

Biokontrol Mikoriza *Glomus* sp. terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*) Terinfeksi Hawar Daun

Biocontrol of Mycorrhiza Glomus sp. on Growth and Productivity of Red Beans (Phaseolus vulgaris) Infected by Leaf Blight

Adelin Novelia* dan Yuliani

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: adelin.18020@mhs.unesa.ac.id

Abstrak. Kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) merupakan sayuran yang banyak dikonsumsi namun mengalami fluktuasi produksi akibat serangan hawar daun (*common bacteria blight*). Pengendalian penyakit dengan bahan kimia menyebabkan dampak negatif sehingga diperlukan adanya alternatif menggunakan agen biologi yaitu mikoriza. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh mikoriza terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang merah terserang hawar daun. Penelitian eksperimental ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan satu perlakuan dan empat taraf konsentrasi mikoriza (0 gram, 5 gram, 10 gram, dan 15 gram). Tanaman kacang merah berumur 10 HST diinokulasi mikoriza dan diinfeksi 5 ml *Xanthomonas campestris* pada bagian tajuk. Parameter penelitian adalah pertumbuhan yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah bunga, berat basah, panjang akar, dan produktivitas yang meliputi jumlah dan berat polong, jumlah bintil akar, serta intensitas dan laju perkembangan penyakit yang diamati hingga 60 HST. Hasil penelitian dianalisis menggunakan Anova satu arah dilanjutkan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian mikoriza berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang merah. Inokulasi mikoriza 10 dan 15 gram memberikan hasil terbaik dan tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman, dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan 15 gram mikoriza juga mampu meningkatkan ketahanan tanaman kacang merah terhadap infeksi hawar daun.

Kata kunci: hawar daun; kacang merah; mikoriza

Abstract. Red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a vegetable that is mostly consumed, but has fluctuated production due to leaf blight or common bacterial blight. Disease control with chemicals causes negative impacts so there needs to be an alternative using biological agents, one of which is mycorrhizal. This research aims to know the effect of mycorrhizal concentration on the growth and productivity of red beans infected by leaf blight. This experimental study used Randomized Block Design (RBD) with a treatment and four levels of mycorrhizal concentrations (0 grams, 5 grams, 10 grams, and 15 grams). Red bean plants aged 10 DAP were inoculated with mycorrhizae and infected with 5 ml of *Xanthomonas campestris* in the canopy. Research parameters were growth, which include plant height, number of leaves, number of flowers, wet weight, root length, and plant productivity, which include the number and weight of pods, the number of root nodules, as well as the intensity and rate of disease progression observed until 60 DAP. The result data were analyzed by using one-way ANOVA and followed by Duncan's test. The result showed that mycorrhizae significantly affected the growth and productivity of red beans. The best results were mycorrhizal inoculation of 10 and 15 grams gave but was not significantly different on plant growth and productivity, compared to other treatment. The treatment of 15 grams of mycorrhizal was also able to increase the resistance of red bean plants to leaf blight infection.

Keywords: leaf blight; mycorrhizae; red bean

PENDAHULUAN

Kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.), *kidney bean*, atau kacang jogo adalah salah satu sayuran semusim yang banyak dikonsumsi di Indonesia (Pratama dkk., 2019; Tanjung dkk., 2021). Kacang merah merupakan kacang buncis tipe tegak yang dipanen setelah polong tua (*bush bean*) dan dikonsumsi berupa kacang kering (Rumaal dkk., 2016). Sayuran ini mengandung asam folat, kalsium,

karbohidrat, serat, dan protein dengan jumlah tinggi yang hampir sama dengan kandungan protein pada daging (Candra, 2012). Berbagai varietas telah beredar dan dibudidayakan oleh masyarakat (Rukmana, 2014). Daerah-daerah produsen tertinggi yaitu Bandung, Cipanas, Bogor, dan Pulau Lombok (Nugraheni dan Andian, 2018). Rata-rata penyediaan berdasarkan data Statistik Konsumsi Pangan tahun 2020 mencapai 61 ribu ton/kapita sehingga menyebabkan ketersediaan kacang merah hanya 0,22 kg/kapita per tahun. Kecamatan Sembalun, Lombok Timur merupakan salah satu wilayah terdampak kekurangan bahan baku untuk industri pada 2017 akibat hasil panen hanya 0,354 ton (20 Ha) (Sholikhah, 2018).

Data produksi menurut Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2013-2018 terus mengalami fluktuasi. Meskipun jumlah produksi pada 2018 menurun 8,72% (67 ribu ton), komoditas ini termasuk salah satu kacang polong yang diminati di dunia, misalnya Singapura, Hongkong, Malaysia, Australia, dan Inggris (Amilda dkk., 2010; Yanto dkk., 2018). Namun demikian, instabilitas produksi nasional menyebabkan ekspor tahun 2018 menunjukkan angka terendah dibandingkan komoditas lain, yakni total berat bersih 31 kg dengan nilai ekspor 82 US \$.

Kendati terjadi peningkatan luas lahan setiap tahun, usaha budidaya kacang merah menghadapi banyak kendala salah satunya akibat serangan bakteri yang berada pada peringkat ketiga penyebab kerugian dan kegagalan panen (Kalauw dkk., 2015; Kawulusan, 2014). Komoditas ini memiliki umur simpan pendek karena sifat dinding sel yang elastis sehingga mudah menyerap air dari lingkungan (Pangastuti dkk., 2013). Karakteristik tersebut memengaruhi perubahan kualitas biji berupa peningkatan kadar air tinggi, kerusakan oleh alat pertanian selama masa tanam, pemanenan, maupun penyimpanan, serta terserang hama dan penyakit tanaman.

Penyakit hawar daun atau *common bacteria blight* merupakan penyakit yang disebabkan infeksi *Xanthomonas campestris* (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*). Gejala berupa bercak kuning pada bagian tepi daun yang akan meluas sehingga daun terlihat layu, kering, dan berwarna cokelat dengan dikelilingi halo kuning (Ratnawinda, 2017). Pada serangan berat, menurut Robert (2005) daun terlihat seperti tersiram air panas, jaringan daun mengering, keseluruhan berwarna kuning, dan rontok. Sutarman (2017) menambahkan bahwa serangan *Xanthomonas* dapat meluas melalui tulang daun dan masuk ke batang serta terjadi perubahan warna pada kotiledon (Savitri, 2020).

Mutlu dkk. (2008) menyebutkan tingkat kerugian dan penurunan kualitas akibat hawar daun dapat melebihi 40% di Amerika Selatan, Amerika Utara, Asia, Karibia, Afrika, dan Eropa. Pada tahun 1918, sebanyak 75% ladang di New York mengalami kerugian signifikan. Pada tahun berikutnya, kerugian di Amerika Serikat mencapai 4 juta USD. Penyakit ini juga menginfeksi lahan pertanian di Rumania sebanyak 45% pada tahun 1962-1969 (EFSA Panel on Plant Health, 2014). Sementara itu, di Indonesia pada 2017, insidensi serangan hama dan penyakit di Kepuh Rajo, Malang mencapai 66% yang didominasi hawar daun (Ratnawinda, 2017). Seran dan Raharjo (2018) menjelaskan pada 2017 di Kecamatan Miomaffo Barat (Eban), Nusa Tenggara Barat mengalami penurunan produksi akibat hujan berlebihan yang meningkatkan infeksi hawar daun.

Pengendalian penyakit yang menyerang tanaman budidaya di Indonesia masih menggunakan bahan kimia yang memberikan efek negatif bagi lingkungan dan konsumen, serta pembengkakan biaya produksi (Lewar dan Hasan, 2017). Hal ini karena penyebaran patogen umumnya melalui benih dan sisa lahan bekas tanaman terinfeksi. Benih dapat membusuk maupun keriput, sedangkan bibit terinfeksi dapat kehilangan seluruh tajuknya. Namun demikian, penggunaan bahan kimia dapat menyebabkan kerusakan tanah pada aspek biologi, fisika, maupun kimia seperti gangguan aktivitas mikroba maupun pencucian hara (Setiyo dkk., 2016; Ellouze dkk., 2014; Wahyunto dan Dariah, 2014). Penggunaan pestisida pada budidaya kacang merah berbanding lurus terhadap penurunan produksi di Kabupaten Bandung Barat. Peningkatan pestisida sebanyak 1% menyebabkan produksi menurun 0,29% (Deviani dkk., 2019).

Mikoriza dapat digunakan sebagai alternatif pengendalian penyakit pada tanaman yang ramah lingkungan dan efektif. Beberapa penelitian menyatakan bahwa mikoriza menyebabkan tanaman lebih resisten terhadap serangan penyakit. Putri dkk. (2016) mengemukakan bahwa pemberian 30 gram mikoriza mampu menekan intensitas penyakit bercak ungu pada tanaman cengkih yang ditandai adanya akumulasi asam salisilat. Perlakuan tunggal mikoriza maupun kombinasi dengan khamir dapat dimanfaatkan sebagai agen pengendali *Botryodiplodia theobromae* penyebab busuk batang jeruk (Khairani dkk., 2017). Inokulasi mikoriza dapat meningkatkan ketahanan tanaman padi terhadap serangan hawar daun bakteri (Yanti dkk., 2018).

Hingga saat ini belum pernah dilakukan penelitian tentang peranan mikoriza sebagai biokontrol terhadap infeksi *Xanthomonas campestris* pada kacang merah. Hajoeningtjias dkk. (2009)

melaporkan *P. vulgaris* menunjukkan ketergantungan terhadap mikoriza dengan nilai TPAM (Tanggap Pertumbuhan Akibat Mikoriza) sebesar 1,692%. Husin (1992) dan Yefriwati dkk. (2011) juga mengemukakan mikoriza menginfeksi dan bersimbiosis dengan *Leguminosae*, seperti kedelai dan buncis tegak. Pemberian 100 gpot⁻¹ mikoriza pada *P. vulgaris* menurunkan fosfat potensial pada tanah andisol dan meningkatkan ketersediaan fosfat tanah yang berpengaruh nyata terhadap bobot kering tanaman serta persentase infeksi mikoriza pada perakaran (Migusnawati, 2017). Perlakuan mandiri *Glomus* sp. 10 gram per tanaman menunjukkan pengaruh terbaik terhadap jumlah daun (umur 30, 40, 45 HST), luas daun, bobot kering, jumlah polong, hasil biji basah pada kacang merah. Interaksi antara dosis mikoriza (10 g/tanaman) dengan pupuk fosfat alam (3,6 g/tanaman) menunjukkan hasil signifikan terhadap jumlah bintil akar kacang merah (Pratama dkk., 2019).

Potensi mikoriza dan pemanfaatannya terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang merah terinfeksi hawar daun merupakan urgensi dalam penelitian ini. Intensitas dan laju perkembangan penyakit hawar daun diamati dengan metode Sudharma dkk. (2016). Analisis terkait keparahan penyakit merupakan hal penting yang digunakan untuk mengetahui perkiraan kehilangan hasil, peramalan tingkat penyakit, serta sistem pengendalian untuk mereduksi kerugian karena serangan penyakit (Husain dkk., 2013). Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi mikoriza terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang merah terserang hawar daun *Xanthomonas*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Terdiri dari satu perlakuan dengan empat taraf konsentrasi mikoriza yaitu A (0 gram mikoriza dan tanpa *Xanthomonas campestris*), B (0 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*), C (5 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*), D (10 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*), dan E (15 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*) dengan lima ulangan. Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan yakni bulan November 2021 sampai Januari 2022. Penanaman benih kacang merah dan mikoriza (inokulum campuran), penginfeksian *Xanthomonas campestris*, pengamatan pertumbuhan serta produktivitas kacang merah dilakukan di *green house* Jurusan Biologi, Universitas Negeri Surabaya.

Peralatan dan bahan dalam penelitian ini meliputi autoklaf, *laminar air flow* (LAF), plastik *wrap*, *aluminium foil*, *erlenmeyer*, *beaker glass*, *heater*, gelas ukur, spuit, corong, plastik PP, karet, tisu, bunsen, cawan petri, korek api, tabung reaksi, jarum ose, kertas label, rak tabung reaksi, *polybag*, botol *spray*, penggaris, cetok, sungkup mika, pinset, benih tanaman kacang merah varietas lokal Cianjur, tanah, pupuk kandang, pasir, media NA, isolat *Xanthomonas campestris* dari FNCC Universitas Gadjah Mada, kapas, spirtus, alkohol 70%, akuades steril, mikoriza *Glomus* sp. dalam bentuk inokulum campuran dari Jurusan HPT Universitas Brawijaya, TSP, Urea, dan KCl.

Persiapan media tanam dilakukan dengan cara mencampurkan tanah, pasir, dan pupuk kandang (1:1:1) kemudian disterilisasi dengan dikukus selama 1 jam suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$. Media tanam steril dimasukkan ke dalam *polybag* ukuran 30 cm x 25 cm sebanyak 5 kg. Benih kacang merah dilakukan *seed treatment* dengan merendam pada air hangat suhu 50°C selama 30 menit. Benih diseleksi yang berkualitas baik (benih tenggelam). Benih ditanam pada media sebanyak 3 buah pada tiap *polybag* diikuti pemberian urea (0,50 gram/tanaman), TSP (0,25 gram/tanaman), dan KCl (0,25 gram/tanaman). Pada umur 10 HST dipilih satu bibit terbaik. Tanah steril dilubangi sedalam 5 cm untuk meletakkan mikoriza dalam bentuk inokulum campuran sesuai perlakuan. Sebanyak 1 biakan ose patogen *Xanthomonas campestris* dihomogenkan dengan 5 ml akuades steril. Penginfeksian patogen dilakukan dengan penyemprotan pada tajuk tanaman berumur 10 HST. Tanaman disungkup selama 24 jam. Pemeliharaan meliputi penyiraman pagi dan sore serta pemupukan susulan pada umur 20 HST menggunakan urea 0,50 gram/tanaman.

Pengamatan dilakukan selama 7 minggu setelah perlakuan (60 HST) meliputi pertumbuhan yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah bunga, berat basah, panjang akar, dan produktivitas meliputi jumlah dan berat polong per tanaman serta jumlah bintil akar. Intensitas penyakit dihitung dengan ditetapkan skor dari setiap kategori serangan setiap seminggu sekali selama 7 minggu merujuk rumus Sudharma dkk. (2016). Berdasarkan perhitungan intensitas penyakit, dihitung laju perkembangan penyakit menurut van der Plank (1963).

$$IP = \frac{\sum (n \times xv)}{N \times Z} \times 100\%$$

IP : Intensitas serangan hawar daun

n : Jumlah daun

v : Skor daun yang diamati
 N : Jumlah total daun yang amati
 z : Nilai skor kategori serangan tertinggi

$$r = \frac{2,30259}{t} \log_{10} \frac{X_t}{X_o}$$

r : laju perkembangan penyakit

2,30259 : bilangan hasil konversi logaritma alami ke logaritma biasa ($\ln x = 2,30259 \log x$)

t : selang waktu pengamatan, misalnya 7 hari

X_t : proporsi bagian tanaman yang sakit waktu ke t (diperoleh dari nilai intensitas penyakit, misalnya intensitas penyakit 25% maka proporsi tanaman yang sakit 0,25)

X_o : proporsi awal bagian tanaman yang sakit

Apabila proporsi daun yang sakit lebih dari 0,05 maka harus ada faktor koreksi sehingga rumus dimodifikasi sebagai berikut:

$$r = \frac{2,30259}{t_2 - t_1} \log_{10} \frac{X_2(1-X_1)}{X_1(1-X_2)}$$

Tabel 1. Skor kategori serangan hawar daun

Skor Kategori Serangan	Keterangan
0	Luas daun tanaman yang diamati sehat (tanpa gejala)
1	≤ 25% luas daun menimbulkan gejala sakit (kriteria ringan)
2	> 25% - 50% luas daun menimbulkan gejala (kriteria sedang)
3	> 50% - 75% luas daun menimbulkan gejala (kriteria berat)
4	> 75% luas daun menimbulkan gejala (kriteria sangat berat)

Data pertumbuhan, produktivitas, serta intensitas penyakit yang diperoleh dianalisis menggunakan SPSS 2.3 menggunakan uji *one-way* Anova kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan.

HASIL

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh mikoriza terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang merah. Hasil uji *one-way* Anova menunjukkan bahwa mikoriza berpengaruh signifikan ($p\text{-value} < 0,05$) terhadap seluruh parameter pertumbuhan minggu ke-7 (60 HST) dibandingkan tanpa mikoriza. Berdasarkan uji Duncan terlihat bahwa perlakuan A, B, dan C tidak menunjukkan beda nyata pada semua parameter tetapi perlakuan A, B, C berbeda nyata dengan perlakuan D dan E. Perlakuan D dan E atau pemberian mikoriza 10 dan 15 gram memperlihatkan hasil tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah bunga. Sementara itu, pada berat basah dan panjang akar inokulasi 15 gram membuktikan hasil berbeda nyata (Tabel 2.)

Tabel 2. Hasil pengukuran parameter pertumbuhan kacang merah minggu ke-7 (60 HST)

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Jumlah bunga (kuntum)	Berat basah (gram)	Panjang akar (cm)
A	69,6 ± 5,09 a	16,8 ± 2,9 ab	7,8 ± 6,97 ab	8,2 ± 1,3 ab	19,75 ± 2,5 ab
B	72,26 ± 23,12 a	8,2 ± 11,4 a	2,4 ± 3,91 a	3,2 ± 0,83 a	20 ± 3,92 a
C	84,74 ± 9,52 a	24,2 ± 3,2 bc	10,6 ± 3,04 bc	10,6 ± 0,54 b	22 ± 1,65 ab
D	124,38 ± 7,89 b	30,4 ± 6,7 c	15 ± 6,28 c	18 ± 4,47 c	29 ± 3,55 b
E	124,84 ± 2,94 b	31 ± 7,0 c	15,6 ± 4,39 c	28 ± 8,6 d	46 ± 6,64 c

Keterangan: (A) 0 gram mikoriza dan tanpa *Xanthomonas campestris*, (B) 0 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (C) 5 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (D) 10 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (E) 15 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*. Angka diikuti abjad yang sama dalam satu kolom tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji Duncan (α) 0,05

Hasil pengamatan terhadap produktivitas kacang merah ditunjukkan pada Tabel 3. Uji *one-way* Anova memberikan hasil bahwa mikoriza berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter produktivitas pada minggu ke-7 (60 HST). Analisis menggunakan uji Duncan menunjukkan perlakuan A, B, C, dan D tidak menunjukkan beda nyata terhadap jumlah polong dan berat polong per tanaman. Perlakuan C, D, E memperlihatkan hasil tidak berbeda nyata terhadap jumlah bintil akar serta D dan E tidak berbeda nyata pada jumlah polong. Namun demikian, inokulasi 15 gram mikoriza (perlakuan E) memberikan hasil terbaik pada produktivitas kacang merah serta menunjukkan hasil berbeda nyata terhadap berat polong per tanaman.

Gejala yang timbul akibat serangan hawar daun dihitung berdasarkan Sudhanta dkk. (2016) sehingga diperoleh hasil pada Tabel 4. Hasil perhitungan menunjukkan persentase intensitas serangan hawar daun menurun seiring pertambahan konsentrasi mikoriza. Berdasarkan uji *one-way* Anova disimpulkan bahwa mikoriza berpengaruh signifikan terhadap intensitas penyakit hawar daun. Intensitas penyakit tertinggi terjadi pada perlakuan B (0 gram mikoriza) dengan persentase sebesar 66,94%. Hasil uji Duncan memberikan hasil perlakuan D dan E tidak berbeda nyata dalam menekan intensitas penyakit. Sementara itu, inokulasi 15 gram mikoriza memberikan hasil terbaik dalam mencegah infeksi *Xanthomonas campestris* dengan persentase 0% sebanding dengan perlakuan A (tanpa penginfeksi patogen).

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter produktivitas kacang merah minggu ke-7 (60 HST)

Perlakuan	Jumlah polong (buah)	Berat polong per tanaman (gram)	Jumlah bintil akar (buah)
A	0 ± 0 a	0 ± 0 a	6,6 ± 3,04 a
B	0 ± 0 a	0 ± 0 a	1,2 ± 2,16 a
C	0,4 ± 0,89 a	0,1 ± 0,22 a	210,8 ± 16,63 b
D	3,25 ± 3,13 ab	0,78 ± 0,89 a	214,8 ± 15,94 b
E	10,2 ± 7,01 b	3,1 ± 2,94 b	221,6 ± 14,72 b

Keterangan: (A) 0 gram mikoriza dan tanpa *Xanthomonas campestris*, (B) 0 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (C) 5 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (D) 10 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (E) 15 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*. Angka diikuti abjad yang sama dalam satu kolom tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji Duncan (α) 0,05

Tabel 4. Hasil pengukuran intensitas penyakit minggu ke-4 (38 HST)

	Perlakuan	Intensitas Penyakit (%)
A	0 gram mikoriza dan tanpa <i>Xanthomonas campestris</i>	0 ± 0 a
B	0 gram mikoriza + <i>Xanthomonas campestris</i>	66,93237 ± 45,3 b
C	5 gram mikoriza + <i>Xanthomonas campestris</i>	6,261838 ± 2,04 ab
D	10 gram mikoriza + <i>Xanthomonas campestris</i>	2,567978 ± 1,57 a
E	15 gram mikoriza + <i>Xanthomonas campestris</i>	0 ± 0a

Keterangan: (A) 0 gram mikoriza dan tanpa *Xanthomonas campestris*, (B) 0 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (C) 5 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (D) 10 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (E) 15 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*. Angka diikuti abjad yang sama dalam satu kolom tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji Duncan (α) 0,05

Berdasarkan hasil perhitungan intensitas penyakit dapat diketahui laju perkembangan penyakit hawar daun pada Tabel 5. Perkembangan penyakit tertinggi terlihat pada perlakuan B minggu ke-3 (0,2775129) dan minggu ke-5 sebesar 0,32189792. Pada minggu ke-4 dan ke-6 terjadi penurunan perkembangan penyakit akibat keseluruhan bagian tanaman beberapa unit perlakuan terserang gejala berat sehingga mengalami kematian. Perkembangan penyakit pada perlakuan B, C, dan D mengalami fluktuasi yaitu terjadi penurunan nilai apabila intensitas penyakit menunjukkan persentase sama dengan minggu sebelumnya. Perlakuan E memberikan hasil terbaik dalam mencegah perkembangan hawar daun yang dibuktikan dengan laju nilai 0 sebanding perlakuan tanpa patogen (A).

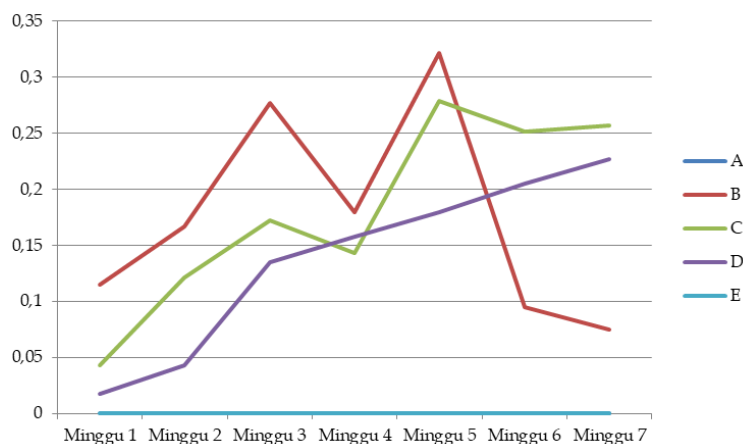
Tabel 5. Laju perkembangan penyakit hawar daun selama 7 minggu (60 HST)

Pengamatan Minggu ke-	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1 (17 HST)	0	0,11493506	0,043182	0,018182	0
2 (24 HST)	0	0,16688141	0,121433	0,043635	0
3 (31 HST)	0	0,2775129	0,172193	0,134901	0
4 (38 HST)	0	0,17973898	0,143736	0,158083	0
5 (45 HST)	0	0,32189792	0,279274	0,179734	0
6 (52 HST)	0	0,09484901	0,25206	0,205207	0
7 (60 HST)	0	0,07543001	0,257528	0,227378	0

Keterangan: (A) 0 gram mikoriza dan tanpa *Xanthomonas campestris*, (B) 0 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (C) 5 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (D) 10 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (E) 15 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*.

Infeksi hawar daun tertinggi ditunjukkan pada perlakuan B (tanpa mikoriza) diikuti grafik menurun pada minggu ke-4 dan ke-6 akibat gejala berat sehingga beberapa unit perlakuan

mengalami kematian. Inokulasi 10 gram mikoriza menyebabkan perkembangan penyakit lebih lambat dibandingkan dengan 5 gram mikoriza. Pemberian 15 gram mikoriza memberikan hasil terbaik dalam mencegah hawar daun dengan tidak menunjukkan gejala penyakit sehingga grafik mendatar sejajar angka 0 yang sebanding dengan perlakuan A (tanpa patogen) (Gambar 1.)



Gambar 1. Laju perkembangan penyakit hawar daun selama 7 minggu (60 HST). (A) 0 gram mikoriza dan tanpa *Xanthomonas campestris*, (B) 0 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (C) 5 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (D) 10 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*, (E) 15 gram mikoriza + *Xanthomonas campestris*.

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data dapat diketahui bahwa mikoriza berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang merah. Pemberian perlakuan A, B, C berbeda nyata dengan perlakuan D dan E. Pemberian mikoriza 10 dan 15 gram menunjukkan hasil terbaik dan secara statistik tidak menunjukkan perbedaan (Tabel 2). Hal ini dapat terjadi karena konsentrasi 10 gram telah mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memperluas penyerapan unsur N, K, Cu, Mn, Mg, terutama unsur P sehingga menunjang pertumbuhan dan produktivitas (Charisma dkk., 2012). Penelitian ini sesuai dengan hasil Putri dkk. (2019) yang menyatakan bahwa pemberian mikoriza berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kacang hijau.

Hasil penelitian membuktikan bahwa terdapat pengaruh signifikan pemberian mikoriza terhadap tinggi tanaman (Tabel 2). Mikoriza merupakan mikroorganisme yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman dengan jejaring hifa yang memaksimalkan aliran air secara efektif dan intensif (Sastrahidayat, 2011). Simbiosis inang dengan mikoriza dapat membantu memaksimalkan perolehan hara melalui perluasan bidang serapan oleh hifa. Mikoriza pada dasarnya lebih dominan dalam pengambilan unsur P di tanah (Brundrett dkk., 1996; Yulipriyanto, 2010). Penelitian Yuliani dan Rahayu (2018) juga menyebutkan bahwa pemberian mikoriza meningkatkan P tanah sebesar 60,33. Enzim fosfatase serta senyawa pengikat Fe dan Al, mampu meningkatkan kelarutan P tanah sehingga kebutuhan akan fosfor tercukupi. Fosfor merupakan unsur yang menyusun asam nukleat, berperan dalam metabolisme karbon, sintesis membran, aktivasi enzim, fiksasi nitrogen, menyediakan energi dalam bentuk ATP, ADP, Ppi, NADPH, serta berperan dalam pembentukan fosfolipid pada sel tanaman (Gunawan, 1994). Penyerapan fosfor yang maksimal diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Jamilah dkk., 2017). Mikoriza juga berkorelasi positif terhadap sekresi hormon dan zat pengatur tumbuh yang mengatur pembelahan dan pemanjangan sel (Hakiki, 2013; Warouw & Kainde, 2010).

Inokulasi mikoriza berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun tetapi tidak berbeda nyata antar konsentrasi (Tabel 2). Pertambahan tinggi merupakan respons pertama yang diberikan oleh tanaman yang menyebabkan pemanjangan dan perkembangan sel pada bagian ujung. Adanya respons tersebut akan memacu perkembangan tunas-tunas daun (Herdina, 2010). Perbedaan jumlah daun antara tanaman yang diinokulasi mikoriza dengan tanpa inokulasi mikoriza juga dapat dipengaruhi oleh perbedaan serapan hara N. Mikoriza memiliki struktur hifa eksternal halus yang mampu menyusup ke pori-pori tanah yang tidak dapat dijangkau oleh rambut akar sehingga memaksimalkan penyerapan unsur larut air seperti N, K, dan S (Harahap dkk., 2018; Sastrahidayat, 2011). Daun merupakan organ tanaman yang pertumbuhan dan perkembangannya dipengaruhi oleh unsur N. Adanya penambahan mikoriza akan membantu absorpsi N berlangsung secara maksimal

(Lakitan, 2004; Pratama dkk., 2015). Selain dipengaruhi oleh unsur N, pembentukan tunas daun pada tanaman juga dipengaruhi oleh unsur P yang berperan dalam fiksasi nitrogen serta perkembangan sel. Oleh karena itu, ketersediaan N dan P pada tanaman yang cukup akan menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan daun baru pada tanaman meningkat (Sarief, 1985).

Pemberian 15 gram mikoriza menunjukkan hasil berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain pada parameter berat basah tanaman (Tabel 2). Berat basah merupakan parameter pertumbuhan yang berkaitan dengan perkembangan daun dan laju fotosintesis. Interaksi antara unsur hara yang diperoleh serta jumlah daun berkorelasi positif terhadap kemampuan fotosintesis tanaman yang memengaruhi berat basah. Selain itu, unsur hara utama yang berperan terhadap berat basah tanaman adalah unsur N (Putra dkk., 2014). Hifa mikoriza mengoptimalkan serapan hara N sehingga berpengaruh terhadap jumlah dan luas daun, serta kemampuan fotosintesis pada tanaman. Asimilat yang dihasilkan pada fotosintesis akan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman. Dengan demikian, semakin baik serapan N oleh tanaman diimbangi dengan suplai air dan komponen nutrisi lain, maka akan berpengaruh positif terhadap jumlah asimilat yang dihasilkan. Hasil penelitian Farida dan Chozin (2015) memperlihatkan bahwa berat basah tanaman berbanding lurus dengan organ vegetatif tanaman. Peningkatan parameter jumlah daun dan tinggi tanaman akan berdampak pada berat basah yang dihasilkan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi mikoriza berpengaruh signifikan namun tidak berbeda nyata terhadap jumlah bunga (Tabel 2). Perkembangan bunga terjadi pada fase pertumbuhan generatif tanaman yang mana ketersediaan unsur hara terutama unsur P sangat memengaruhi proses tersebut. Inokulasi mikoriza pada tanaman dapat meningkatkan ketersediaan P tanah melalui produksi asam-asam organik (Fahmi dkk., 2020). Kebutuhan unsur P pada tanaman yang tercukupi akan menyebabkan proses metabolisme meningkat sehingga merangsang pembentukan bunga (Setiawati dkk., 2010). Pendapat tersebut sesuai hasil penelitian yang menunjukkan rata-rata jumlah bunga tanaman kacang merah yang diinokulasi mikoriza lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa inokulasi mikoriza.

Perlakuan 15 gram mikoriza menunjukkan hasil terbaik dan berbeda nyata terhadap panjang akar (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan penelitian Matsetio dkk. (2014) yang memperlihatkan bahwa pemberian mikoriza berpengaruh terhadap perkembangan akar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian berupa peningkatan panjang akar pada tanaman yang diinokulasi mikoriza. Akar merupakan organ yang berperan dalam penyerapan air, hara, maupun nutrisi lain di tanah yang dibutuhkan tanaman untuk melakukan proses fotosintesis. Perkembangan akar tanaman yang baik akan memperluas jangkauan tanah dan akses ke nutrisi sehingga mengoptimalkan pertumbuhan tanaman (Garg & Chandel, 2010).

Berdasarkan analisis data dapat diketahui bahwa mikoriza berpengaruh terhadap jumlah polong yang dihasilkan tanaman (Tabel 3). Hifa mikoriza membantu memperpendek jarak akar dengan hara serta mengangkut nutrisi yang bersifat *immobile* sehingga memengaruhi hasil fotosintesis dan produktivitas inang (Matsetio dkk., 2014). Pembentukan polong pada tanaman berkaitan dengan unsur P. Pendapat ini diperkuat oleh Hardjowigeno (2003) yang menyatakan bahwa fosfor berperan dalam berbagai proses metabolisme yang memengaruhi pembentukan komponen generatif dan hasil panen. Cahyono (2007) menambahkan bahwa tercukupinya unsur P pada tanaman akan meningkatkan jumlah dan pematangan polong. Keberhasilan pembentukan polong pada penelitian ini juga dipengaruhi bunga kacang merah yang mudah gugur dan rusak akibat faktor lingkungan berupa suhu tinggi maupun hembusan angin (Sunarjono, 2004; Senja, 2018). Rata-rata jumlah polong yang rendah juga disebabkan oleh pengamatan sebelum masa panen. Kacang merah umumnya menghasilkan 26 polong per tanaman pada tempat terdedah dan dapat dipanen setelah umur 73 HST (Rukmana, 2014; Hastuti dkk., 2019).

Pemberian mikoriza juga berpengaruh signifikan terhadap berat polong per tanaman serta perlakuan 15 gram menunjukkan hasil berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain. Rengganis dkk. (2014) mengemukakan bahwa pemberian mikoriza mampu meningkatkan serapan P tanah sehingga memaksimalkan pembentukan polong. Fosfor berperan dalam proses fotosintesis pada tanaman yang memengaruhi fotosintat yang dihasilkan. Kebutuhan fosfor yang tercukupi akan menyebabkan proses fotosintesis berjalan dengan baik sehingga berkorelasi positif terhadap hasil fotosintat dan berat polong (Pratama dkk. 2019).

Rata-rata jumlah bintil akar tanaman bermikoriza lebih tinggi dibandingkan tanpa inokulasi mikoriza (Tabel 3). Hal ini karena adanya interaksi antara mikoriza dengan *Rhizobium*. Kacang merah merupakan anggota *Legumes* yang secara alami bersimbiosis dengan *Rhizobium* membentuk bintil akar

untuk memenuhi kebutuhan nitrogen (Dwivedi dkk., 2015). Hasil penelitian Trisnawati dan Mubarik (2018) menunjukkan rata-rata jumlah bintil akar pada kacang merah sebanyak 34 bintil per tanaman. Jumlah bintil akar dipengaruhi oleh faktor biotik, kecocokan inang dengan bakteri, mikroorganisme lain yang ada di rhizosfer, serta daya dukung lingkungan (Hardjowigeno, 2010). Mikoriza menghasilkan hormon yang meningkatkan serapan air dan hara sehingga memaksimalkan metabolisme. Asimilat hasil produksi tersebut menyediakan energi bagi *Rhizobium* untuk membentuk bintil akar (Turmuktini, 2009). Hidayat (1996) menambahkan bahwa pembentukan nodul pada perakaran membutuhkan unsur P yang tinggi. Mikoriza yang mampu memaksimalkan ketersediaan serta penyerapan P merupakan faktor pendorong terbentuknya nodulasi dalam jumlah tinggi.

Jumlah bintil akar yang tinggi pada tanaman yang diinokulasi mikoriza menyebabkan fiksasi nitrogen berjalan maksimal sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman lebih baik dibandingkan tanpa mikoriza. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Purwaningsih (2015), adanya bintil akar pada perakaran inang merupakan indikator ketersediaan N yang tercukupi sehingga menunjang pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Nitrogen merupakan unsur esensial pada tanaman yang berperan dalam pertumbuhan vegetatif yaitu batang, daun, dan akar. Menurut Syakir dkk. (2015) nitrogen merupakan komponen klorofil, asam amino, senyawa metabolit sekunder, serta penyusun dinding sel. Unsur N pada tanaman yang terpenuhi akan meningkatkan laju fotosintesis yang berkaitan dengan hasil fotosintat serta produktivitas.

Penurunan konsentrasi mikoriza berbanding lurus dengan peningkatan intensitas penyakit (Tabel 4). Serangan hawar daun tertinggi terjadi pada tanaman tanpa inokulasi mikoriza sebesar 66,93%. Grafik perkembangan penyakit menunjukkan hal yang sama dimana penurunan konsentrasi mikoriza meningkatkan laju perkembangan penyakit hawar daun (Gambar 1). Penurunan kurva secara tajam di minggu ke-6 (56 HST) pada perlakuan tanpa mikoriza disebabkan oleh kematian 3 unit perlakuan akibat serangan berat. *Xanthomonas campestris* atau disebut *X. axonopodis* maupun *X. fuscans* memperlihatkan gejala berupa bercak kuning pada tepi daun yang akan meluas sehingga daun layu, kering, berwarna cokelat kekuningan (Ratnawinda, 2017). Serangan bakteri dapat meluas melalui tulang daun dan masuk ke batang (Sutarman, 2017). *Xanthomonas* mengadakan perbanyakan diri pada xilem yang menyebabkan sel-sel lisis. Aktivitas pengangkutan hara dan air akan terhambat sehingga mengganggu produksi fotosintat pada tanaman (Sarifuudin, 2019). Hal ini menyebabkan tanaman mengalami layu berujung kematian.

Inokulasi 15 gram mikoriza dapat menurunkan persentase infeksi hawar daun hingga 0% sebanding dengan perlakuan tanpa patogen, dengan demikian dapat meningkatkan ketahanan tanaman dan pada akhirnya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan (Tabel 4). Mikoriza mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi penyakit (Sudantha dan Yusrinawati, 2016). Beberapa penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa tanaman yang diberikan penambahan mikoriza lebih tahan terhadap serangan penyakit. Penggunaan mikoriza pada tanaman cabai mampu menunda munculnya penyakit daun keriting kuning akibat Begomovirus (Imron *et al.*, 2015). Selain itu, mikoriza juga dapat digunakan sebagai biokontrol tanaman jagung terhadap penyakit akibat jamur *Curvularia* sp. (Windasari *et al.*, 2019). Jamur mikoriza selain dapat meningkatkan pertumbuhan, juga mampu menekan intensitas dan laju perkembangan penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah (Sari dkk., 2016). Mikoriza memberikan respons fisiologis pada tanaman tomat dengan menghasilkan senyawa fitoaleksin yang melindungi dari serangan *Ralstonia solanacearum* (Aulia dkk., 2016). Aplikasi mikoriza memberikan perlindungan tanaman lada dari *Phytophthora capsici* karena perakaran diselimuti oleh hifa mikoriza. Semakin tinggi infeksi mikoriza pada tanaman lada dapat menurunkan insidensi penyakit busuk pangkal batang (Halim *et al.*, 2016). Inokulasi mikoriza pada tanaman jagung menunjukkan peningkatan senyawa fenol dan merangsang lignifikasi dinding sel untuk mengendalikan busuk pelepah akibat *Rhizoctonia solani* (Soenartiningih dan Adnan, 2013). Mikoriza juga berpengaruh terhadap tanaman yang tumbuh pada cekaman lingkungan. Mikoriza menunjukkan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan sawi hijau meliputi berat basah dan jumlah daun pada tanah pasir (Ginting dkk., 2018). Inokulasi 25 gram mikoriza memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang hijau pada cekaman air (Putri dkk., 2019).

Perakaran tanaman bermikoriza akan mengalami perubahan morfologi berupa penebalan dinding sel endodermis sehingga menghambat penetrasi patogen. Penebalan ini terjadi akibat akumulasi lignin, baik pada akar, daun, maupun batang. Hifa eksternal juga meningkatkan ketahanan terhadap patogen tular tanah dengan menyelubungi perakaran inang (Nurhayati, 2010). Suharti dkk. (2011) menyebutkan bahwa mikoriza meningkatkan daya tahan tanaman jahe karena adanya aktivitas

enzim dan senyawa kimia sehingga menghambat perkembangan *R. solanacearum*. Hasil penelitian Soenartiningih (2018) menyebutkan bahwa tanaman jagung yang diinokulasi mikoriza mengandung fenol tinggi. Akumulasi fenol meliputi flavonoid, isoflavonoid, dan tanin terjadi pada perakaran bermikoriza yang meningkatkan aktivasi enzim PAL (*Phenylalanine Ammonium Lyase*). Enzim ini diduga kuat merangsang sistem ketahanan tanaman terhadap patogen.

Morandi (1996) melaporkan bahwa terjadi peningkatan kitinase dan asam amino arginin pada perakaran tanaman yang menghambat sporulasi *Thielaviopsis basicola*. Scharff dkk. (1998) menyebutkan bahwa terjadi peningkatan fenil propanoid, sedangkan Krupa & Fries (1971) mengemukakan terdapat kandungan atsiri pada perakaran inang. Mikoriza berperan dalam akumulasi asam salisilat yang meningkatkan imunitas tanaman cabai terhadap serangan virus. Asam salisilat merupakan senyawa yang dapat memacu ekspresi gen *pathogenesis related* (PR)-protein yang bertugas untuk mencegah perbanyakan dan transmisi virus (Marlina dkk., 2010).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa pemberian 10 dan 15 gram mikoriza menunjukkan hasil terbaik dan tidak berbeda nyata terhadap seluruh parameter pengamatan. Namun demikian, inokulasi 15 gram mikoriza memberikan hasil terbaik serta menurunkan intensitas penyakit hingga 0% dibandingkan perlakuan lain. Dengan demikian, konsentrasi 15 gram mikoriza direkomendasikan untuk digunakan karena selain berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan dan produktivitas juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi hawar daun.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas kacang merah. Inokulasi mikoriza 10 dan 15 gram memberikan hasil yang terbaik dan tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman, dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan 15 gram mikoriza juga mampu meningkatkan ketahanan tanaman kacang merah terhadap infeksi hawar daun.

DAFTAR PUSTAKA

- Amilda P, Hajoeningtjias OD, dan Suyadi A, 2010. Pengaruh Dosis Kompos Fermentasi dan Penggunaan Pupuk Hayati Mikoriza Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agritech*, 12(1): 50-63.
- Amilia E, Joy B, dan Sunardi, 2016. Residu Pestisida pada Tanaman Hortikultura (Studi Kasus di Desa Cihanjuang Rahayu Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat). *Jurnal Agrikultura*, 27(1): 23-29.
- Aulia F, Susanti H, dan Fikri EN, 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati dan Mikoriza Terhadap Intensitas Serangan Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*), Pertumbuhan, dan Hasil Tanaman Tomat. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 41(2): 250-260.
- Badan Ketahanan Pangan, 2020. *Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2020*. Jakarta: Badan Ketahanan Pangan, Kementerian Pertanian.
- Badan Pusat Statistik (BPS-Statistic) Indonesia, 2018. *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Indonesia 2018*. Jakarta: BPS RI.
- Brundrett N, Bougher B, Dell T, Grove, dan Malajazuk N, 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. Canberra: Australian Centre for International Agriculture Research.
- Cahyono B, 2007. *Kacang Tanah*. Semarang: Rineka Cipta.
- Candra F, 2012. *Manfaat Kacang Merah*. <http://candrafandy.blogspot.com/2012/05/manfaatkacangmerah.html/5/6/12>. Diakses 14 Oktober 2021.
- Charisma A, Rahayu Y, dan Isnawati, 2012. Pengaruh Kombinasi Kompos Trichoderma dan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.)Merill) pada Media Tanam Tanah Kapur. *LenteraBio*, 1(3): 111-116.
- Deviani F, Rochdiani D, dan Saefudin BR, 2019. Analisis Faktor-faktor yang Memengaruhi Produksi Usahatani Buncis di Gabungan Kelompok Tani Lembang Agri Kabupaten Bandung Barat. *Agrisociconomics*, 3(2): 165-173.
- Dwivedi SL, Sahrawat KL, Upadhyaya HD, Mengonix A, Galardinix M, Bazzicalupox M, Biondi EG, Hungriajj M, Kaschuk G, Blair MW, and Ortizxx R, 2015. Advances in Host Plant and Rhizobium Genomics to Enhance Symbiotic Nitrogen Fixation in Grain Legumes. *Adv. Agron.*, 129: 1-116.
- EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014. Scientific Opinion on the pest categorisation of *Xanthomonas axonopodis* pv. phaseoli and *Xanthomonas fuscans* subsp. *fuscans*. *EFSA Journal*, 12(10): 3856.
- Ellouze W, Taheri AM, Bainard LD, Yang C, Bazghaleh N, Borrell AN, Hanson K, and Hamel C, 2014. Soil Fungal Resources in Annual Cropping Systems and Their Potential for Management. *BioMed Research International*. Article ID 531824.

- Fahmi NR, Anas I, Setiadi Y, Azis I, dan Citraresmini A, 2020. Uji Kemampuan Mikoriza dalam Meningkatkan Serapan P, Efisiensi Pupuk dan Hasil Tanaman Sorgum pada Tanah Latosol Menggunakan Teknik Isotop ^{32}P . *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 16(1): 47-57.
- Farida R dan Chozin MA, 2015. Pengaruh Pemberian Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) dan Dosis Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung (*Zea mays* L.). *Buletin Agrohorti*, 3(3): 323-329.
- Garg N and Chandel S, 2010. Arbuscular Mycorrhizal Networks: Process and Function. A review. *Agron Sustain Dev*, 30: 581-559.
- Ginting AEB, Yuliani Y, dan Dewi SK, 2018. Pengaruh Mikoriza Vesikular Arbuskular dan *Trichoderma harzianum* pada Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) di Tanah Liat dan Tanah Pasir. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 7(3).
- Gunawan AW, 1994. Mikoriza. Makalah Pengajaran Kursus Singkat Biologi Cendawan. Institut Pertanian Bogor.
- Hajoeningtjas OD, Amilda P, dan Suyadi A, 2009. Nilai Tanggap Pertumbuhan Akibat Mikoriza Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). Laporan Sementara Hasil Penelitian (tidak dipublikasikan). Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Hakiki TN, 2013. Respons Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max* L.) Merrill yang Diberi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanah Salin. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(2):421-427.
- Halim H, Mariadi M, Karimuna L, dan Hasid R, 2016. Peran Mikoriza Arbuskula pada Insidensi Penyakit Busuk Pangkal Batang Lada. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 12(5): 178
- Harahap LH, Hanafiah AS, dan Guchi H, 2018. Efektifitas Pemberian Mikoriza Terhadap Serapan Hara N dan P Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) pada Lahan dengan Cekaman Kekeringan yang Telah Diberi Bahan Organik di Desa Aek Godang Kecamatan Hulu Sihapas Kabupaten Padang Lawas Utara: The Effectivity Of Aplication Mycorrhiza Toward Absorpstion Of Nitrogen (N) and Phosporus (P) In the Land with DroughtStress That Have Been Given Organic Matter In The Village Aek Godang Districts Hulu Sihapas Regercy North Padang Lawas. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 6(1): 167-173.
- Hardjowigeno S, 2003. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Jakarta : Akademika Pressindo.
- Hardjowigeno S, 2010. *Ilmu Tanah* (edisi baru). Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hastuti ED, Saptaningsih E, dan Izzati M, 2019. Pengaruh Pematihan Dominansi Apikal Terhadap Produktivitas Tanaman Kacang-kacangan. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 4(2): 97-106.
- Herdina J, 2013. Pertumbuhan Beberapa Tanaman untuk Revegetasi yang Diinokulasi Ektomikoriza pada Lahan Bekas Tambang Batu Bara Ombilin. (Tesis). Pascasarjana Universitas Andalas, Padang.
- Hidayat A dan Rosliani R, 1996. Pengaruh Pemupukan N, P dan K pada Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah Kultivar Sumenep. *Jurnal. Hortikultura*, 5(5): 39-43.
- Husain W, Manengkey GSJ, dan Makal HVG, 2013. Insidensi Penyakit Karat pada Kacang Merah (*Vigna angularis* (Wild) Ohwi & H. Ohashi) di Kabupaten Minahasa. *Cocos*, 3(6): 1-6.
- Husin EF, 1992. Perbaikan Beberapa Sifat Kimia Tanah Podsolik Merah Kuning dengan Pemberian Pupuk Hijau Sesbania Rostrata dan Inokulasi Mikoriza Vesikular Arbuskular serta Efeknya Terhadap Serapan Hara dan Hasil Tanaman Jagung. [Disertasi]. UNPAD.
- Imron M, Suryanti, dan Sulandari S, 2015. Peranan Jamur Mikoriza Arbuskular terhadap Perkembangan Penyakit Daun Keriting Kuning Cabai. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 19 (2): 94-98.
- Jamilah M, Purnomowati P, dan Dwiputranto U, 2017. Pertumbuhan Cabai Merah (*Capsicum Annuum* L.) pada Tanah Masam yang Diinokulasi Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA) Campuran dan Pupuk Fosfat. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 33(1): 37-45.
- Kalauw SHS, Timisela NR, dan Tuhumury MTF, 2015. Analisis Faktor-faktor yang Memengaruhi Produksi Sayuran Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) di Dusun Telaga Kodok Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Agrilan*, 3(2): 140-156.
- Kawulusan MM, 2014. Populasi *Lamprosema indicata* (Lepidoptera: Pyralidae) pada Tanaman Kacang Merah di Kecamatan Tempaso dan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Cocos*, 4(6).
- Khairani HS, Sinaga TMP, dan Mutaqin KH, 2017. Mekanisme Pengendalian Penyakit Busuk Batang Jeruk oleh Khamir, Kitosan, Cendawan Mikoriza Arbuskular, dan Bakteri Simbiotiknya. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 13(1): 17-17.
- Krupa S and Fries N, 1971. Studies on Ectomycorrhizae of Pine. I. Production of Volatile Organic Compounds. *Canadian Journal of Botany*, 49(8): 1425-1431.
- Lakitan B, 2004. *Fundamentals of Plant Physiology*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Lewar Y, dan Hasan M, 2017. Aplikasi Biochar dan Volume Pemberian Air Terhadap Produksi Benih Kacang Merah Varietas Inerie Ngada di Dataran Rendah Lahan Kering Beriklim Kering. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 17: 212-219.
- Marlina, Susanna, dan Kausa CMF, 2010. Kemampuan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dalam Menekan Perkembangan *Colletotrichum capsici* Penyebab Antraknosa pada Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains*, 12(2): 37-42.
- Matsetio AM, Tunjung P, dan Yenny S, 2014. Jenis dan Potensi Fungi Mikoriza Asal Tanah Pasca Tambang Batubara dalam Mengendalikan Penyakit Busuk Batang *Fusarium* Sp. Pada Tanaman Jagung. (Doctoral dissertation). Universitas Bengkulu.

- Migusnawati, 2017. Ketersediaan P Andisol dan Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan Pemberian CMA dan Kotoran Sapi. *Jurnal IPTEKS Terapan*, 11(13): 168-176.
- Morandi D, 1996. Occurrence of Phytoalexins and Phenolic Compounds in Endomycorrhizal Interactions, and Their Potential Role in Biological Control. *Plant and soil*, 185(2): 241-251.
- Mutlu N, Vidaver AK, Coyne DP, Steadman JR, Lambrecht PA, and Reiser J, 2008. Differential Pathogenicity of *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* and *X. fuscans* subsp. *fuscans* Strains on Bean Genotypes with Common Blight Resistance. *Plant Disease*, 92(4): 546-554.
- Nugraheni dan Andian A, 2018. *Kacang-kacangan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nurhayati, 2010. Pengaruh Waktu Pemberian Mikoriza Vesikular Arbuskular Pertumbuhan Tomat. *J. Agrivigor*, 9(3): 280-284.
- Pangastuti HA, Affandi DR, dan Ishartani D, 2013. Karakterisasi Sifat Fisik dan Kimia Tepung Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan Beberapa Perlakuan Pendahuluan. *Jurnal Teknologi Pangan*, 2(1): 20-29.
- Pratama RA, Nizar A, dan Siswancipto T, 2019. Pengaruh Pemberian Berbagai Dosis Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) dan Pupuk Fوسفات Alam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) Lokal Garut. *Jurnal Agro Wiralodra*, 2(2): 43-51.
- Pratama RE, Mardhiansyah M, dan Oktorini Y, 2015. Waktu Potensial Aplikasi Mikoriza dan *Trichoderma* spp. untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai *Acacia mangium*. (Doctoral dissertation). Riau University.
- Purwaningsih S, 2015. Pengaruh Inokulasi Rhizobium Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L) Varietas Wilis di Rumah Kaca. *Berita biologi*, 14(1): 69-76.
- Putra DT, Samanhudi S, dan Purwanto P, 2014. Pengaruh Jenis Pupuk dan Tingkat Arbuskular Mikoriza Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jahe (*Zingiber officinale*). *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 16(2): 44-48.
- Putri AOT, Hadisutrisno B, dan Wibowo A, 2016. Pengaruh Inokulasi Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan Bibit dan Intensitas Penyakit Bercak Daun Cengkih. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 10(2): 145-154.
- Putri TE, Yuliani Y, dan Trimulyono G, 2019. Penggunaan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Genus *Glomus* untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata*) Pada Cekaman Air. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 8(2).
- Raisani NPM, Proborini MW, Suriani NL, dan Kriswiyanti E, 2020. Biokontrol Arbuskular Mycorrhizal Fungi (AMF) *Glomus* spp. Terhadap Infeksi *Fusarium oxysporum* Schlech et Fr. Pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Biologi Udayana*, 24(1): 38-45.
- Ratnawinda D, 2017. *Identifikasi Hama dan Penyakit pada Lahan Tanaman Buncis (Phaseolus vulgaris L.) serta Rekomendasi Keputusan Pengelolaan Agroekosistem*. Lamongan: Agroteknologi, Pertanian, Universitas Islam Darul 'Ulum.
- Rengganis RD, Hasanah Y, dan Rahmawati N, 2014. Peran Fungi Mikoriza Arbuskula dan Pupuk Rock Fosfat Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 2(3): 99805.
- Robert SJ, 2005. Transmission and Spread of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in Brassica Trans-Plants: Implications for Seed Health Standar. *Seed Health Symposium*.
- Rukmana R, 2014. *Sukses Budidaya Aneka Kacang Sayur di Pekarangan dan Perkebunan*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Rumaal S, Girsang W, dan Thenu SFW, 2016. Faktor-faktor yang Memengaruhi Pergeseran Beras di Desa Oirata Timur Kecamatan Pulau-Pulau Terselatan Kabupaten Maluku Barat Daya. *Agrilan*, 4(3): 17-28.
- Sari MP, Hadisutrisno B, dan Suryanti, 2016. Penekanan Perkembangan Penyakit Bercak Ungu pada Bawang Merah oleh Cendawan Mikoriza Arbuskula. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 12(6): 159-167.
- Sarief ES, 1985. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Bandung: Pustaka Buana.
- Sarifuddin, 2019. *Penyakit Kresak pada Tanaman Padi*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia
- Sastrahidayat IR, 2011. *Rekayasa Pupuk Hayati Mikoriza dalam Meningkatkan Produksi Pertanian*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Savitri DN, 2020. *Respons Kotiledon Buncis Terhadap Inokulasi Xanthomonas axonopodis pv. phaseoli dengan Metode One Dot One Drop*. Surakarta: Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret.
- Scharff AMI, Jakobsen, and Rosendahl L, 1998. The Effect of Symbiotic Microorganisms on Phytoalexin Content of Soybean Roots. *J. Plant Physiol*, 151:716-723.
- Senja OT, 2018. *Aplikasi Pupuk Nitrogen dan Hormon Giberelin Terhadap Produksi Tanaman Buncis (Phaseolus vulgaris L.)*. Program Studi Agroteknologim Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
- Seran AH dan Raharjo KTP, 2018. Cekaman Kekeringan Sesudah Masa Berbunga Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) pada Tanah Entisol. *Savana Cendana*, 3(3): 50-52.
- Setiawati T, Karmana O, dan Putri ST, 2010. Pertumbuhan Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L. c.v. GARUT) pada Tanah Latosol yang Inokulasi Mikofer dan Diberi Kompos Organik. *Jurnal Agrijati*, 14(1): 1-8.
- Setiyo Y, Gunam IBW, Gunadnya IBP, dan Tika IW, 2016. Bioremediasi In Situ Lahan Tercemar Pestisida oleh Mikroba yang ada pada Kompos. *The Excellence Research Univ. Udayana*.
- Sholikhah P, 2018. Analisis Usaha Agroindustri Kacang Merah "buncis" di Kecamatan Sembalun. *Artikel Ilmiah*. Lombok: Fakultas Pertanian, Universitas Mataram.

- Soenartiningih F dan Adnan AM, 2013. Identifikasi Beberapa Penyakit Utama pada Tanaman Sorgum dan Jagung di Sulawesi Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*, Balai Penelitian Tanaman Serealia Maros.
- Soenartiningih S, 2018. Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskular sebagai Media Pengendalian Penyakit Busuk Pelepah pada Jagung. *IPTEK TANAMAN PANGAN*, 8 (1): 48-53.
- Sudantha IM dan Yusrinawati, 2016. Peranan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dalam Meningkatkan Ketahanan Kekeringan, Ketahanan Penyakit, Pertumbuhan, dan Hasil pada Tanaman Bawang. Mataram: Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Lahan Kering Program Pascasarjana, Universitas Mataram.
- Sudharma IM, Sudana IM, Suniti NW, dan Puspawati NM, 2016. *Buku Penuntun Praktikum Epidemiologi Penyakit Tumbuhan*. Denpasar, Program Studi Agroekoteknologi. Fakultas Pertanian, Universitas Udayana.
- Suharti N, Habazar T, Nasir N, Dachryanus, Jamsari, 2011. Ketahanan Tanaman Jahe Terhadap Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) Ras 4 Menggunakan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Indigenus. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 11(1): 102-111.
- Sunarjono HH, 2004. *Bertanam 30 Jenis Sayuran*. Jakarta: Panebar Swadaya.
- Suryantini, 2015. Pembintilan dan Penambahan Nitrogen Pada Tanaman Kacang Tanah. *Monograf Balitkabi*, 13: 234-250.
- Sutarman, 2017. *Dasar-Dasar Ilmu Penyakit Tanaman*. Sidoarjo: UMSIDA Press.
- Syakir, Mastur, dan Syafaruddin, 2015. Peran dan Pengelolaan Hara Nitrogen pada Tanaman Tebu untuk Peningkatan Produktivitas Tebu. *Perspektif*, 14(2): 73-86.
- Tanjung DD, Purnamawati H, dan Susila AD, 2021. Pertumbuhan dan Hasil Buncis Tegak di Bawah Naungan di Dataran Rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 49(2): 199-205.
- Trisnawati D dan Mubarik NR, 2018. Keragaan Morfo-Fisiologi *Phaseolus* spp. yang Ditanam pada Ketinggian Tempat yang Berbeda (Morpho-Physiological Performance *Phaseolus* spp. on Different Altitudes). *J. Hort*, 28(1): 59-66
- Turmuktini T, 2009. Interaksi Antara Dosis Fungi Mikoriza Arbuskula Terhadap Pertumbuhan, Kuantitas, dan Kualitas Tiga Kultivar Kedelai. *Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus C*, 3: 79-83.
- Wahyunto W dan Dariah A, 2014. Degradasi Lahan di Indonesia: Kondisi Existing, Karakteristik, dan Penyeragaman Definisi Mendukung Gerakan Menuju Satu Peta. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 8(2).
- Warouw V and Kainde RP, 2010. Population of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Rhizosphere of Teak. *Eugenia*, 16(1) : 38 – 45.
- Windasari L, Proborini MW, dan Defiani MR, 2019. Biokontrol Endomikoriza Terhadap Jamur *Curvularia* sp. Penyebab Penyakit Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Simbiosis*, 7(2):28-36.
- Yanti S, Marlina M, dan Fikrinda F., 2018. Pengendalian Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Padi Sawah Menggunakan Fungi Mikoriza. *Jurnal Agroecotania: Publikasi Nasional Ilmu Budidaya Pertanian*, 1(2): 14-21.
- Yanto AH, Sunaryo Y, dan Widata S, 2018. Pengaruh Konsentrasi dan Interval Pemberian Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dalam Polybag. *Jurnal Ilmiah Agroust*, 2(2): 107-114.
- Yefriwati, Suswati, Habazar T, 2011. Peningkatan Ketahanan Bawang Merah (*Allium cepa* var *ascolonicum* Backer) terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*) dengan Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza II*.
- Yuliani Y and Rahayu YS, 2018. The Role of Teak Leaves (*Tectona grandis*), Rhizobium, and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae on Improving Soil Structure and Soil Nutrition. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288(1): 012158. IOP Publishing.
- Yulipriyanto H, 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Article History:

Received: 25 Januari 2022

Revised: 29 Januari 2022

Available online: Februari 2022

Published: 31 Mei 2022

Authors:

Adelin Novelia, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt. 2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: adelin.18020@mhs.unesa.ac.id

Yuliani, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt. 2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: yuliani@unesa.ac.id

How to cite this article:

Novelia A, Yuliani, 2022. Biokontrol Mikoriza *Glomus* sp. terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*) Terinfeksi Hawar Daun. *LenteraBio*, 11(2): 226-237