

Tanggapan Aksesori Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap Mikoriza di Lahan Sawah Bekas Padi

*Response of Mungbean Accessions (*Vigna radiata* L.) to Mycorrhizae After Continues Rice Cultivations*

Hafidh Izzudin, Taryono^{*)}, Muhammad Habib Widyawan

Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada
Jalan Flora No. 1, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia.

^{*)} Penulis untuk korespondensi E-mail: tariono60@ugm.ac.id

Diajukan: 25 Januari 2021 **/Diterima:** 07 Februari 2022 **/Dipublikasi:** 28 Februari 2022

ABSTRACT

National mungbean production has decreased during the period 2016 – 2018. One effort that can be made to increase productivity is to use biological agents, such as mycorrhiza because mycorrhizal inoculation is able to increase growth and yield components of plants This study aims to determine the response of several mungbean accessions to mycorrhiza inoculation and to choose accessions that are responsive to mycorrhiza inoculation as materials for genetics and physiological study mungbean dependence on mycorrhizae. This research was conducted at Agrotechnology Innovation Center, Universitas Gadjah Mada (AIC-UGM), Kalitirto, Berbah, Sleman, Yogyakarta. There are two factors included at the experiment i e. Mycorrhizal inoculation and accessions. The research was conducted using a splitted completely randomized design (CRD). The main factors were inoculation factor and the sub factor was 20 mungbean accessions. The observation included mycorrhiza infection, and yield components. Data obtained were analyzed using analysis of variance according to a completely randomized design, followed by Scott Knott test, and correlation analysis. In this study, mycorrhizal inoculation generally improve mungbean growth though each mungbean accession showed different response to mycorrhizal inoculation. The colonization of mycorrhizae in former paddy fields increased at each observation time, besides that the percentage of mycorrhizal infections showed a higher value in the inoculation treatment. Mycorrhizal inoculation was able to increase the number of pods per plant, seeds per pod, and seed weight per plant but had no effect on the weight of 100 seeds. Percentage of mycorrhiza infection at 20 days after sowing significantly related to seed weight/plant. The results provided information that accession numbers 788, 797, 798, 805, 807, 810, 812, 826, 829, and 832 have the potential to be developed as materials for genetic and physiological study of mungbean dependence on mycorrhizae.

Keywords: mungbean; mycorrhiza inoculation; mycorrhiza responsiveness.

INTISARI

Produksi kacang hijau nasional menurun selama kurun waktu tahun 2016 – 2018. Salah satu usaha untuk meningkatkan produktivitas tanaman secara ramah lingkungan adalah menambahkan agen hayati-mikoriza, karena pemberian mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan serta komponen hasil tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tanggapan beberapa aksesori kacang hijau terhadap inokulasi mikoriza serta memilih aksesori yang tanggap terhadap inokulasi mikoriza sebagai bahan kajian genetika dan fisiologi ketergantungan kacang hijau terhadap mikoriza. Penelitian dilaksanakan di lahan Pusat Inovasi Agroteknologi Universitas Gadjah Mada (PIAT-UGM) Kalitirto, Berbah, Sleman, Yogyakarta menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) petak terbagi yang terdiri atas dua faktor. Faktor utama yaitu perlakuan inokulasi dan anak faktor berupa 20 aksesori kacang hijau. Pengamatan meliputi infeksi mikoriza, sifat komponen hasil, dan hasil. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan analisis varian sesuai rancangan acak lengkap, uji lanjut Scott Knott, dan analisis korelasi. Pada penelitian ini masing-masing nomor aksesori kacang hijau memiliki tanggapan yang beragam terhadap inokulasi mikoriza. Persentase infeksi mikoriza lebih tinggi pada perlakuan inokulasi. Inokulasi mikoriza mampu meningkatkan jumlah polong per tanaman, biji per polong, dan bobot biji per tanaman, namun tidak dengan bobot 100 biji tanaman. Persentase infeksi mikoriza pada umur 20 hari setelah tanam nyata berhubungan dengan hasil biji. Hasil penelitian memberikan informasi bahwa nomor aksesori 788, 797, 798, 805, 807, 810, 812, 826, 829, dan 832 berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan kajian genetika dan fisiologi ketergantungan kacang hijau terhadap mikoriza

Kata kunci: kacang hijau; inokulasi mikoriza; ketanggapan mikoriza

PENDAHULUAN

Kacang hijau merupakan kacang-kacangan berumur pendek yang mampu menambat nitrogen bebas udara dan dapat dibudidayakan di lahan sub-optimal negara berkembang (Nair *et al.*, 2014). Kacang hijau adalah kacang-kacangan penting di Asia Tenggara (Kadian *et al.*, 2014), karena dapat berperan sebagai bahan pangan yang mengandung gisi tinggi (Salunke *et al.*, 2016). Produksi kacang hijau di Indonesia mengalami penurunan selama kurun waktu tahun 2016 – 2018. (Badan Pusat Statistik, 2018), sedangkan permintaan meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Salah satu usaha untuk meningkatkan hasil adalah penggunaan mikoriza, karena mikoriza memperbaiki

pertumbuhan dan komponen hasil tanaman yang secara efektif meningkatkan penyerapan unsur hara baik unsur hara makro maupun mikro (Smith and Read, 2008). Inokulasi mikoriza mampu meningkatkan jumlah cabang, jumlah polong, bobot kering brangkas, bobot basah brangkas, bobot 100 biji, dan hasil (Fitrianto *et al.*, 2014).

Kacang hijau biasa dibudidayakan setelah padi sawah dalam pola tanam padi-padi-kacang hijau (Almeida *et al.*, 2020; Kirchhof *et al.*, 2000). Mikoriza dapat terhambat perkembangannya di lahan tergenang karena jamur mikoriza adalah obligat an aerob (Nurhalimah *et al.*, 2014; Valino *et al.*, 2014), oleh karena itu lahan bekas padi sawah dirasa merupakan kondisi

yang tepat untuk mengkaji tanggapan beberapa aksesi kacang hijau terhadap inokulasi mikoriza sehingga nantinya dapat ditemukan aksesi kacang hijau yang dapat digunakan untuk merakit varietas unggul kacang hijau berdaya hasil tinggi dan tanggap terhadap inokulasi mikoriza.

BAHAN DAN METODE

Bahan penelitian utama meliputi 20 aksesi kacang hijau koleksi Pusat Inovasi Agroteknologi Universitas Gadjah Mada (PIAT-UGM) dan inokulan mikoriza yang akan digunakan dalam menyusun kombinasi perlakuan, sedangkan penelitiannya dilakukan dengan pendekatan percobaan menggunakan petak terbagi dalam rancangan acak lengkap. Faktor utama adalah inokulasi mikoriza yang terdiri atas dua aras, yaitu tidak diinokulasi dan diinokulasi dengan takaran 2-3 spora/lubang tanam sedangkan anak faktor berupa 20 aksesi kacang hijau. Penanaman dilakukan dengan sistem baris dan dalam 1 baris terdiri dari 20 tanaman dari aksesi yang sama. Tiga tanaman diambil sebagai ulangan pada masing-masing kombinasi perlakuan untuk pengamatan sifat agronomi dan hasil tanaman, sedangkan pada pengamatan infeksi mikoriza diambil 2 tanaman sebagai ulangan. Infeksi mikoriza diamati dari akar kacang hijau setiap lima hari sekali (5, 10, 15, 20 Hari Setelah Tanam). Pengamatan sifat dan hasil tanaman dilakukan pada saat tanaman siap dipanen. Alat yang dibutuhkan meliputi nampan, mikroskop, optilab, pipet,

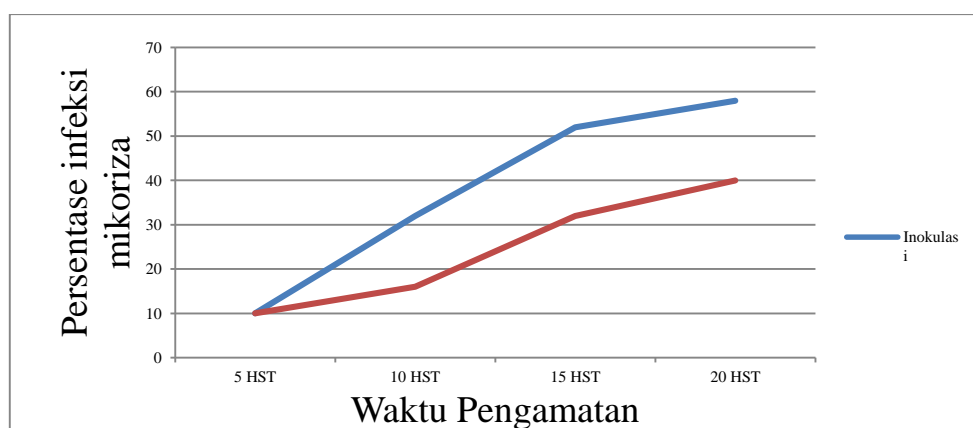
pinset, kaca preparat, gelas beker, gelas ukur, pengaduk kaca, timbangan analitik, alat tulis, sekop kecil, cangkul, hotplate, sedangkan bahan yang digunakan meliputi, larutan acid fuchsin, larutan KOH, larutan HCl, aquades, gliserin dan kertas label. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analisis Varian (ANOVA) sesuai Rancangan Acak Lengkap dan uji lanjut Scott-Knott untuk mengetahui beda nyata lebih rinci dengan perbandingan nilai tengah perlakuan, sedangkan untuk mengetahui waktu pengamatan terbaik persentase infeksi mikoriza yang menentukan hasil biji per tanaman dilakukan analisis korelasi. Seluruh analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak R (*R Core Development Team*) dan STAR (*International Rice Research Institute*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Infeksi mikoriza mulai teramati 5 hari setelah tanam pada saat bibit mulai tumbuh keluar dari permukaan tanah. Jumlah tanaman yang terinfeksi cenderung meningkat dan pada umur tanaman 20 hari jumlah bibit yang terinfeksi mencapai lebih dari 50% (Gambar 1). Persentase tanaman yang terinfeksi pada benih yang diinokulasi menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada akar tanaman yang tidak diinokulasi mikoriza, meskipun nilainya tergantung dari aksesi. (Tabel 1). Isolat mikoriza yang digunakan efektif menginfeksi akar kacang hijau, meskipun Infeksi mikoriza juga teramati pada perlakuan tanpa inokulasi

yang menunjukkan bahwa lahan bekas padi sawah yang digunakan kemungkinan tetap mengandung spora mikoriza meskipun lahan tersebut beberapa musim tanam digenangi. Lahan sawah tergenang berpengaruh kurang baik terhadap pertumbuhan mikoriza (Klinawee *et al.*, 2021; Sanchez *et al.*, 2014; Valino *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2010; Wangiyana *et al.*, 2006; Wangiyana *et al.*, 2016) karena kekurangan oksigen (Ilag *et al.*, 1987), tetapi penggenangan hanya menyebabkan spora menjadi dorman

(Wangiyana, 2007). Pengerangan lahan bekas padi sawah akan meningkatkan kandungan oksigen dalam tanah sehingga spora mikoriza yang sebelumnya dorman mampu berkecambah kembali. Infeksi mikoriza mempengaruhi tinggi tanaman, panjang akar dan bobot kering tajuk saat panen, meskipun pengaruh infeksi mikoriza sangat tergantung aksesinya.



Gambar 1. Perubahan persentase infeksi mikoriza aksesi 992

Hasil yang sama dilaporkan pada booncis (Hacisalihoglu *et al.*, 2005), kacang hijau dan kacang tunggak (Rohyadi *et al.*, 2017). Keberadaan mikoriza di daerah perakaran tanaman dapat memperbaiki penyerapan P yang sangat dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Sanders & Tinker, 1971; Smith & Read, 2008) melalui aktivitas enzim fosfatase akar (Hamel, 2004; Tarafdar dan Marschner, 1994), meningkatkan serapan nitrogen (Ho, 1989). Kemampuan mikoriza memperbaiki penyerapan P khususnya apabila P berasal dari bahan organik (Feng *et al.*, 2003). Hara N dan P termasuk hara makro yang memiliki

peran penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Sinclair and Vadez, 2002) termasuk kacang hijau. Nitrogen berperan aktif dalam proses fisiologi tanaman, sedangkan hara P berfungsi dalam proses perpindahan energi (Ali Jamro *et al.*, 2018). Hara P memacu pertumbuhan akar dan percabangan tanaman serta serapan hara makro lainnya dan air (Jian *et al.*, 2015). Salah satu pengaruh positif dari perbaikan pertumbuhan dan perkembangan adalah adanya peningkatan jumlah polong dan jumlah biji/polong. Hasil yang sama dilaporkan oleh Jangra & Jadav, (2015) serta Molla *et al.*

(2010). Jumlah polong /tanaman pada lahan yang diinokulasi mikoriza nyata lebih tinggi dibandingkan lahan yang tidak diinokulasi, meskipun pengaruhnya tergantung aksesi (Tabel 2). Inokulasi mikoriza mampu meningkatkan metabolisme dalam tubuh tanaman kemudian didapatkan hasil saat panen yang lebih baik terutama dalam hal jumlah polong per kacang hijau (Fitrianto, 2014).

Jumlah biji per polong pada perlakuan inokulasi memiliki nilai yang lebih banyak

dibandingkan dengan perlakuan yang tidak diinokulasi (Tabel 3). Hasil ini selaras dengan Habibzadeh (2014) yang menyebutkan bahwa pemberian inokulasi mikoriza spesies *Glomus mosseae* menunjukkan peningkatan biji per polong dan sifat agronomi lainnya. Peningkatan jumlah biji per polong kacang hijau yang diinokulasi mikoriza kemungkinan mempunyai hubungan yang positif nyata dengan hasil biji kacang hijau (Tabel 4).

Tabel 1. Infeksi mikoriza aksesi kacang hijau pada perlakuan tanpa inokulasi dan inokulasi 20 Hari Setelah Tanam

Aksesi	Infeksi Mikoriza (%)		Rerata
	Tanpa inokulasi	Inokulasi	
788	52,00 b	72,00 a	62,00
797	56,00 b	64,00 a	60,00
798	52,00 b	60,00 a	56,00
805	38,00 c	76,00 a	57,00
807	66,00 a	68,00 a	67,00
810	42,00 c	72,00 a	57,00
812	68,00 a	76,00 a	72,00
817	60,00 a	68,00 a	64,00
826	66,00 a	68,00 a	67,00
829	40,00 c	60,00 a	50,00
832	68,00 a	80,00 a	74,00
978	54,00 b	60,00 a	57,00
981	48,00 b	74,00 a	61,00
982	50,00 b	64,00 a	57,00
989	48,00 b	58,00 b	53,00
990	54,00 b	66,00 a	60,00
992	40,00 c	58,00 b	49,00
993	48,00 b	58,00 b	53,00
996	50,00 b	68,00 a	59,00
998	50,00 b	58,00 b	54,00
Rerata	52,50	66,40	(+)
	CV (a) = 20,46%	CV (b) = 17,50%	

Keterangan: Tanda (+) menunjukkan interaksi. Angka-angka dalam satu baris atau kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji Scott Knott 5 %. CV(a) = *mainplot*, CV(b) = *subplot*

Tabel 2. Jumlah polong per tanaman aksesi kacang hijau pada perlakuan tanpa inokulasi dan inokulasi

Aksesi	Jumlah Polong per Tanaman		Rerata
	Tanpa inokulasi	Inokulasi	
788	13,00 G	13,67 g	13,33
797	12,67 G	15,67 f	14,17
798	12,00 H	16,00 f	14,00
805	17,33 F	22,67 d	20,00
807	18,67 E	22,33 d	20,50
810	18,00 E	21,67 d	19,83
812	18,67 E	24,33 c	21,50
817	18,67 E	20,00 e	19,33
826	19,33 E	24,00 c	21,67
829	14,33 G	20,67 c	17,50
832	19,67 E	26,33 c	23,00
978	30,67 B	37,33 a	34,00
981	17,00 F	15,33 f	16,17
982	17,00 F	13,67 g	15,33
989	8,67 H	11,00 h	9,83
990	16,67 F	17,33 f	17,00
992	12,00 H	11,67 h	11,83
993	11,00 H	13,33 g	12,17
996	13,33 G	13,33 g	13,33
998	16,67 F	15,00 g	15,83
Rerata	16,27	18,77	(+)
	CV (a) = 8,40%	CV (b) = 10,44%	

Keterangan: Tanda (+) menunjukkan interaksi. Angka-angka desimal dalam satu baris atau kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji Scott Knott 5 %. CV(a) = *mainplot*, CV(b) = *subplot*.

Pemuliaan ke depan sudah tidak dapat menghindarkan diri dari kerjasama erat antara tanaman dan mikrobia tanah khususnya mikoriza karena mikoriza mempunyai peran yang sangat penting dalam penyediaan suatu sifat (Hohmann dan Messner, 2017). Ketanggapan terhadap mikoriza dipengaruhi oleh jenis tanaman dan genotipe (Eo & Eom, 2009; Kokoris *et al.*, 2019). Saat terjadinya infeksi mikoriza sangat tergantung jenis tanaman (Bajwa *et*

al., 2007). Pada tebu sebagai contoh, infeksi mulai dikenali 5 hari setelah tanam dan dalam penelitian ini, infeksi pada kacang hijau juga mulai teramati 5 hari setelah tanam dan jumlah infeksi meningkat dengan berjalannya waktu. Koyama *et al.* (2019) menunjukkan bahwa infeksi mikoriza pada waktu pengamatan saat daun kelima trifoliolate terbuka (V5 stage) pada kedelai menunjukkan korelasi yang tidak nyata dengan bobot 100 biji.

Tabel 3. Jumlah biji per polong aksesi kacang hijau pada perlakuan tanpa inokulasi dan inokulasi

Aksesi	Jumlah Biji per Polong		Rerata	
	Tanpa inokulasi	Inokulasi		
788	12,33	12,33	12,33	a
797	11,67	13,33	12,50	a
798	12,00	12,33	12,17	a
805	12,00	13,00	12,50	a
807	12,67	12,33	12,50	a
810	12,33	12,00	12,17	a
812	11,33	12,33	11,83	b
817	12,33	12,67	12,50	a
826	12,33	12,33	12,33	a
829	11,33	12,33	11,83	b
832	12,33	13,00	12,67	a
978	12,00	11,67	11,83	b
981	11,33	12,00	11,67	b
982	11,67	11,33	11,50	b
989	11,33	11,00	11,17	b
990	11,67	12,33	12,00	b
992	11,67	11,67	11,67	b
993	11,67	12,33	12,00	b
996	11,33	12,00	11,67	b
998	10,67	12,67	11,67	b
Rerata	11,80	12,25		(-)
	CV (a) = 6,17%	CV (b) = 5,60%		

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi. Rerata dalam satu baris atau kolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji Scott Knott 5 %. CV(a) = *mainplot*, CV(b) = *subplot*.

Tabel 4. Hubungan antara persentase infeksi mikoriza dengan komponen hasil tanaman

	B100	PPT	BPP	BBT
HST5	0,2959	-0,1826	0,0617	-0,0741
HST10	0,0676	0,4052**	0,4614**	0,2559
HST15	0,1384	0,4541**	0,5058**	0,3577*
HST20	0,1664	0,3923*	0,5215**	0,4558**

Keterangan: HST5 = Infeksi Mikoriza 5 HST, HST10 = Infeksi Mikoriza 10 HST, HST15 = Infeksi Mikoriza 15 HST, HST20 = Infeksi Mikoriza 20 HST, B100 = Bobot 100 Biji, PPT = Jumlah Polong per Tanaman, BPP = Jumlah Biji per Polong, BBT = Bobot Biji per Tanaman.

Hasil penelitian tersebut juga Infeksi mikoriza secara umum memiliki menyebutkan bahwa infeksi mikoriza korelasi yang tidak nyata terhadap bobot 100 meningkatkan hasil tanaman melalui biji, tetapi berpengaruh nyata terhadap peningkatan jumlah bintil dan polong, bukan jumlah polong/tanaman, jumlah biji/polong melalui bobot 100 biji. Pada penelitian ini, dan bobot biji/tanaman, dan korelasiya

tergantung waktu pengamatan mikoriza biji/polong dan hasil biji/tanaman (Tabel 5). Hingga kacang hijau berumur 20 berhubungan nyata dengan persentase hari, jumlah polong/tanaman, jumlah infeksi mikoriza.

Tabel 5. Bobot biji per tanaman aksesi kacang hijau pada perlakuan tanpa inokulasi dan inokulasi

Aksesi	Bobot Biji per Tanaman (g)		Rerata
	Tanpa inokulasi	Inokulasi	
788	6,53 c	5,67 d	6,10
797	5,23 d	7,70 c	6,47
798	4,67 d	7,18 c	5,93
805	7,07 c	8,88 b	7,98
807	7,17 c	6,37 c	6,77
810	5,87 d	6,35 c	6,11
812	7,33 c	8,27 b	7,80
817	6,50 c	7,40 c	6,95
826	7,93 b	9,00 b	8,47
829	4,84 d	5,90 d	5,37
832	8,70 b	10,67 a	9,68
978	4,73 d	5,75 d	5,24
981	6,57 c	5,40 d	5,98
982	6,47 c	4,10 e	5,28
989	3,13 e	3,63 e	3,38
990	6,38 c	6,40 c	6,39
992	6,20 c	3,13 e	4,67
993	4,58 d	3,80 e	4,19
996	5,00 d	3,63 e	4,32
998	4,90 d	3,30 e	4,10
Rerata	5,99	6,13	(+)
	CV (a) = 4,72%	CV (b) = 14,21%	

Keterangan: Tanda (+) menunjukkan interaksi. Angka-angka desimal dalam satu baris atau kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji Scott Knott 5 %. CV(a) = *mainplot*, CV(b) = *subplot*

Persentase infeksi mikoriza pada waktu mulai pengamatan 10 hari berkorelasi positif nyata dengan jumlah polong/tanaman dan jumlah biji/tanaman, sedangkan terhadap berat biji/tanaman, hubungan positif nyata baru dapat dikenali mulai pengamatan 15 hari. Oleh karena itu, pengamatan infeksi mikoriza untuk tujuan mengkaji keragaman infeksi dihubungkan dengan daya hasil dapat dimulai pada umur

15 hari setelah tanam. Dalam penelitian ini, keragaman persentase infeksi dikaji pada umur 20 hari dengan hasil terdapat perbedaan persentase infeksi mikoriza yang nilainya tergantung aksesi. Hubungan tanaman dengan mikoriza dapat berubah antara mutualisme dan parasitisme tergantung pada tingkat pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Ronsheim, 2012). Ketika tanaman masih muda, hasil

fotosintesis bersih yang diserap oleh mikoriza mungkin lebih tinggi dibandingkan dengan manfaat yang diberikan untuk tanaman, sehingga keberadaan mikoriza kemungkinan merugikan tanaman.

KESIMPULAN

Aksesi kacang hijau memiliki tanggapan yang berbeda terhadap inokulasi mikoriza. Inokulasi mikoriza secara umum mampu meningkatkan jumlah polong per tanaman, jumlah biji per polong, dan bobot biji per tanaman namun tidak dengan bobot 100 biji tanaman. Terdapat beberapa aksesi yaitu nomor aksesi 788, 797, 798, 805, 807, 810, 812, 826, 829, dan 832 berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan kajian genetika dan fisiologi ketergantungan kacang hijau terhadap mikoriza.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, dan seluruh pihak yang telah mendukung terselesaikannya penelitian ini. Penelitian ini terlaksana melalui hibah penelitian kolaborasi dosen mahasiswa Program S1-Reguler Fakultas Pertanian UGM No. 1468/PN/PT/2020.

DAFTAR PUSTAKA

Ali Jamro, S., W. A. Siddiqui, M. I. Ahmad, S. A. Junejo. 2018. Growth and yield response of mungbean under the influence of nitrogen and phosphorus combination levels. *Journal of Applied Environmental Biological Science* 8: 19-19

Almeida, L., R. Williams, W. Erskine. 2020. Is broadcasting mungbean into rice crops a useful practice in Timor Leste. *Proceeding* 36: 167

Bajwa R., A. Javaid, T. Riaz. 2007. Correlation between plant growth and mycorrhizal colonization in mungbean under allelopathic stress. *Pakistan Journal of Phytopathology* 19: 47-53

Biro Pusat Statistik. 2018. *Statistik Pertanian 2018*. Kementerian Pertanian

Eo, J-K, A-H Eom. 2009. Differential growth response of various crop species to arbuscular mycorrhizal inoculation. *Mycobiology* 37: 72-76

Feng, G., Y. C. Song, X. L. Li, P. Christie. 2003. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to utilization of organic sources phosphorous by red clover in calcareous soil. *Applied Soil Ecology* 22: 139-148

Fitrianto, Hermanto, dan H. Kriswantoro. 2014. Studi pemanfaatan mikoriza arbuskular dan efisiensi pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L) pada tanah PMK. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Musi Rawas, Palembang

Habibzadeh, Y. 2014. Response of mungbean plants to arbuscular mycorrhiza and phosphorus in drought stress. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 6: 14-20.

Hamel, C. 2004. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi on N and P cycling in the root zone. *Canadian Journal of Soil Science* 84: 383 – 395

Ho, I. 1989. Acid phosphatase, alkaline phosphatase, and nitrate reductase activity of selected ectomycorrhizal

- fungi. *Canadian Journal of Botany* 67: 750 – 753
- Hacisalihoglu, G., E. R. Duke, L. M. Longo. Differential response of common bean genotypes to mycorrhizal colonization. *Proceedings of Florida State Horticultural Science* 118: 150 – 152
- Hohmann, P., M. M. Messner. 2017. Breeding for mycorrhizal symbiosis: focus on disease resistance. *Euphytica* 213: 113-124
- Ilag, L. L., A. M. Rosales, F. A. Elazegui, T. W. Mew. 1987. Changes in the population of infective endomycorrhizal fungi in rice-based cropping system. *Plant and Soil* 103: 67-73
- Jangra, D., R. Jadav. 2015. Genotypic variation for response to *Rhizobial* sp. and *Piriformospora indica* for yield and yield components in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology* 6: 267 – 272
- Kadian, N., K. Yadav, A. Aggrawal. 2014. Application of AM fungi with *Bradyrhizobium japonicum* in improving growth, nutrient uptake and yield of *Vigna radiata* L. under saline soil. *Journal of stress physiology and Biochemistry* 10: 134-154
- Kirchhof, G. S. Priyono, W. H. Utomo, T. Adisarwanto, E. V. Dacanay, H. B. So. 2000. The effect of soil puddling on the soil physical properties and the growth of rice and post-rice crops. *Soil and Tillage Research* 56: 37-50
- Klinnawee, L., N. Noirungsee, K. Noppakskor, P. Runsaeng, T., Chantarachot. 2021. Flooding overshadows phosphorus availability in controlling the intensity of arbuscular mycorrhizal colonization in Sangyod Muang Phattalung Lowland indica rice. *Scienceasia* 47: 1-9
- Kokkoris, V., C. Hamel, M. M. Hart. 2019. Mycorrhizal response in crop versus wild plants. *Plos One* 14: 1-16
- Koyama, T., K. Adachi, T. Suzuki. 2019. Response of soybean plants to two inoculation methods with arbuscular mycorrhizal fungus of *Glomus* sp. strain R-10 under field condition. *Plant Production Science* 22: 1-5
- Molla, M. N., A. R. M. Solaiman. 2014. Influence of arbuscular mycorrhiza in presence of Rhizobium, nitrogen and phosphorus on growth and yield of mungbean. *Bulletin of Institute of Tropical Agriculture of Kyushu University* 27: 1-26
- Mosse, B., D. S. Hayman, dan D. J. Arnold. 1973. Plant growth responses to Vesicular-Arbuscular mycorrhiza via phosphate uptake by three plant species from P-deficient soils labelled with ^{32}P . *New Phytologist*, 72(4): 809-815.
- Nair, R., R. Schafleitner, W. Easdown, A. Ebert, P. Hanson, J. D'Arros Hughes, J. D. H. Keatinge. 2014. Legume improvement program at AVRDC-The World Vegetable Centre: impact and future prospects. *Ratar Poverty* 51: 55-61
- Nurhalimah, S., S. Nurhatika, dan A. Muhibuddin. 2014. Eksplorasi mikoriza vesikular arbuskular (MVA) indigeneous pada tanah regosol di Pamekasan, Madura. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 3(1): 1-5.
- Putri, T. E., Y. Yuliani dan G. Trimulyono. 2019. Penggunaan mikoriza vesikular arbuskular (MVA) genus *Glomus* untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi Kacang Hijau (*Vigna radiata*) pada cekaman air. *LenteraBio* 8(2): 107-112.
- Rohyadi, A., R. Noviani., M. Isnaini. 2017. Responses of cowpea genotypes to arbuscular mycorrhiza. *Agrivita* 39: 288-295.

- Ronsheim, M. L. 2012. The effect of mycorrhizae on plant growth and reproduction varieis with soil phosphorus and development stage. *American Midle Nature* 167: 28-39.
- Salunke, M. D., M. S. Pithia, D. R. Metha. 2016. Estimation of heterosis, inbreeding depression and transgressive segregation in mungbean (*Vigna radiata* (L) Wilczek). *International Journal of Current Research* 8: 43530-43433.
- Sanchez, M.R., Y. S. Banos, Y. M. Hernandez, A. Y. Martinez, M. Betinez, B. V. Bharat, Y. P. Chavez. 2015. Arbuscular mycorrhizal symbiosis in rice (*Oryza sativa*) plants in flooded and non-flooded conditions. *Acta Agronomica* 64: 211-217.
- Sanders, F. E., P. B. Tinker. 1971. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone mycorrhizas*. *Nature* 233: 278-279.
- Sinclair, T. R., V. Valdez. 2002. Physiological trait for crop yield improvement in low N and P environments. *Plant and Soil* 245:1-15.
- Smith, S. E., D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. London
- Tarafdar, J. C., H. Marschner. 1994. Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic phosphorus by wheat plants. *Soil Science Plant Nutrition* 40: 593 – 600.
- Vallino, M., V. Fiorilli, P. Bonfante. 2014. Rice flooding negatively impacts root branching and arbuscular mycorrhizal colonization, but not fungal viability. *Plant Cell and Environment* 37: 557-572.
- Wang, X., J. B. Shen, H. Liao. 2010. Acquisition or utilization which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops? *Plant Science* 179: 302-306
- Wangiyama, W. 2007. Effect of flooding and rice cropping on the development of arbuscular mycorrhizal fungi on subsequent upland rice (*Oryza sativa* L.). *Agroteksos* 17: 1- 7.
- Wangiyana, W., P. S. Cornish, E. C. Morris. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi dynamics in contrasting cropping systems on vertisol and regosol soils of Lombok, Indonesia. *Exploration in Agriculture* 42: 427-439.
- Wangiyana, W., P. S. Comish, M.H. Ryan. 2016. Arbuscular mycorrhiza in various rice growing environments and their implication for soybean yields on vertical soil in central Lombok, Indonesia. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 10: 51-57.