapat berasosiasi dengan akar tanaman inang.

Tingkat kolonisasi akar yang meningkat pada tanaman alfalfa sejalan dengan pertambahan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang dan biomassa. Menurut Janouskova et al. (2017) kolonisasi FMA berkaitan secara langsung dengan pertumbuhan vegetatif tanaman. Tingkat kolonisasi tergantung pada jenis FMA dan tanaman inang. Hajoeningtjas (2009) menambahkan bahwa respon pertumbuhan tanaman yang nyata terhadap keberadaan FMA disebabkan karena tanaman mempunyai tingkat ketergantungan tinggi akan kandungan unsur hara dalam tanah terhadap keberadaan mikoriza untuk mencapai pertumbuhan yang maksimal. Visualisasi dari kolonisasi FMA pada akar tanaman alfalfa dapat dilihat pada Gambar 2. Kolonisasi FMA yang ditemukan pada akar tanaman alfalfa berupa hifa, arbuskula, vesikula dan spora.

Tinggi Tanaman Alfalfa

Tinggi tanaman menjadi peubah untuk mengukur respon tanaman terhadap perlakuan yang diberikan, ditandai adanya perubahan ukuran dan dimensi tanaman. Hasil pengukuran terhadap tinggi tanaman disajikan pada Tabel 1. Perlakuan jenis produk mikoriza berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap tinggi tanaman sejak 28 HST hingga 84 HST. Inokulasi FMA produksi laboratorium Agrostologi (P2,P3,P4) berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) lebih tinggi dibandingkan kontrol/tanpa pemberian FMA (P0) hingga akhir pengamatan. Produk mikoriza hasil fortifikasi nutrisi berbeda menghasilkan performa tinggi tanaman alfalfa yang sama baik dengan produk FMA unggulan (P1). Hasil ini menunjukkan bahwa FMA dari perlakuan P2, P3, P4 berkualitas baik dan setara dengan FMA unggulan. Sehingga efektif dalam meningkatkan adaptasi dan produktivitas tanaman alfalfa pada parameter tinggi tanaman.

Perlakuan P3 dan P4 memberikan respon lebih awal dibandingkan P2. Hasil ini menunjukkan efektifitas produk FMA2 dan FMA3 pada inang yang lebih cepat sebagai keuntungan dari simbiosis yang terjadi antara mikoriza dengan akar tanaman inang. Kondisi ini ada kaitannya dengan kolonisasi akar yang menunjukkan bahwa P2 memiliki tingkat kolonisasi akar yang lebih rendah (Tabel 1). Kinerja mikoriza sebagai pupuk hayati diketahui efektif sejak 28 HST yang ditandai dengan respon tinggi tanaman yang tampak berbeda nyata. Peningkatan tinggi tanaman menunjukkan efektivitas mikoriza dalam mengkolonisasi akar tanaman dengan baik dan efektif meningkatkan serapan hara serta hormon pertumbuhan bagi inang sehingga tinggi tanaman lebih baik. Rini et al. (2017) bahwa mikoriza

Tabel 1 Tinggi tanaman alfalfa terhadap pemberian produk FMA berbeda

Pengamatan (HST)	Jenis produk mikoriza				
	P0	P1	P2	P3	P4
cm.....				
7	4,66 ± 1,13 ^b	6,05 ± 0,84 ^a	4,29 ± 0,74 ^b	6,54 ± 1,30 ^a	6,53 ± 0,88 ^a
14	6,33 ± 1,72 ^b	7,97 ± 1,73 ^{ab}	6,53 ± 1,18 ^b	8,77 ± 2,54 ^a	8,32 ± 2,24 ^{ab}
21	6,76 ± 1,65 ^b	9,33 ± 1,76 ^{ab}	8,34 ± 1,66 ^{ab}	10,51 ± 3,59 ^a	9,26 ± 2,64 ^{ab}
28	6,99 ± 1,81 ^C	11,49 ± 2,28 ^{AB}	10,05 ± 2,29 ^B	13,10 ± 3,13 ^A	10,08 ± 3,18 ^B
35	7,44 ± 2,12 ^C	12,84 ± 2,19 ^{AB}	11,73 ± 2,81 ^{BC}	14,55 ± 2,93 ^A	10,67 ± 3,52 ^B
42	7,91 ± 2,15 ^C	14,93 ± 1,26 ^{AB}	13,09 ± 3,34 ^{BC}	16,57 ± 4,39 ^A	12,64 ± 4,93 ^B
49	8,13 ± 2,24 ^B	17,36 ± 2,20 ^A	15,38 ± 4,65 ^A	19,01 ± 5,50 ^A	14,69 ± 5,44 ^A
56	8,31 ± 2,26 ^B	18,45 ± 2,95 ^A	16,13 ± 4,95 ^A	19,61 ± 6,05 ^A	15,22 ± 5,37 ^A
63	8,56 ± 2,29 ^B	19,50 ± 3,22 ^A	17,13 ± 5,57 ^A	19,77 ± 5,99 ^A	15,74 ± 6,01 ^A
70	8,67 ± 2,31 ^B	21,64 ± 4,57 ^A	17,66 ± 5,64 ^A	19,96 ± 5,91 ^A	16,98 ± 6,39 ^A
77	8,73 ± 2,41 ^B	22,87 ± 5,94 ^A	18,73 ± 5,93 ^A	23,08 ± 4,35 ^A	17,92 ± 6,16 ^A
84	8,81 ± 2,34 ^B	23,18 ± 6,17 ^A	19,41 ± 6,05 ^A	24,67 ± 4,36 ^A	19,18 ± 6,23 ^A

Superskrip ^{a, ab, b} berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) dan ^{A, AB, B, BC, C} pada baris yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$). P0 adalah kontrol (tanpa FMA), P1 adalah FMA unggulan, P2 adalah FMA1 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 1000 ppm, P3 adalah FMA2 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 2000 ppm, dan P4 adalah FMA3 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 3000 ppm.

membantu akar tanaman untuk meningkatkan penyerapan unsur hara dengan mengkolonisasi sistem perakaran dan membentuk jalinan hifa secara intensif. Talanca (2010) menambahkan bahwa peningkatan tinggi tanaman dapat terjadi karena mikoriza berperan dalam menstimulasi pembentukan hormon pertumbuhan tanaman seperti auksin dan sitokinin yang kaitannya dengan pembelahan dan pemanjangan sel.

Jumlah Daun Tanaman Alfalfa

Perkembangan jumlah daun menggambarkan pertumbuhan jaringan dan berkaitan dengan proses fotosintesis. Efektivitas FMA terhadap jumlah daun disajikan pada Tabel 2. Perlakuan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap jumlah daun pada 21 dan 28 HST dan menunjukkan hasil yang konsisten berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) hingga akhir pengamatan (84 HST). Produk FMA hasil fortifikasi berbeda (P2,P3,P4) efektif meningkatkan jumlah daun dibandingkan P0 (tanpa FMA) dan sama baik terhadap FMA unggulan (P1). Respon yang diberikan mikoriza pada tanaman alfalfa mulai terlihat pada 21 HST. Lebih lanjut, hasil yang sama dari P2, P3, P4 terhadap FMA unggulan (P1) menggambarkan kualitas produk FMA yang berkualitas baik dalam mendukung pertumbuhan daun pada tanaman inang alfalfa.

Peningkatan jumlah daun pada tanaman berbanding lurus dengan fotosintat yang dihasilkan. Peningkatan jumlah daun menggambarkan peranan FMA yang efektif dalam membantu penyediaan unsur hara bagi tanaman inang. Menurut Proborini (2020) laju fotosintesis tanaman dapat meningkat karena adanya inokulasi FMA sehingga pertumbuhan tanaman khususnya jumlah daun akan meningkat pula. Pertumbuhan jumlah daun membutuhkan unsur hara terutama N. Arisandi et al.

(2019) bahwa asosiasi antara mikoriza dengan akar tanaman dapat memasok sekitar lebih dari 50% unsur nitrogen yang berperan dalam proses pertumbuhan vegetatif seperti pembentukan jumlah daun. Penyerapan dan ketersediaan unsur hara terjadi karena adanya aktivitas hifa mikoriza secara efisien pada akar tanaman. Jumlah daun pada tanaman yang diberikan perlakuan FMA yang dikombinasikan dengan 50% pupuk rekomendasi cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu pengamatan, sebaliknya pada tanaman kontrol (P0) dengan perlakuan 100% pupuk rekomendasi menghasilkan jumlah daun yang lebih rendah. Hasil ini menunjukkan inokulasi FMA efektif meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman inang diantaranya peningkatan suplai N sehingga pertumbuhan jumlah daun yang lebih baik dibandingkan kontrol. Hal ini sejalan dengan Fitria et al. (2022) bahwa mikoriza mampu meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dan menghasilkan hormon pertumbuhan seperti giberelin dan auksin.

Hormon pertumbuhan giberelin dan auksin ini berperan aktif dalam merangsang pertumbuhan primer melalui pembesaran dan pembelahan sel sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan jumlah daun tanaman. Menurut Daras et al. (2011) pengaplikasian FMA dengan setengah rekomendasi pupuk NPK efektif meningkatkan jumlah daun, jumlah cabang, tinggi tanaman dan bobot kering daun tanaman jambu mete dibandingkan dosis penuh pupuk rekomendasi tanpa FMA. Penambahan FMA dapat memperluas volume jangkauan hifa yang lebih responsif dalam menyerap unsur hara sehingga jumlah N yang meningkat dapat mempercepat pertumbuhan vegetatif tanaman.

Tabel 2 Jumlah daun tanaman alfalfa terhadap pemberian produk FMA berbeda

Pengamatan (HST)	Jenis produk mikoriza				
	P0	P1	P2	P3	P4
helai.....				
7	4,38 ± 0,92	5,29 ± 0,82	4,29 ± 0,76	5,25 ± 1,39	5,11 ± 0,93
14	5,25 ± 1,04	5,57 ± 1,51	5,00 ± 1,29	6,50 ± 1,20	5,33 ± 1,87
21	2,88 ± 0,83 ^b	5,29 ± 1,87 ^a	5,43 ± 1,27 ^a	5,88 ± 2,23 ^a	4,89 ± 2,37 ^a
28	2,50 ± 1,31 ^b	8,00 ± 2,83 ^a	7,29 ± 2,75 ^a	8,43 ± 3,87 ^a	6,33 ± 4,30 ^a
35	2,25 ± 0,46 ^b	9,43 ± 3,01 ^A	8,57 ± 3,64 ^A	9,71 ± 3,25 ^A	6,22 ± 5,72 ^A
42	2,75 ± 0,71 ^b	10,86 ± 1,94 ^A	8,43 ± 3,82 ^A	12,00 ± 4,32 ^A	8,25 ± 6,45 ^A
49	2,88 ± 0,64 ^b	13,00 ± 3,35 ^A	10,71 ± 5,02 ^A	13,57 ± 6,78 ^A	10,33 ± 5,20 ^A
56	3,13 ± 1,46 ^b	13,71 ± 3,94 ^A	11,71 ± 5,35 ^A	11,71 ± 6,07 ^A	10,17 ± 3,92 ^A
63	3,25 ± 1,16 ^b	13,43 ± 4,32 ^A	13,14 ± 6,57 ^A	12,86 ± 7,10 ^A	11,50 ± 3,83 ^A
70	2,50 ± 0,93 ^b	13,00 ± 4,79 ^A	14,43 ± 6,60 ^A	12,14 ± 6,74 ^A	11,83 ± 4,02 ^A
77	2,38 ± 1,30 ^b	13,71 ± 7,46 ^A	15,14 ± 6,72 ^A	12,83 ± 3,97 ^A	13,00 ± 3,41 ^A
84	3,13 ± 1,13 ^b	14,71 ± 6,51 ^A	15,86 ± 5,52 ^A	11,67 ± 4,08 ^A	13,17 ± 2,64 ^A

Superskrip ^{a, b} berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) dan ^{A, B} pada baris yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$). P0 adalah kontrol (tanpa FMA), P1 adalah FMA unggulan, P2 adalah FMA1 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 1000 ppm, P3 adalah FMA2 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 2000 ppm, dan P4 adalah FMA3 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 3000 ppm.

Tabel 3 Jumlah cabang tanaman alfalfa terhadap pemberian produk FMA berbeda

Pengamatan (HST)	Jenis produk mikoriza				
	P0	P1	P2	P3	P4
7	1,0 ± 0	1,0 ± 0	1,0 ± 0	1,0 ± 0	1,0 ± 0
14	1,0 ± 0	1,0 ± 0	1,0 ± 0	1,0 ± 0	1,0 ± 0
21	1,0 ± 0	1,13 ± 0,35	1,13 ± 0,35	1,0 ± 0	1,0 ± 0
28	1,0 ± 0	1,25 ± 0,46	1,25 ± 0,46	1,38 ± 0,52	1,25 ± 0,46
35	1,0 ± 0 ^b	1,63 ± 0,52 ^a	1,25 ± 0,46 ^{ab}	1,50 ± 0,53 ^a	1,25 ± 0,46 ^{ab}
42	1,0 ± 0 ^b	1,63 ± 0,52 ^a	1,50 ± 0,53 ^a	1,63 ± 0,52 ^a	1,29 ± 0,49 ^{ab}
49	1,0 ± 0 ^b	1,63 ± 0,52 ^a	1,63 ± 0,52 ^a	1,63 ± 0,52 ^a	1,60 ± 0,89 ^{ab}
56	1,0 ± 0 ^B	2,13 ± 0,35 ^A	1,75 ± 0,71 ^A	1,88 ± 0,35 ^A	2,0 ± 0,71 ^A
63	1,0 ± 0 ^B	2,25 ± 0,46 ^A	1,88 ± 0,64 ^A	2,13 ± 0,64 ^A	2,0 ± 0,71 ^A
70	1,0 ± 0 ^C	2,50 ± 0,53 ^A	1,88 ± 0,64 ^B	2,25 ± 0,71 ^{AB}	2,20 ± 0,45 ^{AB}
77	1,11 ± 0,33 ^C	2,75 ± 0,89 ^A	1,88 ± 0,64 ^B	2,43 ± 0,53 ^{AB}	2,40 ± 0,55 ^{AB}
84	1,22 ± 0,67 ^B	2,75 ± 0,89 ^A	2,13 ± 0,99 ^A	2,43 ± 0,53 ^A	2,40 ± 0,55 ^A

Superskrip ^{a, ab, b} berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) dan ^{A, AB, B, C} pada baris yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$). P0 adalah kontrol (tanpa FMA), P1 adalah FMA unggulan, P2 adalah FMA1 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 1000 ppm, P3 adalah FMA2 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 2000 ppm, dan P4 adalah FMA3 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 3000 ppm.

Jumlah Cabang Tanaman Alfalfa

Ketersediaan unsur hara mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan terbentuknya organ vegetatif seperti jumlah cabang. Pemberian jenis produk FMA terhadap jumlah cabang tanaman alfalfa disajikan pada Tabel 3. Perlakuan jenis produk FMA berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap jumlah cabang pada 35 HST dan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) pada 56 HST hingga akhir pengamatan (84 HST). Perlakuan FMA dari teknik fortifikasi nutrisi berbeda (P2, P3, P4) efektif meningkatkan jumlah cabang dibandingkan kontrol. Efektivitas FMA dalam meningkatkan jumlah cabang berkaitan dengan kelimpahan hara bagi tanaman inang.

Pertambahan jumlah cabang memiliki korelasi positif dengan penambahan jumlah daun tanaman alfalfa. FMA efektif meningkatkan ketersediaan hara, utamanya N dan P. Putriantari & Santosa (2014) bahwa jumlah cabang akan semakin bertambah seiring bertambahnya jumlah daun. Hal ini terjadi karena daun menghasilkan fotosintat yang menyebar ke seluruh bagian tanaman untuk pertumbuhan vegetatif tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah daun dan jumlah cabang. Selaras dengan Banurea *et al.* (2017) bahwa pertumbuhan cabang berkaitan dengan proses fotosintesis oleh daun. Penambahan FMA pada tanaman alfalfa memberikan hasil yang positif terhadap pertumbuhan jumlah cabang dan lebih baik dari kontrol. Adanya penambahan fortifikasi dalam produksi FMA dengan nutrisi lengkap yang dikombinasikan setengah dosis pupuk rekomendasi diketahui mampu mencukupi kebutuhan unsur hara yang seimbang sesuai dengan jumlah yang

dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhannya. Jumlah cabang pada dasarnya dipengaruhi oleh keberadaan auksin yang berperan dalam menstimulasi pembelahan sel dan pembentukan tunas baru (Rohmah & Saputro 2016).

Jumlah cabang memiliki pertumbuhan yang lebih baik pada tanaman yang diinokulasikan FMA. Fitria *et al.* (2022) menyatakan bahwa pertumbuhan jumlah cabang yang termasuk ke dalam pertumbuhan vegetatif tanaman berhubungan erat dengan penyerapan unsur hara yang maksimal dan simbiosis mutualisme yang terjadi antara mikoriza dan tanaman inang. Ghaisani *et al.* (2020) menambahkan bahwa inokulasi FMA tunggal (*G. aggregatum* dan *Acaulospora sp.*) dan ganda (*G. aggregatum-Acaulospora sp.*) mampu meningkatkan jumlah cabang pada tanaman cabai rawit dibandingkan kontrol. Struktur mikoriza berupa arbuskula dan vesikula dapat meningkatkan penyerapan unsur hara terutama P yang berperan dalam pembelahan sel meristematis sehingga mempengaruhi pembentukan cabang.

Diameter Batang dan Produksi Biomassa Alfalfa

Diameter batang alfalfa terhadap perlakuan FMA melalui fortifikasi nutrisi berbeda disajikan pada Tabel 4. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) meningkatkan diameter batang. Kualitas produk FMA dengan teknik fortifikasi nutrisi berbeda mampu meningkatkan diameter batang dibandingkan perlakuan kontrol (P0). Rataan diameter batang terendah ditunjukkan pada kontrol (P0) sebesar 1,08. Secara keseluruhan pemberian FMA menghasilkan performa yang serupa dan sama baik.

Tabel 4 Diameter batang dan produksi biomassa alfalfa terhadap pemberian jenis produk FMA berbeda

Parameter	Jenis produk mikoriza				
	P0	P1	P2	P3	P4
Diameter batang (cm)	1,08 ± 0,01 ^B	1,68 ± 0,31 ^A	1,61 ± 0,17 ^A	1,66 ± 0,28 ^A	1,57 ± 0,27 ^A
Bobot kering (g)	0,01 ± 0,01 ^C	0,17 ± 0,06 ^A	0,10 ± 0,05 ^B	0,13 ± 0,01 ^{AB}	0,14 ± 0,03 ^{AB}

Superskrip ^{A, AB, B, C} berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($p < 0,01$). P0 adalah kontrol (tanpa FMA), P1 adalah FMA unggulan, P2 adalah FMA1 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 1000 ppm, P3 adalah FMA2 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 2000 ppm, dan P4 adalah FMA3 yang diproduksi dengan teknik fortifikasi ABmix 3000 ppm.

Inokulasi FMA efektif meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman inang sehingga diameter batang meningkat. Rahmawati *et al.* (2021) bahwa simbiosis FMA meningkatkan ukuran diameter batang. FMA memiliki kemampuan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara dan air bagi kelangsungan hidup tanaman, sehingga menstimulasi elongasi sel batang melalui peningkatan pembelahan sel pada tanaman. Bhantana *et al.* (2021) menyatakan bahwa mikoriza menyediakan koneksi antara tanah dan akar tanaman yang kemudian menjajah korteks akar dan mengembangkan miselium ekstraseluler untuk penyediaan air dan nutrisi yang ada di tanah bagi tanaman inang. Mikoriza diketahui mampu melindungi akar tanaman dari serangan patogen, toleransi terhadap cekaman abiotik dan menciptakan lingkungan rizosfer yang baik sehingga secara tidak langsung mampu meningkatkan ketahanan alfalfa pada kondisi tropis.

Produksi biomassa alfalfa berdasarkan FMA berbeda ditunjukkan pada Tabel 4. Penambahan produk FMA berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) meningkatkan bobot kering tanaman alfalfa. Perlakuan FMA yang diproduksi melalui teknik fortifikasi nutrisi berbeda (P2, P3, P4) menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan kontrol. Biomassa hijauan dengan penambahan FMA pada tanaman alfalfa mampu meningkatkan biomassa hijauan terutama pada peubah bobot kering tanaman sebesar 94,12%. Biomassa menjadi indikator penting dalam mengukur respon tanaman terhadap fotosintesis dan suhu. Bobot kering menjadi indikator kualitas tanaman dalam kemampuannya menyerap unsur hara dengan baik bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Cedillo *et al.* 2021). Menurut Wijayanti *et al.* (2019) seiring meningkatnya jumlah daun dan tinggi tanaman maka bobot kering tanaman akan mengalami peningkatan nilai. Hasil ini diperkuat dengan peubah tinggi tanaman (Tabel 1) dan jumlah daun tanaman (Tabel 2) yang menunjukkan bahwa tanaman yang diinokulasikan FMA menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan kontrol sehingga meningkatkan biomassa total tanaman. Kemampuan FMA dalam meningkatkan biomassa total yaitu dengan menstimulasi sintesis fitohormon endogen pada tanaman inang (Lu *et al.* 2018; Fitria 2022). Tanaman yang bersimbiosis dengan FMA menghasilkan struktur khusus berupa arbuskula yang berperan dalam pertukaran mineral anorganik dan peningkatan serapan unsur hara makro dan mikro terutama P dan N secara signifikan sehingga terjadi akumulasi peningkatan biomassa pada tanaman tersebut (Begum *et al.* 2019; Karti *et al.* 2018).

SIMPULAN

Produk FMA dengan teknik fortifikasi nutrisi berbeda efektif bersimbiosis dan meningkatkan adaptasi serta produktivitas tanaman alfalfa (biomassa, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, dan diameter batang) dibanding kontrol. Kualitas FMA yang diproduksi dengan teknik fortifikasi nutrisi berbeda (produk FMA1, FMA2 dan FMA3) memiliki performa yang sama baik dengan FMA unggulan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi CA, Nurhatika S & Muhibuddin A. 2019. Pengaruh waktu inokulasi mikoriza arbuskular pada campuran media amb-0k dan pasir pantai terhadap pertumbuhan tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* var. Somporis). *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 8(2):38-42.
- Banurea DP, Abdullah L & Kumalasari NR. 2017. Evaluasi produksi biomassa dan karakteristik tajuk *Indigofera zollingeriana* pada jarak tanam yang berbeda. *Buletin Makanan Ternak*. 104(2):1-11.
- Begum N, Qin C, Ahanger MA, Raza S, Khan MI, Ashraf M, Ahmed N & Zhang L. 2019. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*. 10:1-15.
- Bhantana P, Malla R, Vista SP, Rana MS, Mohamed, Moussa G, Joshi BD, Shah S, Khadka D, Timsina GP, Poudel K, Zhihao D & Hu CX. 2021. Use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and zinc fertilizers in an adaptation of plant from drought and heat stress. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 38(3):30357-30373.
- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T & Malajczuk N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Canberra (AU). Australian Centre for International Agricultural Research.
- Cedillo VMG, Dianez F, Najera C & Santos M. 2021. Plant agronomic features can predict quality and field performance: a bibliometric analysis. *Agronomy*. 11(11):1-32.
- Daras U, Trisilawati O & Randriani E. 2011. Respon jambu mete bermikoriza terhadap pengurangan dosis pupuk npk. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*. 2(3):361-368.
- Finmeta AW, Mansur I & Wulandari AS. 2018. Pemanfaatan fungi mikoriza arbuskula lokal dan tanaman inang *Desmodium* spp. untuk meningkatkan pertumbuhan bibit cendana (*Santalum album* Linn.). *Jurnal Silviculture Tropika*. 9(1):37-43.
- Fitria A, Abdullah L & Karti PDMH. 2022. Pertumbuhan dan produksi *sorgum bicolor* pada kultur fungi mikoriza arbuskula (FMA) dengan sistem fertigasi dan fortifikasi nutrisi. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*. 20(2):51-57.
- Ghaisani AR, Lukiwati DR & Mansur I. 2020. Respon pertumbuhan dan hasil cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) akibat inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dan pemupukan fosfat. *Jurnal of Agro Complex*. 4(1):50-59.
- Hajoeningtjas OD. 2009. Ketergantungan tanaman terhadap mikoriza sebagai kajian potensi pupuk hayati mikoriza pada budidaya tanaman berkelanjutan. *Agritech*. 11(2):125-136.

- Hendarjanti H & Sukorini H. 2022. Aplikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada pembibitan untuk menekan kejadian penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. *Menara Perkebunan*. 90(2):119–133.
- Janouskova M, Krak K, Vosatka M, Puschel D & Storchova H. 2017. Inoculation effects on root-colonizing Arbuscular mycorrhizal fungal communities spread beyond directly inoculated plants. *Plos One*. 12(7):1–21.
- Karti PDMH, Prihantoro I & Setiana MA. 2018. Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum on production and nutrient content of *Pennisetum purpureum*. *Tropical Animal Science*. 41(2):114–120.
- Khairiyah Y, Widyastuti R & Ginting RCB. 2022. Efektivitas fungi mikoriza arbuskula pada tanaman singkong (*Manihot esculenta*) di tanah inceptisol Bogor. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 27(3):414–420.
- Lu LH, Zou YN & Wu QS. 2018. Relationship between arbuscular mycorrhizas and plant growth: Improvement or depression. In: *Giri B, Prasad R, Varma A. (eds). Root Biology. Soil Biology*, Jingzhou (CN) : Springer, Cham Vol. 52.
- Matondang AM, Syafruddin & Jumini. 2020. Pengaruh jenis dan dosis pupuk hayati mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) pada tanah andisol Lembah Seulawah Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 5(2):101–110.
- Nurhandayani R, Linda R & Khotimah S. 2013. Inventarisasi jamur mikoriza vesicular arbuscular dan rhizosfer tanah gambut tanaman nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr). *Jurnal Protobiont*. 2(3):146–151.
- Pareira MS & Agu YDES. 2021. Utilization of arbuscular mycorrhizal fungi and essential host plants to increase growth of sandalwood seeds (*Santalum album* L.). *Savana Cendana*. 6(1):16–18.
- Parman S & Harnina S. 2008. Pertumbuhan, kandungan klorofil dan serat kasar pada defoliasi pertama alfalfa (*Medicago sativa* L.) akibat pemupukan mikorisa. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 16(2):1–12.
- Phillips JM & Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55(1):158–161.
- Probosari RM. 2011. Pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) yang diinokulasi dengan campuran mikoriza va di tanah ultisol. *Prosiding Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi Surakarta*. 8(1):487–492.
- Proborini MW & Darmayasa IBG, Yusup DS, Subagio JN. 2020. Cendawan mikoriza arbuskula (CMA) *gigaspora* sp. sebagai pupuk hayati pada pembibitan mete (*Anacardium occidentale* L.). *Jurnal Mikologi Indonesia*. 4(2):193–200.
- Putriantari M & Santosa E. 2014. Pertumbuhan dan kadar alkaloid tanaman leunca (*Solanum americanum* Miller) pada beberapa dosis nitrogen. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 5(3):175–182.
- Rahmawati N, Sitepu FE & Tarigan MFA. 2021. Effectiveness of mycorrhizae on growth and production of orange sweet potato at various watering level. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 782. 042046.
- Rini MV, Pertiwi KD & Saputra H. 2017. Seleksi lima isolate fungi mikoriza arbuscular untuk kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan. *Jurnal Agrotek Tropika*. 5(3):138–143.
- Rohmah EA & Saputro TB. 2016. Analisis pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L.) varietas grobogan pada kondisi cekaman genangan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5(2):29–33.
- Sajimin. 2011. Medicago sativa L (alfalfa) sebagai tanaman pakan ternak harapan di Indonesia. *Jurnal Wartazoa*. 2(21):91–98.
- Simanungkalit AH, Hanafiah AS & Sabrina T. 2019. Uji potensi beberapa jenis jamur mikoriza vesikular arbuskular (MVA) terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) di tanah inceptisol. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 7(1):213–222.
- Subantoro, R. 2009. Mengenal karakter mutan Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Mediagro*. 5(2):50–62.
- Suwignyo B & Sasongko H. 2019. The effect of fresh and hay alfalfa (*Medicago sativa* L.) supplementation on hybrid duck performance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 387 (1). 12085.
- Suwignyo B, Rini EA & Helmiyati S. 2023. The profile of tropical alfalfa in Indonesia: a review. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 30(1): 1–3.
- Talanca H. 2010. Status cendawan mikoriza vesikular-arbuskular (MVA) pada Tanaman. In: *Prosiding Pekan Serealia Nasional . Maros ID* : Balai Penelitian Tanaman Serealia, Sulawesi Selatan (pp 353–357).
- Wijayanti P, Hastuti ED & Haryanti S. 2019. Pengaruh masa inkubasi pupuk dari air cucian beras terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 4(1):21–28.

- Hendarjanti H & Sukorini H. 2022. Aplikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada pembibitan untuk menekan kejadian penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. *Menara Perkebunan*. 90(2):119-133.
- Janouskova M, Krak K, Vosatka M, Puschel D & Storchova H. 2017. Inoculation effects on root-colonizing Arbuscular mycorrhizal fungal communities spread beyond directly inoculated plants. *PLoS One*. 12(7):1-21.
- Karti PDMH, Prihantoro I & Setiana MA. 2018. Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum on production and nutrient content of *Pennisetum purpureum*. *Tropical Animal Science*. 41(2):114-120.
- Khairiyah Y, Widyastuti R & Ginting RCB. 2022. Efektivitas fungi mikoriza arbuskula pada tanaman singkong (*Manihot esculenta*) di tanah inceptisol Bogor. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 27(3):414-420.
- Lu LH, Zou YN & Wu QS. 2018. Relationship between arbuscular mycorrhizas and plant growth: Improvement or depression. In: *Giri B, Prasad R, Varma A. (eds). Root Biology. Soil Biology*, Jingzhou (CN) : Springer, Cham Vol. 52.
- Matondang AM, Syafruddin & Jumini. 2020. Pengaruh jenis dan dosis pupuk hayati mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) pada tanah andisol Lembah Seulawah Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 5(2):101-110.
- Nurhandayani R, Linda R & Khotimah S. 2013. Inventarisasi jamur mikoriza vesikular arbuskular dan rhizosfer tanah gambut tanaman nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr). *Jurnal Protobiont*. 2(3):146-151.
- Pareira MS & Agu YDES. 2021. Utilization of arbuscular mycorrhizal fungi and essential host plants to increase growth of sandalwood seeds (*Santalum album* L.). *Savana Cendana*. 6(1):16-18.
- Parman S & Harnina S. 2008. Pertumbuhan, kandungan klorofil dan serat kasar pada defoliasi pertama alfalfa (*Medicago sativa* L.) akibat pemupukan mikorisa. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 16(2):1-12.
- Phillips JM & Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55(1):158-161.
- Probosari RM. 2011. Pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) yang diinokulasi dengan campuran mikoriza va di tanah ultisol. *Prosiding Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi Surakarta*. 8(1):487-492.
- Proborini MW & Darmayasa IBG, Yusup DS, Subagio JN. 2020. Cendawan mikoriza arbuskula (CMA) *gigaspora* sp. sebagai pupuk hayati pada pembibitan mete (*Anacardium occidentale* L.). *Jurnal Mikologi Indonesia*. 4(2):193-200.
- Putriantari M & Santosa E. 2014. Pertumbuhan dan kadar alkaloid tanaman leunca (*Solanum americanum* Miller) pada beberapa dosis nitrogen. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 5(3):175-182.
- Rahmawati N, Sitepu FE & Tarigan MFA. 2021. Effectiveness of mycorrhizae on growth and production of orange sweet potato at various watering level. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 782. 042046.
- Rini MV, Pertiwi KD & Saputra H. 2017. Seleksi lima isolate fungi mikoriza arbuskular untuk kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan. *Jurnal Agrotek Tropika*. 5(3):138-143.
- Rohmah EA & Saputro TB. 2016. Analisis pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L.) varietas grobogan pada kondisi cekaman genangan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5(2):29-33.
- Sajimin. 2011. *Medicago sativa* L (alfalfa) sebagai tanaman pakan ternak harapan di Indonesia. *Jurnal Wartazoa*. 2(21):91-98.
- Simanungkalit AH, Hanafiah AS & Sabrina T. 2019. Uji potensi beberapa jenis jamur mikoriza vesikular arbuskular (MVA) terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) di tanah inceptisol. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 7(1):213-222.
- Subantoro, R. 2009. Mengenal karakter mutan Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Mediagro*. 5(2):50-62.
- Suwignyo B & Sasongko H. 2019. The effect of fresh and hay alfalfa (*Medicago sativa* L.) supplementation on hybrid duck performance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 387 (1). 12085.
- Suwignyo B, Rini EA & Helmiyati S. 2023. The profile of tropical alfalfa in Indonesia: a review. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 30(1): 1-3.
- Talanca H. 2010. Status cendawan mikoriza vesikular-arbuskular (MVA) pada Tanaman. In: *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. . Maros ID) : Balai Penelitian Tanaman Serealia, Sulawesi Selatan (pp 353-357).
- Wijayanti P, Hastuti ED & Haryanti S. 2019. Pengaruh masa inkubasi pupuk dari air cucian beras terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 4(1):21-28.