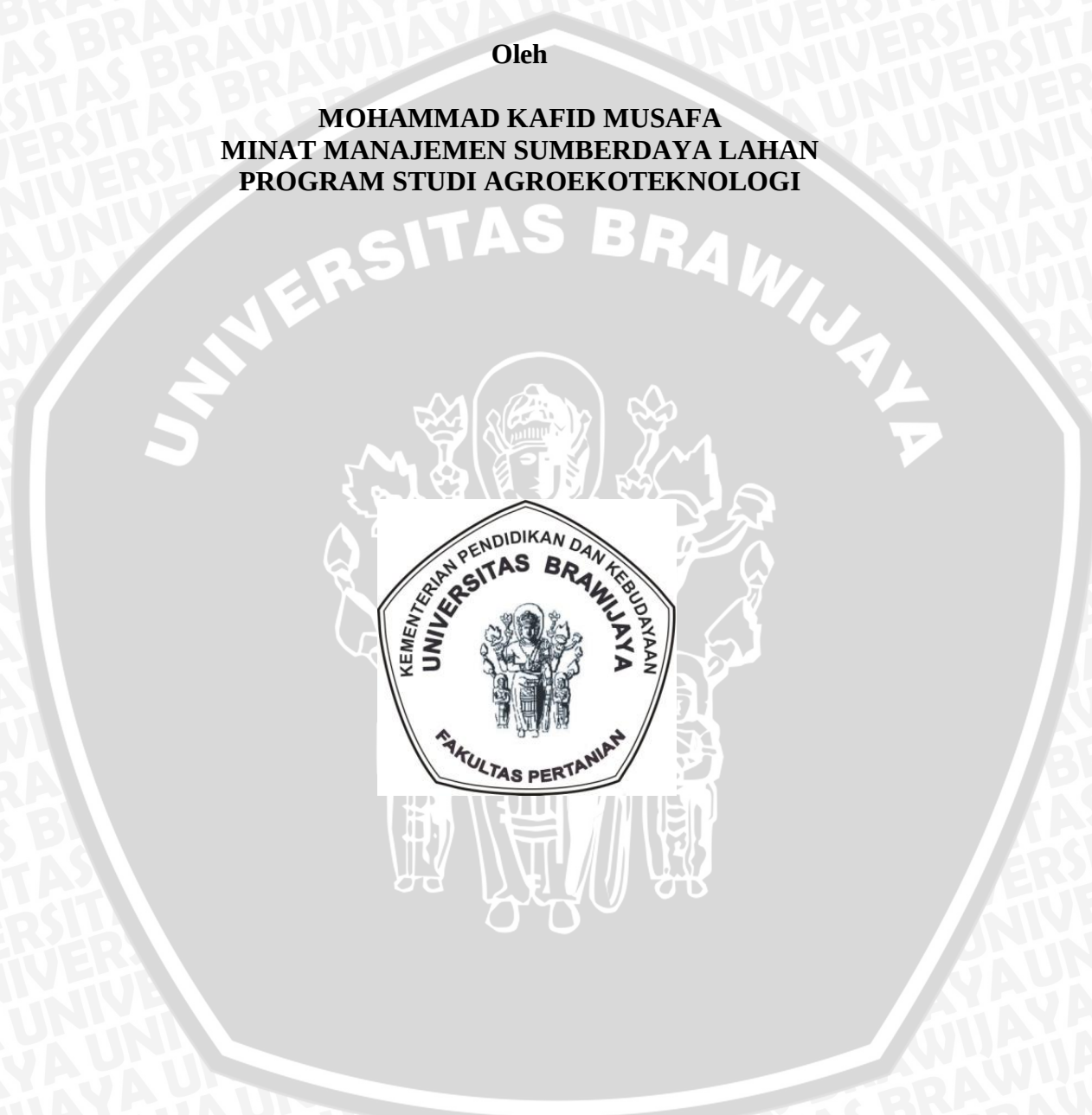


PERAN MIKORIZA ARBUSKULA (MA) DAN BAKTERI *Pseudomonas fluorescens* DALAM MENINGKATKAN SERAPAN P DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*) PADA ANDISOL

Oleh

**MOHAMMAD KAFID MUSAFI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2015**

PERAN MA MIKORIZA ARBUSKULA (MA) DAN BAKTERI *Pseudomas fluorescens* DALAM MENINGKATKAN SERAPAN P DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*) PADA ANDISOL

Oleh

MOHAMMAD KAFID MUSAFI

105040213111055

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

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

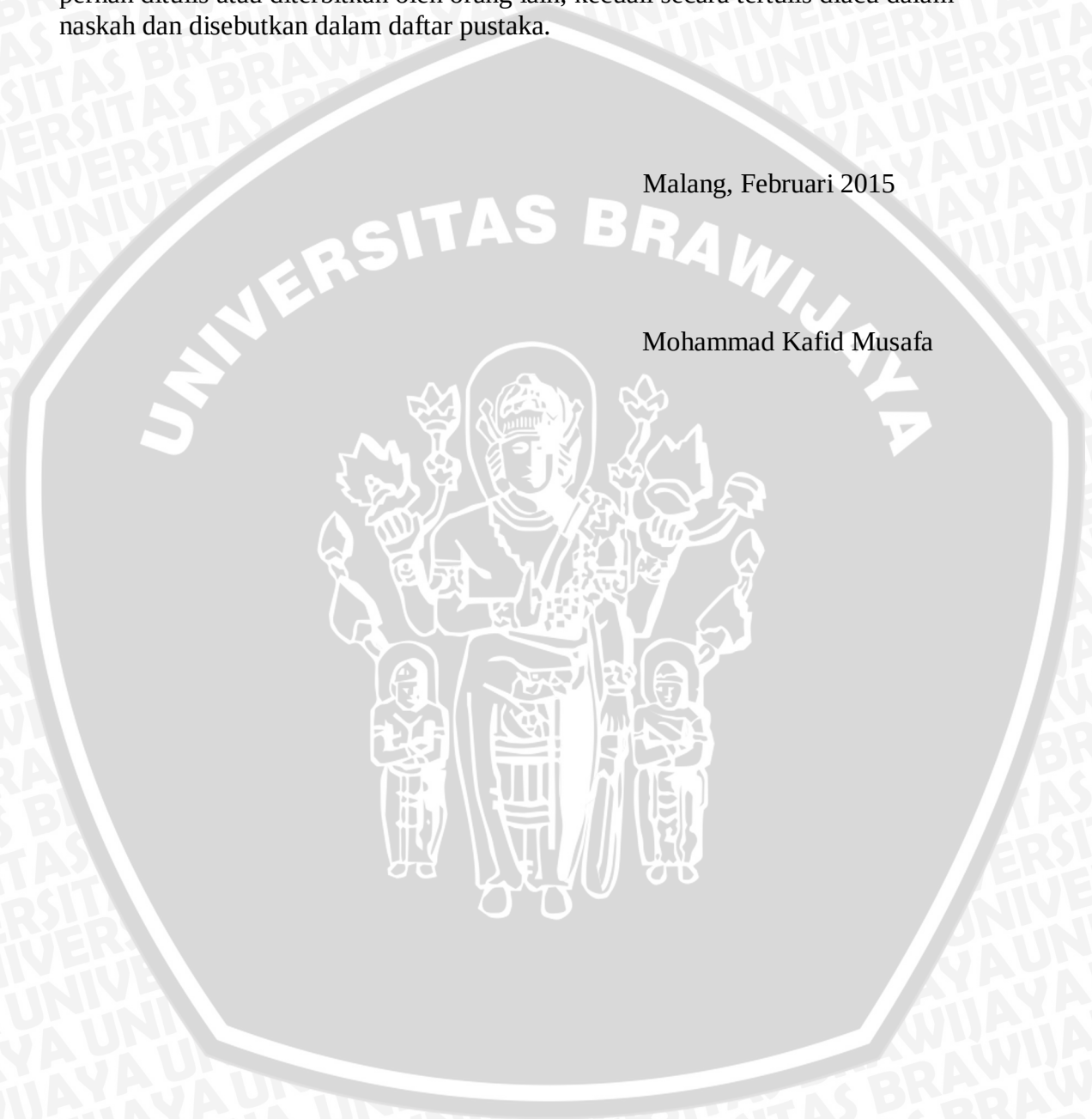
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2015**

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 secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Februari 2015

Mohammad Kafid Musafa



Judul Skripsi : **PERAN MIKORIZA ARBUSKULA (MA) DAN BAKTERI *Pseudomonas fluorescens* DALAM MENINGKATKAN SERAPAN P DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*) PADA ANDISOL**

Nama Mahasiswa : MOHAMMAD KAFID MUSAFI
N I M : 105040213111055
Jurusan : TANAH
Program Studi : AGROEKOTEKNOLOGI
Minat : MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Budi Prasetya, MP
NIP.19610701 198703 1 002

Luqman Qurata Aini, SP., M.Si.,
Ph.D
NIP.19720919 199802 1002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS
NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr.Ir. Sugeng Priyono, SU
NIP. 19580214 198503 1 003

Dr.Ir. Yulia Nuraini, MS
NIP. 19611109 195803 2 001

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Budi Prasetya, MP
NIP.19610701 198703 1 002

Luqman Qurata Aini, SP.,M.Si., Ph.D
NIP.19720919 199802 1002

Tanggal Lulus :

*Skripsi Ini Kupersembahkan Kepada Orang-
Orang Terdekatku Yang Tercinta:*

*Ayah (Sholikin), Ibu (Siti Mutmainnah),
Kakak (Ulfa Roudhloh), dan Adik (Nilna
Nihayaturrohman)*

*“Kalian adalah permata dalam hidupku,
kesuksesanku takkan pernah terwujud tanpa
adanya kalian”*

RINGKASAN

Mohammad Kafid Musafa. 105040213111055. Peran Mikoriza Arbuskula (MA) dan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dalam Meningkatkan Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*) Pada Andisol. Di bawah bimbingan Budi Prasetya dan Luqman Qurata Aini.

Salah satu jenis tanah yang bermasalah dengan kandungan hara adalah Andisol. Andisol mempunyai kandungan mineral liat amorf (fraksi humus) yang banyak mengandung Al dan Fe yang dapat memfiksasi unsur hara P. Tingginya jerapan P oleh Al dan Fe menyebabkan unsur hara ini tidak tersedia bagi tanaman. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi retensi P tersebut adalah dengan mengaplikasikan agen hayati yang dapat meningkatkan serapan P yaitu mikoriza dan bakteri *P. fluorescens*. Harapannya adalah Kandungan P pada

Andisol yang terjerap oleh Al dan Fe akan tersedia bagi tanaman untuk menyokong pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui peran MA dan bakteri *P. fluorescens* dalam meningkatkan serapan P pada Andisol, Mengetahui peran Mikoriza Arbuskula dan Bakteri *P. fluorescens* dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung dan Mengetahui kombinasi MA dan bakteri *P. fluorescens* yang optimal dalam meningkatkan serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai November 2014 yang dilaksanakan di Green House Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maliki Maulana Malik Ibrahim, Malang dan Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan 10 kombinasi perlakuan, 3 ulangan.

Hasil penelitian menunjukkan Inokulasi Mikoriza Arbuskula dan bakteri *P. fluorescens* mempunyai pengaruh yang nyata terhadap sifat kimia tanah (pH, C-organik), dan juga mempunyai pengaruh sngat nyata terhadap keberadaan populasi mikoriza maupun bakteri serta dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Pemberian MA dan bakteri *P. fluorescens* berpengaruh nyata terhadap serapan P, hasil terbaik terdapat pada perlakuan M₃P₃ (30 spora MA dan 10⁹ cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) yakni sebesar 0.31 g/tanaman, sedangkan pada perlakuan kontrol serapan P sebesar 0.25 g/tanaman. Hasil dari perlakuan juga menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman pada 40 dan 50 HST. Pertumbuhan terbaik ditunjukkan pada perlakuan M₃P₃ (30 spora MA dan 10⁹ cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) pada 50 HST tinggi tanaman mencapai 148 cm dan jumlah daun sebanyak 11 helai, sedangkan perlakuan kontrol tinggi tanaman sebesar 116 cm dan jumlah daun sebanyak 8 helai. Dari 10 perlakuan yang, ada perlakuan terbaik terdapat pada M₃P₃ (30 spora MA dan 10⁹ cfu/ml bakteri *P. fluorescens*). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antara Mikoriza dan bakteri *P. fluorescens* mempunyai hasil terbaik pada dosis maksimal.

SUMMARY

Mohammad Kafid Musafa. 105040213111055. The role of Mycorrhiza *Arbuscula* (MA) and Bacteria *P. fluorescens* in Improving The Uptake of P and Growth of Corn (Zea Mays) In Andisol. Supervised by Budi Prasetya and Luqman Qurata Aini.

One of the problems with the type of soil nutrient content is Andisol. Andisol have a clay content of amorphous / allophane which contains Al and Fe that can fix nutrients P. The high P adsorption by Al and Fe causes nutrients unavailable to plants. One of effort that can be done to reduce the P retention is by applying a biological agent that can increase the uptake of P, namely mycorrhiza and bacteria *P. fluorescens*. Therefore, it is expected that P content in Andisol adsorbed by Al and Fe will be available for plants to sustain plant growth. The purposes of this study are Knowing the role of MA and bacteria *P. fluorescens* in increasing the uptake of P in Andisol, Knowing the role of MA and bacteria *P. fluorescens* in enhancing the growth of corn plants, Knowing the combination of MA and bacteria *P. fluorescens* optimal in increasing The uptake of P and growth of corn.

The research was conducted in June and November 2014 which was held in the Green House Faculty of Science and Technology UIN Maliki Maulana Malik Ibrahim Malang and Soil Laboratory Brawijaya University. The design used was a completely randomized design with 10 combinations of treatments, 3 replications.

The results showed Inoculation of MA and bacteria *P. fluorescens* has a significant effect on soil chemical properties (pH, C-organic), and also affects the existence of mycorrhizal and bacterial populations and can increase the growth of maize. Giving MA and *P. fluorescens* bacteria significantly affect the uptake of P, the best results are on M^3P^3 treatment (30 spores of MA and 10^9 cfu/ml bacteria *P. fluorescens*) which is of 0.31 g / plant, while in the control treatment the uptake of P 0.25 g / plant. The results of treatment also showed significant differences on plant growth at 40 and 50 day after palnting. The best of growth is shown in M^3P^3 treatment (30 spores MA and 10^9 cfu/ml bacteria *P. fluorescens*) at 50 day after planting plant height reaches 148 cm and the number of leaves as much as 11 strands, while the control treatment plant height of 116 cm and the number of leaves of 8 strands. Of the 10 treatments, there are at M^3P^3 best treatment (30 and 10^9 bacterial spores MA *P. fluorescens*). This suggests that the combination of mycorrhiza and bacteria *P. fluorescens* have the best results in the maximum dose.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Peran Mikoriza Arbuskula (MA) dan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dalam Meningkatkan Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*) Pada Andisol”.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan motivasi dan semangat selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya mulai dari awal hingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan lancar. Rasa terimakasih penulis sampaikan kepada,

1. Dr. Ir. Budi Prasetya, MP selaku dosen pembimbing utama.
2. Luqman Qurata Aini, SP., M. Si., Ph. D selaku dosen pembimbing pendamping.
3. Kedua orang tua tercinta Sholikin (ALM), Muthmainnah, beserta semua keluarga besar yang telah memberikan doa dan biaya selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya.
4. Keluarga Besar PPAI “Sabiilil Muttaqin” yang telah memberikan bimbingan rohani kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan sampai saat ini.
5. Semua Civitas Akademika Jurusan Tanah beserta karyawan yang telah memberi fasilitas kepada penulis selama melaksanakan penelitian.
6. Teman-teman seperjuangan MSDL 2010 yang tidak bisa penulis sebutkan semua namanya, dan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian.

Penulis menyadari keterbatasan dan kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tulisan ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Februari 2015

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Blitar pada 05 April 1990, anak ke-dua dari tiga bersaudara, pasangan Sholikin dan Muthmainnah. Penulis memulai pendidikan dasar di SD Islam Wahid Hasyim Selokajang, Kec. Srengat pada tahun (1997-2004), kemudian melanjutkan ke MTsN Langkapan (2004-2007), Selanjutnya penulis melanjutkan ke MA AL-Hikmah Langkapan (2007-2010). Pada tahun 2010 penulis menempuh pendidikan sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Dasar Perlindungan Tanaman (2012/2013). Penulis juga pernah menjadi pengurus dalam organisasi CADS (Center For Agriculture Development Study) (2013/2014). Pada tahun 2013, penulis melakukan kegiatan magang kerja di PT. Perkebunan Nusantara XII, Kebun Bantaran, Blitar.

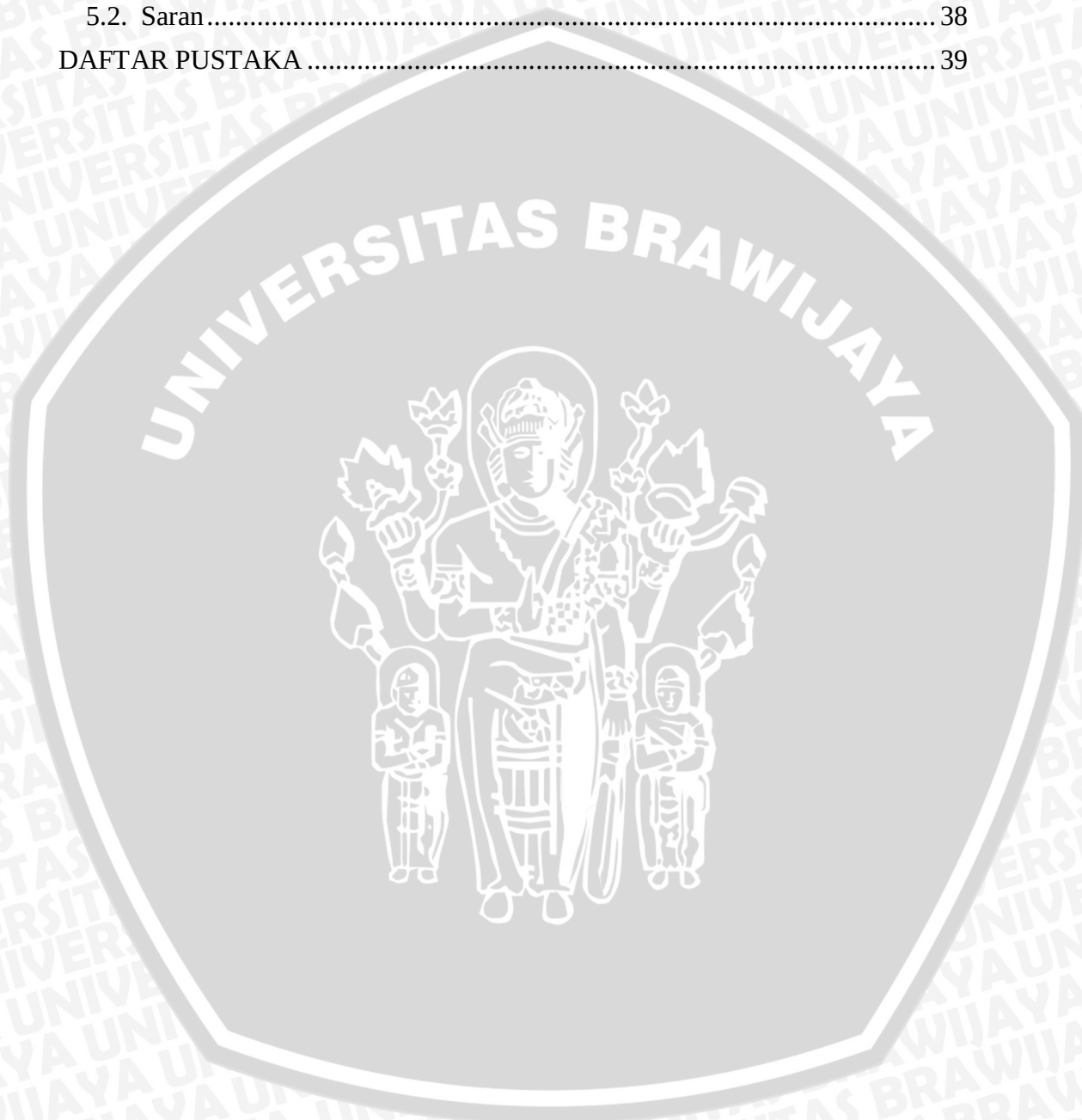


DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN.....	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Hipotesis	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Kerangka pikir	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Andisol	5
2.2. Pertumbuhan dan Produktifitas Jagung.....	6
2.3. Fosfor.....	7
2.4. Bakteri <i>Pseudomonas fluorescens</i>	11
2.6. Mikoriza.....	13
III. METODE PENELITIAN	19
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2. Alat dan Bahan.....	19
3.3. Rancangan Penelitian	19
3.4. Persiapan Penelitian	20
3.5. Pelaksanaan Penelitian	21
3.5. Parameter pengamatan.....	22
3.7 Analisis Data.....	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1. Pengaruh pemberian Mikoriza Arbuskula (MA) dan Bakteri <i>P. fluorescens</i> terhadap Sifat Kimia Tanah	23
4.2. Pengaruh Pemberian Mikoriza Arbuskula (MA) dan bakteri <i>P. fluerescens</i> Terhadap Sifat Biologi tanah.....	28

4.3. Pengaruh Pemberian Mikoriza Arbuskula (MA) dan bakteri <i>P. fluorescens</i> Terhadap Pertumbuhan tanaman jagung	31
4.4. Hubungan antar Parameter Pengamatan.....	34
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kandungan hara tanaman jagung (Olson and Sander, 1988).	7
2.	Taksonomi Cendawan pembentuk MA.....	14
3	Perlakuan dan dosis Inokulasi MA dan <i>P. fluorescens</i>	19
4.	Parameter dan Metode Pengamatan penelitian.....	22
5.	Nilai rerata pH Tanah pada 50 HST	23
6.	Nilai rerata C-organik Tanah 50 HST	24
7.	Nilai rerata P tersedia pada 50 HST.....	25
8.	Nilai rerata serapan P pada 50 HST.....	27
9.	Nilai Rerata kerapatan spora dalam tanah.....	28
10.	Nilai rerata infeksi akar tanaman jagung oleh MA.....	29
11.	Rerata populasi bakteri akibat inokulasi MA dan <i>P. fluorescens</i>	30
12.	Nilai rerata tinggi tanaman jagung (cm)	31
13.	Nilai rerata jumlah daun tanaman jagung.....	32
14.	Nilai rerata total panjang akar tanaman jagung 50 HST	33

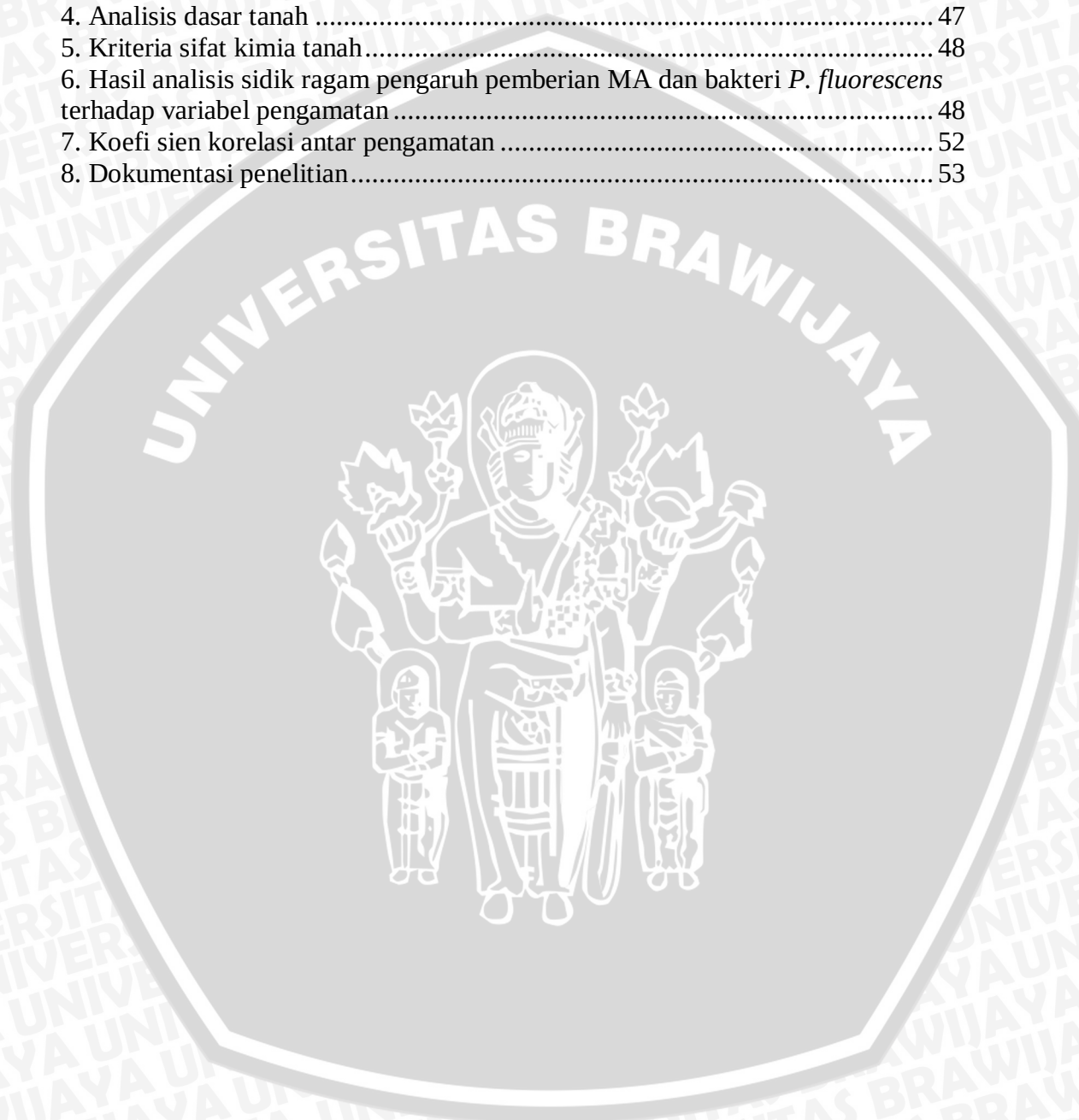
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halalaman
1.	Kerangka pikir penelitian	4
2.	Bakteri <i>Pseudomonas fluorescens</i> (Agrios,1997).....	12
3.	Perkembangan dan taksonomi ordo Glomeromyta (Nemec, 1983).....	14
4.	Skema penyerapan P oleh akar bermikoriza (Mosse, 1996).	16
5.	Skema pengenceran bakteri.....	20



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Denah percobaan.....	45
2.	Metode perhitungan panjang akar (Newman & P nnant).....	46
3.	Perhitungan kebutuhan air tanaman.....	47
4.	Analisis dasar tanah	47
5.	Kriteria sifat kimia tanah.....	48
6.	Hasil analisis sidik ragam pengaruh pemberian MA dan bakteri <i>P. fluorescens</i> terhadap variabel pengamatan.....	48
7.	Koefisien korelasi antar pengamatan	52
8.	Dokumentasi penelitian.....	53



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang unggul akan hasil pertanian dan kaya akan sumberdaya alam, dalam hal ini aspek yang sangat penting dalam menyokong pertanian adalah tanah. Sebaran tanah di Indonesia sangat beragam, salah satunya adalah Andisol. Andisol merupakan tanah yang terbentuk dari bahan vulkanik berasal dari wilayah dan aktivitas vulkanik. Debu vulkanik yang banyak mengandung Al dan Fe. Khelasi antar asam humik dan Al dan Fe tersebut, membentuk khelat logam-humik yang dapat berpengaruh terhadap dekomposisi mikrobiologis. Andisol juga banyak mengandung amorf yang sangat reaktif terhadap anion polivalen seperti P, sehingga hanya sedikit unsur hara P yang dapat diserap oleh tanaman (Tan, 1998).

Fosfor (P) merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang besar setelah nitrogen. Tidak semua tanah bisa menyediakan P bagi tanaman terutama daerah mineral masam. Salah satu ketersediaan P dalam tanah disebabkan oleh adanya fiksasi Fe serta mineral silikat liat. Selain pada tanah masam permasalahan yang sama juga terjadi pada tanah yang berkembang dari bahan vulkanik yang mengandung liat amorf yang reaktif terhadap P, yakni pada Andisol.

Tanaman jagung merupakan tanaman yang mampu mengambil P dalam tanah dengan jumlah yang lebih banyak bila dibandingkan dengan tanaman palawija yang lainnya (Warisno, 1998). Jagung dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan nilai P tanah karena tanaman tersebut peka terhadap kadar P yang rendah dalam tanah. Salah satu ciri defisiensi unsur hara P pada tanaman jagung adalah tanaman menjadi kerdil dan timbul warna ungu pada ujung dan tangkai daun.

Beberapa cara dapat dilakukan untuk meningkatkan kandungan P dalam tanah salah satunya adalah dengan mikoriza. Mikoriza merupakan simbiosis antara fungi tanah dengan akar tanaman yang memiliki banyak manfaat dibidang pertanian, yakni membantu meningkatkan status hara tanaman, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, penyakit, dan kondisi tidak menguntungkan lainnya (Auge *et al.*, 2001) Karakteristik asosiasi mikoriza yang

dapat membantu penyerapan unsur hara P, dengan mengubahnya dari bentuk tidak tersedia menjadi bentuk tersedia bagi tanaman. Keberadaan mikoriza menjadikan permukaan akar lebih luas bila dibandingkan dengan tanaman tanpa mikoriza. Mikoriza sebagai salah satu mikrobia tanah adalah penyumbang perbaikan tanah. Menurut (Setiadi, 1989), salah satu keuntungan yang bisa diperoleh tanaman inang yang berasosiasi dengan mikoriza adalah tanaman tersebut mampu mengatasi keadaan kekeringan. Hal ini disebabkan karena hifa mikoriza masih mampu untuk menyerap air dari pori-pori tanah pada saat akar tanaman sudah kesulitan. Penyebaran hifa yang sangat luas di dalam tanah dapat memungkinkan tanaman mengambil air tanah relatif lebih banyak. Selain MA salah satu agen hayati yang dapat melarutkan P adalah bakteri *Pseudomonas fluorescens* yang mampu menghasilkan asam organik yang dapat menyerap Al dan Fe. Beberapa asam organik yang dihasilkan oleh bakteri ini adalah asam glikolat, laktat, sitrat, dan asam lainnya.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana peran MA dan Bakteri *P. fluorescens* dalam meningkatkan serapan P pada Andisol?
2. Berapa besar peran MA dan Bakteri *P. fluorescens* dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung?
3. Bagaimana kombinasi MA dan bakteri *P. fluorescens* dalam meningkatkan serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung?

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk,

1. Mengetahui peran MA dan Bakteri *P. fluorescens* dalam meningkatkan serapan P pada Andisol.
2. Mengetahui peran MA dan Bakteri *P. fluorescens* dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung.
3. Mengetahui kombinasi MA dan bakteri *P. fluorescens* yang optimal dalam meningkatkan serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung.

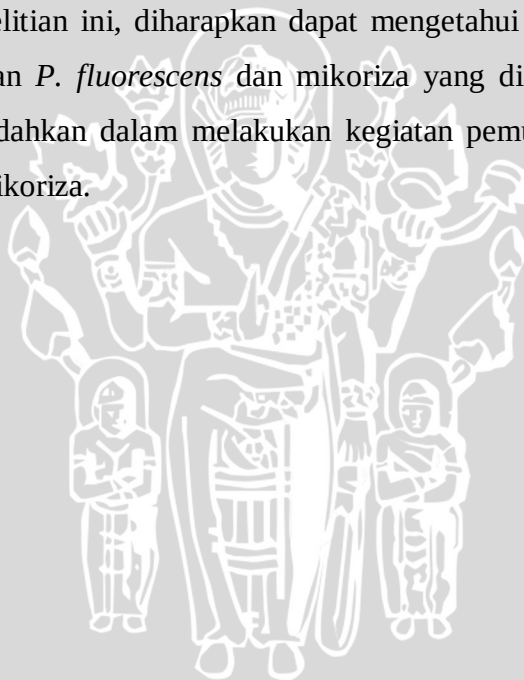
1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini sebagai berikut,

1. Pemberian MA dan bakteri *P. fluorescens* dapat meningkatkan serapan P pada Andisol.
2. Pemberian MA dan *P. fluorescens* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung.
3. Pemberian MA pada konsentrasi 30 spora dan *P. fluorescens* (10^9 cfu/ml) akan menunjukkan kombinasi yang paling optimal dalam meningkatkan serapan P dan pertumbuhan jagung.

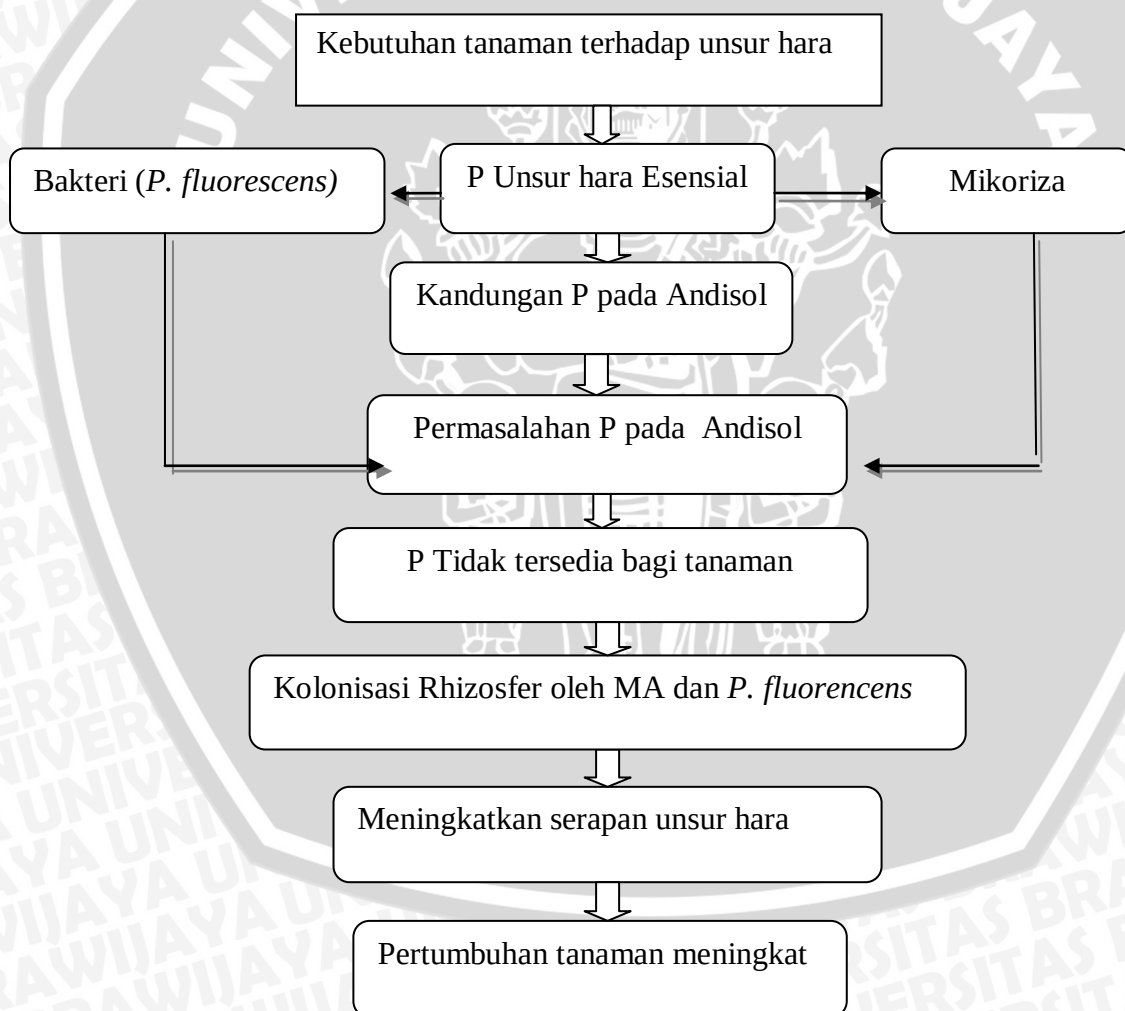
1.5. Manfaat

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat mengetahui dosis yang paling tepat untuk penggunaan *P. fluorescens* dan mikoriza yang diaplikasikan secara bersamaan dan memudahkan dalam melakukan kegiatan pemupukan dengan *P. fluorescens* maupun mikoriza.



1.6. Kerangka pikir

Unsur hara merupakan senyawa yang penting bagi tanaman yang dibutuhkan untuk menyokong pertumbuhan, salah satu dari unsur hara yang berperan penting adalah unsur P. Pada Andisol unsur P tidak dapat tersedia bagi tanaman karena terjerap oleh Al dan Fe, dengan demikian maka perlu ada bantuan untuk membuat P menjadi tersedia bagi tanaman. Mikoriza dan bakteri *P. fluorescens* merupakan agen hayati yang dapat membantu P menjadi tersedia bagi tanaman dan meningkatkan serapan hara, dengan adanya bantuan agen hayati tersebut maka akan meningkatkan serapan unsur hara dan diikuti dengan pertumbuhan tanaman yang semakin meningkat (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Andisol

Andisol ialah tanah yang terbentuk dari bahan vulkanik yang berasal dari aktivitas vulkanik, selain itu Andisol juga memiliki bahan andik dengan ketebalan sebesar 60% atau lebih. Andisol merupakan tanah gembur, ringan dan porous, tanah bagian atasnya berwarna hitam atau gelap, bertekstur sedang (lempung, berdebu), terasa licin seperti sabun apabila diraba. Menurut taksonomi tanah, Andisol merupakan tanah yang bersifat andik yaitu dengan kadar bahan organik kurang dari 25%. Beberapa permasalahan pada Andisol yaitu tingginya kapasitas jerapan P, bahkan melebihi jerapan P oksida hidrat Al dan Fe, hal ini disebabkan karena bahan amorf mempunyai permukaan spesifik yang begitu luas, sehingga jerapan P lebih tinggi (Soil Survey Staff, 2010).

Penyebaran Andisol dominan di wilayah dekat dengan pusat-pusat erupsi gunung api. Jenis tanah banyak tersebar di Chile, Peru, Ecuador, Colombia, Amerika Tengah, USA, Kamchatka, Jepang, Filipina, Indonesia, New Zealand, dan Negara bagian kepulauan Selatan-Barat Pasifik. Di Indonesia, luas penyebaran Andisol 3,4 % luas daratan Indonesia yang diperkirakan seluas 6.491.000 ha. Andisol paling banyak tersebar di Sumatera utara dengan luas area 1.875.000 ha, Jawa Timur 0,73 juta ha, Jawa Barat 0,50 juta ha, Jawa Tengah 0,45 juta ha, dan Maluku 0,32 juta ha (Munir *et al.*, 1996)

Sifat yang tidak baik pada Andisol adalah memiliki retensi fosfat >85 %. Retensi fosfat pada Andisol menyebabkan P yang tidak tersedia bagi tanah sehingga perlu aplikasi pemupukan. Fosfor dalam Andisol sangat kuat terikat oleh Al dan Fe dari mineral nonkristalin. Debu vulkanik yang masih baru, mengandung fosfor yang mudah larut dalam larutan asam. Tanaman dapat menyerap fosfor yang larut dan dengan mudah. Aplikasi fosfor dapat bereaksi dengan debu vulkanik seperti Al dan Fe dari mineral nonkristalin sehingga menghasilkan ikatan metal fosfor yang tidak mudah larut (Tan, 1998).

Unsur hara P yang dijerap oleh Al maupun Fe pada Andisol menjadi tidak tersedia bagi tanaman, sehingga hal ini akan menghambat pertumbuhan. Reaksi tanah sedikit masam hingga netral, mempunyai kemampuan menjerap fosfat sangat kuat, akan tetapi berbobot isi rendah yaitu kurang dari 0.85 g/cm³.

Tingginya kemampuan Andisol menyerap fosfat yang dihubungkan dengan reaktivitas fiksasi yang tinggi dan disertai dengan mineralisasi P-organik yang lambat menentukan rendahnya ketersediaan fosfor yang menjadi faktor pembatas ketersediaan unsur hara P (Iis, 2003).

2.2. Pertumbuhan dan Produktifitas Jagung

Jagung mempunyai umur berkisar 3-4 bulan. Pada dasarnya umur tanaman jagung juga dipengaruhi oleh suhu dan faktor lainnya. Selain itu, kemasaman tanah juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman jagung karena dalam hal ini berkaitan dengan ketersediaan hara dalam tanah. pH yang baik untuk pertumbuhan jagung berkisar antara 5,5-7,0. Tanaman jagung akan tumbuh baik pada daerah dengan ketinggian 0-1300 mdpl. Tanah yang tingkat kemiringannya tidak lebih dari 8%, masih dapat ditanami jagung dengan arah barisan melintang searah kemiringan tanah, dengan maksud mencegah erosi tanah apabila ada hujan (Mattobii, 2004).

Produksi jagung tahun 2009 diperkirakan 18,12 juta ton pipilan kering. Dibandingkan produksi tahun 2008, terjadi kenaikan 522,86 ribu ton atau 2,97 %. Kenaikan produksi pada 2010 diperkirakan terjadi karena naiknya luas panen seluas 67,83 ribu ha atau 1,63 %, dan produktivitas sebesar 0,56 kw/ha atau 1,32 %. Namun ini belum mencapai swasembada pangan karena kebutuhan jagung di Indonesia cukup tinggi (BPPS, 2012).

2.2.1. Kebutuhan Unsur Hara Tanaman Jagung

Jagung merupakan tanaman yang membutuhkan unsur hara yang diserap melalui tanah. Unsur hara primer yang dibutuhkan tanaman jagung adalah N, P dan K, unsur hara ini diperlukan tanaman jagung dalam jumlah lebih banyak apabila dibandingkan dengan unsur hara lainnya (Ca, Mg, dan S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, dan Cl) diperlukan dalam jumlah yang relatif lebih sedikit (Tabel 1.). Dengan hara yang cukup, jagung akan memberikan hasil yang baik. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan hara dalam tanah agar dapat diserap tanaman, diantaranya adalah total pasokan hara, kelembaban tanah dan aerasi, suhu tanah, dan sifat fisik maupun kimia tanah (Olson and Sander, 1988).

Tabel 1. Kandungan hara tanaman jagung (Olson and Sander, 1988).

Unsur hara	Kandungan hara (kg/ha)	
	Biji	Batang
N	129	62
P	31	8
K	39	157
Ca	1,5	39
Mg	11	33
S	12	9
Cl	4,5	76
Fe	0.11	2.02
Mn	0.06	0.28
Cu	0.02	0.09
Zn	0.19	0.19
B	0.05	0.14
Mo	0.006	0.003

2.3. Fosfor

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro yang sangat dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan tanaman, walaupun kandungannya didalam tanaman lebih rendah bila dibanding nitrogen (N), kalium (K), dan kalsium (Ca). Tanaman yang kekurangan unsur P akan mengalami pertumbuhan yang terhambat, daun menjadi tipis dan kecil tidak mengkilat, daun dan buah rontok sebelum waktunya, serta daun mengalami nekrosis. Unsur hara P berikatan dengan oksigen yang disebut senyawa fosfat. Tanaman menyerap fosfat dalam bentuk ion fosfat anorganik terutama H_2PO_4^- , dan HPO_4^{2-} . Selain ion-ion tersebut, tanaman dapat menyerap P dalam bentuk asam nukleat, fitin, dan fosfohumat (Halvin *et al.*, 1999).

Fungsi P adalah untuk pembelahan sel, pembentukan albumin, pembentukan bunga, buah, dan biji dan berfungsi untuk mempercepat pematangan buah, memperkuat batang, untuk perkembangan akar, memperbaiki kualitas tanaman, metabolisme karbohidrat, membentuk nucleoprotein (sebagai penyusun RNA dan DNA), dan menyimpan serta memindahkan energi seperti ATP. Unsur P juga berfungsi untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Pergerakan ion-ion pada umumnya disebabkan oleh proses difusi, namun apabila kandungan P larutan tanah cukup tinggi, maka proses aliran masa dapat berperan dalam transportasi tersebut. Ion yang sudah berada di permukaan akar akan menuju *outer space*/rongga luar akar melalui proses difusi sederhana maupun

kegiatan bahan pembawa. Kemudian ion memasuki rongga dalam akar dengan bantuan energi metabolisme, yang di kenal sebagai serapan aktif (Nyakpa *et al.*, 1998).

Fosfor memainkan peran yang tidak dapat dikesampingkan sebagai bahan bakar *universal* untuk kegiatan biokimia dalam sel hidup. Ikatan adenosin trifosfat (ATP) yang berenergi tinggi melepaskan energi untuk kegiatan bila diubah menjadi adenosin difosfat (ADP). Perbedaan utama antara daur N dan daur P dalam tanah adalah bahwa bentuk-bentuk nitrogen yang tersedia (amonium dan nitrat) merupakan ion-ion yang relatif stabil yang tetap digunakan tanaman. Sebaliknya H_2PO_4 cepat bereaksi dengan ion-ion yang lainnya dalam larutan tanah untuk menjadi sangat kurang larut atau tidak tersedia bagi tanaman (Illmer *et al.*, 1995).

Pada umumnya tanaman memanfaatkan P hanya sebesar 10-30% dari pupuk P yang diberikan, dengan demikian 70-90% pupuk P tetap berada di dalam tanah, selain itu tumbuhan juga tidak dapat menyerap fosfat yang terikat sehingga harus diubah menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman (Elfiati, 2005). Kekurangan pupuk P dapat diatasi dengan berbagai cara, salah satu cara yang biasa dilakukan adalah dengan memanfaatkan mikroba pelarut P sebagai pupuk hayati. Penggunaan mikroba pelarut P sebagai pupuk hayati mempunyai beberapa keunggulan salah satunya adalah mampu membantu meningkatkan kelarutan P yang terjerap. Pada jenis-jenis tanah tertentu, mikroba ini dapat memacu pertumbuhan tanaman kerana dapat menghasilkan zat pengatur tumbuh, serta menahan penetrasi pathogen akar karena sifat mikroba yang cepat (Jones, 1982).

2.3.1. Peranan P pada tanaman

Dalam bentuk anorganik fosfor banyak ditemukan di dalam cairan sel sebagai komponen sistem penyangga tanaman. Dalam bentuk organik, P terdiri sebagai: 1). Fosfolifid merupakan komponen membran sitoplasma dan kloroplas. 2). Fitin, merupakan simpanan fosfat dalam biji. 3). Gula fosfat, merupakan senyawa antara dalam berbagai proses metabolisme tanaman. 4). Nukleoprotein, komponen utama DNA dan RNA inti sel. 5). ATP, ADP, AMP, dan senyawa sejenis, sebagai senyawa berenergi tinggi untuk metabolisme. 6). FAD dan NADP, merupakan koenzim penting dalam proses reduksi dan oksidasi. 7). FAD dan

berbagai senyawa lain, berfungsi sebagai pelengkap enzim tanaman (Salisbury dan Ross, 1995).

Fosfor juga merupakan senyawa penyusun fitin, yakni bentuk utama P yang tersimpan dalam biji. Substansi ini merupakan garam kalsium dan magnesium inotisol asam heksafosfat, sedangkan P berperan penting dalam mengatur permeabilitas membran sel dan pengangkutan ion. Unsur P juga mempunyai peranan dalam membantu pembentukan akar halus maupun akar rambut, pembentukan bunga buah dan biji serta memperkuat daya tahan terhadap penyakit (Salisbury dan Ross, 1995).

Apabila tanaman kekurangan P maka akan mengakibatkan hambatan metabolisme, antara lain proses sintesis protein yang bisa mengakibatkan terjadinya akumulasi karbohidrat dan ikatan-ikatan nitrogen. Kekurangan P tanaman secara visual, yaitu daun yang tua akan berwarna keunguan atau kemerahan karena terbentuknya pigmen antisianin. Pigmen ini terbentuk karena akumulasi gula di dalam daun sebagai akibat terhambatnya sintesis protein. Gejala lainnya adalah nekrosis pada pinggir atau helai dan tangkai daun, dan diikuti melemahnya batang dan akar daun (Hue *et al.*, 1986).

Pada tanah fosfor dibedakan menjadi dua bentuk, yaitu P-organik dan P-anorganik yang mana kandungan P ini bervariasi pada setiap jenis tanah. Fosfor organik yang terdapat di dalam tanah sebanyak 50% dari P total tanah. Bentuk-bentuk fosfat ini berasal dari sisa tanaman, hewan, dan mikroba. Ketersediaan P-organik bagi tanaman sangat bergantung pada aktivitas mikroba untuk memineralisasikannya. Enzim fosfatase adalah enzim yang paling berperan dalam melepaskan P dari ikatan P-organik. Enzim ini banyak dihasilkan oleh mikroba tanah, terutama yang bersifat heterotof. Aktivitas fosfatase dalam tanah meningkat dengan meningkatnya C-organik, pH, kelembaban, temperatur dan faktor lainnya. Apabila C-organik tinggi maka P-organik semakin meningkat. Fosfat anorganik dapat diimmobilisasi menjadi P-organik oleh mikroba dengan jumlah yang bervariasi antara 25-100% (Halvin *et al.*, 1999).

P-anorganik terdiri dari 2 jenis yakni, P aktif yang meliputi Ca-P, Al-P, Fe-P yang kedua adalah P tidak aktif, meliputi mineral P mineral fluor apatif. Pada umumnya fosfor anorganik di dalam tanah berasal dari mineral pada tanah

masam, kelarutan Al dan Fe menjadi tinggi. Dengan demikian, ion fosfat akan segera membentuk senyawa P yang kurang tersedia bagi tanaman. Ketersediaan P sebagai mineral tanah digambarkan dengan dasar bahwa adsorpsi terjadi pada permukaan oksida-oksida hidrat besi, aluminium dan liat. Kemampuan adsorpsi bergantung pada kadar liat, Fe dan Al terlarut, C-organik dan CaCO_3 . Pada tanah tropika basah, adsorpsi P terutama terjadi akibat adanya Fe dan Al terlarut, namun pada tanah berkapur adsorpsi P dilakukan oleh Ca. Adanya pengikatan P ini menyebabkan pemberian pupuk P menjadi tidak efisien (Sanchez, 1992).

2.3.2. Mekanisme Pelarutan P

Pada dasarnya fosfor relatif tidak mudah tercuci, namun akibat adanya pengaruh lingkungan menyebabkan statusnya berubah dari P yang tersedia bagi tanaman menjadi tidak tersedia, yakni dalam bentuk Ca-P, Mg-P, Fe-P atau *Occluded-P*. Mikroba pelarut P akan menghasilkan asam-asam organik antara lain: asam nitrat, glutamate, suksimat, laktat, oksalat, glioksalat, malat, fumarat, tartarat, dan α -ketobuturat (Illmer *et al.*, 1995). Meningkatnya asam organik biasanya diikuti dengan penurunan pH, sehingga mengakibatkan terjadinya pelarutan P yang terikat oleh Ca. Menurunnya kadar pH disebabkan terbebasnya asam sulfat dan nitrat pada oksidasi kemoautotrofik sulfur dan ammonium (Alexander, 1978).

Asam organik mampu meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah melalui beberapa mekanisme, antara lain: 1. Anion organik bersaing dengan ortofosfat pada permukaan tapak jerapan koloid yang bermuatan positif; 2. Pelepasan ortofosfat dari ikatan logam-P melalui pembentukan kompleks logam organik (Beaucamp dan Hume, 1997); 3. Modifikasi muatan permukaan tapak jerapan oleh ligan organik (Halvin *et al.*, 1999).

Pada tanah vulkanik asam-asam organik (benzoate, p-OH benzoate, salisilat, dan platat) tidak mampu menurunkan retensi P. Asam sitrat menjerap Fe jauh lebih banyak dibandingkan dengan tartarat dan juga dalam mengurangi P yang terjerap. Disamping meningkatkan P tersedia, beberapa asam organik berbobot molekul rendah ini juga dilaporkan dapat mengurangi daya racun Al yang dapat dipertukarkan (Al-dd) pada tanaman kapas (Hue *et al.*, 1986). Menurut Premono (1994), *P. fluorescens* dan *P. putida* mampu meningkatkan P

yang terekstrak pada tanah masam sampai 50%. Pada tanah basa *P. putida* mampu meningkatkan P yang terekstrak sebesar 10%. Sedangkan menurut Setiawati (1998), menunjukkan bahwa *P. fluorescens* yang digunakanya mampu meningkatkan kelarutan P dari fosfat alam 16.4 ppm menjadi 59.9 ppm, meningkatkan kelarutan P dari AlPO_4 dari 28.5 ppm menjadi 30.6 ppm dan meningkatkan P tersedia tanah dari 17.7 ppm menjadi 34.8 ppm.

2.4. Bakteri *Pseudomonas fluorescens*

Agen hayati *P. fluorescens* merupakan bakteri yang dapat menghasilkan antibiotik. Bakteri ini bersifat *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan mempunyai fungsi untuk memacu pertumbuhan tanaman dan juga menghambat pertumbuhan patogen (Soesanto, 2008).

Pseudomonas mempunyai batang lurus atau lengkung (Gambar 2), mempunyai ukuran sel bakteri $0.5\text{-}0.1\text{ }\mu\text{m} \times 1.5\text{-}4.0\text{ }\mu\text{m}$, tidak membentuk spora dan bereaksi negatif terhadap pewarnaan Gram, mempunyai tipe metabolisme respirasi dengan oksigen sebagai aseptor elektrton terminal. *Pseudomonas* spp. ialah jasad penghuni tanah, sisa tanaman dan rizosfer yang dapat tumbuh pada kisaran suhu $35^{\circ}\text{-}37^{\circ}\text{C}$ (Agrios, 1997). Adapun Klasifikasi dari *Pseudomonas fluorescens* yaitu,

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Gamma Proteobacteria
Family	: Pseudomonadaceae
Genus	: Pseudomonas
Spesies	: <i>Pseudomonas fluorescens</i>



Gambar 2. Bakteri *Pseudomonas fluorescens* (Agris,1997)

P. fluorescens yang hidup di daerah perakaran tanaman dapat berperan sebagai jasad renik pelarut fosfat, mengikat nitrogen dan menghasilkan zat pengatur tumbuh bagi tanaman sehingga dengan kemampuan tersebut *P. fluorescens* dapat dimanfaatkan sebagai pupuk biologis yang dapat menyediakan hara untuk pertumbuhan tanaman. *P. fluorescens* juga berperan sebagai pemacu pertumbuhan (PGPR) karena menghasilkan ZPT dan meningkatkan ketersediaan hara melalui produksi asam organik (Yulmira, 2009).

2.5.1. Kemampuan *P. fluorescens* dalam Melarutkan P

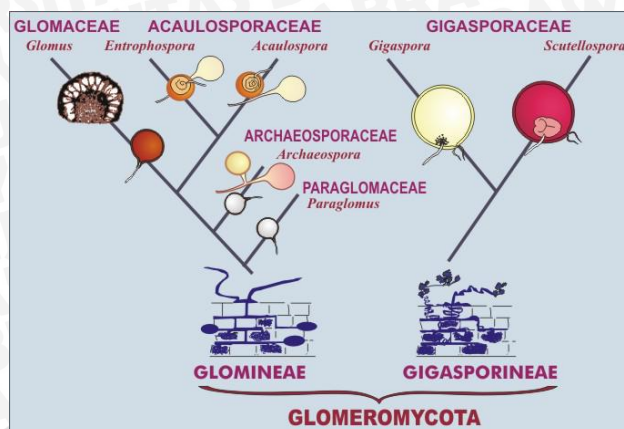
Bakteri *Pseudomonas* sp. merupakan agen hayati yang mempunyai banyak peran bagi tanah, salah satunya adalah kemampuan untuk melarutkan unsur hara P tanah, meningkatnya asam organik biasanya diikuti dengan pembentukan kelat dari Al dan Fe dengan asam organik tersebut sehingga P dapat larut dan P tersedia tanah meningkat. Mekanisme mikroorganisme dalam melarutkan P tanah yang terikat dan P yang berasal dari alam diduga karena asam-asam organik yang dihasilkan akan bereaksi dengan AlPO_4 , FePO_4 , dan $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$. Dari reaksi tersebut terbentuk khelat organik dari Al dan Fe, sehingga P terbebaskan dan larut serta tersedia untuk tanaman dengan kemampuan untuk melindungi akar dari infeksi patogen tanah dengan cara mengkolonisasi permukaan akar, menghasilkan senyawa kimia seperti anti jamur dan antibiotik serta kompetisi dalam penyerapan kation Fe (Kartika, 2012). Bakteri ini juga menghasilkan fitohormon dalam jumlah yang besar khususnya IAA untuk merangsang pertumbuhan dan pemanjangan batang pada tanaman (Rao, 1994). Mekanisme pelarutan fosfat oleh bakteri pelarut fosfat diawali dari sekresi asam-

asam organik diantaranya asam formiat, asetat, propionat, laktat, glikolat, gliksilat, fumarat, tartat, ketobutirat, suksinat dan sitrat, dengan meningkatnya asam-asam organik tersebut akan diikuti dengan penurunan nilai pH sehingga mengakibatkan terjadinya pelarutan P yang terikat oleh Al dan Fe (Rohmah *et al.*, 2011).

2.6. Mikoriza

Mikoriza merupakan simbiosis antara fungi dengan akar tanaman. Mikoriza berperan dalam peningkatan penyerapan unsur-unsur hara tanah yang dibutuhkan oleh tanaman seperti P, N, K, Zn, Mg, Cu, dan Ca (Bagyaraj *et al.*, 1997). Mikoriza dikenal sebagai fungi tanah biotrof obligat yang tidak dapat melestarikan pertumbuhan dan reproduksinya apabila terpisah dari tanaman inang dan dicirikan dengan adanya struktur vesikel dan atau arbuskel. Arbuskel merupakan struktur dalam akar berbentuk seperti pohon yang berasal dari cabang-cabang hifa intraradikal setelah hifa cabang menembus dinding sel korteks dan terbentuk antara dinding sel dan membran plasma.

Mikoriza dibedakan menjadi dua kelompok besar yaitu fungi yang hidup di permukaan akar (ekto-mikoriza) dan yang hidup di dalam korteks akar (endo-mikoriza) yang juga dikenal sebagai Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM). Fungi memiliki hypha atau miselium yang menembus jauh ke luar akar yang sangat bermanfaat untuk meningkatkan serapan P oleh tanaman inangnya. Berdasarkan pada morfologi sporanya, VAM dibagi dalam enam genus yaitu: Glomus, Gigaspora, Acaulospora, Sclerocystis dan Scutellospora, Entrophospora (Gambar 3.) Tipe-tipe mikoriza yang dikenal ada 2, yaitu: Ektomikoriza, strukturnya terdiri dari selimut miselium yang menyelimuti akar yang sel korteksnya membesar dan hifa cendawan yang masuk ke dalam ruang interselluler. Endomikoriza, strukturnya tidak membentuk selimut dengan hifa yang menginvasi sel korteks akar tanpa mematikannya.



Gambar 3. Perkembangan dan taksonomi ordo Glomeromyta (Nemec, 1983)

Menurut De La Cruz (1989), fungi berkembang biak dengan cara membentuk spora. Spora fungi yang ditemukan di dalam tanah dapat dipakai sebagai indikator keberadaan mikoriza dan pengenalan terhadap jenis mikoriza yang ada. Untuk mengetahui peran mikoriza dalam meningkatkan serapan P oleh akar tanaman, maka diperlukan perhitungan tingkat infeksi mikoriza, adapun perhitungan infeksi ini dilakukan dengan menggunakan metode dari Nemec (1983) yakni dengan melakukan pewarnaan akar tanaman yang terinfeksi mikoriza dan pengamatan melalui mikroskop. Selain penggunaan tehnik konvensional, penggunaan tehnik-tehnik molecular memang telah banyak digunakan. Berdasarkan taksonominya mikoriza terbagi menjadi 176 kelompok cendawan, yang terdiri dari 32 *Acaulospora*, 4 *entrophospora*, 3 *Archaeospora*, 98 *glomus*, 2 *paraglomous*, 8 *Gigaspora*, 29 *Scutellospora* (Tabel 2).

Tabel 2. Taksonomi Cendawan pembentuk MA

Filum	Ordo	Sub-ordo	Famili	Genus
<i>Zygomycota</i>	<i>Glomeromycota</i>	<i>Glominae</i>	<i>Glomaceae</i>	<i>Glomus</i>
			<i>Acaulosporaceae</i>	<i>Acaulospora</i>
				<i>Entrophospora</i>
			<i>Archaeosporaceae</i>	<i>Archaeospora</i>
			<i>Paraglomaceae</i>	<i>Paraglomus</i>
		<i>Gigasporineae</i>	<i>Gigasporaceae</i>	<i>Gigaspora</i>
				<i>Scutellospora</i>

Penyebaran MA memang sangat luas di seluruh dunia, terutama di daerah tropis (Gerdermann, 1968), selain itu perkembangan MA juga bisa ditemukan di habitat air. MA Pertama kali dilaporkan di Indonesia berasal dari Janse (1896).

Berdasarkan hasil penelitiannya di kebun Raya Cibodas, terdapat kolonisasi mikoriza pada 69 spesies dari 75 yang diperiksa. Spesies ini termasuk pada 56 famili dari Bryophyta, Pteridophyta, Gymnospermae, dan Angiospermae.

2.6.1. Kemampuan Mikoriza dalam Menyediakan P

Menurut Huda (2000), terdapat 3 mekanisme mikoriza dalam meningkatkan ketersediaan P dan pengambilannya terbagi menjadi beberapa macam, yaitu:

Mekanisme Fisik

Akar tanaman yang terinfeksi MA dapat lebih mudah dalam mengambil fosfor dengan cara memperluas permukaan serapan akar. Miselium fungi yang berada di luar akar analog sebagai rambut akar yang berfungsi untuk mengambil bahan makanan yang dibutuhkan oleh tanaman. Miselium fungi ini dapat tumbuh menyebar keluar akar hingga mencapai >9 cm, sehingga dapat berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan zona kekosongan bahan makanan terutama P disekitar akar tanaman.

Mekanisme Kimia

MA dapat mendorong perubahan pH pada rizosfer, perubahan ini dapat terjadi melalui produk eksudat fungi berupa anion-anion seperti poligalakturonat, sitrat, dan oksalat. Ion tersebut secara alami dapat menetralkan pH rizosfer, hal ini disebabkan oleh sifat asam sitrat dan oksalat yang masam dan juga sifat alkalin fosfatase dan poligalakturonat yang bersifat basa (Kurniawan, 2005).

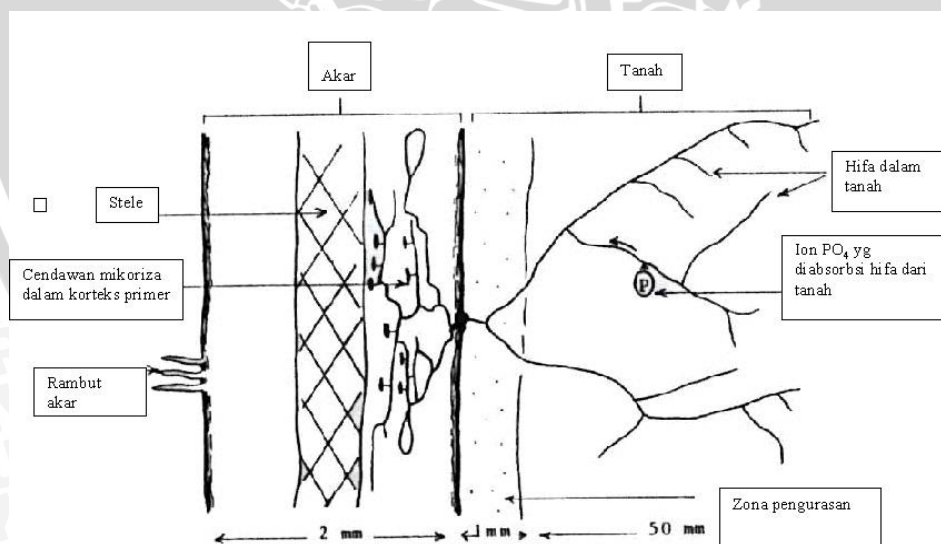
Mekanisme Fisiologi

Hifa fungi yang berada pada akar tanaman dapat menyerap P dari larutan tanah pada konsentrasi rendah, diameter fungi yang relatif kecil yakni 2-5 μm akan dengan mudah untuk menembus pori-pori mikro yang tidak dapat dimasuki oleh rambut akar yang relatif lebih besar. Huda (2000), menyatakan bahwa terdapat 2 faktor fisiologi yang dapat mempengaruhi mikrotofi suatu tanaman, yakni tingkat pertumbuhan tanaman dan juga kandungan P minimum untuk daun sehat. Apabila tanaman telah diinokulasi mikoriza namun masih mengalami pertumbuhan yang lambat berarti penyerapan P oleh tanaman tersebut juga rendah.

Menurut Tinker (1975), mekanisme penyerapan P terdiri dari beberapa macam, antara lain:

1. Mikoriza memiliki akses terhadap sumber P-anorganik yang relatif tidak dapat larut yang tidak dimiliki oleh akar yang tidak mempunyai kandungan mikoriza.
2. Kolonisasi mikoriza mengubah metabolisme tanaman inang sehingga absorpsi atau pemanfaatan P oleh akar terkolonisasi ditingkatkan.
3. Hifa dalam tanah mengabsorpsi P dan mengangkutnya ke akar-akar yang dikolonisasi, dari sini P ditransfer ke inang bermikoriza, dengan demikian mengakibatkan meningkatnya volume tanah yang dapat dijangkau oleh sistem akar tanaman.
4. Daerah akar bermikoriza tetap aktif dalam mengabsorpsi hara untuk jangka waktu yang lebih lama bila dibandingkan dengan akar yang tidak mengandung mikoriza.

Menurut Mosse (1996), Pada dasarnya MA memiliki hifa yang menjalar keluar di dalam tanah, hifa tersebut meluas di dalam tanah dan ketika fosfat di sekitar rambut akar telah habis maka hifa tersebut membantu menyerap fosfat dari tempat yang tidak dapat dijangkau oleh rambut akar (Gambar 4).



Gambar 4. Skema penyerapan P oleh akar bermikoriza (Mosse, 1996).

P diangkut melalui hifa eksternal dalam bentuk polifosfat. Adanya granul polifosfat dalam vakuola hifa telah dibuktikan melalui mikroskop elektron (Cox *et al.*, 1975). Penyerapan P pada permukaan akar lebih cepat dari pergerakan

fosfat ke permukaan akar, sehingga dapat menyerap fosfat dari tempat yang tidak dapat dicapai oleh akar yang tidak bermikoriza.

2.6.2. Faktor yang mempengaruhi Perkembangan Mikoriza

Mikoriza masuk kedalam akar melalui tekanan mekanis dan aktivitas enzim, kemudian tumbuh menjadi korteks. Pertumbuhan hifa secara eksternal terjadi jika hifa internal tumbuh dari korteks melalui epidermis, hifa eksternal berfungsi untuk mendukung fungsi reproduksi dan untuk transportasi karbon maupun hara lainnya kedalam spora (Pujianto, 2001).

Menurut Atmaja dan Dana (2001), pertumbuhan mikoriza sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Suhu

Pada suhu yang tinggi maka aktivitas mikoriza akan meningkat, proses perkecambahan pembentukan mikoriza terjadi melalui tiga tahap yaitu perkecambahan spora di dalam tanah, penetrasi hifa ke dalam sel akar, dan perkecambahan hifa di dalam konteks akar. Di wilayah subtropika mikoriza jenis gigaspora yang diisolasi dari afrika mengalami perkecambahan paling baik pada suhu 34°C , sedangkan spesies glomus yang berasal dari wilayah beriklim dingin, suhu optimal untuk perkecambahan adalah 20°C . Infeksi mikoriza akan meningkat diiringi dengan semakin meningkatnya suhu. Peran mikoriza hanya menurun pada suhu diatas 40°C . Pada dasarnya suhu bukanlah faktor pembatas utama yang mempengaruhi perkembangan mikoriza.

2. Kadar air tanah

Tanaman yang tumbuh di daerah kering dengan adanya MA dapat menguntungkan bagi tanaman tersebut karena pada dasarnya MA dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk tumbuh dan bertahan pada kondisi yang kurang air (Pujianto, 2001). MA juga dapat memperbaiki dan meningkatkan kapasitas serapan air tanaman inang. Tanaman yang mengandung mikoriza lebih tahan terhadap kekeringan disebabkan akibat adanya hifa eksternal yang mana tanaman tersebut lebih mampu mendapatkan air apabila dibandingkan dengan tanaman tidak mengandung mikoriza, selain itu tanaman kahat P lebih peka terhadap kekeringan,

adanya MA menyebabkan status P tanaman meningkat sehingga menyebabkan daya tahan terhadap kekeringan juga meningkat.

3. pH tanah

Pada umumnya MA lebih tahan terhadap perubahan pH tanah, namun daya hidup masing-masing mikoriza berbeda, karena pH tanah dapat mempengaruhi perkecambahan dan perkembangan dari mikoriza. Peran *G. fasciculatus* dalam meningkatkan pertumbuhan di tanah masam menurun akibat adanya pengapuran (Santoso, 1989). Pada pH 5,1 dan 5,9 *G. fasciculatus* menampilkan pertumbuhan yang terbesar juga memperlihatkan pengaruh yang lebih besar terhadap pertumbuhan tanaman yakni pada pH netral-alkalis (6,0-8,1).

4. Bahan organik

Jumlah spora dari mikoriza sangat berhubungan erat dengan bahan organik. Jumlah maksimum spora ditemukan pada tanah-tanah yang mengandung bahan organik 1-2%, sedangkan pada tanah yang mengandung bahan organik kurang dari 0,5% kandungan spora sangat rendah (Pujiyanto, 2001).

5. Cahaya dan ketersediaan hara

Peran mikoriza yang erat dengan ketersediaan P bagi tanaman menunjukkan keterikatan khusus antara mikoriza dengan status P tanah. Pada wilayah beriklim sedang konsentrasi P tanah yang tinggi menyebabkan menurunnya infeksi MA yang disebabkan konsentrasi P internal yang tinggi dalam jaringan inang (Santoso, 1989). Pemupukan N (188 kg/ha) berpengaruh buruk terhadap populasi MA, pemupukan N lebih berpengaruh bila dibandingkan dengan pemupukan P (Atmaja, 2001).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-November 2014 yang di *Green House* Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maliki Maulana Malik Ibrahim, Malang. Identifikasi dan perbanyakkan mikoriza serta bakteri *P. fluorescens* dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Pengambilan tanah dilakukan di Cangar, Kecamatan Bumiaji Malang.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetok, cangkul, kantong, polibag, plastik, pisau, timbangan, ayakan bertingkat berdiameter (2 mm; 1mm; 45µm), timbangan, cawan petri, Ring sampel, Sentrifuge, enlenmeyer, spektrofotometer, bunsen, pipet, plastik wrap. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, Benih jagung, tanah Andisol, air, aquades, media NA, isolat bakteri dan MA.

3.3. Rancangan Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari sepuluh perlakuan, masing-masing polibag kemudian diinokulasi dengan bakteri *P. fluorescens* dan MA dengan dosis yang telah ditentukan (Tabel 3).

Tabel 3 Perlakuan dan dosis Inokulasi MA dan *P. fluorescens*

Perlakuan	Dosis Inokulasi MA dan <i>P. fluorescens</i>
Tanpa inokulasi	Kontrol
M ₁ P ₁	10 Spora MA+ <i>P. fluorescens</i> (10 ⁵ cfu/ml)
M ₁ P ₂	10 Spora MA+ <i>P. fluorescens</i> (10 ⁷ cfu/ml)
M ₁ P ₃	10 Spora MA+ <i>P. fluorescens</i> (10 ⁹ cfu/ml)
M ₂ P ₁	20 Spora MA+ <i>P. fluorescens</i> (10 ⁵ cfu/ml)
M ₂ P ₂	20 Spora MA+ <i>P. fluorescens</i> (10 ⁷ cfu/ml)
M ₂ P ₃	20 Spora MA+ <i>P. fluorescens</i> (10 ⁹ cfu/ml)
M ₃ P ₁	30 Spora MA+ <i>P. fluorescens</i> (10 ⁵ cfu/ml)
M ₃ P ₂	30 Spora MA+ <i>P. fluorescens</i> (10 ⁷ cfu/ml)
M ₃ P ₃	30 Spora MA+ <i>P. fluorescens</i> (10 ⁹ cfu/ml)

Volume aplikasi bakteri *P. fluorescens* masing-masing adalah dengan konsentrasi 4 ml/polibag. Dari sepuluh perlakuan tersebut masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

3.4. Persiapan Penelitian

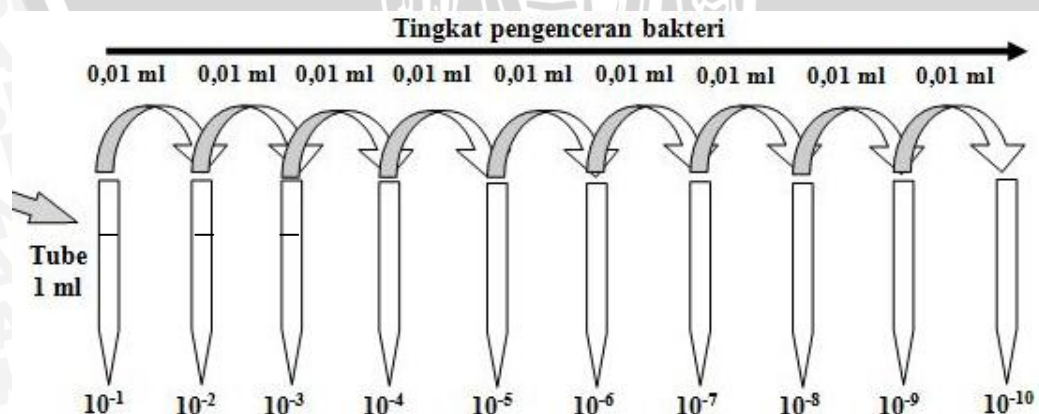
3.4.1. Analisis dasar

Tanah yang diperoleh dari lokasi pengambilan sampel yakni di Cangar, Bumiaji, Malang selanjutnya dilakukan analisis dasar. Analisis dasar dilakukan sebelum pelaksanaan penelitian yang tujuannya untuk mengetahui kondisi tanah yang digunakan sebagai bahan percobaan penelitian serta mengetahui kandungan unsur hara pada tanah tersebut. Adapun analisis dasar yang dilakukan meliputi kadar air tanah, tekstur, unsur hara N, P, K tanah, pH, C-organik, Kerapatan MA, dan *P. fluorescens*.

3.4.2. Persiapan Inokulum

Inokulum yang digunakan dalam penelitian ini adalah agen hayati Mikoriza Arbuskula (MA) yang diisolasi dari lahan pertanian Desa Joyogrand pada tanaman jagung, untuk mendapatkan total kebutuhan spora dibutuhkan 20 kali pengambilan sampel tanah dan masing-masing sampel ± 5 kg, sedangkan bakteri *P. fluorescens* diperoleh dari koleksi dari jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Brawijaya Malang.

Mikoriza yang telah diisolasi dan dipisahkan berdasarkan jenisnya kemudian disimpan pada botol fial film yang berisi aquadest selama ± 2 minggu, jenis mikoriza yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Glomus sp.* Isolat bakteri *P. fluorescens* yang telah didapatkan kemudian dilakukan pengenceran berdasarkan dosis perlakuan (Gambar 5).



Gambar 5. Skema pengenceran bakteri

3.4.3. Persiapan Tanah

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah Andisol yang didapatkan dari Cangar, Kecamatan Bumiaji, Malang. Selanjutnya tanah diambil dan dilakukan analisis dasar terkait dengan unsur hara pada tanah tersebut meliputi kadar air tanah, tekstur, unsur hara N, P, K, pH, C-Organik, kerapatan MA dan *P. fluorescens*. Tahap terakhir sebelum digunakan sebagai media tanam adalah sterilisasi dengan menggunakan formalin 5% dengan dosis 2.5 ml/kg, proses sterilisasi ini berlangsung selama 15 hari baru kemudian tanah biasa digunakan untuk media tanam.

3.5. Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Penanaman Benih Jagung

Penanaman benih jagung dilakukan pada media polibag berukuran 5 kg yang telah diisi tanah, penanaman di *Green House* Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maliki Maulana Malik Ibrahim, Malang.

3.5.2. Inokulasi MA dan *P. fluorescens*

Inokulasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan langsung menginokulasikan bakteri *P. fluorescens* dan MA kedalam contong tissue yang diisi benih, adapun perlakuan bakteri dan MA yang diinokulasikan adalah tanpa inokulasi MA dan bakteri *P. fluorescens*, 10 Spora MA+ *P. fluorescens* (10^5 cfu/ml), 10 Spora MA+ *P. fluorescens* (10^7 cfu/ml), 10 Spora MA+ *P. fluorescens* (10^9 cfu/ml), 20 Spora MA+ *P. fluorescens* (10^5 cfu/ml), 20 Spora MA+ *P. fluorescens* (10^7 cfu/ml), 20 Spora MA+ *P. fluorescens* (10^9 cfu/ml), 30 Spora MA+ *P. fluorescens* (10^5 cfu/ml), 30 Spora MA+ *P. fluorescens* (10^7 cfu/ml), 30 Spora MA+ *P. fluorescens* (10^9 cfu/ml). Volume aplikasi bakteri *P. fluorescens* masing-masing adalah dengan konsentrasi 4 ml/polibag. Inokulasi dilakukan bersamaan pada saat benih ditanam.

3.5.3. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman dilakukan setiap 2 hari sekali, mulai awal tanam sampai selesai. Kegiatan pemeliharaan tanaman meliputi, penyiraman, pembersihan, dan perawatan tanaman.

3.5. Parameter pengamatan

Parameter yang diamati dan diukur untuk mengetahui kemampuan Bakteri *P. fluorescens* dan MA dalam meningkatkan penyerapan P dan pertumbuhan tanaman jagung dilakukan pada berbagai variabel seperti tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, serapan P tanaman, jumlah, kerapatan spora, pH. Tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang diamati pada saat tanaman berumur 10 hst, 20 hst, 30 hst, 40 hst, dan 50 hst, pengukuran P, Kerapatan spora, dan Bakteri (Tabel 4).

Tabel 4. Parameter dan Metode Pengamatan penelitian

Objek	Parameter Pengamatan	Waktu Pengamatan (HST)	Metode
Tanaman	Tinggi Tanaman (cm)	10, 20, 30, 40, 50	Pengukuran
	Diameter Batang (cm)	10, 20, 30, 40, 50	Pengukuran
	Jumlah daun (helai)	10, 20, 30, 40, 50	Perhitungan
	Serapan P	50	Pengabuan Basah ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$)
	Biomassa tanaman (akar, tajuk)	50	Destruktif
	Total panjang akar	50	Newman, T nnant
	C-organik	50	Welkey and Black
	P-tersedia	50	P-Bray
	pH	50	Glass Elektrode
	Kerapatan Spora MA	50	Pengayakan basah
Tanah	Total populasi bakteri	50	Power plate

3.7 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan kemudian dilakukan analisis Ragam pada taraf 5 % dan apabila terdapat pengaruh perlakuan dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh pemberian Mikoriza Arbuskula (MA) dan Bakteri *P. fluorescens* terhadap Sifat Kimia Tanah

4.1.1. Kemasaman Tanah (pH)

Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui bahwa pemberian MA dan bakteri *P. fluorescens* menunjukkan hasil yang berpengaruh nyata terhadap pH tanah pada 50 HST (Tabel 5). Nilai pH yang paling tinggi terdapat pada perlakuan kontrol tanpa adanya inokulasi dengan nilai pH sebesar 4.83 dan diikuti perlakuan M_1P_1 (10 spora MA dan 10^5 cfu/ml *P. fluorescens*) dengan nilai pH sebesar 4.82 tergolong sebagai pH masam (Lampiran 5), sedangkan nilai pH yang paling rendah terdapat pada perlakuan M_3P_3 (30 spora MA dan 10^9 cfu/ml *P. fluorescens*) yakni menunjukkan nilai 4,53 dengan kriteria pH masam (Lampiran 5).

Tabel 5. Nilai rerata pH Tanah pada 50 HST

Perlakuan	Rata-rata	*Kriteria
K	4.83 a	Masam
M_1P_1	4.82 a	Masam
M_1P_2	4.69 ab	Masam
M_1P_3	4.63 ab	Masam
M_2P_1	4.57 b	Masam
M_2P_2	4.55 b	Masam
M_2P_3	4.60 b	Masam
M_3P_1	4.59 b	Masam
M_3P_2	4.54 b	Masam
M_3P_3	4.53 b	Masam

Keterangan: Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada uji Duncan ($p=5\%$). K=kontrol; M_1P_1 (10 spora MA dan 10^5 bakteri *P. fluorescens*); M_1P_2 (10 spora MA dan 10^7 bakteri *P. fluorescens*); M_1P_3 (10 spora MA dan 10^9 bakteri *P. fluorescens*); M_2P_1 (20 spora MA dan 10^5 bakteri *P. fluorescens*); M_2P_2 (20 spora MA dan 10^7 bakteri *P. fluorescens*); M_2P_3 (20 spora MA dan 10^9 bakteri *P. fluorescens*); M_3P_1 (30 spora MA dan 10^5 bakteri *P. fluorescens*); M_3P_2 (30 spora MA dan 10^7 bakteri *P. fluorescens*); M_3P_3 (30 spora MA dan 10^9 bakteri *P. fluorescens*); *Kriteria nilai pH tanah (Syarif 1986)

Penurunan pH tanah dapat disebabkan oleh kemampuan mikoriza dalam menghasilkan asam organik dan dapat meningkatkan populasi mikroorganisme lain di dalam tanah. Mikroorganisme tersebut berperan dalam mendekomposisi bahan organik kemudian akan melepaskan CO_2 yang akan membentuk asam karbonat dan melepaskan H^+ ke dalam larutan tanah yang menyebabkan penurunan pH tanah (Halvin *et al.*, 1999).

Pemberian bakteri *P. fluorescens* dapat menurunkan nilai pH tanah pada beberapa tanah masam seperti Adisol, karena pada dasarnya penurunan pH juga dapat disebabkan karena terbebasnya asam sulfat dan nitrat pada oksidasi kemoautotrofik sulfur dan ammonium (Alexander, 1977). Selanjutnya asam-asam organik ini akan bereaksi dengan bahan pengikat fosfat seperti Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , atau Mg^{2+} membentuk khelat organik yang stabil sehingga mampu membebaskan ion fosfat terikat sehingga dapat diserap oleh tanaman.

4.1.2. C-Organik tanah

Hasil analisis ragam dari inokulasi MA dan bakteri *P. fluorescens* mempunyai pengaruh yang nyata terhadap nilai C-organik tanah (Tabel 6).

Tabel 6. Nilai rerata C-organik Tanah 50 HST

Perlakuan	Rata-rata (%)	*Peningkatan (%)	**Kriteria
K	4.48 a	0	Tinggi
M ₁ P ₁	4.71 ab	5,13	Tinggi
M ₁ P ₂	4.86 bc	8,48	Tinggi
M ₁ P ₃	4.98 bc	11,16	Tinggi
M ₂ P ₁	4.73 ab	5,58	Tinggi
M ₂ P ₂	4.85 abc	8,26	Tinggi
M ₂ P ₃	4.88 bc	8,93	Tinggi
M ₃ P ₁	4.89 bc	9,15	Tinggi
M ₃ P ₂	4.97 bc	10,94	Tinggi
M ₃ P ₃	5.12 c	14,29	Sangat tinggi

Keterangan: Kode perlakuan tertera pada keterangan tabel 5, *((nilai perlakuan-nilai kontrol)/nilai kontrol)x100%, **Kriteria C-organik tanah (Syarief 1986), HST(hari setelah tanam).

Secara statistik, setiap perlakuan yang diteliti mempunyai pengaruh yang nyata terhadap C-organik tanah pada saat tanaman berumur 50 HST. Dari semua perlakuan yang diteliti hasil tertinggi terdapat pada perlakuan M₃P₃ (30 spora MA dan 10⁹ cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) sebesar 5.12% dan diikuti oleh perlakuan M₁P₃ (10 spora MA dan 10⁹ cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) dengan nilai rata-rata sebesar 4.98%, sedangkan nilai C-organik terendah adalah perlakuan kontrol (tanpa inokulasi) yaitu sebesar 4.48%.

Biomassa merupakan sumber bahan organik bagi tanah, peningkatan masukan biomassa ini dapat dilakukan dengan mempertahankan kondisi tanaman agar tumbuh dengan baik atau dengan melakukan rotasi tanaman, selain itu kemampuan agen hayati dalam menghasilkan biomassa juga menjadi salah satu

faktor yang dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah, mikoriza merupakan agen hayati yang dapat meningkatkan biomassa tanaman dengan adanya infeksi pada akar maka biomassa akan bertambah dan dengan demikian maka akan diikuti dengan peningkatan kandungan bahan organik tanah (Blair *et al.*, 2005).

Mikoriza juga menambahkan karbon organik dari tanaman inang dan dari produksi glicoprotein atau glomalin yang relatif tahan terhadap dekomposisi sehingga senyawa ini dapat berfungsi sebagai sumber karbon dan pemantap agregat. Dinding sel fungi yang banyak mengandung khitin yang tahan terhadap pelapukan juga merupakan sumber karbon, selain itu akan berperan dalam meningkatkan agregasi lewat hifa eksternalnya yang mampu menyatukan butiran tanah sehingga memantapkan agregat tanah, sehingga secara fisik melindungi karbon organik dalam agregat untuk terdekomposisi lebih lanjut (Jastrow *et al.*, 2007).

4.1.3. P tersedia

Berdasarkan hasil analisis ragam Inokulasi ganda antara MA dan bakteri *P. fluorescens* mempunyai pengaruh yang nyata terhadap nilai P tersedia pada tanah (Tabel 7).

Tabel 7. Nilai rerata P tersedia pada 50 HST

Perlakuan	Rata-Rata (ppm)	*Peningkatan (%)
K	11.77 a	0
M ₁ P ₁	16.91 b	44
M ₁ P ₂	12.05 ab	2
M ₁ P ₃	23.67 d	101
M ₂ P ₁	18.83 c	60
M ₂ P ₂	18.38 c	56
M ₂ P ₃	18.94 c	61
M ₃ P ₁	20.29 cd	72
M ₃ P ₂	21.47 cd	82
M ₃ P ₃	24.40 d	107

Keterangan: Kode perlakuan tertera pada keterangan tabel 5, *((nilai perlakuan-nilai kontrol)/nilai kontrol)x100%, HST(hari setelah tanam).

Hasil analisa P tersedia pada 50 HST menunjukkan bahwa setiap perlakuan mempunyai hasil yang berbeda, nilai P tersedia yang tertinggi terdapat pada perlakuan M₃P₃ (30 spora MA dan 10⁹ cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) yakni

sebesar 24.40 ppm, sedangkan nilai P tersedia yang paling rendah terjadi pada perlakuan kontrol yang menunjukkan nilai sebesar 11.77 ppm. Rerata hasil yang didapatkan nilai P tersedia masih tergolong dalam kategori rendah-sedang (Lampiran 7) tetapi pada dasarnya kandungan P tersedia di dalam tanah sudah mengalami peningkatan apabila dibandingkan dengan analisa sebelum perlakuan yakni sebesar 7.74 ppm.

Pelarutan fosfat secara biologis terjadi karena mikroorganisme tersebut menghasilkan enzim antara lain enzim fosfatase dan enzim fitase (Alexander, 1977). Fosfatase merupakan enzim yang akan dihasilkan apabila ketersediaan fosfat rendah. Fosfatase diekskresikan oleh akar tanaman dan mikroorganisme, dari keduanya tersebut mikroorganisme lebih dominan dalam menghasilkan flosfat (Joner *et al.*, 2000). Pada proses mineralisasi bahan organik, senyawa fosfat organik diuraikan menjadi bentuk fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman dengan bantuan enzim fosfatase (Gaur *et al.*, 1980). Enzim fosfatase dapat memutuskan fosfat yang terikat oleh senyawa-senyawa organik menjadi bentuk yang tersedia.

Beberapa asam organik mampu menyerap Fe lebih banyak dibanding dengan asam organik lainnya salah satunya adalah asam sitrat yang mampu menyerap Fe lebih banyak dibanding dengan asam organik asetat dan lainnya. Mikroba menghasilkan asam organik melalui proses katabolisme glukosa dan siklus asam trikarboksilat (TCA), yang merupakan hasil dari reaksi glikolisis. Asam- asam ini merupakan substrat untuk proses anabolisme dalam sintesis asam amino dan makromolekul lain (Dawes dan Sutherland, 1976).

4.1.4. Serapan P Tanaman

Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui bahwa Inokulasi ganda agen hayati MA dan bakteri *P. fluorescens* menunjukkan hasil yang berpengaruh sangat nyata terhadap serapan P tanaman pada 50 HST (Tabel 8).

Tabel 8. Nilai rerata serapan P pada 50 HST.

Perlakuan	Rata-Rata (g/tanaman)	*Peningkatan (%)
K	0.25 a	0
M ₁ P ₁	0.26 b	4
M ₁ P ₂	0.29 d	16
M ₁ P ₃	0.26 b	4
M ₂ P ₁	0.29 d	16
M ₂ P ₂	0.30 e	3
M ₂ P ₃	0.29 d	16
M ₃ P ₁	0.27 c	8
M ₃ P ₂	0.27 c	8
M ₃ P ₃	0.31 f	24

Keterangan: Kode perlakuan tertera pada keterangan tabel 5, *((nilai perlakuan-nilai kontrol)/nilai kontrol)x100%, HST(hari setelah tanam).

Tanaman menyerap P dalam bentuk ion fosfat anorganik terutama H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} . Tumbuhan tidak dapat menyerap fosfat yang terikat sehingga harus diubah menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman (Elfiati, 2005). Ketersediaan fosfat didalam tanah ditentukan oleh pH tanah dan dekomposisi bahan organik yang ada dalam tanah tersebut. Berdasarkan (Tabel 8), dapat disimpulkan bahwa pemberian MA dan bakteri *P. fluorescens* dapat meningkatkan serapan hara P dari perlakuan kontrol yang menunjukkan nilai terendah yakni sebesar 0.25 g/tanaman peningkatan terus terjadi seiring dengan semakin banyaknya dosis yang diaplikasikan pada tanah tersebut, MA mampu memperbaiki penyerapan hara dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Nilai Serapan P tertinggi terdapat pada perlakuan M₃P₃ (30 spora MA dan 10^9 cfu/ml *P. fluorescens*) dengan nilai sebesar 0.31 g/tanaman dan diikuti perlakuan M₂P₂ (20 spora MA dan 10^7 cfu/ml *P. fluorescens*) dengan nilai serapan P sebesar 0.30 g/tanaman. Rerata nilai serapan P yang paling rendah terdapat pada perlakuan kontrol yakni sebesar 0.25 g/tanaman.

Mikoriza menginfeksi akar tanaman kemudian memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam penyerapan unsur hara. Quimet *et al.*, (1996), mengungkapkan bahwa akar yang terinfeksi mikoriza mampu meningkatkan penyerapan NH_4^+ dan NO_3^- , sedangkan MA dapat meningkatkan ketahanan tanaman pada kondisi kekurangan air melalui peningkatan penyerapan hara, transpirasi daun dan efisiensi penggunaan air sehingga terjadi penurunan nisbah

akar terhadap pupus. Keadaan itu menunjukkan bahwa fotosintesis tanaman meningkat dan fotosintat lebih banyak digunakan untuk pertumbuhan pupus. Kemampuan MA tersebut dapat dijadikan alat biologis untuk mengefisienkan penggunaan pupuk anorganik.

4.2. Pengaruh Pemberian Mikoriza Arbuskula (MA) dan bakteri *P. fluorescens* Terhadap Sifat Biologi tanah

4.2.1. Kerapatan Mikoriza Arbuskula (MA) pada 50 HST

Berdasarkan hasil analisis ragam pengaruh perlakuan Inokulasi ganda MA dan Bakteri *P. fluorescens* menunjukkan perbedaan yang sangat nyata pada setiap perlakuan terhadap tingkat kerapatan MA pada 50 HST (Tabel 9), dengan demikian apabila dosis perlakuan semakin tinggi maka akan semakin mempengaruhi jumlah akhir dari kerapatan mikoriza tersebut.

Tabel 9. Nilai Rerata kerapatan spora dalam tanah

Perlakuan	Rata-rata (Spora/100g tanah)	*Peningkatan (%)
K	61 a	0
M ₁ P ₁	103 bc	69
M ₁ P ₂	114 bc	87
M ₁ P ₃	101 b	66
M ₂ P ₁	112 bc	84
M ₂ P ₂	106 bc	74
M ₂ P ₃	114 bc	87
M ₃ P ₁	111 bc	82
M ₃ P ₂	119 bc	95
M ₃ P ₃	127 c	108

Keterangan: Kode perlakuan tertera pada keterangan tabel 5, *((nilai perlakuan-nilai kontrol)/nilai kontrol)x100%,

Nilai kerapatan tertinggi terdapat pada perlakuan M₃P₃ (30 spora MA dan 10⁹ cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) yaitu sebesar 127 spora/100g tanah, hal ini diduga karena dosis yang diaplikasikan lebih besar yakni sebanyak 30 spora/100 g tanah, sehingga perkembangan MA pada dosis tersebut lebih cepat apabila dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Nilai kerapatan terendah terdapat pada perlakuan tanpa inokulasi mikoriza dan bakteri *P. fluorescens*. pada perlakuan kontrol terdapat spora yang tumbuh pada tanah hal ini di duga karena pada dasarnya jagung merupakan tanaman inang utama dari mikoriza. Pada dasarnya spesifikasi jenis mikoriza yang diaplikasikan pada tanaman memiliki interaksi

dengan bakteri pelarut P sehingga menyebabkan perubahan populasi spora MA dan populasi bakteri (Han, Supanjan & Lee., 2006).

Menurut Artursson (2005), interaksi antara bakteri dan MA bersifat spesifik, interaksi ini berpengaruh pada tanaman inangnya yang dapat menstimulasi perubahan komposisi senyawa kimia eksudat akar, dan menyebabkan perkembangan komunitas bakteri, dimana *pseudomonas sp* yang melekat pada permukaan hifa MA akan meningkat sejalan dengan bertambahnya MA yang di inokulasikan pada tanaman.

4.2.2. Presentase Infeksi akar tanaman jagung

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam dapat diketahui bahwa pengaruh perlakuan inokulasi MA dan bakteri *P. fluorescens* menunjukkan perbedaan yang sangat nyata pada setiap perlakuan terhadap infeksi akar pada tanaman jagung (Tabel 10).

Tabel 10. Nilai rerata infeksi akar tanaman jagung oleh MA

Perlakuan	Rata-rata(%)	*Peningkatan (%)
K	20.00 a	0
M ₁ P ₁	28.89 ab	44
M ₁ P ₂	44.44 c	122
M ₁ P ₃	35.56 bc	78
M ₂ P ₁	46.67 c	133
M ₂ P ₂	40.00 bc	100
M ₂ P ₃	71.11 d	256
M ₃ P ₁	68.89 d	244
M ₃ P ₂	71.11 d	256
M ₃ P ₃	82.22 d	311

Keterangan: Kode perlakuan tertera pada keterangan tabel 5, *((nilai perlakuan-nilai kontrol)/nilai kontrol)x100%.

Dari (Tabel 10), dapat diketahui bahwa Infeksi akar tertinggi terjadi pada perlakuan M₃P₃ (30 spora MA dan 10⁹ cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) yaitu sebesar 82.22% dan diikuti dengan perlakuan M₃P₂ (30 spora MA dan 10⁷ cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) yakni sebesar 71%. Infeksi akar pada dasarnya merupakan faktor penentu dari perkembangan mikoriza. Dari semua perlakuan diketahui bahwa derajat infeksi akar oleh mikoriza menunjukkan perkembangan yang terus meningkat sesuai dengan dosis perlakuan.

Untuk mengetahui peran Mikoriza dalam meningkatkan serapan P oleh akar tanaman, maka salah satu hal yang dilakukan adalah dengan melakukan perhitungan persentase infeksi akar. Musfal (2010), menyatakan bahwa infeksi MA pada akar tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh dosis MA atau pupuk yang diberikan. Semakin tinggi derajat infeksi mikoriza dapat mengindikasikan bahwa semakin aktif mikoriza tersebut menginfeksi akar dan memperluas daerah serapan akar terhadap air dan unsur hara. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hanafiah *et al.*, (2009), prinsip kerja dari mikoriza ini adalah menginfeksi sistem perakaran tanaman inang, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang mengandung mikoriza akan mampu meningkatkan kapasitas penyerapan unsur hara.

4.2.3. Total populasi bakteri

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam dapat diketahui bahwa pengaruh perlakuan inokulasi MA dan bakteri *P. fluorescens* menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap jumlah populasi bakteri pada tanah (Tabel 11).

Tabel 11. Rerata populasi bakteri akibat inokulasi MA dan *P. fluorescens*

Perlakuan	Rata-rata (10^8 cfu/ml)		*Peningkatan (%)
K	45	a	0
M₁P₁	68	a	51
M₁P₂	72	a	60
M₁P₃	91	ab	102
M₂P₁	59	a	31
M₂P₂	81	a	80
M₂P₃	102	ab	127
M₃P₁	90	ab	100
M₃P₂	139	bc	209
M₃P₃	184	c	309

Keterangan: Kode perlakuan tertera pada keterangan tabel 5, *((nilai perlakuan-nilai kontrol)/nilai kontrol)x100%,

Dari (Tabel 11), dapat dijelaskan bahwa dari setiap perlakuan rata-rata mengalami peningkatan total populasi bakteri, populasi bakteri tertinggi terdapat pada perlakuan M₃P₃ (30 spora MA dan 10^9 cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) yaitu sebesar 184×10^8 cfu/ml, sedangkan total populasi bakteri yang terkecil adalah pada perlakuan kontrol yakni sebesar 45×10^8 cfu/ml. Perkembangan koloni dan pertumbuhan mikoriza membutuhkan keberadaan bakteri sehingga perkembangan

asosiasi alami tersebut menjadi simbiosis mutualistik atau parasitik tergantung dari spesies dan strain dari tanaman, MA dan bakteri. *P. fluorescens* menempel lebih erat pada hifa *Glomus sp* yang selanjutnya hifa mengeluarkan exudat berupa karbohidrat sederhana dalam bentuk glukosa dan asam organik yang digunakan sebagai sumber karbon dan nutrisi bagi bakteri khususnya bakteri *P. fluorescens* (Artursson dan Jonsson, 2003).

4.3. Pengaruh Pemberian Mikoriza Arbuskula (MA) dan bakteri *P. fluorescens* Terhadap Pertumbuhan tanaman jagung

4.3.1. Tinggi tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian dan bakteri *P. fluorescens* tidak mengalami perbedaan yang nyata pada saat tanaman berumur 10 – 30 HST. Pada saat tanaman berumur 10 HST kenampakan dari tinggi tanaman jagung masih relatif sama antara satu dengan lainnya, begitu pula pada saat tanaman berumur 20 HST perbedaan tinggi tanaman hanya sebagian kecil dari perlakuan, tanaman mulai menunjukkan perbedaan tinggi ketika berumur 30 hst tetapi pada umur ini masih belum mempunyai perbedaan yang nyata walaupun sudah mempunyai tinggi yang beragam. Perlakuan menunjukkan pengaruh nyata terlihat pada saat tanaman berumur 40 - 50 HST (Tabel 12).

Tabel 12. Nilai rerata tinggi tanaman jagung (cm)

Perlakuan	Waktu Pengamatan(HST)						Peningkatan (%)	
	10	20	30	40	50			
K	9.3	11.7	55.3	80.3	a	116	a	0
M₁P₁	9.3	10.7	53.3	87	abc	127	abc	9.48
M₁P₂	7.3	14.3	58.3	93.7	bcd	124.3	bc	7.18
M₁P₃	11.7	13.3	67.3	98	cd	146	d	17.24
M₂P₁	16.7	17.7	57.7	85	ab	123.3	bc	6.32
M₂P₂	11.3	16.7	63.3	95.7	bcd	131.7	abcd	13.51
M₂P₃	17.7	14	63	96.7	cd	133	abcd	14.66
M₃P₁	11.3	19.7	65.7	96.7	cd	137	b cd	18.39
M₃P₂	7.3	18.7	71.7	97	cd	143	cd	23.56
M₃P₃	9.3	18.7	68	101	d	148.	d	27.59

Keterangan: Kode perlakuan tertera pada keterangan tabel 5,tn (tidak nyata).

Menurut De La Cruz *et al.*, (1992), sebagian besar pertumbuhan tanaman yang diinokulasi dengan mikoriza menunjukkan hubungan yang positif yaitu

meningkatkan pertumbuhan tanaman inangnya. Hal ini dapat terjadi karena infeksi cendawan mikoriza dapat meningkatkan penyerapan unsur hara oleh miselium eksternal dengan memperluas permukaan penyerapan akar atau melalui hasil senyawa kimia yang menyebabkan lepasnya ikatan hara dalam tanah. Miselium ekstra radikal didalam tanah sekitar akar menghasilkan material yang mendorong agregasi tanah sehingga dapat meningkatkan aerasi, penyerapan air, dan stabilitas tanah. Infeksi mikoriza pada akar, memungkinkan mineral dapat dialirkan langsung dari satu tanaman ke tanaman lain akibat perubahan fisiologi akar dan produksi sekresi oleh mikoriza (Tisdall, 1991).

Secara umum simbiosis antara tanaman, mikoriza dan bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan pertumbuhan dan serapan nutrisi tanaman. Kondisi tanaman menjadi lebih baik karena bakteri yang diinokulasikan mampu melarutkan fosfat dari bentuk terikat sehingga tidak tersedia bagi tanaman menjadi bentuk terlarut yang tersedia bagi tanaman diikuti serapan yang lebih intensif karena adanya mikoriza (Pujiyanto, 2005).

4.3.2. Jumlah daun

Hasil analisis ragam dari perlakuan inokulasi MA dan bakteri *P. fluorescens* menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada saat tanaman berumur 40 hst dan 50 hst, sedangkan pada saat tanaman berumur 10, 20, dan 30 HST belum menunjukkan hasil yang nyata (Tabel 13).

Tabel 13. Nilai rerata jumlah daun tanaman jagung

Perlakuan	Waktu pengamatan (HST)					Peningkatan (%)
	10	20	30	40	50	
K	3	4	4	7 a	8 a	0
M ₁ P ₁	3	3	4	6 a	9 bc	16.67
M ₁ P ₂	3	4	4	7 ab	9 ab	12.50
M ₁ P ₃	4	4	5	8 c	10 bc	20.83
M ₂ P ₁	3	4	4	7 ab	9 ab	8.33
M ₂ P ₂	4	4	4	8 abc	10 bc	25
M ₂ P ₃	3	4	4	8 abc	9 bc	16.67
M ₃ P ₁	4	4	5	7 ab	10 bc	25
M ₃ P ₂	3	4	4	8 bc	10 bc	25
M ₃ P ₃	3	4	4	8 bc	11 c	33.33

Keterangan: Kode perlakuan tertera pada keterangan tabel 5,*tn (tidak nyata), HST(hari setelah tanam).

Dari (Tabel 13), dapat diketahui bahwa rerata nilai jumlah daun dari setiap pengamatan menunjukkan nilai yang berbeda dan terus mengalami peningkatan dari setiap pengamatan, nilai rerata jumlah daun terbaik pada 40 hst dan 50 hst terdapat pada perlakuan M_3P_3 (30 spora MA dan 10^9 bakteri *P. fluorescens*) dengan rerata jumlah daun yakni sebesar 8 helai pada 40 HST dan 11 helai pada 50 HST kemudian diikuti oleh perlakuan M_3P_2 (30 spora MA dan 10^7 cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) dan M_2P_2 (20 spora MA dan 10^7 cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) dengan rata-rata nilai jumlah daun sebesar 10 helai pada 50 HST, nilai terendah terdapat pada perlakuan kontrol dengan rata-rata jumlah daun sebesar 8 helai pada 50 HST.

Pemberian Mikoriza tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap jumlah daun khususnya pada tanaman masih muda. Jumlah daun lebih dipengaruhi oleh unsur hara pada tanah tersebut dan yang paling utama dipengaruhi oleh faktor genetik dari tanaman tersebut, sehingga jumlah daun yang ada hampir sama. Respon pemberian mikoriza terhadap jumlah daun memang mempunyai gambaran yang kurang jelas karena pertumbuhan daun mempunyai faktor yang erat dengan faktor genetik, selain itu unsur hara utama yang mempengaruhi pertumbuhan daun adalah unsur hara N (Lakitan, 2004).

4.3.3 Total Panjang Akar Tanaman Jagung

Hasil analisis ragam inokulasi MA dan bakteri *P. fluorescens* berpengaruh nyata terhadap distribusi akar tanaman jagung (Tabel 14).

Tabel 14. Nilai rerata total panjang akar tanaman jagung 50 HST

Perlakuan	Rata-rata(cm)	*Peningkatan (%)
K	94.99 a	0
M_1P_1	130.05 ab	37
M_1P_2	169.30 bc	78
M_1P_3	137.11 abc	44
M_2P_1	124.82 ab	31
M_2P_2	166.94 bc	76
M_2P_3	144.70 abc	52
M_3P_1	141.56 abc	49
M_3P_2	177.93 bc	87
M_3P_3	191.53 c	102

Keterangan: Kode perlakuan tertera pada keterangan tabel 5,*((nilai perlakuan-nilai kontrol)/nilai kontrol)x100%,HST=Hari setelah tanam.

Rerata nilai total panjang akar yang paling tinggi terdapat pada perlakuan M_3P_3 (30 spora MA dan 10^9 cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) yaitu sebesar 191.53 cm, selanjutnya diikuti oleh perlakuan M_3P_2 (30 spora MA dan 10^7 cfu/ml bakteri *P. fluorescens*) yakni sebesar 177.93 cm. Nilai terendah terdapat pada perlakuan kontrol yaitu sebesar 51.81 cm. Kolonisasi mikoriza pada akar tanaman dapat memperluas bidang penyerapan akar dengan adanya hifa eksternal yang tumbuh dan berkembang melalui bulu-bulu akar. Hifa yang mempenetrasi tanaman inang akan membantu mendekatkan unsur hara dari zona rhizosfer pada tanaman inang, sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman menjadi lebih cepat. Semakin banyaknya perlakuan dosis mikoriza yang diberikan, maka pertumbuhan tinggi tanaman menjadi lebih cepat dan lebih besar.

Tanaman yang terinfeksi jamur mikoriza akan menyebabkan jangkauan akar diperluas akibat adanya hifa mikoriza, sehingga unsur hara yang diserap oleh akar akan berpengaruh terhadap akar tanaman. Pemberian mikoriza tersebut diperkirakan dapat memperbaiki kondisi media juga mendukung penyerapan hara. Kelangsungan simbiosis antara tanaman dan mikoriza akan berpengaruh terhadap proses metabolisme tanaman dapat mempengaruhi pembentukan akar baru. Banyaknya akar yang baru dengan permeabilitas membran yang tinggi akan menguntungkan bagi proses kolonisasi akar oleh mikoriza. Mikoriza juga mempunyai kandungan auksin yang tinggi yang memungkinkan peningkatan penumbuhan akar (Sastrahidayat, 2011).

4.4. Hubungan antar Parameter Pengamatan

4.4.1. Hubungan total populasi bakteri dengan serapan P

Total populasi bakteri dalam tanah mempunyai korelasi positif (Lampiran 7) dengan serapan P dengan hubungan yang rendah ($r = 0.20$), hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya total populasi bakteri maka akan diikuti dengan peningkatan serapan P oleh tanaman jagung. Hubungan yang terjadi antara bakteri dan serapan P memang tergolong rendah karena pada perlakuan ini dengan adanya penambahan total populasi bakteri belum mempunyai pengaruh yang nyata terhadap ketersediaan P bagi tanah, sehingga P yang diserap tanaman juga belum bisa maksimal.

Mekanisme peningkatan dari berbagai P tersedia dari masukan bahan organik yang diberikan kedalam tanah akan mengalami proses mineralisasi P, sehingga akan melepaskan P anorganik kedalam tanah, selain itu penambahan bahan organik kedalam tanah akan meningkatkan aktivitas mikroba tanah, mikrobial akan menghasilkan enzim fosfatase yang merupakan senyawa perombak P-organik menjadi P-anorganik. Enzim fosfatase selain dapat menguraikan P dari bahan organik yang ditambahkan, juga dapat menguraikan P dari bahan organik tanah. Hal ini berdampak pada peningkatan jumlah populasi mikroorganisme tersebut, sehingga membantu dalam pengikatan partikel-partikel tanah yang sangat membantu dalam peningkatan kesuburan tanah (Palm, Myers dan Nandwan, 1997).

4.4.2. Hubungan kerapatan MA dengan serapan P

Perlakuan Inokulasi mikoriza dan bakteri *P. fluorescens* menunjukkan hubungan yang positif antara kerapatan Mikoriza dengan Serapan P pada tanaman jagung walupun masih mempunyai kategori yang lemah hal ini dibuktikan dengan nilai ($r = 0.25$). Hubungan ini mempunyai arti bahwa semakin meningkatnya mikoriza maka akan diikuti oleh peningkatan Serapan P pada tanaman (Lampiran 7). Mikoriza dalam rizosfer dapat meningkatkan aktivitas dehidrogenase, fosfatase, dan nitrogenase. Aktivitas enzim ini menyebabkan peningkatan ketersediaan nutrisi dalam tanah. Mikoriza tidak hanya menyediakan tanaman dengan air dan senyawa mineral serta memperbaiki struktur tanah saja tetapi juga mampu sebagai filter, menghalangi senyawa toksik dengan miselium yang berdampak pada berkurangnya efek toksik bagi tanaman. Selain itu, mikoriza mempengaruhi fisiologis tanaman inang dengan membuat tanaman tersebut lebih tahan terhadap patogen, polusi, salinitas, kekeringan, dan faktor cekaman lingkungan lainnya (Tauchid, 2011). Persentase infeksi mikoriza yang tinggi biasanya berkorelasi dengan kemampuan dari mikoriza dalam menyerap unsur hara di dalam tanah terutama fosfor. Mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman karena dapat meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tanaman. Mikoriza yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inang akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap air dan unsur hara (Rossiana, 2003).

Mikoriza memiliki jaringan hifa eksternal yang akan memperluas bidang serapan air dan hara. Serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza juga membawa unsur hara yang mudah larut dan terbawa oleh aliran masa seperti N, K dan P sehingga serapan unsur tersebut juga makin meningkat. Disamping serapan hara, serapan P yang tinggi juga disebabkan karena hifa jamur juga mengeluarkan enzim phosphatase yang mampu melepaskan P dari ikatan-ikatan spesifik, sehingga tersedia bagi tanaman dimana unsur P ini sangat dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhan vegetatif tanaman salah satunya adalah batang dan daun. Unsur P membantu asimilasi dan pernapasan sekaligus mempercepat pembungaan, pemasakan biji, dan buah. Mikoriza mampu menyerap unsur P yang tinggi disebabkan karena hifa jamur juga mengeluarkan enzim phosphatase yang mampu melepaskan P dari ikatan-ikatan spesifik (Sastrahidayat, 2011).

4.4.3. Hubungan Kerapatan Mikoriza dengan tinggi tanaman

Berdasarkan hasil uji korelasi (Lampiran 7) hubungan antara kerapatan mikoriza dengan tinggi tanaman menunjukkan hubungan yang positif dengan nilai ($r = 0.40$) hal ini berarti hubungan keduanya cukup kuat, apabila kerapatan semakin tinggi maka akan diikuti oleh tinggi tanaman jagung. Unsur hara yang telah diserap mikoriza dapat ditranspor ke seluruh organ tanaman dan dapat membantu ketersediaan bahan baku dari proses fotosintesis. Menurut Sastrahidayat (2011), mikoriza dapat menstimulasi pembentukan hormon zat pengatur tumbuh seperti vitamin juga pernah dilaporkan sebagai hasil metabolisme mikoriza. Mikoriza dapat menstimulus pembentukan hormon seperti auksin, sitokinin, dan giberalin, yang berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, dengan adanya stimulasi produksi hormon pertumbuhan tersebut oleh mikoriza sehingga berpengaruh pada berat kering batang dan daun tanaman (Donely, 1994).

Mikoriza Arbuskular (MA) mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman karena dapat meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tanaman. MA yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inang akan memproduksi jalinan hifa secara intensif, sehingga tanaman bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap air dan unsur hara. Ukuran hifa yang halus akan

memungkinkan hifa bisa menyusup ke pori-pori tanah yang paling kecil (mikro), sehingga hifa bisa menyerap air pada kondisi kadar air yang sangat rendah. Dengan adanya peran mikoriza dalam membantu penyerapan air dan unsur hara, maka sel tumbuhan akan cepat tumbuh dan berkembang, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman (Rossiana, 2003).

4.4.4. Hubungan kerapatan mikoriza dengan total populasi bakteri.

Dari hasil uji korelasi antara kerapatan spora dengan total populasi bakteri mendapatkan nilai ($r = 0.51$) yang menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat antara mikoriza dengan bakteri. Menurut Gita, P (2012), populasi dan kehadiran *P. fluorescens* dapat meningkatkan presentase panjang akar yang terinfeksi oleh MA, dengan demikian maka asosiasi bakteri dan MA pada rhizosfer secara nyata mempunyai interaksi yang positif, keduanya mempunyai sinergi untuk saling meningkatkan perkembangannya. Sinergi ini terjadi melalui aktivitas pertumbuhan populasi bakteri yang menghasilkan pelarutan fosfat, meningkatkan ketersediaan fosfat yang lebih tinggi, dengan kondisi fosfat yang tercukupi maka tanaman akan cukup banyak menghasilkan senyawa-senyawa karbon organik sebagai sumber energi yang didistribusikan kepada MA dan dieksudasikan kedalam rhizosfer. Demikian juga dengan bakteri mendapatkan senyawa karbon organik yang cukup, baik dari rhizosfer yang dieksudasikan akar ataupun hyposfer yang dieksudasikan hifa selanjutnya bakteri akan memacu pertumbuhannya untuk meningkatkan populasinya.

Bakteri merupakan kelompok mikroba dekomposer yang jumlahnya paling banyak dan bersama dengan mikroba indigen dari tanah mineral akan memberikan kontribusi dalam menguraikan bahan organik, mensintesis asam-asam atau senyawa organik tertentu serta memicu proses mineralisasi unsur hara (Conte *et al.*, 2003). Kondisi lingkungan media tanam yang tidak optimal untuk mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroba dekomposer diduga merupakan akibat dari dominannya material vulkanik yang masih baru (Lund & Doss, 1980).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa,

1. Mikoriza Arbuskula (MA) dan bakteri *P. fluorescens* mempunyai peranan yang penting dalam meningkatkan serapan P pada Andisol yaitu sebesar 0.31 g/tanaman atau setara 24%.
2. Inokulasi Mikoriza Arbuskula (MA) dan bakteri *P. fluorescens* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung sebesar 27.59%.
3. Kombinasi antara MA dan bakteri *P. fluorescens* dengan perlakuan 30 spora MA dan 10^9 cfu/ml bakteri *P. fluorescens* mempunyai hasil yang paling optimal terhadap serapan P dan pertumbuhan tanaman jagung apabila dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

5.2. Saran

Untuk mendapatkan nilai Serapan P yang lebih tinggi masih perlu penambahan dosis perlakuan, karena dari hasil penelitian ini untuk nilai P tersedia masih tergolong rendah-sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G., N. 1997. Plant Pathology. Fourth Ed. Academic Press INC. 635 hal.
- Alabouvette, C. 1993. Naturally occurring disease - suppressive soils. In: Lumsden, R.D.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. 2nd ed. John Wiley and Sons. New York. 467 hal.
- Alexander, M. 1978. *Introduction to soil Microbiology*. 2nd ed. Willey Eastern Limited New Delhi.
- Ardiana Kartika B. 2012. Teknik Eksplorasi dan Pengembangan Bakteri *Pseudomonas*. (*Ralstonia solanacearum*) Pada Tanaman Kacang Tanah. Dalam Jurnal HPT Tropika. ISSN 1411-7525. Vol. 9 No. 2 ; 174 – 180, September, 2009.
- Artursson dan Jonsson, 2003. *Use Of Bromodeoxyuridine Immunocapture To Identify Active Bacteria Associated With Arbuscular Mycorrhizal Hyphae*. Appl. And environ. Microbial. 69 : 6208-6215
- Artursson, V. 2005. *Bacterial-Fungal Interactions Highlighted Using Microbiomic: Potential Application for Plant Growth Enhancement*. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Science. Uppsala. Sweden.
- Atmaja. I Wayan Dana. 2001. Bioteknologi Tanah (Ringkasan Kuliah). Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Udayana. Denpasar
- Auge, R.M. 2001. *Water Relations, Drought And Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis*. Mycorrhiza 11 : 3-42.
- Badan Pusat Statistik. 2012. Produksi sayuran di Indonesia 1997 – 2011. http://www.bps.go.id/menutab.php?kat=3&tabel=1&id_subyek=55. Diakses pada tanggal 29 Januari 2013.
- Bagyaraj, D.J, E. Munyanziza, Kehri H.K. 1997. Agricultural Intensification, Soil Biodiversity And Agro-Ecosystem Function In The Tropics: The Role Of Mycorrhiza In Crops And Trees. *Applied Soil Ecology* 6 : 77-85
- Beauchamp, E.G and D.J. Hume. 1997. *Agriculture soil manipulation the Use of bacteria, manuring and plowing*. In J.D. van Elsa, J.T. Trevors and E.M.H. Irlinlinton (eds). Modern Soil Microbiology Marcel Dekker, New York. P 643-664
- Blair, N., R.D. Faulkner, A.R. Till, and G.J. Crocker, 2005b. *Long-term management impacts on soil c, n and physical fertility part iii: tamworth crop rotation experiment*. Soil & Tillage Research (2005)
- Conte, P. R. Spaccini, M. Chiarella, & A. Piccolo, 2003. *Chemical Properties of Humic Substances in Soils of an Italian Volcanic System*. Geoderma 117: 243–250 Departemen Perta
- Cook, R.J. 1996. *Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. APS Press. The American Phytopathological So. St Paul. Minnesota, USA. 539p.

- Cox, G., P.B. Tinker, and J.A. Wild. 1975. *Ultrastructural evidence relating to host-endophyte transfer in vesicular-arbuscular mycorrhiza*, pp. 279-312. In F.E. Sandres, B. Mosse, and P.B. Timynker (Eds). *Endomycorrhizas*. Academic Press, London.
- Dawes, I.W and I.W. Sutherland. 1976. *Microbial Physiology*. Jjohon Wiley And Sons. New York. Toronto
- De la Cruz, R.E., Lavilla and Zarate, J.T. 1992. *Aplication Of Mycorrhiza In Bare Rooting And Direct-Seeding Technologies For Reforestation*. In *Proceeding of Tsukuba-Workshop Bio-REFOR*.
- Donelly, PK. 1994. *Potential Use of Mycorrhizal Fungi as Bioremediation Agents*. American Chemical Society. USA. 94-97.
- Elfiati, 2005. Peranan Mikroba Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman. USU e-Repository. Medan.
- Farvel, R.D. 1988. Role of Antibiosis In The Biocontrol Of Plant Disease. *Pythopathology* 26. Hal. 75-91
- Gaur, A.C., R.S. Mathur, and K.V. Sadasivam. 1980. *Effect Of Organic Materials And Phosphate-Dissolving Culture On The Yield Of Wheat And Greengram*. *Indian. J. Agron.* 25: 501-503.
- Gerdermann, J.W 1968. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza And Plant Growth*. *Annu. Rev. Phytopath.* 6: 397-418.
- Gita, P. 2012. Peranan asosiasi *P. fluorescens* dan *Glomus Agregatum* di dalam Rhizosfer. Skripsi. Univ. Trunojoyo. Madura
- Halvin, J.L., JD. Beaton., S.L. Tisdale., and W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Sixth ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Han, H, S. Supandani; K.D. Lee (2006). *Effect of Co-Inoculation With Phosphate And Polassium Solubilizing Bacteria On Mineral Uptake And Growth Of Pepper And Cucumber*. *Plant Soil Environ.* 52, 130-136
- Hanafiah, A. S., T. Sabrina, dan H. Guchi. 2009. *Biologi dan Ekologi Tanah*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Huda, N.H. 2000. Pengaruh Inokulasi VAN *Gigaspora* Margareta dan Dosis Pupuk P pada tanah sawah Aluvial terhadap pertumbuhan dan hasil tembakau Madura. Skripsi. Faperta. Unibraw, Malang.
- Hue, N.V., G.R. Craddock, and F. Adamet. 1986. *Effect of organic acids on aluminium toxicity in subsoil*. *Soil Sci. Soc. Am.* J.50:28-34.
- Husin, E.F. 1997. Respon Beberapa Jenis Tanaman Terhadap Mikoriza Vesikular Arbuskular Dan Pupuk Fosfat Pada Ultisol. Di dalam prosiding pemanfaatan cendawan mikoriza untuk meningkatkan produksi tanaman pada lahan marginal. Asosiasi Mikoriza Indonesia, Universitas Jambi.
- Iis. 2003. Pengaruh Bahan Organik dan Fosfat Alam Terhadap Ketersediaan Fosfor Dan Kelarutan Fosfat Alam Pada Andisol Pasir Sarong. Skripsi jurusan tanah, fakultas pertanian. Institut Pertanian Bogor.

- Ilmer, P., A. Barbato and F. Shcinner. 1995. Solubilizing of hardlysolube Alpo⁴ with P-solubilizing microorganism. *Soil Biol. Biochem.* 27:265-270
- Iskandar, Dudi. 2002. Pupuk Hayati mikoriza Untuk pertumbuhan dan Adapsi Tanaman Di lahan Marginal.
- Janse, J.M. 1896. *Les endophytes radicaux de quelquel plantes javanais*. *Annal. Jardin Bot. Buitenzorg* 14: 53-201.
- Jastrow, D.J., J. E. Amonette and V. L. Bailey. 2007. Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. *Climatic Change* 80:5–23
- Joner, E.J., I.M. Aarle, and M. Vosatka. 2000. Phosphatase activity of extraradical arbuscular mycorrhiza hyphae: a review. *Plant Soil* 226: 199-210.
- Jones, U.S. 1982. *Fertilizers and Soil Fertility*. 2nd ed. Reston Publ. Co. Reston Virginia.
- Kurniawan, A. 2005. Kajian Efektifitas Serapan P Tanaman Jagung Bermikoriza Pada Andisol Gampingan Pagak Malang. Skripsi. Faperta. Unibraw, Malang.
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lindsay, W.L. 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. Wiley Interscience. New York.
- Lund, F.Z. & B.D. Doss. 1980. *Residual Effect of Dairy Cattle Manure on Plant Growth and Soil Properties*. *Agron. J.* 72: 123-130.
- Mattobii. 2004. Pengaruh Waktu Pemangkasan Taseel dan Daun Terhadap Akumulasi Bahan Kering Biji dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays*). Tesis Pasca Sarjana Universitas Andalas. Padang 58 hal.
- Mosse, B. 1986. *Mycorrhiza in a suistainable agriculture*. *Biol. Agric. Hort.* 3: 191-209.
- Munir, M.S. 1996. *Tanah-Tanah Utama Indonesia. Karakteristik; Klasifikasi dan Pemanfatannya*. PT. Dunia Pustaka Jaya. Jakarta.
- Musfal. 2010. Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula Untuk Meningkatkan Hasil jagung. Unlam.
- Nemec, S. 1983. *Inoculation Of Citrus In The Field With Vesicular-Arbuskulr Mycorrhiza Fungi In Florida*. *Tiop. Agric (Trinidad)* 60:97-101
- Novriani, 2010. Alternatif Pengelolaan Unsur Hara P (Fosfor) Pada Budidaya Jagung. *AgronobiS*, Vol.2, No.3, Maret 2010.
- Nyakpa, M.Y., M.A. Pulung., A.G. Amrah, A. Munawar., G.B. Hong dan Nurhajati Hakim. 1998. Kesuburan Tanah BKS/PTN/USAID. University of Kenucky WUAE Project.
- Olson, R., A. and D.H. Sander. 1988 Efektifitas pemupukan P dari TSP dan SP36 pada tanaman jagung di lahan pasang surut sulfat masam. Dalam: *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung*. Balitjas. Maros. p.450-456

- Palm, A. C., R.J.K. Myers and S.M. Nandwa. 1997. *Combined use organic and inorganic nutrient source for soil fertility maintenance and replenishment*. Am. Soc. Of Agronomy and Soil Sci. of America.
- Premono, E.M. 1994. *Jasad Renik Pelarut Fhosphat, Pengaruhnya Terhadap P Tanah Dan Efisiensi Pemupukan P*. Disertasi. Progam pasca sarjana IPB.
- Pujianto, 2001. *Pemanfaatan Jasad Mikro, Jamu Mikoriza dan bakteri dalam system pertanian berkelanjutan di Indonesia: Tinjauan dari perspektif falsafah Sains, makalah falsafah Sains Progam Pasca Sarjana Institut peranian Bogor*. Bogor
- Pujiyanto, 2005. *Pemanfaatan mikoriza dan bakteri untuk mendukung pertanian berkelanjutan di Indonesia*. Puslit Kopi dan Kakao. Jember: Hal 34-52
- Quiment, R, C. Camire and furlan 1996. *Effect of soil K, Ca, Mg Saturation and endomycorization on growth and nutrient up take of sugar maple ssedlings*. Plant and soil 179
- Raiesi, F., dan M. Ghollarata. 2006. *Interactions Between Phosphorus Availability and An AM Fungus (Glomus intraradices) and Their Effects on Soil Microbial Respiration, Biomass and Enzyme Activities in A Calcareous Soil*. *Pedobiologia* 50:413-425.
- Rao NSS, 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Jakarta: UI-Press.
- Rismunandar. 2001. *Tanaman Tomat*. Sinar Baru Algensindo. Bandung.
- Rohmah, 2011. *Pemanfaatan Bakteri Pseudomonas fluorescens, Jamur Trichoderma harzianum dan Seresah Daun Jati (Tectona grandis) untuk Pertumbuhan Tanaman Kedelai pada Media Tanam Tanah Kapur*.
- Rossiana, N. 2003. *Penurunan Kandungan logam Berat dan Pertumbuhan Tanaman Sengon (Paraserianthes falcataria L (Nielsen)) Bermikoriza Dalam Medium limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi*. Universitas Padjajaran: Bandung.
- Salisbury, F.B dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi tumbuhan. Terjemahan ketersediaan P dan pertumbuhan tembakau Besuki Na-Oogst (Nicotiana tabacum D.R.* Lukman dan Sumaryono. Penerbit ITB. Bandung.
- Santoso, Dwi Andreas, 1989. *Teknik dan Metode Penelitian Mikoriza Vesikular-Arbuskular*. Laboratorium Biologi tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Institut pertaian Bogor. Bogor
- Sanzhez, P.A. 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika*. Terjemahan Amir Hamzah Penerbit ITB. Bandung.
- Sastrahidayat, I. R. 2011. *Rekayasa pupuk Hayati Mikoriza Dalam Meningkatkan Produksi Pertanian*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Setiadi, Y. 1989. *Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan*. pau bioteknologi ipb. Lembaga sumberdaya informasi IPB. Bogor. 103 hal.
- Soesanto, L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. Raja Grafindo Persada, Jakarta. 324 Hal.

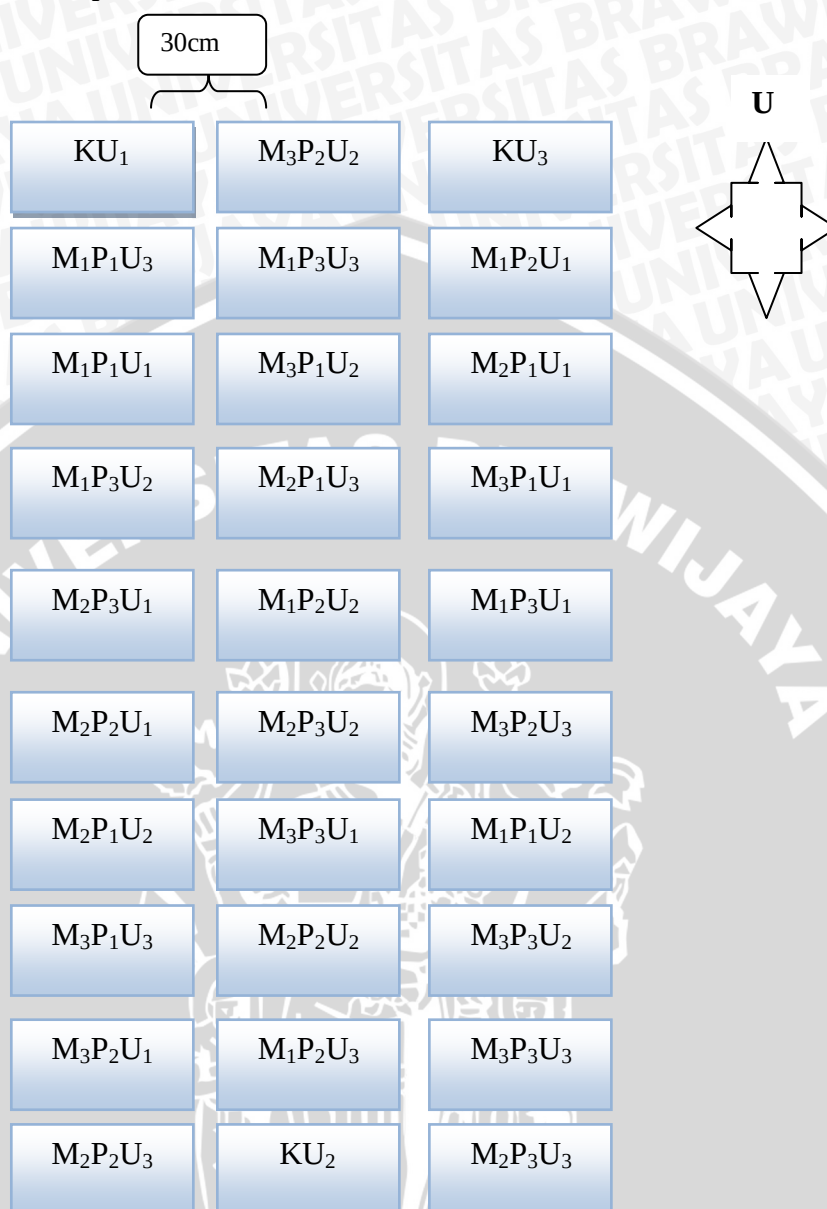
- Soil Survey Staff. 2010. Kunci Taksonomi Tanah. Edisi Kedua Bahasa Indonesia, 2010. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat., Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sugiono, 2007. Statistika Untuk Penelitian. CV. Alfabeta. Bandung.
- Suntoro, Syekhfani, Handayanto, E., dan Sumarno (2001). Pengaruh Pemberian Bahan Organik, Dolomit dan Pupuk K terhadap Produksi Kacang Tanah (*Arachis hypogaeae*. L.) pada Oxic Dystrudept di Jumapolo, Karanganyar, Jawa Tengah. *Agrivita*. 23 (1), 57-65.
- Tan. K.H, 1998. Dasar-dasar ilmu tanah. Gadjah mada University Press. Yogyakarta.
- Tauchid, I. 2011. Pengaruh Glomus Agregatum yang diinokulasikan pada veticer (*Chrysopogon zizaniodes*) dalam Menurunkan Total petroleum hydrocarbon. Tugas akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Progam studi Biologi:Surabaya.
- Thomas, G.V. 1985. *Occurence and availability of phosphate-solubilizing fungi from coconut plant soils*. Plant Soil 87: 57-364.
- Tinker P.B.H.1975. *Effects of vesicular-arbuscular Mycorrhizas on Higher Plants*. symp. Soc. Expt. Biol. 29: 325-349.
- Tisdall, J.M. 1991. Fungal Hyphae And Structural Stability Of Soil. Aust. J. Soil. Res. 29:729-743.
- Tugiyono, H. 2002. Bertanam Tomat. Penebar Swadaya. Jakarta
- Warisno, 1998. Budidaya Jagung Hibrida. Penerbit kanisius Yogyakarta.
- Widiastuti dan Kramadibrata. 1993. Identifikasi Jamur Vesikular Arbuskular Dibeberapa Kebun Kelapa Sawit di Jawa Barat. Jurnal MenaraPerkebunan, volume 2: 127-135.
- Winarni, 2006. Uji Viabilitas Bakteri dan Aktivitas Enzim Bakteri proteolitik pada media Carrier Bekatul. Fakultas keguruan & Pendidikan. Surakarta.
- Yulmira Y., 2009. Aplikasi Agens Hayati *Pseudomonas fluorescens* Sebagai Penginduksi Ketahanan untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Cabai Terhadap Penyakit Virus Kuning di Kecamatan Kuraji, Kotamadya Padang. *Dalam Warta Pengabdian Andalas* Vol. 15 No. 22, 2009.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

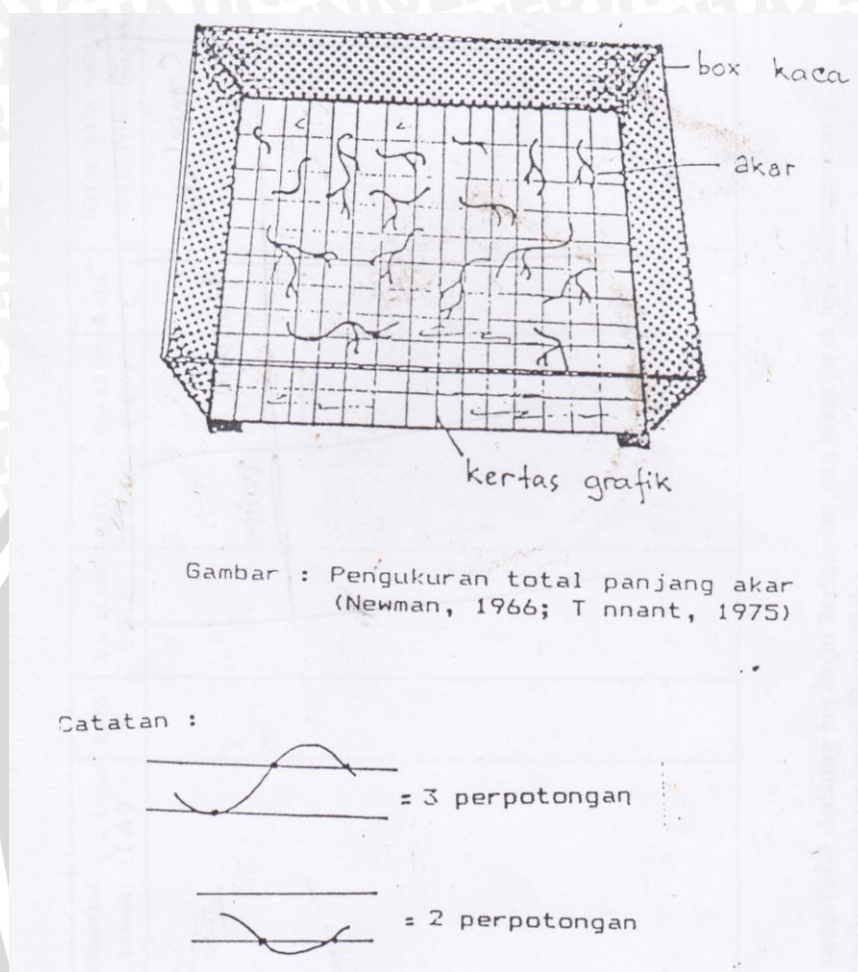
Lampiran 1. Denah percobaan



Keterangan:

- U : Ulangan
- M : Mikoriza Arbuskula (MA)
- P : *Pseudomonas fluorescens*
- K : Kontrol

Lampiran 2. Metode perhitungan panjang akar (Newman & T nnant)



Akar yang melewati garis horizontal dan vertikal kemudian di hitung berdasarkan tiap 1 cm, dari garis yang terlewati oleh akar kemudian dijumlah H+V yang selanjutnya dilakukan perhitungan total panjang akar dengan rumus:

$$\sum TP = 1/4 \cdot \pi \cdot N \cdot CM$$

ket: $\pi = 3.14$

$$N = H + V$$

Lampiran 3. Perhitungan kebutuhan air tanaman.

No	Kode	BB+ C (gram)	Bk+ C (gram)
1	KAKL	68.63	53.8
2	KKTLP	13.56	11.42

1. Kebututuhan air titik layu permanen (KKTLP)

$$= \frac{(TB-c)-(TO+C)}{(TO+C)} = \frac{(13.56)-(11.42)}{11.42} = 0.18 \text{ g}$$

2. Kebutuhan air kapasitas lapang (KAKL)

$$= \frac{(TB-c)-(TO+C)}{(TO+C)} = \frac{(68.63)-(53.8)}{(53.8)} = 0.26 \text{ g}$$

3. Kebutuhan Air/5kg tanah

$$= (KAKL-KKTLP) \times \text{berat polibag (g)}$$

$$= (0.26-0.18) \times 5000 \text{ g}$$

$$= 400 \text{ g/cm}^3$$

4. Kebutuhan air

$$\frac{KA/polybag}{BJ \text{ air}} = \frac{400 \text{ gram}}{1 \text{ gram/cm}} = 400 \text{ cm}^3 = 400 \text{ ml}$$

Lampiran 4. Analisis dasar tanah

Parameter	Hasil Analisis	Kriteria
pH	5,00	Masam
C-organik (%)	2,35	Sedang
N-total (%)	0.16	Rendah
P-tersedia (ppm)	7.74	Rendah
K-total (me/100kg)	0.35	Rendah
C/N	14,68	Rendah
pF(2.5, 4.2)	(53.8, 11.42)	
BI	1.42	
Tekstur:-Pasir -Debu - Liat	26% 58% 14%	Lempung berdebu
Kerapatan MA	-	
Kerapatan <i>P. fluorescens</i>	-	

*Laboratium Kimia dan Fisika Tanah

Lampiran 5. Kriteria sifat kimia tanah

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C -Organik (%)	< 1,00	1,00 - 2,00	2,01 - 3,00	3,01 - 5,00	> 5,00
Nitrogen (%)	< 0,10	0,10 - 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 0,75	> 0,75
C/N	< 5	5 - 10	11 - 15	16 - 25	> 25
P ₂ O ₅ HCl (me/100g)	< 10	10 - 20	21 - 40	41 - 60	> 60
P ₂ O ₅ Bray-1 (ppm)	< 10	10 - 15	16 - 25	26 - 35	> 35
P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	< 10	10 - 25	26 - 45	46 - 60	> 60
K ₂ O HCl 25% (me/100g)	< 10	10 - 20	21 - 40	41 - 60	> 60
KTK (me/100g)	< 5	5 - 16	17 - 24	25 - 40	> 40
Susunan Kation :					
K (me/100g)	< 0,1	0,1 - 0,2	0,3 - 0,5	0,6 - 1,0	>1,0
Na (me/100g)	< 0,1	0,1 - 0,3	0,4 - 0,7	0,8 - 1,0	>1,0
Mg (me/100g)	< 0,4	0,4 - 1,0	1,1 - 2,0	2,1 - 8,0	> 8,0
Ca (me/100g)	< 0,2	2 - 5	6 - 10	11 - 20	> 20
Kejenuhan Basa (%)	< 20	20 - 35	36 - 50	51 - 70	> 70
pH H ₂ O	Sangat Masam < 4,5	Masam 4,5 - 5,5	Agak Masam 5,6 - 6,5	Netral 6,6-7,5	Agak Alkalis 7,6-8,5

(LPT, dalam Sarief 1986)

Lampiran 6. Hasil analisis sidik ragam pengaruh pemberian MA dan bakteri *P. fluorescens* terhadap variabel pengamatanLampiran 6a: Tabel Anova Pengaruh MA dan bakteri *P. fluorescens* Terhadap pH H₂O

SK	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	1,08	0,12	3,17*	2,39	3,46
Galat	20	0,76	0,04			
Total	29	1,84				

Keterangan:

* : berpengaruh nyata pada taraf 5%

** : berpengaruh nyata pada taraf 1%

Lampiran 6b: Tabel Anova Pengaruh MA dan bakteri *P. fluorescens* Terhadap C-organik tanah

SK	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	0,85	0,09	2,54*	2,39	3,46
Galat	20	0,74	0,04			
Total	29	1,59				

Keterangan:

* : berpengaruh nyata pada taraf 5%

** : berpengaruh nyata pada taraf 1%

Lampiran 6c: Tabel Anova Pengaruh MA dan bakteri *P. fluorescens* Terhadap Serapan P tanaman

SK	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	0,01	0,01	59,77**	2,39	3,46
Galat	20	0,01	0,01			
Total	29	0,01				

Keterangan :

* : berpengaruh nyata pada taraf 5%

** : berpengaruh nyata pada taraf 1%

Lampiran 6d: Tabel Anova Pengaruh MA dan bakteri *P. fluorescens* Terhadap Kerapatan MA

SK	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	8565,2	951,7	5,91**	2,39	3,46
Galat	20	3220,7	161			
Total	29	11785,9				

Keterangan :

* : berpengaruh nyata pada taraf 5%

** : berpengaruh nyata pada taraf 1%

Lampiran 6e: Tabel Anova Pengaruh MA dan bakteri *P. fluorescens* Terhadap Presentase Infeksi akar tanaman jagung

SK	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	11924,44	1324,9	22,36**	2,39	3,46
Galat	20	1185,18	59,3			
Total	29	13109,63				

Keterangan :

* : berpengaruh nyata pada taraf 5%

** : berpengaruh nyata pada taraf 1%

Lampiran 6f: Tabel Anova Pengaruh MA dan bakteri *P. fluorescens* Terhadap total populasi bakteri

SK	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	45680,13	5075,57	5,48**	2,39	3,46
Galat	20	18524,67	926,23			
Total	29	64204,8				

Keterangan :

* : berpengaruh nyata pada taraf 5%

** : berpengaruh nyata pada taraf 1%

Lampiran 6g: Tabel Anova Pengaruh MA dan bakteri *P. fluorescens* terhadap tinggi tanaman

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
						5%	1%
10 HST	Perlakuan	9	428,8	47,6	0,93 ^{tn}	2,39	3,46
	Galat	20	1022,67	51,1			
	Total	29	1451,47				
20 HST	Perlakuan	9	609,46	67,72	1,45 ^{tn}	2,39	3,46
	Galat	20	934	46,7			
	Total	29	1543,47				
30 HST	Perlakuan	9	973,63	108,18	2,17 ^{tn}	2,39	3,46
	Galat	20	999,33	49,97			
	Total	29	1972,97				
40 HST	Perlakuan	9	1199,37	133,26	3,71**	2,39	3,46
	Galat	20	717,33	35,87			
	Total	29	1916,7				
50 HST	Perlakuan	9	3044,67	338,29	3,92**	2,39	3,46
	Galat	20	1725,33	86,27			
	Total	29	4770				

Keterangan :

tn : tidak berpengaruh nyata

* : berpengaruh nyata pada taraf 5%

** : berpengaruh nyata pada taraf 1%

Lampiran 6h: Tabel Anova Pengaruh MA dan bakteri *P. fluorescens* terhadap jumlah daun

Pengamatan	SK	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
						5%	1%
10 HST	Perlakuan	9	2,67	0,29	1,48 ^{tn}	2,39	3,46
	Galat	20	4	0,2			
	Total	29	6,67				
20 HST	Perlakuan	9	1,5	0,16	1,25 ^{tn}	2,39	3,46
	Galat	20	2,67	0,13			

	Total	29	4,17				
30 HST	Perlakuan	9	4,8	0,53	0,76 ^{tn}	2,39	3,46
	Galat	20	14	0,7			
	Total	29	18,8				
40 HST	Perlakuan	9	11,63	1,29	2,77*	2,39	3,46
	Galat	20	9,33	0,47			
	Total	29	20,97				
50 HST	Perlakuan	9	19,36	2,15	3,07**	2,39	3,46
	Galat	20	14	0,7			
	Total	29	33,37				

Keterangan :

tn : tidak berpengaruh nyata

* : berpengaruh nyata pada taraf 5%

** : berpengaruh nyata pada taraf 1%

Lampiran 6i: Tabel Anova Pengaruh MA dan bakteri *P. fluorescens* terhadap total panjang akar

SK	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	9	22332,97	2481,44	2,61*	2,39	3,46
Galat	20	18948,84	947,44			
Total	29	41281,8				

Keterangan :

* : berpengaruh nyata pada taraf 5%

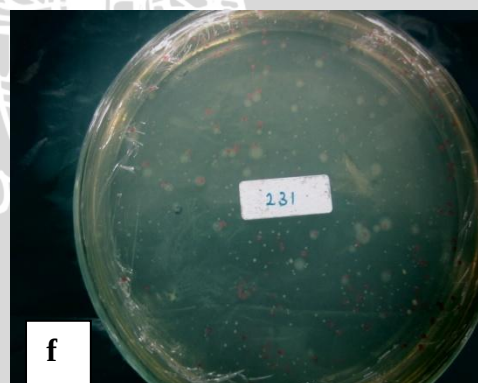
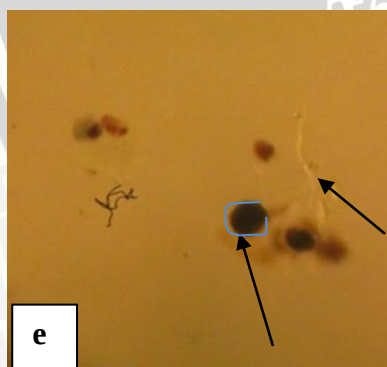
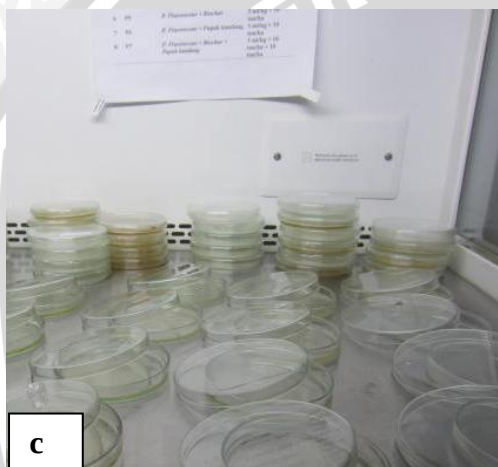
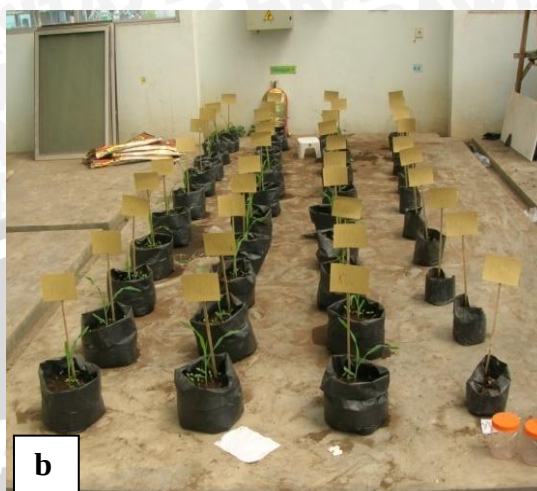
** : berpengaruh nyata pada taraf 1%

Lampiran 7. Koefisien korelasi antar pengamatan

	pH	C- organik	serapan P	Panjang akar	Kerapatan spora	Infeksi akar	Σ bakteri	Σ daun	Tinggi
Ph	1								
C-organik	-0.24	1							
Serapan P	-0.48	0.032	1						
Panjangakar	-0.58	0.341	0.38	1					
Kerapatanspora	-0.51	0.619	0.25	0.58	1				
Infeksiakar	-0.59	0.484	0.19	0.43	0.64	1			
Σ bakteri	-0.46	0.556	0.20	0.54	0.51	0.53	1		
Σ daun	-0.34	0.750	0.01	0.42	0.47	0.42	0.52	1	
Tinggi	-0.30	0.738	-0.23	0.23	0.40	0.45	0.57	0.75	1

Keterangan : 0 - 0,199 (Sangat Rendah); 0,2 – 0,399 (Rendah); 0,4 – 0,599 (Cukup Kuat); 0,6 – 0,799 (Kuat); 0,8 – 1 (Sangat Kuat) (Sugiono, 2007).

lampiran 8. Dokumentasi penelitian



Keterangan: a (Proses sterilisasi tanah sebelum perlakuan), b (Tanaman umur 10 HST), c (Media bakteri (NA)), d (Proses isolasi bakteri *P.fluorescens*), e (Spora dan hifa mikoriza perbesaran 100), f (Populasi bakteri pada cawan).