

**APLIKASI MIKORIZA ARBUSKULA DAN PLANT
GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR)
UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TANAMAN
KEDELAI (*Glycine max* (L) Merrill)**

Oleh :

LIHARDIKA NANDA AFITTRA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2018

**APLIKASI MIKORIZA ARBUSKULA DAN PLANT GROWTH
PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR)
UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TANAMAN
KEDELAI (*Glycine max* (L) Merrill)**

Oleh :

LIHARDIKA NANDA AFITTRA

115040201111282

**MINAT : BUDIDAYA PERTANIAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
MALANG**

2018

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Malang, Mei 2018

Lihardika Nanda Afitra

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : **Aplikasi Mikoriza Arbuskula dan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill)**

Nama : Lihardika Nanda Afitra
NIM : 115040201111282
Program Studi : Agroekoteknologi
Minat : Budidaya Pertanian

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Ir. Sudiarso, MS.
NIP. 19570511 198103 1 006

Dr. Ir. Setyono Yudo Tyasmoro, MS.
NIP. 19600512 198601 1 002

Diketahui,

Ketua Jurusan Budidaya Pertanian

Dr. Ir. Nurul Aini, MS
NIP. 19601012 198601 2 001



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Prof.Dr.Ir. Bambang Guritno
NIDK. 88 239 40017

Prof. Dr. Ir. Sudiarso, MS.
NIP. 19570511 198103 1 006

Penguji III

Dr. agr. Nunun Barunawati, SP., MP.
NIP. 19740724 200501 2 001

Tanggal Lulus :

RINGKASAN

Lihardika Nanda Afittra. 11504020111282. Aplikasi Mikoriza Arbuskula dan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill). Di Bawah Bimbingan Prof. Dr. Ir. Sudiarso, MS. sebagai Pembimbing utama dan Dr. Ir. Setyono Yudo Tyasmoro, MS. Selaku Dosen Pembimbing Pendamping

Kedelai (*Glycine max* (L). Merrill) ialah tanaman pangan terpenting ketiga setelah padi dan jagung. Pada tahun 2014, produktivitas kedelai mengalami peningkatan tertinggi, yaitu 1,6 ton per ha, sedangkan produksi tertinggi sebesar 954.000 ton, tetapi produktivitas masih jauh dari potensi hasil tanaman kedelai yang mencapai 2-3 ton per ha. Serta produksi kedelai nasional juga belum dapat memenuhi konsumsi kedelai nasional sebesar 2,7 juta ton di tahun 2014, sehingga masih defisit 1,75 juta ton. Oleh sebab itu Indonesia menjadi salah satu negara pengimpor kedelai terbesar di dunia, yaitu rata-rata sebesar 1-2 ton. Satu dari upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman kedelai ialah dengan aplikasi cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) dan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Penggunaan CMA tidak mencemari lingkungan, bahkan dalam jangka panjang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah serta berguna sebagai bioremediasi lingkungan, sedangkan aplikasi PGPR dapat digunakan dalam upaya peningkatan produksi pangan dan perbaikan kualitas lingkungan hidup. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengidentifikasi pengaruh Mikoriza Arbuskula dan PGPR, serta untuk memperoleh perlakuan terbaik pada tanaman kedelai. Hipotesis dari penelitian ini ialah aplikasi Mikoriza dan PGPR memberikan pengaruh nyata pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Agustus 2016 di Agro Techno Park Universitas Brawijaya, Desa Jatikerto, Kecamatan Kromengan, Kabupaten Malang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah cangkul, Sprayer, koret, Leaf Area Meter (LAM), kamera, papan label pengamatan, penggaris, amplop dan alat tulis. Bahan yang digunakan ialah Urea, SP-36, KCl, benih tanaman kedelai varietas Gema, cendawan Mikoriza, dan PGPR. Penelitian ini adalah penelitian ilmiah menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 6 perlakuan yang diulang sebanyak 4 kali sehingga didapat 24 unit percobaan. Adapun perlakuan yang dicobakan ialah : A0 (Kontrol); A1 (Aplikasi Mikoriza (saat tanam)); A2 (Aplikasi PGPR 1 kali (saat tanam)); A3 (Aplikasi PGPR 2 kali (saat tanam + 2 mst)); A4 (Aplikasi PGPR 3 kali (saat tanam + 2 mst + 4 mst)); A5 (Aplikasi PGPR 3 kali + Mikoriza). Pengamatan dilakukan secara destruktif dengan parameter yang diamati meliputi: komponen pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun trifoliolate, luas daun, jumlah cabang produktif, jumlah polong per tanaman, bobot basah total, dan bobot kering total) dan komponen hasil (jumlah polong isi per tanaman, jumlah biji per tanaman, bobot biji pertanaman, bobot 100 biji, hasil rata-rata tanaman, dan persentase peningkatan hasil tanaman). Data dianalisis menggunakan uji F taraf 5%. Jika hasil analisa ragam beda nyata, maka dilakukan uji BNT dengan taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Mikoriza (A1) meningkatkan hasil sebesar 44,27 %, PGPR 1 kali (A2) sebesar 17,60 %, PGPR 2 kali (A3)

sebesar 34,70 %, PGPR 3 kali sebesar 43,88 %, serta aplikasi kombinasi Mikoriza dan PGPR sebesar 47,82 %. Perlakuan A1, A2, A3, A4, dan A5 meningkatkan hasil tanaman cukup tinggi, serta perlakuan A1, A3, A4, dan A5 berpengaruh nyata pada hasil rata-rata tanaman dibandingkan kontrol (A0), tetapi pengaruh antar perlakuan A1, A2, A3, A4, dan A5 tidak berbeda nyata.



SUMMARY

Lihardika Nanda Afittra. 11504020111282. Applications of Arbuscular Mycorrhizal and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) to Improve the Productivity of Soybean (*Glycine max* (L) Merrill). Guided by Prof. Dr. Ir. Sudiarso, MS. as the main Supervisor and Dr. Ir. Setyono Yudo Tyasmoro, MS. as the second Supervisor.

Soybean (*Glycine max* (L), Merrill) is the third most important food crop after rice and maize. In 2014, soybean productivity experienced the highest increase, ie 1.6 tons per ha, while the highest production was 954,000 tons, but the productivity is a long way off from the yield potential of soybean crops that can reach 2-3 tons per ha. And the national production of soybean also can not supply the national soybean consumption of 2.7 million tons in 2014, so it still deficit 1.75 million tons. Therefore Indonesia became one of the largest soybean importer countries in the world, which is an average of 1-2 tons. One of the efforts that can be done to increase the productivity of soybean crop are using of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). The use of AMF does not pollute the biosphere, even in the long-term can improve the physical and chemical properties of the soil and is useful as bioremediation. While PGPR application can be used in an effort to increase food production and improvement of the environmental quality. The purpose of this research is to identify the effect of Mycorrhiza and PGPR, and to obtain the best treatment. The hypothesis of this research is the application of Mycorrhiza and PGPR gives a significant effect on growth and yield of soybean crop.

This research was conducted from April to August 2016 at the Agro Techno Park University of Brawijaya, Jatikerto village, Kromengan subdistrict, Malang regency. The tools used in this research are Hoes used for soil cultivation, Sprayer for treatment application, Mow for weeding, Leaf Area Meter (LAM), cameras, display label board, ruler, envelope and stationery. The materials used include Urea, SP-36, KCl, soybean seeds varieties Gema, mycorrhizal fungi, and PGPR. This research uses Randomized Block Design consisting of 6 treatments and repeated 4 times in order to get 24 experimental units. The treatments are: A0 (Controlling); A1 (Mycorrhizal Application (on planting)); A2 (Application PGPR 1 time (on planting)); A3 (Application PGPR 2 times (on planting + 2 weeks after planting (wap))); A4 (Application PGPR 3 times (on planting + 2 wap + 4 wap)); A5 (PGPR Application 3 times + Mycorrhiza). Observations conducted by the destructive method with a parameter of observation include: growth component (plant height, number of trifoliolate leaves, leaf area, number of productive branches, number of pods per plant, fresh weight of plant, dry weight of plant) and yield component (number of filled pods, number of seeds per plant, weight of seeds per plant, weight of 100 seeds, average of yields, and percentage increase in yields). Data was analyzed with analysis of variance F test at 5% level. If there is a significantly difference result, than continued with LSD at 5% level.

The results showed application of Mycorrhizal (A1) increased the yield by 44.27%, PGPR 1 time (A2) of 17.60%, PGPR 2 times (A3) of 34.70%, PGPR 3 times by 43.88% and combination application of Mycorrhizal and PGPR of 47,82%. Treatment A1, A2, A3, A4, and A5 sufficiently improve crop yields, and

the treatment A1, A3, A4, and A5 significant effect on the average yield than the control (A0), but the influence between treatments A1, A2, A3, A4, and A5 were not significantly different.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas karunia dan limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul “Aplikasi Mikoriza Arbuskula dan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L). Merrill)”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Sudiarso, MS. dan Dr. Ir. Setyono Yudo Tyasmoro, MS. selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Bambang Guritno selaku dosen pembahas yang telah memberi pengarahan serta bimbingan dalam penulisan dan penyusunan proposal penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak, Ibu, dan keluarga atas dukungan material dan doa. Serta teman-teman, dan semua pihak yang selalu mendukung, membantu dan memberi do'a sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

Dalam penulisan ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan ini. Penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan semoga kualitas, produksi dan permintaan kedelai di Indonesia semakin berkembang hingga mendapat tempat di dunia Internasional.

Malang, Mei 2018

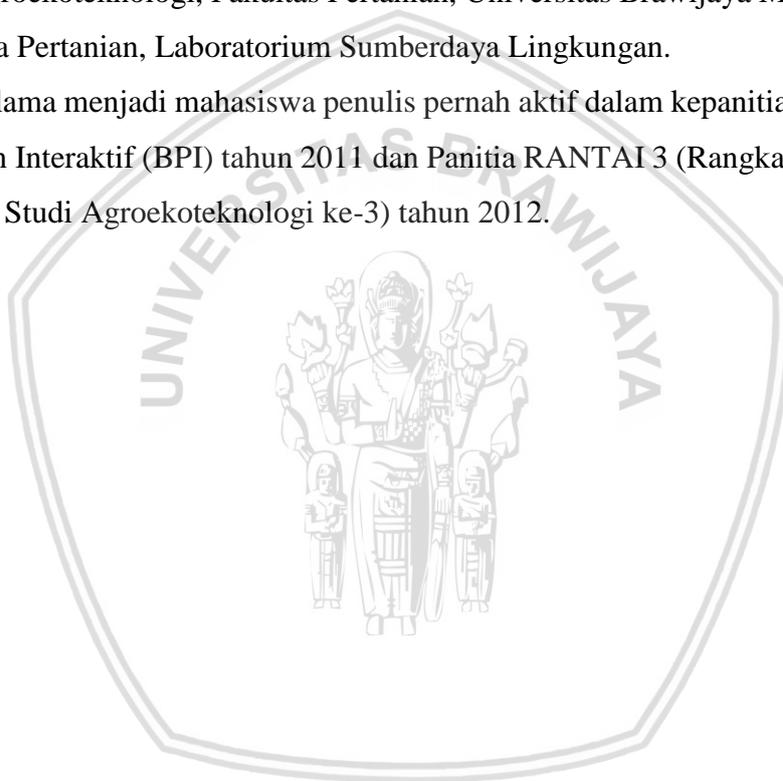
Penulis

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kediri pada tanggal 28 Maret 1993 sebagai putra kedua dari dua bersaudara dari Bapak Suhayono dan Ibu Lilik Yulami.

Penulis memulai pendidikan dengan memasuki taman kanak-kanak di TK Kusuma Mulya Jatisari pada tahun 1997-1999 dan menjalani sekolah dasar di MI Miftahul Huda Jatisari pada tahun 1999-2005, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 2 Kepung pada tahun 2005-2008 dan SMK Negeri 1 Plosoklaten pada tahun 2008-2011. Pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang, Minat Budidaya Pertanian, Laboratorium Sumberdaya Lingkungan.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam kepanitiaan Budidaya Pertanian Interaktif (BPI) tahun 2011 dan Panitia RANTAI 3 (Rangkaian Orientasi Program Studi Agroekoteknologi ke-3) tahun 2012.



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Hipotesis	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai	4
2.2 Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA)	4
2.3 Peran Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA)	6
2.4 Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR).....	7
2.5 Peran Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR).....	9
3. BAHAN DAN METODE	11
3.1 Tempat dan Waktu	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Metode Penelitian.....	11
3.4 Pelaksanaan Penelitian	11
3.5 Pengamatan	14
3.6 Analisis Data	14
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Hasil.....	15
4.2 Pembahasan	23
5. KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Cendawan Ektomikoriza dan Cendawan Endomikoriza.....	5
2.	Penanaman, aplikasi Mikoriza dan pupuk pada saat penanaman.....	44
3.	Penakaran PGPR, pembuatan arutan PGPR dan aplikasi PGPR.....	44
4.	Perlakuan A0 ulangan 1	45
5.	Perlakuan A1 ulangan 1	45
6.	Perlakuan A2 ulangan 1	45
7.	Perlakuan A3 ulangan 1	46
8.	Perlakuan A4 ulangan 1	46
9.	Perlakuan A5 ulangan 1	46
10.	Perlakuan A1 ulangan 2.....	46
11.	Perlakuan A2 ulangan 2.....	46
12.	Perlakuan A3 ulangan 2.....	47
13.	Perlakuan A4 ulangan 2.....	47
14.	Perlakuan A5 ulangan 2.....	47
15.	Perlakuan A0 ulangan 3.....	47
16.	Perlakuan A1 ulangan 3.....	47
17.	Perlakuan A2 ulangan 3.....	47
18.	Perlakuan A3 ulangan 3.....	47
19.	Perlakuan A4 ulangan 3.....	47
20.	Perlakuan A5 ulangan 3.....	48
21.	Perlakuan A0 ulangan 4.....	48
22.	Perlakuan A1 ulangan 4.....	48
23.	Perlakuan A2 ulangan 4.....	48
24.	Perlakuan A3 ulangan 4.....	48
25.	Perlakuan A4 ulangan 4.....	48
26.	Perlakuan A5 ulangan 4.....	48



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Deskripsi Tanaman Kedelai Varietas Gema	30
2.	Denah Petak Percobaan	31
3.	Petak Pengambilan Tanaman Contoh.....	32
4.	Perhitungan Kebutuhan Mikoriza dan PGPR.....	33
5.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman	35
6.	Analisis Ragam Jumlah Daun	36
7.	Analisis Ragam Luas Daun	37
8.	Analisis Ragam Jumlah Cabang Produktif.....	38
9.	Analisis Ragam Jumlah Polong per Tanaman.....	39
10.	Analisis Ragam Bobot basah total.....	40
11.	Analisis Ragam Bobot kering total.....	41
12.	Analisis Ragam Komponen Hasil.....	42
13.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	44
14.	Dokumentasi Hasil Penelitian.....	45

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max* (L). Merrill) ialah tanaman pangan terpenting setelah padi dan jagung. Kedelai dikenal sebagai makanan rakyat karena selain sumber protein nabati, kedelai juga terjangkau oleh sebagian besar rakyat Indonesia. Masyarakat mengolah kedelai menjadi berbagai produk pangan seperti tempe, tahu, tauco, kecap, susu dan lain-lain dengan permintaan yang selalu meningkat setiap tahun, berbanding lurus dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Menurut Kementerian Pertanian (2015), bahwa jumlah penduduk Indonesia diperkirakan mencapai 268,07 juta jiwa pada tahun 2019 dan 44 persen penduduk berada di pedesaan dan 56 persen diperkotaan.

Selain itu keberlanjutan sektor pertanian tanaman pangan sedang menghadapi ancaman serius, yaitu luas lahan pertanian yang terus menyusut akibat konversi lahan pertanian produktif ke penggunaan non-pertanian yang terjadi secara masif. Menurut Kementerian Pertanian (2015), bahwa saat ini lahan sawah lebih menguntungkan untuk dijadikan sebagai *real estate*, pabrik, atau infrastruktur untuk aktivitas industri lainnya daripada ditanami tanaman pangan. Laju konversi lahan sawah mencapai 100 ribu hektar per tahun, sedangkan kemampuan pemerintah dalam pencetakan sawah baru masih terbatas dalam beberapa tahun terakhir ini dengan kemampuan 40 ribu hektar pertahun. Dengan demikian, jumlah lahan yang terkonversi belum dapat diimbangi dengan laju pencetakan sawah baru. Konversi lahan sawah sekitar 80 persen terjadi di wilayah sentra produksi pangan nasional yaitu Pulau Jawa. Semua itu berdampak pada persoalan ketahanan pangan. Ketersediaan pangan, energi dan sumber lainnya kini tidak hanya menjadi kepentingan nasional, tetapi juga menjadi komitmen global. Untuk itu, penerapan teknologi tepat guna yang progresif menjadi suatu kewajiban (Kementerian Pertanian, 2015).

Menurut data Kementerian Pertanian (2015), selama tahun 2010 sampai tahun 2014 produktivitas kedelai meningkat dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 3,25 % dengan produktivitas tertinggi dicapai pada tahun 2014 sebesar 1,6 ton per ha. Hal itu terlihat bahwa meskipun terjadi peningkatan produktivitas, potensi hasil tanaman kedelai belum mencapai hasil maksimal, yaitu sebanyak 2-3 ton per ha .

Kementerian Pertanian (2015) menunjukkan bahwa produksi kedelai nasional dari tahun 2013 sebesar 780.000 ton, meningkat menjadi 954.000 ton pada tahun 2014, atau meningkat 1,93 persen. Meskipun produksi kedelai setiap tahun meningkat, hal ini belum bisa memenuhi konsumsi kedelai nasional yang juga mengalami peningkatan akibat meningkatnya jumlah penduduk. Menurut Roja (2009), bahwa proyeksi jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2014 ialah 260 juta jiwa, sedangkan total konsumsi kedelai nasional tahun 2014 sebesar 2,7 juta ton. Dari uraian diatas dapat di simpulkan produksi kedelai nasional masih defisit 1,75 juta ton.

Menurut Facino (2012), bahwa saat ini Indonesia menjadi salah satu negara pengimpor kedelai terbesar di dunia. Setiap tahun jumlah kedelai yang diimpor rata-rata di atas 1 juta ton dari total kebutuhan rata-rata di atas 2 juta ton. Dari jumlah itu, sekitar 88 persen digunakan sebagai bahan baku pembuatan tempe dan tahu, 10 persen untuk pangan olahan lain seperti industri tepung dan pati serta sebanyak 2 persen untuk benih. Sebagian besar kedelai diimpor berasal dari Amerika, Argentina, Malaysia dan Brasil. Oleh karena itu, pengembangan kedelai nasional perlu mendapatkan perhatian khusus. Produksi kedelai nasional dalam 40 tahun terakhir masih mengandalkan Jawa Timur, Jawa Tengah, NTB, Jawa Barat dan Aceh.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas ialah dengan aplikasi cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) dan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Musfal (2010) menjelaskan bahwa penggunaan CMA tidak mencemari lingkungan, bahkan dalam jangka panjang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah serta berguna sebagai bioremediasi lingkungan. PGPR ialah bakteri rizosfer dengan efek menguntungkan bagi tanaman yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman, melindungi tanaman dari infeksi patogen, dan mengurangi efek stres abiotik, yang berdampak pada peningkatan hasil panen. Peningkatan pertumbuhan tanaman dengan PGPR berkaitan dengan produksi hormon pemacu pertumbuhan tanaman, termasuk auksin, giberelin, dan sitokinin, serta peningkatan ketersediaan nutrisi seperti fosfor, besi, nitrogen, vitamin, dan asam amino (Son, Sumayo, Hwang, *et al.*, 2014). Perlakuan PGPR dapat digunakan dalam upaya

peningkatan produksi pangan dan perbaikan kualitas lingkungan hidup (Listihani, 2015).

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengidentifikasi pengaruh Mikoriza dan PGPR, serta untuk memperoleh perlakuan terbaik pada tanaman kedelai.

1.3 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini ialah aplikasi kombinasi Mikoriza dan PGPR tiga kali memberikan pengaruh nyata pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai

Tanaman kedelai sebagian besar tumbuh di daerah yang beriklim tropis dan subtropis. Iklim kering lebih disukai tanaman kedelai dibandingkan iklim lembab. Tanaman kedelai menghendaki curah hujan sekitar 100-400 milimeter per bulan untuk pertumbuhan. Untuk mendapatkan hasil optimal, kedelai menghendaki curah hujan antara 100-200 milimeter per bulan. Tanaman kedelai menghendaki suhu antara 21-34 °C, sedangkan suhu optimum bagi pertumbuhan tanaman kedelai 23-27 °C. Pada proses perkecambahan benih kedelai membutuhkan suhu sekitar 30 °C (Kementerian Riset dan Teknologi, 2006).

Tanaman kedelai menghendaki kondisi tanah yang tidak terlalu basah, tetapi air tetap tersedia. Kedelai dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah, dengan drainase dan aerasi tanah cukup baik. Tanah-tanah yang cocok yaitu: alluvial, regosol, grumosol, latosol dan andosol. Kedelai yang ditanam pada tanah berkapur atau bekas ditanami padi akan lebih baik hasilnya, sebab tekstur tanahnya masih baik dan tidak perlu diberi pemupukan awal. Tanaman kedelai tumbuh baik pada pH 5,8-7,0 (Kementerian Riset dan Teknologi, 2006). Varietas kedelai berbiji kecil, sangat cocok ditanam pada ketinggian 0,5-300 mdpl, sedangkan varietasi kedelai berbiji besar cocok ditanam pada ketinggian 300-500 mdpl (Kementerian Riset dan Teknologi, 2006).

2.2 Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA)

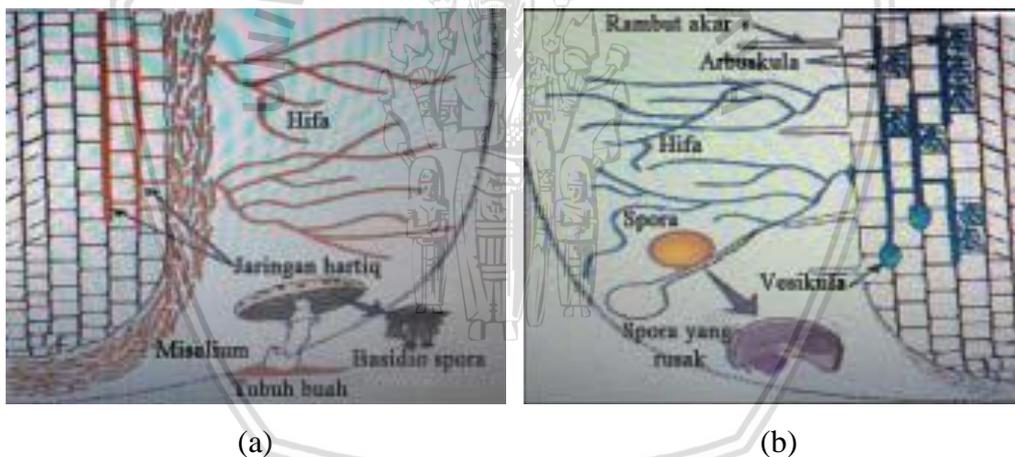
Mikoriza berasal dari bahasa Yunani yaitu *Mykes* yang berarti cendawan, dan *Rhiza* berarti akar, sehingga secara harfiah berarti cendawan akar. Cendawan Mikoriza Vesikula Arbuskula pertama kali ditemukan oleh botanis Jerman yaitu Frank tahun 1855 pada akar pepohonan hutan yang menunjukkan adanya asosiasi simbiotik (Talanca, 2010).

CMA dapat bersimbiosis dengan 97% famili tanaman, seperti tanaman pangan, hortikultura, kehutanan, perkebunan, dan tanaman pakan. CMA masuk dalam ordo *Glomales* (*Zygomycotona*) dan terdiri dari dua subordo, yaitu *Glomineae* dan *Gigasporineae*. Subordo *Glomineae* dibagi dalam dua famili, yaitu *Glomaceae* dan *Acaulosporaceae*, sedangkan *Gigasporineae* terdiri dari dua genus,

yaitu *Gigaspora* dan *Scutellospora*. Pembentukan spora pada CMA-lah yang membedakan kedua genus tersebut (Musfal, 2010).

Menurut Musfal (2010), CMA dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan struktur tubuh dan cara menginfeksi akar, yaitu :

1. Ektomikoriza dengan ciri-ciri jaringan hifa tidak masuk sampai ke sel korteks, tetapi berkembang di antara sel tersebut membentuk mantel pada permukaan akar (Gambar 1a), selain itu cendawan ektomokoriza memiliki batang dengan bentuk dan warna yang beragam dan dapat diperbanyak tanpa tanaman inang.
2. Endomikoriza dengan ciri-ciri jaringan hifa masuk ke dalam sel korteks, membentuk struktur khas seperti oval yang (vesikula) atau bercabang (arbuskula). Ciri lain dari cendawan endomokoriza ialah tidak memiliki batang dan tidak dapat diperbanyak tanpa tanaman inang. Oleh sebab itu, jenis cendawan endomokoriza dapat disebut sebagai cendawan Mikoriza arbuskula atau Mikoriza vesikula (Gambar 1b).



Gambar 1. Cendawan Ektomikoriza (a) dan Cendawan Endomikoriza (b)
(Musfal, 2010)

Lingkungan hidup CMA sangat luas. CMA banyak dijumpai pada tanah dengan kadar mineral tinggi di berbagai jenis lahan. Cendawan ini dapat hidup dalam tanah yang berdrainase baik hingga tergenang seperti lahan sawah. Asalkan lingkungan sesuai untuk pertumbuhan tanaman, maka biasanya juga cocok untuk perkembangan spora CMA. CMA juga sering dijadikan dasar dalam upaya bioremediasi lahan kritis (Musfal, 2010).

2.3 Peran Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA)

Mikoriza yang bersimbiosis dengan akar tanaman mempunyai peranan yang sangat penting dalam membantu memperbaiki pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Bagi tanaman inang seperti kedelai, adanya asosiasi ini dapat memberikan manfaat yang sangat besar bagi pertumbuhan tanaman (Misbahulzanah, Waluyo dan Widada, 2014).

Jaringan hifa eksternal CMA yang menginfeksi akar tanaman akan memperluas bidang serapan akar terhadap air dan unsur hara. Karena ukuran hifa yang sangat halus pada bulu-bulu akar, maka memungkinkan hifa dapat masuk ke dalam pori-pori tanah yang paling halus sehingga hifa dapat menyerap air pada kondisi tanah dengan kadar air yang sangat rendah. Serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza juga akan membawa unsur hara sehingga serapan hara oleh tanaman akan meningkat (Musfal, 2010). Unsur hara utama yang diserap adalah fosfor dan juga termasuk nitrogen, kalium dan unsur mikro lain seperti Zn, Cu dan B. Melalui proses enzimatik, unsur hara yang terikat kuat dalam ikatan senyawa kimia seperti aluminium (Al) dan besi (Fe), dapat diuraikan dan dipecahkan dalam bentuk tersedia bagi inang (Santoso, Turjaman, dan Irianto, 2006). Tingginya serapan P oleh tanaman yang terinfeksi CMA disebabkan oleh hifa CMA yang mengeluarkan enzim fosfatase, sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman (Musfal, 2010).

Karena hanya inang yang berfotosintesa, maka sebagai imbalannya, sebagian hasil fotosintat (berupa karbohidrat cair) yang di proses pada daun berklorofil didistribusikan ke bagian akar inang, dan tentunya Mikoriza di jaringan korteks akar inang mendapatkan aliran energi untuk hidup dan berkembang biak di dalam tanah. Dari kegiatan barter antara Mikoriza dan inang, maka proses simbiosis mutualistik berlangsung terus menerus seumur hidup inang (Santoso, Turjaman, dan Irianto, 2006).

Menurut Muis, Indradewa, dan Widada (2013), bahwa Mikoriza dapat meningkatkan produksi hormon seperti auksin dan sitokinin yang dapat mendukung pertumbuhan akar sehingga meningkatkan aktifitas bakteri *Rhizobium* untuk membentuk bintil akar. Inokulasi Mikoriza dapat meningkatkan jumlah bintil akar dengan nyata. Bintil akar merupakan koloni dari bakteri *Rhizobium japonicum*.

Bakteri *Rhizobium* dapat mengikat nitrogen dari udara yang kemudian dapat digunakan untuk pertumbuhan kedelai.

Hasil penelitian Misbahulzanah, Waluyo, dan Widada (2014), menunjukkan bahwa inokulasi Mikoriza dapat meningkatkan jumlah daun, indeks luas daun (ILD), kadar klorofil dan laju fotosintesis tanaman kedelai. Hasil penelitian Musfal (2010) juga menunjukkan bahwa pemberian CMA lebih dari 15 g akan menurunkan serapan P. Penurunan serapan P pada pemberian CMA dosis tinggi diduga berkaitan dengan kompetisi CMA itu sendiri dalam menginfeksi akar dan kemampuan akar untuk menyerap P yang ada dalam larutan tanah. Selain itu, aplikasi CMA dapat meningkatkan bobot kering total, dan hasil pipilan kering jagung. Menurut (Sumiati dan Gunawan, 2006), aplikasi pupuk hayati Mikoriza dosis 5 gram per tanaman tanpa penambahan pupuk NPK 15-15-15 dapat menghasilkan kandungan unsur hara K tanaman bawang merah yang tinggi. Aplikasi pupuk hayati Mikoriza dosis 2,5 - 5,0 gram per tanaman meningkatkan luas daun, bobot umbi per rumpun tanaman dan bobot total umbi, sedangkan bobot individu umbi nyata meningkatkan pada penggunaan pupuk hayati Mikoriza dengan dosis aplikasi 2,5 gram per tanaman.

2.4 Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

Pada rhizosfer (area perakaran), bakteri adalah mikroorganisme yang paling berlimpah. *Rhizobakteri* adalah bakteri rizosfer yang sangat aktif dan mampu mengkoloni akar tanaman. mereka dapat berkembang biak dan berkoloni di setiap relung ekologi, dapat ditemukan pada akar di semua tahap pertumbuhan tanaman. Kehadiran rhizobakteri dalam rizosfer dapat memiliki efek netral, merugikan atau menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Sekitar 2 sampai 5% rhizobakteri ketika diintroduksi kembali dengan inokulasi tanaman ke dalam tanah yang mengandung mikroflora kompetitif, maka akan memacu efek menguntungkan pada pertumbuhan tanaman, dan disebut dengan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). PGPR adalah bakteri yang hidup bebas dan menyebabkan infeksi yang tidak terlihat dan tanpa gejala, atau dikenal sebagai bakteri endofitik. Untuk menginvasi akar, *Rhizobacteria* terlebih dahulu harus menguasai rizosfer (Siddiqui, 2006).

Menurut Widawati, Suliasih, dan Saefudin (2015), beberapa bakteri kelompok PGPR adalah bakteri seperti genus *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*. *Rhizobium* (root nodulating bacteria) adalah bakteri yang bersimbiosis dengan membentuk bintil akar pada tanaman *Leguminoceae*, sedangkan *Azospirillum* dan *Azotobacter* ialah bakteri non simbiotik yang berasosiasi dengan berbagai jenis tanaman. Bakteri-bakteri tersebut mempunyai kemampuan menambat nitrogen bebas dari udara sehingga unsur N tersedia bagi tanaman, serta sebagai pemantap agregat tanah. *Azospirillum* selain mampu menambat nitrogen dan menghasilkan hormon pertumbuhan, juga mampu merombak bahan organik (selulosa, amilosa, dan bahan organik yang mengandung sejumlah lemak dan protein) di dalam tanah. Selain bakteri penambat N, beberapa bakteri kelompok PGPR ialah bakteri pelarut fosfat seperti genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Bacterium*, dan *Mycobacterium*. Bakteri tersebut juga dapat berperan dalam transfer energi, penyusunan protein, koenzim, asam nukleat dan senyawa-senyawa metabolik lain yang dapat menambah aktivitas penyerapan P pada tumbuhan yang defisiensi unsur P.

PGPR dapat berperan sebagai bioprotektan, yaitu memberi efek antagonis pada hama dan patogen tanaman melalui mekanisme spesifik. Mekanisme spesifik antara PGPR dengan hama dan patogen tanaman yaitu dengan cara PGPR memproduksi antibiotik, kompetisi substrate dan relung ekologi, siderofor, enzim kitinase, β -1,3-glucanase, sianida, parasitisme, dan menginduksi ketahanan tanaman secara sistemik di dalam inang. Selain itu, PGPR dapat berperan sebagai biostimulan yang berfungsi meningkatkan pertumbuhan tanaman karena PGPR dapat memproduksi atau mengubah konsentrasi hormon tanaman seperti asam indolasetat (IAA), sitokinin, etilen, dan asam giberelat di dalam tanaman (Putri, Martosudiro dan Hadiastono, 2013; Listihani, 2015).

Peranan rizobakteri sebagai pelarut fosfat akan menjadi lebih baik apabila didukung oleh kondisi lingkungan dan hubungan asosiasi antara bakteri dengan tanaman sekitarnya. Dengan adanya asosiasi yang baik, maka akar tanaman akan melepaskan bahan organik dan anorganik berupa eksudat penting ke dalam rizosfer. Begitu pula dengan hubungan yang terbentuk dari isolat-isolat uji dengan tanaman,

sehingga dapat memacu pertumbuhan tanaman padi yang lebih baik (Salamiah dan Wahdah, 2015).

2.5 Peran Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

Efek rhizobakteri pada pertumbuhan tanaman terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Contoh manfaat positif pada tanaman secara langsung adalah sebagai pupuk hayati, stimulus pertumbuhan akar, rhizoremediasi, dan pengendalian stress tanaman. Mekanisme yang terjadi dalam memacu pertumbuhan, PGPR secara langsung mampu memproduksi hormon pertumbuhan (fitohormon); meningkatkan fiksasi nitrogen pada tanaman legum; meningkatkan persediaan nutrisi seperti fosfor, sulfur, besi, dan tembaga, serta kolonisasi akar, sedangkan manfaat rhizobakteri untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman secara tidak langsung ialah dengan mengurangi infeksi penyakit melalui senyawa antibiosis, induksi resistensi sistemik serta kompetisi nutrisi dan ruang. Mekanisme yang terjadi adalah dengan memproduksi siderofor, antibiotik, sianida dan ammonia, enzim litik, kompetisi, induksi resistensi sistemik, dan peningkatan simbiosis bakteri nodulasi (Sasmita, 2015).

Bakteri perakaran masuk ke dalam jaringan tanaman melalui rambut akar dan eksudat akar, setelah itu menuju ke bintil akar, endodermis, xilem, dan floem. Pengaruh langsung PGPR pada tanaman kacang panjang antara lain: terjadi peningkatan yang nyata pada jumlah akar, yang terus meningkat setiap minggunya. Berpengaruh secara signifikan pada peningkatan panjang akar tanaman kacang panjang setelah tanaman berumur 2, 3, dan 4 mst. Dan juga berpengaruh pada jumlah bintil akar, tinggi tanaman, jumlah daun, panjang dan kerapatan trikoma dibanding tanaman kontrol. Selain itu, terjadi peningkatan ketahanan tanaman yang ditandai oleh peningkatan panjang trikoma. Trikoma daun yang lebih panjang dapat mengganggu aktivitas makan serangga, sehingga aktifitas makan dapat menurun (Listihani, 2015).

Interaksi perlakuan varietas padi dan isolat PGPR menunjukkan hasil yang sangat berbeda nyata pada pengamatan berat 1000 butir gabah, sedangkan pada pengamatan panjang malai, interaksi perlakuan varietas padi dan PGPR menunjukkan hasil yang berbeda nyata (Salamiah dan Wahdah, 2015), sedangkan menurut Putri, Martosudiro dan Hadiastono (2013), benih kedelai yang direndam

selama 30 menit baik dengan PGPR tunggal maupun kombinasi menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap bobot basah total dibanding tanpa PGPR. Perlakuan campuran ketiga bakteri yaitu *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter*, dan *Bacillus subtilis* menunjukkan hasil yang paling tinggi yaitu sebesar 29.55 g, disusul oleh bakteri *Azotobacter* sebesar 24.07 g. PGPR tidak dapat menambah jumlah polong pada tanaman kedelai varietas Wilis yang diinokulasi SMV, tetapi aplikasi PGPR baik kombinasi ketiga bakteri dan PGPR tunggal *B. subtilis* dapat mempertahankan jumlah polong akibat SMV.



3. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Agustus 2016 di Agro Techno Park Universitas Brawijaya, Desa Jatikerto, Kecamatan Kromengan, Kabupaten Malang. Ketinggian tempat 220–400 m di atas permukaan laut. dengan kemiringan antara 0–40 %. Suhu udara antar 25–30 °C dengan curah hujan 1600 – 5000 mm/tahun. RH berkisar antara 70–90 % serta jenis tanah Alfisol.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah cangkul yang digunakan untuk kegiatan pengolahan tanah, Sprayer untuk aplikasi perlakuan, kored untuk penyiangan, Leaf Area Meter (LAM), kamera, papan label pengamatan, penggaris, amplop dan alat tulis. Bahan yang digunakan ialah Urea, SP-36, KCl, benih tanaman kedelai Varietas Gema sebagai bahan tanam, cendawan Mikoriza, dan PGPR.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 6 perlakuan yang diulang sebanyak 4 kali sehingga didapat 24 unit percobaan. Adapun perlakuan yang dicobakan ialah :

A0 : Kontrol

A1 : Aplikasi Mikoriza (saat tanam)

A2 : Aplikasi PGPR 1 kali (saat tanam)

A3 : Aplikasi PGPR 2 kali (saat tanam + 2 minggu setelah tanam)

A4 : Aplikasi PGPR 3 kali (saat tanam + 2 mst + 4 mst)

A5 : Aplikasi PGPR 3 kali + Mikoriza (saat tanam)

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Teknik Budidaya

A. Persiapan lahan

Sebelum di lakukan penanaman, lahan diolah dengan bajak dan cangkul. Dibuat bedengan dengan ukuran panjang 3 meter, lebar 2 meter dan tinggi 20 cm. Kemudian dipasang label perlakuan pada petak pengamatan sesuai dengan

kombinasi perlakuan dan pengacakan yang sudah dilakukan. Setiap ulangan diberi jarak dengan pembuatan saluran drainase dengan lebar 50 cm.

Benih sebagai bahan tanam ialah kedelai varietas Gema. Benih didapat dari Balai Penelitian Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI), Kendalpayak, Pakisaji, Kota Malang. Benih di rendam dalam air selama 12 jam sebelum di tanam untuk mempercepat perkecambahan dan memisahkan dari benih yang tidak bernas.

B. Penanaman

Penanaman diawali dengan membuat lubang tanam pada jarak 30 x 20 cm menggunakan tugal sedalam 3 cm. Kemudian dimasukkan 2 benih per lubang tanam. Setelah itu lubang ditutup tipis dengan tanah. Selain benih yang ditanam pada petak percobaan, juga disiapkan persemaian untuk mengganti tanaman yang tidak tumbuh untuk menjaga populasi tanaman. Kedelai mulai tumbuh pada umur 5-6 hst.

C. Perawatan

Bersamaan dengan penanaman, pupuk diberikan dengan cara dibenamkan kedalam tanah. Dibuat lubang dengan tugal pada jarak 5 cm disamping lubang tanam. Pupuk yang digunakan ialah: 25 kg/ha Urea, 50 kg/ha SP-36 dan 100 kg/ha KCL.

Pengairan atau irigasi diberikan setelah tanam, ini dilakukan karena kondisi tanah kering. Kedelai menghendaki kondisi tanah yang lembab tetapi tidak becek. Kondisi seperti ini dibutuhkan sejak benih ditanam hingga pengisian polong. Pengairan juga dilakukan 2 minggu sekali bersamaan aplikasi perlakuan dengan sistem kocor. Pengairan terakhir dilakukan saat tanaman umur 35 hst. Pengairan dilakukan dengan cara digenangi air selama 30-60 menit.

Penyulaman dan penjarangan dilakukan bersamaan yaitu pada 14 hst. populasi dijaga sebanyak 2 tanaman per lubang tanam. Penyulaman dan penjarangan yang terbaik ialah sore hari. Tanaman untuk sulam diambil dari persemaian yang telah di siapkan.

Perawatan selanjutnya yaitu penyiangan. Penyiangan dilakukan setiap interval 2 minggu diawali saat tanaman berumur 14 hst hingga tanaman berbunga. Saat berbunga tidak dilakukan penyiangan karena menghindari rontoknya bunga. Setelah itu dilanjutkan setelah pembentukan polong.

Pada proses budidaya tanaman kedelai yang dilakukan ditemukan beberapa jenis hama, antara lain :

1. Ulat penggulung daun (*Lamprosema indicata*)

Daun kedelai terlihat menggulung dan saat dibuka terdapat ulat. Beberapa terdapat ulat yang dilindungi oleh serat seperti benang warna putih serta terdapat lubang bekas gigitan.

2. Ulat penggerek polong (*Etiella zinckenella* T.)

Saat polong dibuka, terdapat larva di dalamnya. Larva ini memakan biji kedelai. Larva ini memakan biji yang masih muda. Ciri-ciri lain pada polong yg terserang ialah adanya bintik-bintik hitam pada kulit polong.

3. Kutu daun (*Aphids*)

Daun yang terserang terlihat keriting, warna menjadi sedikit transparan. Saat dilihat bagian bawah daun terdapat kutu berwarna hijau bergerombul.

Pengendalian hama dilakukan dengan cara mengambil bagian tanaman kemudian dibuang dan dibakar. Hal tersebut dilakukan karena intensitas serangan yang sangat rendah. Pencegahan juga dilakukan dengan sanitasi yang dilakukan saat penyiangan. Sedangkan untuk serangan penyakit, dalam budidaya ini tidak ditemukan gejala serangan.

3.4.2 Perlakuan

Stater Cendawan Mikoriza dan PGPR didapat dari jurusan Hama Penyakit Tanaman Universitas Brawijaya Malang. Cendawan Mikoriza yang berbentuk granul diaplikasikan dengan cara dimasukkan ke dalam lubang yang dibuat dengan tugal di sekitar tanaman dengan dosis 3 gram per lubang, sedangkan PGPR diaplikasikan pada tanaman dengan cara disiramkan ke daerah perakaran dengan konsentrasi 5 ml L⁻¹ air. Perlakuan tersebut diaplikasikan sesuai waktu yang telah ditentukan.

3.4.3 Panen

Panen dilakukan saat tanaman kedelai varietas Gema berumur 73 hst. Panen dilakukan dengan cara di cabut hingga akar pada tanaman contoh, sedangkan tanaman yang lain dipotong pada batang tanaman dengan sabit. Untuk mendapatkan hasil tanaman per hektar maka dilakukan perhitungan dengan rumus :

$$\left(\frac{1 \text{ ha}}{\text{jarak tanam}} \right) \times \text{bobot biji per tanaman} = \text{hasil (ton ha}^{-1}\text{)}$$

3.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan secara destruktif pada saat tanaman berumur 14 - 73 hst. Pengamatan berkala dilakukan sebanyak lima kali dengan interval 14 hari, yaitu pada umur 14, 28, 42, 56, dan saat panen yaitu umur 73 hst. Parameter yang diamati meliputi: komponen pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah cabang produktif, jumlah polong per tanaman, bobot basah total, bobot kering total) dan komponen hasil (jumlah polong isi, jumlah biji per tanaman, bobot biji pertanaman, bobot 100 biji, hasil rata-rata tanaman, dan persentase peningkatan hasil tanaman).

3.6 Analisis Data

Hasil data dianalisis menggunakan uji F taraf 5% untuk mengetahui keragaman hasil perlakuan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Jika hasil analisa ragam menunjukkan adanya perbedaan nyata, maka dilakukan uji BNT dengan taraf 5%.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Komponen pertumbuhan

A. Tinggi tanaman

Berdasarkan hasil analisis ragam (lampiran 5) menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata pada rata-rata tinggi tanaman disetiap umur pengamatan. Rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata tinggi tanaman pada semua umur pengamatan perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR.

Perlakuan	Rata-Rata Tinggi Tanaman (cm tan^{-1}) (hst)			
	14	28	42	56
A0 (Kontrol)	11,00	21,88	61,44	61,80
A1 (Mikoriza 0 mst)	11,28	22,54	63,04	63,40
A2 (PGPR 0 mst)	11,10	22,31	61,44	61,80
A3 (PGPR 0 dan 2 mst)	11,08	21,61	62,09	62,45
A4 (PGPR 0, 2, 4 mst)	10,95	21,93	62,32	62,68
A5 (Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst)	11,200	23,34	67,80	68,24
BNT 5%	tn	tn	tn	tn
Koefisien Keragaman (%)	1,4	3,6	7,8	7,8

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%, tn: tidak nyata.

B. Jumlah daun trifoliolate

Data analisis ragam (lampiran 6) menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR baru memberikan pengaruh pada rata-rata jumlah daun trifoliolate pada umur pengamatan 42 dan 56 hst. Rata-rata jumlah daun pada perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata jumlah daun trifoliolate pada semua umur pengamatan perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR.

Perlakuan	Rata-Rata Jumlah Daun Trifoliolate (hst)			
	14	28	42	56
A0 (Kontrol)	1	5,00	14,38 a	16,88 a
A1 (Mikoriza 0 mst)	1	5,25	18,13 b	19,88 b
A2 (PGPR 0 mst)	1	5,25	16,00 ab	19,00 b
A3 (PGPR 0 dan 2 mst)	1	5,00	16,50 ab	19,38 b
A4 (PGPR 0, 2, 4 mst)	1	5,00	17,00 b	19,75 b
A5 (Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst)	1	5,75	18,25 b	20,88 b
BNT 5%	tn	tn	2,26	1,95
Koefisien Keragaman (%)	0	7,1	9,0	6,7

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%, tn: tidak nyata.

Data Tabel 2 menunjukkan bahwa, pada umur 42 hst semua perlakuan memberikan pengaruh yang baik pada jumlah daun trifoliolate, tetapi perlakuan A2 dan A3 tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol (A0). Pada umur 56 hst, semua perlakuan memberikan pengaruh nyata pada jumlah daun trifoliolate dibanding kontrol (A0).

C. Luas daun

Berdasarkan analisis ragam (lampiran 7) bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh pada luas daun diumur pengamatan 14 dan 56 hst. Rata-rata luas daun pada perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata luas daun pada semua umur pengamatan perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR.

Perlakuan	Rata-Rata Luas Daun ($\text{cm}^2 \text{tan}^{-1}$) (hst)			
	14	28	42	56
A0 (Kontrol)	40,60 a	181,98	614,01	686,18 a
A1 (Mikoriza 0 mst)	44,58 b	218,48	749,49	938,41 bc
A2 (PGPR 0 mst)	42,17 ab	217,28	670,20	753,36 ab
A3 (PGPR 0 dan 2 mst)	42,64 ab	189,99	694,88	849,60 b
A4 (PGPR 0, 2, 4 mst)	41,80 a	215,52	718,41	869,77 b
A5 (Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst)	44,61 b	249,73	774,27	1051,91 c
BNT 5%	2,61	tn	tn	162,57
Koefisien Keragaman (%)	4,0	14,7	11,6	12,6

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%, tn: tidak nyata.

Data Tabel 3 menunjukkan bahwa pada umur 14 hst, perlakuan A1, A5, A2, dan A3 memberikan pengaruh baik pada rata-rata luas daun, tetapi perlakuan A2 dan A3 tidak berbeda nyata dibanding A4 dan kontrol (A0). Pada umur 56 hst perlakuan yang memberikan rata-rata luas daun terbaik ialah A5 diikuti oleh A1, A4, dan A3, tetapi perlakuan A1, A4, dan A3 tidak berbeda nyata dibanding A2.

D. Jumlah cabang produktif

Berdasarkan hasil analisis ragam (lampiran 8) menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata pada rata-rata jumlah cabang produktif disetiap umur pengamatan. Rata-rata jumlah cabang produktif pada perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata jumlah cabang produktif pada semua umur pengamatan perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR.

Perlakuan	Rata-Rata Jumlah Cabang Produktif (hst)			
	14	28	42	56
A0 (Kontrol)	1	1	3,00	3,00
A1 (Mikoriza 0 mst)	1	1	3,25	3,25
A2 (PGPR 0 mst)	1	1	3,00	3,00
A3 (PGPR 0 dan 2 mst)	1	1	3,25	3,25
A4 (PGPR 0, 2, 4 mst)	1	1	3,25	3,25
A5 (Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst)	1	1	3,00	3,00
BNT 5%	tn	tn	tn	tn
Koefisien Keragaman (%)	0	0	12,0	12,0

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%, tn: tidak nyata.

E. Jumlah polong per tanaman

Data analisis ragam (lampiran 9) menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR baru memberikan pengaruh pada rata-rata jumlah polong per tanaman pada umur pengamatan 42 dan 56 hst. Rata-rata jumlah polong per tanaman pada perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata jumlah polong per tanaman pada semua umur pengamatan perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR.

Perlakuan	Rata-Rata Jumlah Polong Tan ⁻¹ (hst)			
	14	28	42	56
A0 (Kontrol)	0	0	8,00 a	22,00 a
A1 (Mikoriza 0 mst)	0	0	12,00 b	28,38 b
A2 (PGPR 0 mst)	0	0	9,75 ab	25,75 b
A3 (PGPR 0 dan 2 mst)	0	0	10,00 ab	26,00 b
A4 (PGPR 0, 2, 4 mst)	0	0	10,50 b	26,13 b
A5 (Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst)	0	0	12,00 b	28,88 b
BNT 5%	tn	tn	2,39	3,49
Koefisien Keragaman (%)	0	0	8,9	5,2

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%, tn: tidak nyata.

Data Tabel 5 menunjukkan bahwa pada umur 42 hst semua perlakuan memberikan pengaruh yang baik pada jumlah polong per tanaman, tetapi perlakuan A2 dan A3 tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol (A0). Pengamatan 56 hst menunjukkan bahwa semua perlakuan berpengaruh nyata dibanding kontrol (A0).

F. Bobot basah total

Hasil sidik ragam (lampiran 10) menunjukkan bahwa semua perlakuan yang diberikan hanya memiliki pengaruh nyata pada rata-rata bobot basah di umur pengamatan 56 hst. Rata-rata bobot basah pada perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata bobot basah total pada semua umur pengamatan perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR.

Perlakuan	Rata-Rata Bobot Basah (g tan^{-1}) (hst)				
	14	28	42	56	
A0 (kontrol)	1,63	5,56	22,30	37,44	a
A1 (Mikoriza 0 mst)	1,75	5,98	27,20	47,50	b
A2 (PGPR 0 mst)	1,68	6,01	23,38	41,03	ab
A3 (PGPR 0 dan 2 mst)	1,68	5,36	23,86	41,58	ab
A4 (PGPR 0, 2, 4 mst)	1,68	5,90	24,72	42,39	ab
A5 (Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst)	1,75	6,78	27,24	51,73	b
BNT 5%	tn	tn	tn	8,40	
Koefisien Keragaman (%)	4,2	10,6	10,6	12,8	

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%. tn: tidak nyata.

Tabel 6 menunjukkan bahwa di umur pengamatan 56 hst, pengaruh semua perlakuan memberikan hasil yang baik pada rata-rata bobot basah, tetapi perlakuan A2, A3 dan A4 tidak berbeda nyata dibanding kontrol (A0).

G. Bobot kering total

Hasil sidik ragam (lampiran 11) menunjukkan bahwa semua perlakuan yang diberikan berpengaruh pada saat tanaman berumur 28 dan 56 hst.. Rata-rata bobot kering total pada perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata bobot kering total pada semua umur pengamatan perlakuan aplikasi Mikoriza dan PGPR.

Perlakuan	Rata-Rata Bobot Kering (g tan ⁻¹) (hst)			
	14	28	42	56
A0 (kontrol)	0,30	1,58 a	8,26	12,30 a
A1 (Mikoriza 0 mst)	0,30	1,76 ab	10,20	15,41 b
A2 (PGPR 0 mst)	0,30	1,68 a	8,84	13,99 ab
A3 (PGPR 0 dan 2 mst)	0,30	1,45 a	9,03	14,04 ab
A4 (PGPR 0, 2, 4 mst)	0,27	1,71 ab	9,28	13,10 b
A5 (Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst)	0,30	2,08 b	10,20	18,06 c
BNT 5%	tn	0,38	tn	2,45
Koefisien Keragaman (%)	6,9	14,8	11,6	11,0

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%, tn: tidak nyata.

Tabel 7 menunjukkan bahwa pada umur 28 hst perlakuan A1, A4 dan A5 berpengaruh baik pada rata-rata bobot kering, tetapi perlakuan A1 dan A4 tidak berbeda nyata dibanding A2, A3 dan kontrol (A0). Rata-rata bobot kering terbaik pada umur 56 hst terlihat pada perlakuan A5, dan diikuti oleh A1, A2, A3 dan A4, tetapi perlakuan A2 dan A3 tidak berbeda nyata dibanding kontrol (A0).

4.1.2 Komponen hasil

Hasil sidik ragam (lampiran 12) menunjukkan bahwa aplikasi Mikoriza dan PGPR memberikan pengaruh pada semua parameter kecuali pada bobot 100 biji. Meskipun pengaruh yang diberikan tidak selalu berbeda nyata. Nilai pengaruh aplikasi Mikoriza dan PGPR pada komponen hasil disajikan dalam Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Nilai pengaruh aplikasi Mikoriza dan PGPR pada komponen hasil

Perlakuan	Jumlah Polong Isi per Tanaman	Jumlah Biji per Tanaman	Bobot Biji (g tan ⁻¹)	Bobot 100 Biji (gram)
A0 (kontrol)	20,75 a	43,92 a	5,41 a	13,25
A1 (Mikoriza 0 mst)	26,96 c	56,50 bc	7,68 b	13,70
A2 (PGPR 0 mst)	23,13 ab	49,13 ab	6,33 ab	13,35
A3 (PGPR 0 dan 2 mst)	23,87 b	49,33 ab	7,20 b	13,38
A4 (PGPR 0, 2, 4 mst)	24,21 bc	50,75 b	7,63 b	13,43
A5 (Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst)	27,63 c	58,20 c	7,85 b	14,58
BNT 5%	2,89	6,35	1,53	tn
Koefisien Keragaman (%)	7,8	8,2	14,5	7,1

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%, tn: tidak nyata.

Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan A1, A5 dan A4 memberikan pengaruh terbaik pada jumlah polong isi per tanaman, tetapi perlakuan A4 tidak berbeda nyata dibandingkan A2 dan A3. Pengaruh terbaik pada jumlah biji per tanaman ialah perlakuan A5 dan A1, tetapi perlakuan A1 tidak berbeda nyata dibanding A2, A3 dan A4. Semua perlakuan memberikan pengaruh baik pada bobot biji per tanaman tetapi perlakuan A2 tidak berbeda nyata dibanding kontrol (A0). Data Tabel 8 menunjukkan bahwa semua perlakuan yang diberikan tidak memberikan pengaruh nyata pada bobot 100 biji.

Tabel 9. Nilai pengaruh aplikasi Mikoriza dan PGPR pada hasil tanaman

Perlakuan	Hasil Rata-Rata Tanaman (ton ha ⁻¹)	Peningkatan Hasil Tanaman (%)
A0 (kontrol)	1,80 a	0
A1 (Mikoriza 0 mst)	2,55 b	44,27
A2 (PGPR 0 mst)	2,10 ab	17,60
A3 (PGPR 0 dan 2 mst)	2,39 b	34,70
A4 (PGPR 0, 2, 4 mst)	2,53 b	43,88
A5 (Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst)	2,61 b	47,82
BNT 5%	0,41	-
Koefisien Keragaman (%)	14,5	60,8

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%, tn: tidak nyata.

Tabel 9 menunjukkan bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh yang baik pada hasil rata-rata tanaman, tetapi perlakuan A2 tidak berbeda nyata dibanding kontrol (A0). Dilihat dari peningkatan hasil tanaman, maka perlakuan A5 ialah yang tertinggi yaitu 47,85 %, sedangkan yang terendah ialah perlakuan A2 yaitu 17,60 % dibanding kontrol (A0).

4.2 Pembahasan

Semua perlakuan yang diberikan tidak memberikan pengaruh pada tinggi tanaman dan jumlah cabang produktif. Hal ini diduga karena tinggi tanaman dan jumlah cabang produktif dipengaruhi oleh genetik tanaman. Widari (2007) berpendapat bahwa setiap tanaman mempunyai keragaman pertumbuhan, yang diekspresikan pada berbagai sifat tanaman yang mencakup bentuk dan fungsi tanaman.

Pengamatan pertama dilakukan saat tanaman berumur 14 hst. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada umur ini tanaman masuk pada fase vegetatif awal. Pada fase ini, Mikoriza dan PGPR hanya memberikan pengaruh pada luas daun. Hasil ini menunjukkan bahwa luas daun selain dipengaruhi oleh jumlah daun juga dipengaruhi oleh kemampuan individu daun untuk berkembang. Dengan perlakuan Mikoriza 0 mst dan kombinasi Mikoriza 0 mst + PGPR 0, 2, 4 mst, luas daun nyata menunjukkan peningkatan, sedangkan semua perlakuan PGPR memberikan

pengaruh tidak nyata pada luas daun. Bertambahnya luas daun pada fase awal akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman pada fase selanjutnya karena berhubungan dengan proses fotosintesis. Manshuri (2011) berpendapat bahwa bagi tanaman kedelai berumur pendek, agar mampu memberikan hasil tinggi harus mampu mengakumulasi radiasi matahari semaksimal mungkin. Daun yang telah berkembang sempurna berfungsi untuk menghasilkan asimilat melebihi yang diperlukan dan kelebihan karbohidrat yang dihasilkan ditranslokasi ke organ lain.

Pengamatan pada umur 28 hst menunjukkan bahwa Mikoriza dan PGPR berpengaruh pada parameter bobot kering total. Pada hasil pengamatan menunjukkan bahwa dengan aplikasi Mikoriza dan PGPR, tanaman lebih mampu untuk memanfaatkan hasil fotosintat dengan baik.

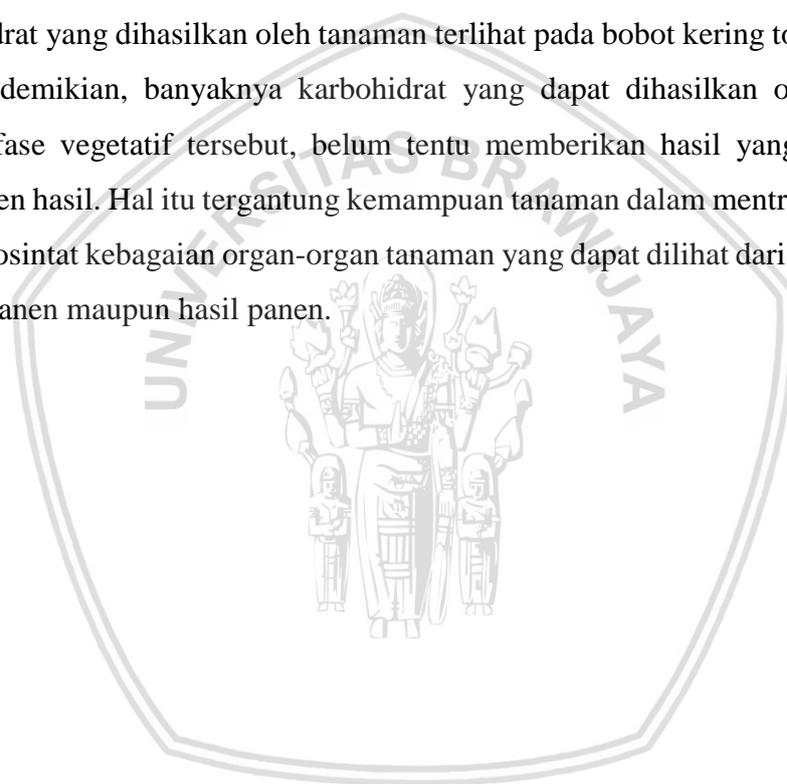
Pengamatan selanjutnya terlihat bahwa pada umur 42 hst peningkatan pertumbuhan tanaman terjadi secara signifikan. Hal ini terjadi karena adanya peningkatan jumlah cabang tanaman, serta tanaman sudah masuk pada fase generatif karena pada Tabel 5 menunjukkan bahwa jumlah polong per tanaman sudah terlihat. Jumlah cabang yang bertambah banyak membuat peningkatan jumlah daun bertambah lebih cepat. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada 42 hst aplikasi Mikoriza dan PGPR berpengaruh pada jumlah daun trifoliolate dan jumlah polong per tanaman. Hasil pengamatan jumlah daun trifoliolate menunjukkan bahwa semua aplikasi dengan Mikoriza nyata meningkatkan jumlah daun. Sedangkan PGPR baik satu, dua, maupun tiga kali aplikasi memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata antar perlakuan. PGPR nyata meningkatkan jumlah daun pada perlakuan PGPR 0, 2, 4 mst. Pengaruh Mikoriza dan PGPR juga memperlihatkan hasil yang sama pada jumlah polong per tanaman. Hasil pengamatan pada umur 42 hst juga menunjukkan bahwa pada parameter luas daun, bobot basah, dan bobot kering total tidak dipengaruhi oleh aplikasi Mikoriza dan PGPR, tetapi dipengaruhi oleh jumlah daun trifoliolate serta jumlah polong per tanaman yang dihasilkan. Pernyataan tersebut ditunjukkan oleh hasil pengamatan bahwa semakin tinggi jumlah daun maka luas daun juga semakin tinggi. Ditambah dengan jumlah polong per tanaman yang meningkat membuat bobot basah dan bobot kering total juga semakin meningkat. Hasil penelitian Manshuri (2011) menunjukkan bahwa Pada umur 13 hari setelah fase R2 (berbunga penuh), kurang

dari 50% asimilat ditranslokasi ke polong. Sebagian besar asimilat digunakan untuk pertumbuhan daun, dan hanya sebagian kecil yang ditranslokasi untuk pertumbuhan tangkai daun.

Pengamatan selanjutnya dilakukan pada 56 hst. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa aplikasi Mikoriza dan PGPR memberikan respon berbeda pada tanaman kedelai. Aplikasi Mikoriza dan PGPR nyata meningkatkan jumlah daun trifoliolate dibanding tanpa aplikasi, tetapi tidak berbeda nyata antar perlakuan. Peningkatan jumlah daun trifoliolate oleh semua perlakuan juga berbanding lurus pada peningkatan jumlah polong per tanaman. Hasil pengamatan pada luas daun terlihat bahwa Mikoriza dan PGPR yang diaplikasikan bersama memberikan hasil tertinggi diikuti oleh aplikasi Mikoriza tunggal, dan selanjutnya aplikasi PGPR sesuai intensitas yang diberikan (Tabel 3). Pengamatan bobot basah total menunjukkan bahwa Mikoriza nyata meningkatkan bobot basah total dibanding kontrol, sedangkan PGPR berbagai aplikasi juga memberikan pengaruh tetapi pengaruh tersebut tidak nyata meningkatkan bobot basah total dibandingkan kontrol. Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa bobot kering total tertinggi ditunjukkan pada Mikoriza dan PGPR yang diaplikasikan bersama, kemudian diikuti perlakuan tunggal Mikoriza dan PGPR tiga kali aplikasi dibandingkan dengan kontrol. Sedangkan aplikasi PGPR satu dan dua kali tidak berpengaruh nyata dibanding kontrol (Tabel 7). Menurut Pujiyanto (2008) Secara umum Mikoriza berinteraksi positif dan bekerja secara sinergis dengan bakteri penambat N, bakteri pelarut P, maupun dengan bakteri pemacu pertumbuhan sehingga koinokulasi jamur Mikoriza dengan ketiga kelompok bakteri tersebut lebih meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan inokulasi tunggal, meskipun beberapa pengecualian dari generalisasi tersebut ditemukan.

Jika dilihat dari pengamatan pertumbuhan maka menunjukkan bahwa pengaruh Mikoriza dan PGPR pada luas daun berbanding lurus dengan hasil tanaman berupa bobot biji per tanaman, sehingga berpengaruh pula pada hasil rata-rata tanaman. Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi Mikoriza dan PGPR memberikan pengaruh nyata pada hasil rata-rata tanaman (lampiran 12) dengan persentase peningkatan antara 17,60 % hingga 47,85 %. Sedangkan Peningkatan bobot kering total yang tinggi oleh pengaruh Aplikasi Mikoriza

tunggal dan aplikasi bersama PGPR diduga karena bobot basah total, akumulasi dari luas daun, serta proses pengisian polong yang ditunjukkan pada pengamatan jumlah polong isi per tanaman dan jumlah biji per tanaman. Hasil pengamatan bobot basah total, luas daun, jumlah polong isi per tanaman, dan jumlah biji per tanaman tersebut menunjukkan bahwa aplikasi gabungan Mikoriza dan PGPR memberikan hasil tertinggi. Arafat (2007) berpendapat bahwa Daun merupakan organ penghasil asimilat yang penting bagi tanaman. Semakin banyak jumlah daun yang terbentuk, maka kapasitas tanaman dalam melakukan proses fotosintesis juga semakin tinggi, sehingga dihasilkan karbohidrat yang tinggi pula. Tingginya karbohidrat yang dihasilkan oleh tanaman terlihat pada bobot kering total tanaman. Namun demikian, banyaknya karbohidrat yang dapat dihasilkan oleh tanaman selama fase vegetatif tersebut, belum tentu memberikan hasil yang sama pada komponen hasil. Hal itu tergantung kemampuan tanaman dalam mentranslokasikan hasil fotosintat kebagian organ-organ tanaman yang dapat dilihat dari besaran nilai indeks panen maupun hasil panen.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Mikoriza (A1) meningkatkan hasil sebesar 44,27 %, PGPR 1 kali (A2) sebesar 17,60 %, PGPR 2 kali (A3) sebesar 34,70 %, PGPR 3 kali sebesar 43,88 %, serta aplikasi kombinasi Mikoriza dan PGPR sebesar 47,82 %.
2. Perlakuan A1, A2, A3, A4, dan A5 meningkatkan hasil tanaman cukup tinggi, serta perlakuan A1, A3, A4, dan A5 berpengaruh nyata pada hasil rata-rata tanaman dibandingkan kontrol (A0), tetapi pengaruh antar perlakuan A1, A2, A3, A4, dan A5 tidak berbeda nyata.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian ini, masih perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang peranan PGPR dan Mikoriza secara spesifik pada tingkat jaringan tanaman. Hal ini karena saat budidaya dilakukan, tanaman sangat minim serangan hama dan tidak ditemukan gejala serangan penyakit dibanding tanaman sejenis yang ada pada area sekitar lahan percobaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafat, M.F. 2007. Pengaruh Sistem Tanam Dan Defoliiasi Pada Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). skripsi. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. p. 68
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian (2016). <http://upbs.litbang.pertanian.go.id/index.php/varietas-detail/419/gema>. Diakses Tanggal 28 April. 2016.
- Facino, A. 2012. Penawaran Kedelai Dunia Dan Permintaan Impor Kedelai Indonesia Serta Kebijakan Perkedelaaian Nasional. Skripsi. Departemen Agribisnis Fakultas Ekonomi Dan Manajemen Institut Pertanian Bogor. p. 88
- Kementerian Pertanian. 2015. Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015-2019. Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 19/Permentan/HK.140/4/2015. p. 340
- Kementerian Riset dan Teknologi. 2006. Kedelai (*Glycine max* L.). <http://www.warintek.ristek.go.id/pertanian/pertanian.htm>. Diakses Tanggal 24 Desember 2015.
- Listihani. 2015. Dampak Aplikasi PGPR Pada Kacang Panjang Terhadap Biologi Dan Statistik Demografi *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae). Skripsi. Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. p. 29
- Manshuri, A. G. 2011. Laju Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif Genotipe Kedelai Berumur Genjah. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang, Jawa Timur. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 30 (3): 204-209.
- Misbahulzanah, E. H., S. Waluyo dan J. Widada. 2014. Kajian Sifat Fisiologis Kultivar Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) dan Ketergantungannya Terhadap Mikoriza. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Vegetalika 3(1): 45 - 52.
- Muis, A., D. Indradewa, dan J. Widada. 2013. Pengaruh Inokulasi Mikoriza Arbuskula Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Pada Berbagai Interval Penyiraman. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Vegetalika 2(2): 7 - 20.
- Musfal. 2010. Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula Untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Jagung. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara. Jurnal Litbang Pertanian, 29(4): 154 - 158.
- Pujiyanto. 2008. Pemanfaatan Mikoriza dan Bakteri Untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan di Indonesia. Review Penelitian Kopi dan Kakao. 24(1): 34 - 52.
- Putri, A. A. P., M. Martosudiro, dan T. Hadiastono. 2013. Pengaruh Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Terhadap Infeksi Soybean Mosaic Virus (SMV), Pertumbuhan Dan Produksi Pada Tanaman Kedelai (*Glycine max*

- (L.) MERR.) Varietas Wilis. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang. Jurnal HPT. 1(3): 1 - 10.
- Roja, A. 2009. Strategi Peningkatan Produksi Kedelai Di Indonesia. Peneliti Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Barat. Jurnal Ilmiah Tambua. 8(1): 39 - 45.
- Salamiah dan R. Wahdah. 2015. Pemanfaatan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Dalam Pengendalian Penyakit Tungro Pada Padi Lokal Kalimantan Selatan. Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat. PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON. 1(6): 1448 - 1456.
- Santoso, E., M. Turjaman, dan R.S.B. Irianto. 2006. Aplikasi Mikoriza Untuk Meningkatkan Kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan Terdegradasi. Makalah Utama pada Ekspose Hasil-hasil Penelitian : Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan. Padang, Kelti Mikrobiologi Hutan, Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam Bogor. pp. 71 - 80.
- Sasmita, M. 2015. Skrining Plant Growth Promoting Rhizobacteria Sebagai Agens Pengendali Hayati Antraknosa (*Colletotrichum dematium* var. *truncatum*) Pada Kedelai. Skripsi. Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. p. 24.
- Siddiqui, Z. A. 2006. PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Springer. Netherlands. p. 317
- Son, J. S., M. Sumayo, Y.J. Hwang, B.S. Kim, dan S.Y. Ghim. 2014. Screening of plant growth-promoting rhizobacteria as elicitor of systemic resistance against gray leaf spot disease in pepper. Department of Horticulture, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea. Applied Soil Ecology. 73: 1 - 8.
- Sumiati, E. dan O.S. Gunawan. 2006. Aplikasi Pupuk Hayati Mikoriza untuk Meningkatkan Efisiensi Serapan Unsur Hara NPK serta Pengaruhnya terhadap Hasil dan Kualitas Umbi Bawang Merah. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung. J. Hort. 17(1): 34 - 42.
- Talanca, H. 2010. Status Cendawan Mikoriza Vesikular-Arbuskular (MVA) pada Tanaman. Prosiding Pekan Serealia Nasional. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Sulawesi Selatan. pp. 353 - 357.
- Widari, T. S. 2007. Tanggap kedelai (*Glycine max* L.) terhadap inokulasi Mikoriza mesikular arbuskular pada berbagai tingkat cekaman kekeringan. Skripsi. Departemen budidaya pertanian fakultas pertanian universitas sumatra utara. p. 112.
- Widawati, S., Suliasih, dan Saefudin. 2015. Isolasi dan Uji Efektivitas Plant Growth Promoting Rhizobacteria di Lahan Marginal Pada Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr.) var. Wilis. Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON. 1(1): 59 - 65.