



**LAJU PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
YANG BERASOSIASI DENGAN BAKTERI *Synechococcus* sp.
DAN CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULAR PADA
BERBAGAI DOSIS *ROCK PHOSPHATE***

SKRIPSI

Oleh

**Saadatul Huriyah
NIM 111510501104**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**LAJU PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
YANG BERASOSIASI DENGAN BAKTERI *Synechococcus* sp.
DAN CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULAR PADA
BERBAGAI DOSIS *ROCK PHOSPHATE***

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Program Sarjana (S1) pada Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh

**Saadatul Huriyah
NIM 111510501104**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala, skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda ku tercinta Busik dan ayahanda Arji (Alm), yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanan selama ini.
2. Kakak Fathor Rozi, Kakak Husnul Khotimah, Adik Ulfi Khoirun Nikmah, Adik Faizal Hamdi dan seluruh keluarga besar di Jember.
3. Seluruh guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga SMA.
4. Dosen-dosen di Fakultas Pertanian yang telah membimbing sejak awal hingga akhir studi.
5. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

Allah akan mengangkat derajat hambanya yang beriman dan berilmu, adapun
Allah mengetahui terhadap apapun yang engkau lakukan
(QS. Al-Mujadalah : 11)¹

Kita tidak pernah diberi impian tanpa kemampuan untuk mewujudkannya
(Richard Back)

Jadilah yang terbaik
(Penulis)

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*.
Bandung : CV Penerbit J-ART

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Saadatul Huriyah

NIM : 111510501104

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul : **“Laju Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi dengan Bakteri *Synechococcus* sp. dan Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Berbagai Dosis *Rock Phosphate*”** adalah benar hasil karya sendiri, kecuali disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakkan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Juni 2015

Yang menyatakan,

Saadatul Huriyah
NIM 111510501104

SKRIPSI

**LAJU PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.) YANG
BERASOSIASI DENGAN BAKTERI *Synechococcus* sp. DAN
CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULAR PADA
BERBAGAI DOSIS *ROCK PHOSPHATE***

Oleh

**Saadatul Huriyah
NIM. 111510501104**

Pembimbing :

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP.
NIP. 19611110 198802 1 001

Pembimbing Anggota : Ir. Anang Syamsunihar, MP., Ph.D.
NIP. 19660626 199103 1 002

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Laju Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi dengan Bakteri *Synechococcus* sp. dan Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Berbagai Dosis *Rock Phosphate***” telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 15 Juni 2015

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, M.P.
NIP. 19611110 198802 1 001

Ir. Anang Syamsunihar, M.P., Ph.D.
NIP. 19660626 199103 1 002

Dosen Penguji,

Ir. Raden Soedradjad, M.T.
NIP. 19570718 198403 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Jani Januar, M.T.
NIP. 19590102 198803 1 002

IJIN PENGGUNAAN PLASMA NUTFAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : SAADATUL HURIYAH
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat/Tanggal Lahir : Jember, 2 Januari 1993
NIM : 111510501104
Fakultas/Universitas : Pertanian / Universitas Jember
Prog. Studi/Jurusan : Agroteknologi / Budidaya Pertanian
Alamat Kampus : Jl. Kalimantan 37 Jember 68121, Telp 0331 – 337828

Mengajukan permohonan penggunaan bakteri fotosintetik (*Synechococcus* sp. strain Situbondo) dan meminta biakan murni untuk penelitian yang berjudul : **“Laju Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi dengan Bakteri *Synechococcus* sp. dan Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Berbagai Dosis *Rock Phosphate*”**.

Dibuat di : Jember
Pada Tanggal : 13 Januari 2015

Menyetujui,
Inventor *Synechococcus* sp. strain Situbondo

Yang Mengajukan Ijin,

Ir. R. Soedradjad, MT
NIP. 195707181984031001

Saadatul Huriyah
NIM. 111510501104

RINGKASAN

Laju Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi dengan Bakteri *Synechococcus* sp. dan Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Berbagai Dosis *Rock Phosphate*. Saadatul Huriyah. 111510501104. 2015. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Konsumsi produk kakao dunia meningkat sebesar 10% antara tahun 2002 sampai 2010 di beberapa negara. Data ICCO (2012) menyebutkan bahwa tingkat konsumsi kakao mencapai 5.540.000 ton pada tahun 2010. Semakin meningkatnya permintaan kakao dunia tersebut, maka perlu dilakukan peningkatan produktivitas kakao melalui pengembangan dan penyediaan bahan tanam. Data Lembaga Riset Perkebunan Indonesia (2008), menyebutkan bahwa kebutuhan bibit kakao pada tahun 2008 sebanyak 75 juta per tahun, baik kebutuhan untuk revitalisasi maupun untuk program diluar revitalisasi. Sedangkan bahan tanam yang dapat disediakan sekitar 36-50 juta per tahun. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan bibit kakao perlu ditingkatkan. Upaya penyediaan bibit kakao yang berkualitas dapat dilakukan dengan teknologi ramah lingkungan seperti asosiasi bakteri fotosintetik *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peningkatan pertumbuhan bibit kakao perlu didukung dengan pemberian pupuk *rock phosphate* sebagai sumber energi dalam metabolisme tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur laju pertumbuhan bibit kakao yang berasosiasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular pada berbagai dosis *rock phosphate*. Penelitian dilaksanakan di *Greenhouse* Agronomi, Laboratorium Biologi Tanah serta Laboratorium Kesuburan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, berlangsung dari Desember 2014 sampai Maret 2015. Rancangan percobaan menggunakan metode rancangan petak terbagi (*split plot design*) dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama ialah inokulasi mikroorganisme yakni inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular (M) terdiri dari 4 taraf. Faktor kedua aplikasi *rock phosphate* (P) terdiri dari 6 taraf. Variabel pengamatan meliputi pengukuran

N dan P jaringan (%), jumlah daun (helai), tinggi tanaman (cm), diameter batang tanaman (mm), laju pertumbuhan (g/hari), berat kering akar (g), berat kering tanaman (g), persentase infeksi akar (%) serta parameter pendukung meliputi kadar N dan P tanah, suhu dan kelembaban udara.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman memberikan persentase infeksi akar sebesar 53,33 % yang menghasilkan laju pertumbuhan, berat kering tanaman dan berat kering akar bibit kakao tertinggi. Inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dapat meningkatkan serapan P_2O_5 dan N-total jaringan bibit kakao. Namun, aplikasi dosis *rock phosphate* berpengaruh tidak nyata dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao. Dosis optimum pupuk *rock phosphate* dengan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kakao ialah 6,34 g/tanaman atau setara dengan 660,42 kg/ha dengan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular 50 spora/ 10 g.

SUMMARY

The Growth Rate of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Associated with *Synechococcus* sp. and Arbuscular Mycorrhiza in Various Doses of Rock Phosphate. Saadatul Huriyah. 111510501104. 2015. Study program of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Jember.

World cocoa consumption increased 10% within 8 years starting from 2002 to 2010. ICCO (2012) reported that the rate of cocoa consumption was 5,540,000 ton in 2010. The higher demand of cocoa stimulated many researchers to gain cocoa production through providing high quality and quantity of plant material in form of seedling. Indonesian Plantation Research Institute (2008) reported that the demand of cacao seedling in 2008 was 75 million/year, either for the aim of revitalization or out of revitalization program. While the stock of cocoa seedling was only 36-50 million/year. The stock of seedling should be meet with the demand. Providing high quality of cocoa seedling should rely on eco-friendly technology such application of *Synechococcus* sp. and arbuscular mycorrhiza that boosted plant growth. The improvement of cocoa seedling growth should be supported by application of *rock phosphate* as source of energy in plant metabolism

The research was aimed to estimate the growth of cocoa seedling associated with *Synechococcus* sp. and arbuscular mycorrhiza in various doses of rock phosphate. The research was conducted at Greenhouse of Agronomy and Laboratory of Soil Biology and Laboratory of Soil Fertility, Faculty of Agriculture, University of Jember starting from December 2014 to March 2015. Experimental design used was split plot with 2 factors and replicated 3 times. First factor was the inoculation of arbuscular mycorrhiza (M) composed of 4 levels. Second factor was rock phosphate dose (P) consisted of 6 levels. Respons variable observed were N and P content in plant tissue (%), the number of leaf (sheet), the height of plant (cm), the diameter of stem (mm), growth rate (g/day), dry weight of root (g), dry weight of plant (g), percentage of infected root (%) and supported parameters such N and P content in soil, temperature and relative humidity.

The results showed that combination treatment between inoculation *Synechococcus* sp. and arbuscular mycorrhiza with application of rock phosphate 7,5 g/plant that resulted in 53,33 % percentage of infection give highest growth rate, dry weight of plant dry weight of root. Inoculation of *Synechococcus* sp. and arbuscular mycorrhiza could increase absorption of P_2O_5 and N-total within plant tissue of cocoa seedling significantly. While application of rock phosphate was not significantly different on the growth of cocoa seedling. Optimum dose of rock phosphate with arbuscular mycorrhiza was 6,34 g/plant equal to 660,42 kg/ha with arbuscular mycorrhiza 50 spora/ 10 g.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Laju Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi dengan Bakteri *Synechococcus* sp dan Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Berbagai Dosis *Rock Phosphate*.”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Orangtuaku tercinta Busik dan Arji (Alm) yang selalu memberikan do'a restu, kasih sayang, semangat dan motivasi sepanjang perjalanan hidupku sampai sekarang.
2. Kakaku Fathor Rozi, Kakak Ipar ku Husnul Khotimah yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang dan semangat dalam terselesaikannya Karya Ilmiah Tertulis ini.
3. Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, M.P. selaku Dosen Pembimbing Utama.
4. Ir. Anang Syamsunihar, M.P., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Anggota.
5. Ir. Raden Soedradjad, M.T. selaku Dosen Penguji dan Ketua Jurusan Budidaya Pertanian serta Inventor *Synechococcus* sp. yang telah mengizinkan menggunakan bakteri tersebut untuk penelitian.
6. Ir. Paniman Ashna Mihardjo, M.P. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Ir. Irwan Sadiman, M.P. selaku Ketua Program Beasiswa Unggulan Jenjang S1 Konsentrasi Agroindustri Kopi Kakao, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
8. Ir. Hari Purnomo, M.Si, Ph.D.DIC. selaku Ketua Program Studi Agroteknologi.
9. Dr. Ir. Jani Januar, M.T. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
10. Seluruh Dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis.

11. Sahabatku, Dwita Anggraeni, Yustina Ratnasari, Fandi Ahmad, Tirto Wahyu, Rahmat Budiarto, Dewi Puspa dan seluruh sahabat Program Beasiswa Unggulan, terima kasih atas batuan, semangat dan kebersamaan yang telah di berikan.
12. Saudara-saudaraku, Hananto Eko N, Nindya A. Putra, Ilma Megasari, M.Surur dan seluruh saudara UKM Pencak Silat “Persaudaraan Setia Hati Terate”, terimakasih atas semangat dan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
13. Tim Asisten Laboratorium Hortikultura beserta ibu Parawita Dewanti, terimakasih atas kerjasama dan pengalaman yang diberikan.
14. Keluarga Besar Agroteknologi 2011 dan IMAGRO Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah menambah warna hidup selama ini.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunannya, untuk itu penulis berharap kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan karya tulis ilmiah ini. Akhir kata, semoga karya tulis ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak khususnya bidang pertanian.

Jember, 15 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN IJIN PENGGUNAAN PLASMA NUTFAH	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	5
2.2 Bakteri <i>Synechococcus</i> sp.....	8
2.3 Cendawan Mikoriza Arbuskular	11
2.4 <i>Rock Phosphate</i>	14
2.5 Hipotesis	16
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	18
3.3 Rancangan Percobaan	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	19

3.4.1 Analisis Pendahuluan	19
3.4.2 Persiapan Media Tanam	19
3.4.3 Penyemaian Benih Kakao	20
3.4.4 Aplikasi <i>Rock Phosphate</i>	20
3.4.5 Penanaman Kecambah	20
3.4.6 Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskular	20
3.4.7 Inokulasi Bakteri <i>Synechococcus</i> sp.	20
3.4.8 Pemeliharaan	21
3.4.9 Panen	21
3.4.10 Analisis N-Total Jaringan	22
3.4.11 Analisis Serapan P ₂ O ₅	22
3.4.12 Analisis Infeksi Akar	22
3.5 Pengumpulan Data	22
3.5.1 Data Utama	22
3.5.2 Data Penunjang	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil	25
4.2 Pembahasan	29
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	59

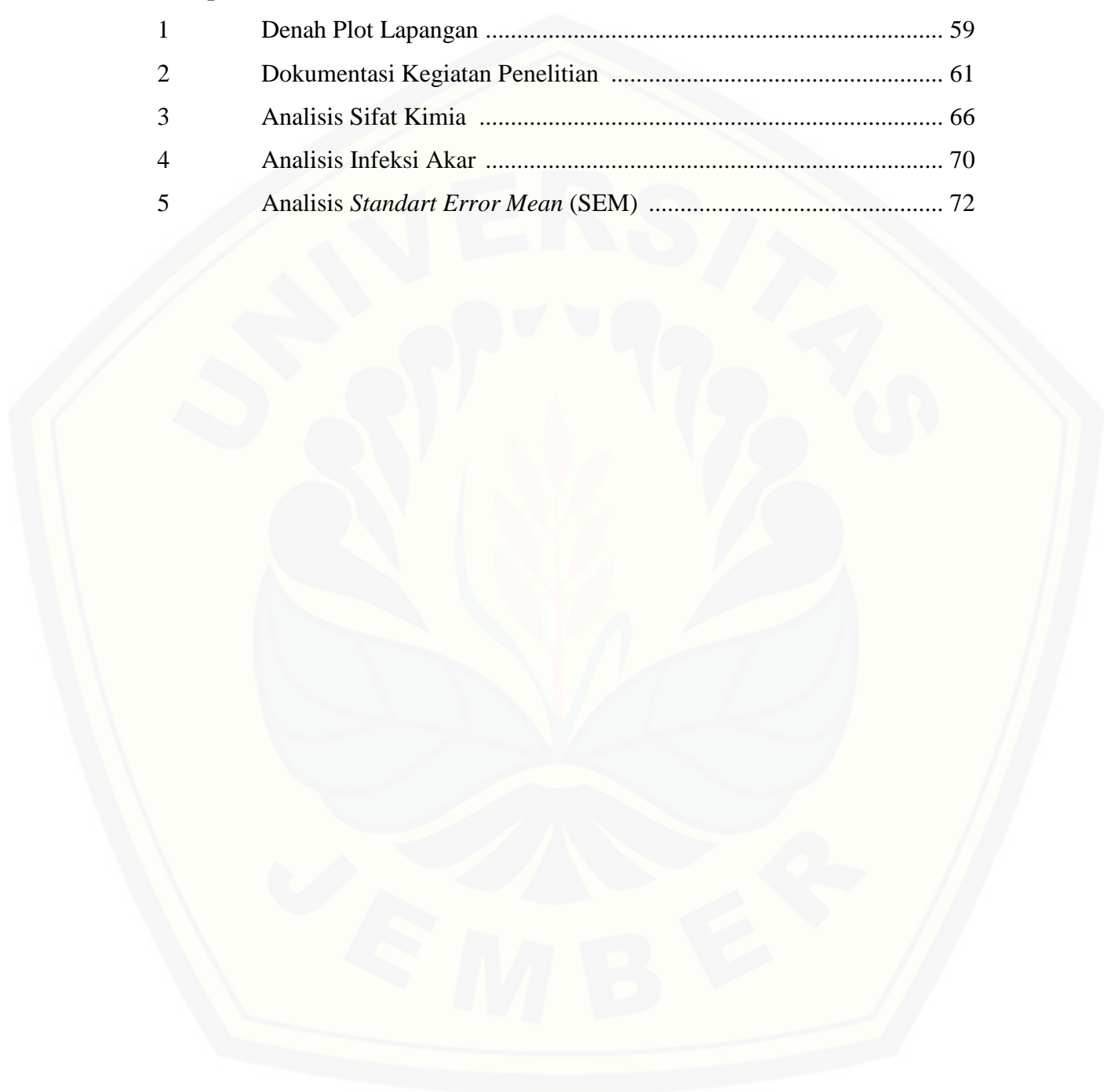
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
1	Tingkatan pertumbuhan kecambah kakao	7
2	Asosiasi yang terbentuk antara bakteri <i>Synechococcus</i> sp. dengan tanaman kedelai umur 21 hari setelah tanam.....	9
3	Hasil pengamatan filosfer daun tanaman kedelai	10
4	Tipe arbuskular dalam sel akar	13
5	Kolonisasi mikoriza arbuskular pada akar padi.....	13
6	Analisis regresi pada variabel laju pertumbuhan.....	25
7	Analisis regresi pada variabel berat kering tanaman	26
8	Analisis regresi pada variabel berat kering akar	26
9	Analisis regresi pada variabel tinggi tanaman	27
10	Analisis regresi pada variabel jumlah daun	27
11	Analisis regresi pada variabel diameter batang	28
12	Analisis regresi pada variabel persentase infeksi akar	28
13	Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi <i>rock phosphate</i> terhadap laju pertumbuhan bibit kakao	29
14	Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi <i>rock phosphate</i> terhadap berat kering tanaman.....	31
15	Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi <i>rock phosphate</i> terhadap berat kering akar	32
16	Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi <i>rock phosphate</i> terhadap tinggi tanaman.....	34
17	Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme	35
18	Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan inokulasi bakteri <i>Synechococcus</i> sp.	35
19	Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular	36

20	Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan inokulasi bakteri <i>Synechococcus</i> sp. dan cendawan mikoriza arbuskular	36
21	Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi <i>rock phosphate</i> terhadap jumlah daun bibit kakao.....	38
22	Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme	39
23	Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan inokulasi bakteri <i>Synechococcus</i> sp.	39
24	Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular	40
25	Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan inokulasi bakteri <i>Synechococcus</i> sp. dan cendawan mikoriza arbuskular	40
26	Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi <i>rock phosphate</i> terhadap diameter batang bibit kakao	42
27	Pertumbuhan diameter batang pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme	43
28	Pertumbuhan diameter batang pada perlakuan inokulasi bakteri <i>Synechococcus</i> sp.	43
29	Pertumbuhan diameter batang pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular	44
30	Pertumbuhan diameter batang pada perlakuan inokulasi bakteri <i>Synechococcus</i> sp. dan cendawan mikoriza arbuskular	44
31	Pengaruh inokulasi mikroorganisme terhadap N-Total jaringan.....	46
32	Pengaruh inokulasi mikroorganisme terhadap serapan P ₂ O ₅	47
33	Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi <i>rock phosphate</i> terhadap persentase infeksi akar	49
34	Bagian-bagian cendawan mikoriza arbuskular.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
1	Denah Plot Lapangan	59
2	Dokumentasi Kegiatan Penelitian	61
3	Analisis Sifat Kimia	66
4	Analisis Infeksi Akar	70
5	Analisis <i>Standart Error Mean</i> (SEM)	72



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peran penting bagi pertumbuhan perekonomian Indonesia terutama dalam penyediaan lapangan kerja baru, sumber pendapatan petani dan penghasil devisa negara terbesar ketiga pada sub sektor perkebunan. Sebagian besar perkebunan kakao merupakan perkebunan rakyat, selebihnya dikelola oleh perkebunan negara dan perkebunan swasta. Data ICCO (2012) menyebutkan bahwa tingkat konsumsi kakao mencapai 5.540.000 ton pada tahun 2010. Konsumsi produk kakao dunia meningkat sebesar 10% antara tahun 2002 sampai 2010 di beberapa negara. Semakin meningkatnya permintaan kakao dunia tersebut, maka perlu dilakukan peningkatan produktivitas kakao melalui pengembangan dan pemeliharaan tanaman yang intensif.

Pengembangan kakao merupakan program pemerintah yang terus dijalankan melalui program Gerakan Nasional Peningkatan Produksi dan Mutu Kakao yang dimulai tahun 2009 dan akan dilanjutkan sampai tahun 2014 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2013). Berdasarkan data Lembaga Riset Perkebunan Indonesia (2008), kebutuhan bibit kakao pada tahun 2008 sebanyak 75 juta per tahun, baik kebutuhan untuk revitalisasi maupun untuk program diluar revitalisasi. Sedangkan bahan tanam yang dapat disediakan sekitar 36-50 juta per tahun. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan bibit kakao perlu ditingkatkan.

Penyediaan bibit kakao harus memperhatikan kualitas dari bibit yang dihasilkan. Bibit kakao dengan kualitas baik merupakan kunci keberhasilan untuk mendapatkan keuntungan dalam usahatani kakao, karena penggunaan bibit kakao yang tidak berkualitas mengakibatkan pencapaian produktivitas dan mutu biji kakao yang rendah. Upaya penyediaan bibit kakao yang berkualitas dapat dilakukan melalui teknologi yang setara dengan teknologi lingkungan yakni memanfaatkan asosiasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular.

Bakteri *Synechococcus* sp. merupakan bakteri fotosintetik karena mampu melakukan fotosintesis sendiri (Soedradjad dan Avivi, 2005). Hasil penelitian Setiawan (2012), menunjukkan bahwa bibit kakao yang diasosiasikan dengan bakteri *Synechococcus* sp. dapat meningkatkan laju fotosintesis tanaman kakao. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya status N jaringan sebesar 2,75% dengan didukung oleh peningkatan jumlah daun, konduktivitas stomata, dan pertumbuhan bibit tanaman yang dicirikan dengan bertambahnya tinggi tanaman dan berat kering brangkasan. Bakteri *Synechococcus* sp. juga dapat menekan laju fotorespirasi sebesar 26,4% (kandungan glisin) lebih rendah daripada bibit kakao kontrol.

Selain asosiasi bakteri *Synechococcus* sp., asosiasi cendawan mikoriza arbuskular pada tanaman kakao akan lebih efektif bila aplikasi dilakukan pada saat pembibitan. Hal tersebut memberikan peluang lebih besar untuk cendawan mikoriza menginfeksi akar tanaman. Sehingga bibit kakao yang akan ditanam di lapang telah mengandung cendawan mikoriza. Infeksi cendawan mikoriza dengan akar tanaman ini nantinya dapat memperluas bidang serapan akar, sehingga dapat menyerap hara seperti P, Ca, N, Cu, Mn, K dan Mg dengan hifa eksternal yang tumbuh dan berkembang melalui bulu akar (Talanca dan Adnan, 2005). Selain itu, asosiasi cendawan mikoriza dengan akar tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup tanaman dalam kondisi yang optimal atau stres air dengan meningkatkan status nutrisi, memperbaiki agregat tanah serta sebagai pelindung tanaman dari infeksi patogen akar (Halis dkk, 2008).

Asosiasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan bibit kakao dapat meningkatkan pertumbuhan bibit. Peningkatan pertumbuhan tanaman ini, akan membutuhkan energi untuk melakukan seluruh metabolisme dalam tubuh tanaman dengan unsur utama P sebagai sumber energi. Tanpa adanya energi, maka segala proses metabolisme tidak akan terjadi. Oleh karena itu, unsur P sangat penting bagi tanaman karena unsur ini merupakan kunci kehidupan (*key of life*). Upaya meningkatkan efisiensi pemupukan P dapat dilakukan melalui pemberian pupuk *rock phosphate*. Ada beberapa kelebihan yang dimiliki *rock phosphate*, diantaranya adalah efektivitasnya sama atau kadang

lebih tinggi dibandingkan dengan SP-36, bersifat *slow release* sehingga residunya dapat dimanfaatkan untuk musim tanam berikutnya dan mengandung hara Ca, Mg dan hara mikro serta sesuai untuk tanah masam. Akan tetapi, kendala dari pupuk *rock phosphate* ini adalah tingkat kelarutannya relatif lambat (Sitanggang, 2002). Kombinasi antara pemberian *rock phosphate* dengan asosiasi cendawan mikoriza arbuskular nantinya diharapkan dapat meningkatkan serapan P tanaman. Penelitian ini akan membahas mengenai laju pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) yang berasosiasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular pada berbagai dosis *rock phosphate*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan uraian diatas yaitu:

1. Apakah inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular pada berbagai dosis *rock phosphate* dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) ?
2. Apakah inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan atau cendawan mikoriza arbuskular dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) ?
3. Apakah aplikasi berbagai dosis *rock phosphate* dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) ?
4. Berapa dosis optimum *rock phosphate* yang berasosiasi dengan cendawan mikoriza arbuskular untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk :

1. Mengukur pertumbuhan bibit kakao yang berasosiasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular pada berbagai dosis *rock phosphate*.
2. Mengukur pengaruh inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan atau cendawan mikoriza arbuskular dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao.

3. Mengukur pengaruh aplikasi berbagai dosis *rock phosphate* dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao.
4. Mencari dosis optimum *rock phosphate* yang berasosiasi dengan cendawan mikoriza arbuskular untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna dalam usaha pengembangan budidaya tanaman kakao, khususnya pada masa pembibitan. Informasi tersebut juga berguna bagi para peneliti untuk mengembangkan penelitian di masa yang akan datang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang umumnya tumbuh di daerah tropis. Menurut Tjitrosoepomo (1988) sistematika tanaman kakao adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub divisio : Angiospermae
Kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Malvales
Famili : Sterculiaceae
Genus : Theobroma
Spesies : *Theobroma cacao* L.

Tanaman kakao merupakan tanaman yang berakar tunggang. Akar tanaman kakao adalah *surface root feeder*, artinya sebagian besar akar lateralnya (mendatar) berkembang dekat permukaan tanah, yaitu pada kedalaman tanah (jeluk) 0-30 cm. Penyebaran akar 56% akar lateral tumbuh pada bagian 0-10 cm, 26% pada bagian 10-20 cm, 14% pada bagian 21-30 cm dan hanya 4% dari bagian akar lebih dari 30 cm dari permukaan tanah (Bahri, 1996).

Daun kakao bersifat dimorfis (dua bentuk percabangan). Pada tunas ortotrop, tangkai daunnya memiliki panjang sekitar 7,5-10 cm, sedangkan pada tunas plagiotrop panjang tangkai daunnya hanya sekitar 2,5 cm. Tangkai daunnya berbentuk silinder dan bersisik halus, bergantung pada tipenya (Soenaryo dan Situmorang, 1987). Daun kakao memiliki dua persendian atau cartilation yang terikat pada pangkal dan tangkai daun. Tangkai daun bersisik halus, membentuk sudut 30-60^o dan berbentuk silinder. Warna daun muda kemerahan sampai merah bergantung pada varietasnya (Siregar dkk, 2000).

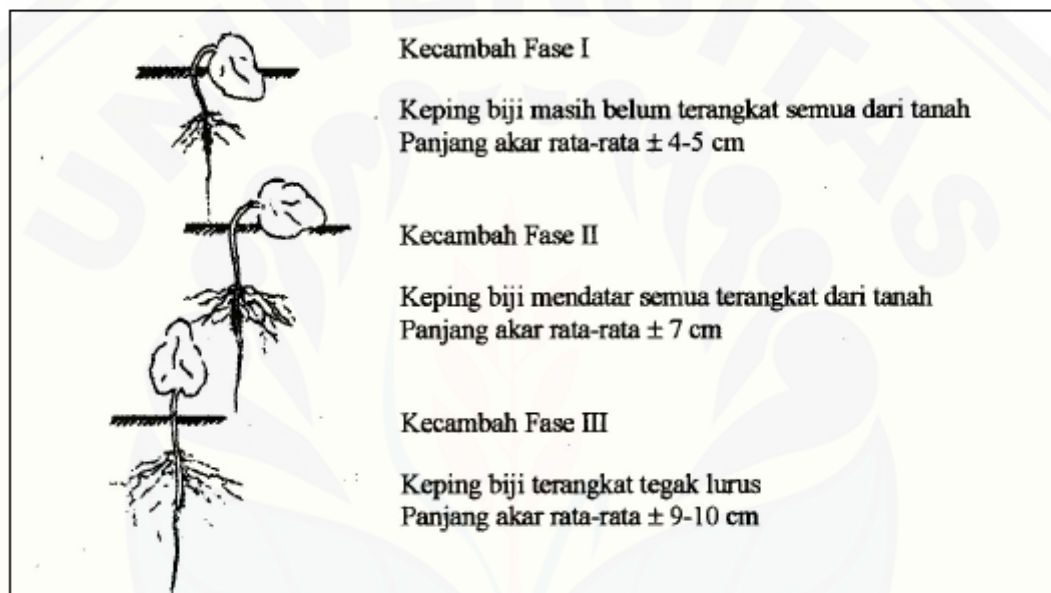
Tanaman kakao bersifat kauliflori, artinya bunga tumbuh dan berkembang dari bekas ketiak daun pada batang dan cabang. Tempat tumbuh bunga tersebut semakin lama semakin membesar dan menebal atau biasa disebut dengan bantalan

bunga (cushion). Bunga kakao terdiri atas 5 daun kelopak yang bebas satu sama lain, 5 daun mahkota, 10 tangkai sari yang tersusun dalam 2 lingkaran yang tersusun dari 5 tangkai sari tetapi hanya 1 tangkai sari yang fertil, dan 5 daun buah yang bersatu. Bunga kakao berwarna putih, ungu atau kemerahan. Warna bunga ini khas untuk setiap kultivar. Tangkai bunga kecil tetapi panjang yakni 1-1,5 cm. Daun mahkotanya memiliki panjang 6-8 mm dan terdiri atas dua bagian. Bagian pangkal berbentuk seperti kuku binatang (claw) dan biasanya terdapat dua garis merah, sedangkan bagian ujung berupa lembaran tipis, fleksibel dan berwarna putih (Siregar dkk, 2000). Warna buah kakao sangat beragam, tetapi pada dasarnya hanya ada dua macam warna. Buah yang ketika masih muda berwarna hijau atau hijau agak putih jika sudah masak akan berwarna kuning. Sementara itu, buah yang ketika muda berwarna merah, setelah masak berwarna jingga/orange (Tjitrosoepomo, 1988).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman kakao dibagi menjadi dua fase penting yaitu fase vegetatif yang dihitung sejak tanaman muncul dari dalam tanah dan fase reproduktif (generatif) yang dihitung sejak awal berbunga sampai biji masak fisiologis. Periode vegetatif dimulai dari proses perkecambahan benih kakao, pembentukan daun baru serta akumulasi berat kering bagian vegetatif tanaman. Fase reproduktif (generatif) dihitung sejak tanaman kakao mulai berbunga sampai pembentukan buah, perkembangan biji dan pemasakan biji (Soeratno, 1981).

Benih kakao tidak mengalami masa dormansi. Proses perkecambahan terjadi segera setelah biji dikeluarkan dari kulit buah. Benih kakao diambil dari buah-buahan yang telah matang fisiologis yakni kulit buahnya telah berubah warna dari hijau menjadi hijau kekuningan atau dari warna merah menjadi warna merah kekuningan sampai oranye. Biji-biji dari buah yang telah matang, embrionya telah berkembang sempurna sehingga memiliki daya kecambah dan daya tumbuh yang tinggi (Soedarsono, 1990). Mathius (1990) mengemukakan bahwa benih kakao yang baik berasal dari bagian tengah buah karena mempunyai viabilitas benih dan vigor benih tertinggi dibandingkan dengan benih yang berasal dari ujung buah.

Proses perkecambahan kakao dimulai dari munculnya akar yang tumbuh dari hipokotil berasal dari kotiledon yang masih tertutup dan terangkat sekitar 3 cm di atas permukaan tanah. Fase pertama ini disebut dengan fase serdadu yang ditandai dengan kotiledon yang masih belum terangkat semua dari tanah, dengan panjang akar rata-rata 4-5 cm. Fase kedua dimulai dengan pembukaan kotiledon diikuti dengan munculnya plumula, kotiledon mendatar semua terangkat dari tanah, panjang akar rata-rata 7 cm. Fase ketiga ditandai dengan kotiledon yang terangkat tegak lurus, panjang akar rata-rata 10 cm (Soeratno, 1981).



Gambar 1. Tingkatan Pertumbuhan Kecambah Kakao (Sumber : Soeratno, 1981)

Akar kecambah tanaman kakao yang telah berumur satu sampai dua minggu biasanya menumbuhkan akar-akar cabang, dari akar itu tumbuh akar-akar rambut yang jumlahnya sangat banyak, serta pada bagian ujung akar itu terdapat bulu akar yang dilindungi oleh tudung akar. Bulu akar inilah yang berfungsi untuk menghisap larutan dan garam-garam tanah (Soenaryo dan Situmorang, 1987). Fase pemindahan kecambah yang paling tepat ke pembibitan adalah fase kedua yang dicirikan benih telah berumur 10-12 hari, keping biji terangkat mendatar ke atas permukaan tanah dan panjang akar rata-rata 7 cm. Pada fase ini kotiledon belum berakar panjang, sehingga kemungkinan akan terjadi kerusakan akar (putus atau bengkok) sewaktu dipindah ke pembibitan kecil (Soeratno, 1981).

Tanaman kakao dapat tumbuh dengan baik pada tempertur 15°C per bulan dengan temperatur minimum absolut 10°C per bulan. Temperatur ideal bagi pertumbuhan kakao adalah 23,9-26,7°C (Haltman dkk, 1995). Kakao tumbuh baik di dataran rendah sampai ketinggian 800 m dpl. Kebutuhan curah hujan sekitar 1100-3000 mm per tahun. Daerah produsen kakao umumnya memiliki curah hujan berkisar antara 1250–3000 mm tiap tahun. Curah hujan yang kurang dari 1250–3000 mm akan terjadi evapotranspirasi melebihi presipitasi (Susanto, 1994).

Kakao tergolong tanaman C3 yang mampu berfotosintesis pada suhu daun rendah. Fotosintesis maksimum diperoleh pada saat penerimaan cahaya pada tajuk sebesar 20 persen dari pencahayaan penuh. Kejenuhan cahaya di dalam fotosintesis setiap daun yang telah membuka sempurna berada pada kisaran 3-30 persen cahaya matahari atau pada 15 persen cahaya matahari penuh. Hal ini berkaitan pula dengan pembukaan stomata yang lebih besar bila cahaya matahari yang diterima lebih banyak (Karmawati dkk, 2010).

Tekstur tanah yang baik untuk tanaman kakao adalah lempung liat berpasir dengan komposisi 30-40% fraksi liat, 50% pasir, dan 10-20% debu. Susunan demikian akan mempengaruhi ketersediaan air dan hara serta aerasi tanah. Struktur tanah yang remah dengan agregat yang mantap menciptakan gerakan air dan udara di dalam tanah sehingga menguntungkan bagi akar (Siregar dkk, 2000). Tanaman kakao dapat tumbuh pada tanah yang memiliki kisaran pH 4,0–8,5. Namun pH yang ideal adalah 6,0–7,5 dimana unsur hara dalam tanah dapat tersedia bagi tanaman. Pada pH yang tinggi misalnya lebih dari 8,0 kemungkinan tanaman akan kekurangan unsur hara dan akan mengalami keracunan Al, Mn dan Fe pada pH rendah misalnya kurang dari 4,0 (Susanto, 1994).

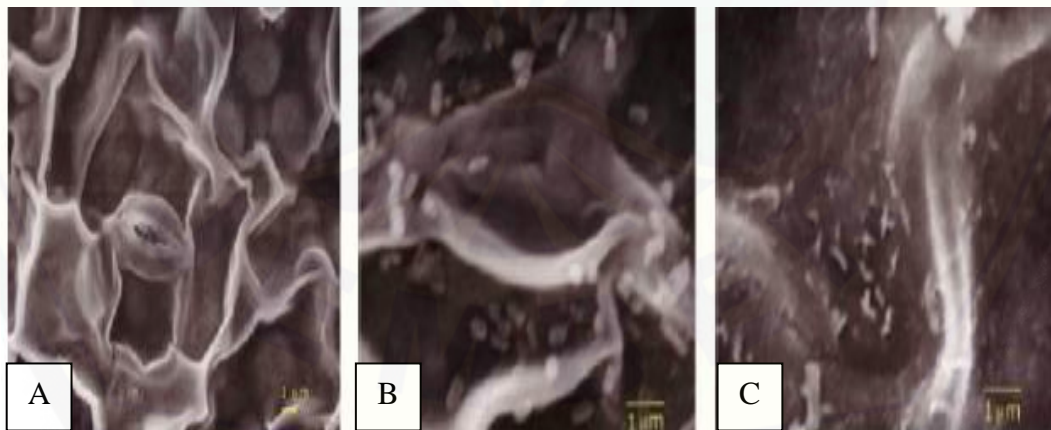
2.2 Bakteri *Synechococcus* sp.

Bakteri *Synechococcus* sp. merupakan salah satu bakteri fotosintetik dari kelompok Cyanobacteria atau disebut pula dengan ganggang biru hijau. Cyanobacteria dikelompokkan ke dalam spesies-spesies uniselular. Cyanobacteria yang berbentuk filamen memiliki sel vegetatif yang berkembang secara struktural

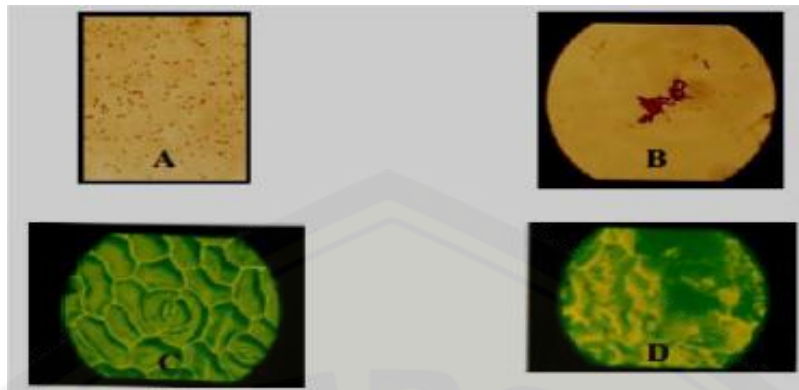
dan fungsional terspesialisasi, seperti akinet (sel dalam bentuk istirahat) atau heterosis (sel yang mampu melakukan fiksasi nitrogen) (Lakitan, 1995).

Bakteri *Synechococcus* sp. umumnya berbentuk sel *coccoid* berukuran antara 0,6 μm sampai 1,6 μm . Bakteri ini mampu mereduksi N_2 dari udara menjadi ammonium dan memberikan nutrisi sederhana yang diperlukan oleh tanaman yaitu udara, air, sedikit nutrisi dan cahaya (Soedradjad dan Avivi, 2005). Bakteri *Synechococcus* sp. mempunyai pigmen *phycobilliproteins* yang terdiri dari *phycocyanin*, *allophycocyanin*, *allophycocyanin-B* dan *phycoerythrin* yang berfungsi sebagai organ fotosintesis. Bakteri *Synechococcus* sp. mampu hidup pada permukaan daun tanaman inangnya (filosfer). Bakteri ini pada umumnya bersifat phyloplane dan tahan terhadap lingkungan berkadar garam tinggi.

Menurut Syamsunihar, dkk. (2007) bakteri *Synechococcus* sp. ini menyebabkan tanaman tidak mengalami perubahan bentuk jaringan seperti tumor sebagai indikator adanya infeksi oleh bakteri tersebut, meskipun terjadi perbedaan pada bagian mesofil tanaman yang diinokulasi dan yang tidak diinokulasi bakteri. Prasetya (2005) juga menjelaskan bahwa inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. secara umum tidak merubah morfologis daun, tetapi terdapat perubahan fungsional secara anatomis yaitu penebalan sel epidermis adaxial dan jaringan mesofil.



Gambar 2. Asosiasi yang terbentuk antara bakteri *synechococcus* sp. dengan tanaman kedelai umur 21 hari setelah tanam (A) Permukaan adaxial daun yang tidak diinokulasi *Synechococcus* sp., (B) Permukaan adaxial daun yang diinokulasi *Synechococcus* sp., (C) Permukaan abaxial daun yang diinokulasi *Synechococcus* sp. (Sumber: Syamsunihar dkk, 2007).



Gambar 3. Hasil Pengamatan Filosfer Daun Tanaman Kedelai (A) *Synechococcus* sp. strain Situbondo, hasil pewarnaan perbesaran 800X, (B) Koloni bakteri *Synechococcus* sp. strain Situbondo pada perbesaran 1000X, (C) Permukaan daun tanaman kedelai tanpa aplikasi *Synechococcus* sp. strain Situbondo, (D) Permukaan daun tanaman kedelai dengan aplikasi *Synechococcus* sp. strain Situbondo (Sumber : Prasetya, 2005).

Syamsunihar dkk. (2007), mengungkapkan bahwa aktivitas fiksasi nitrogen pada tanaman kedelai yang berasosiasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. dapat meningkat. Asosiasi tersebut menunjukkan bahwa nitrogen yang ditambat oleh sel heterosis mampu mendukung kebutuhan tanaman. Hasil ini nantinya akan berdampak pada kandungan nitrogen dalam daun. Penelitian Mulyanto (2009), menunjukkan bahwa asosiasi bakteri fotosintetik *Synechococcus* sp. pada daun tanaman kedelai memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kandungan auksin pada tanaman kedelai. Hal ini dimungkinkan akibat respon terhadap asam indol asetat (IAA) yang produksinya dirangsang oleh bakteri atau mungkin sebagai respon terhadap etilen yang dirangsang oleh IAA. Peranan auksin sebagai hormon endogen diperlukan oleh tumbuhan dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan (Mulyanto, 2009). Selain itu, aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. mampu meningkatkan aktivitas *sucrose synthase* pada fase vegetatif sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi organ vegetatif dalam menunjang hasil biji yang tinggi (Hidayat, 2009).

Hasil penelitian Setiawan (2012), menunjukkan bahwa bibit kakao yang diasosiasikan dengan *Synechococcus* sp. mampu meningkatkan status N jaringan sebesar 2,75% dengan didukung oleh peningkatan jumlah daun, konduktivitas stomata, dan pertumbuhan bibit tanaman yang dicirikan dengan bertambahnya

tinggi tanaman dan berat brangkasan kering. Selain itu bakteri *Synechococcus* sp. dapat menekan laju fotorespirasi sebesar 26,4% (kandungan glisin) lebih rendah daripada bibit kakao kontrol.

2.3 Cendawan Mikoriza Arbuskular

Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara cendawan alami dengan akar tumbuhan tingkat tinggi (Wyss and Bonafante, 1993). Simbiosis cendawan mikoriza dapat terjadi secara alami atau dengan cara diinokulasikan pada tanaman inang dan proses kolonisasi secara intensif terjadi pada fase pembibitan tanaman tersebut (Alizadeh, 2011). Tanaman yang telah terkolonisasi atau terinfeksi oleh cendawan mikoriza pada fase pembibitan, tanaman tersebut akan membawa hifa ataupun spora cendawan mikoriza tersebut selama tanaman tersebut tumbuh (Brundrett *et al.*, 2008).

Asosiasi antara cendawan mikoriza dengan perakaran tanaman bersifat mutualisme yaitu keduanya saling menguntungkan (Gonzalo and Miguel, 2006). Cendawan mikoriza dapat memanfaatkan eksudat akar tumbuhan sebagai sumber karbon dan energi, sedangkan tumbuhan lebih mudah menyerap unsur hara, khususnya unsur hara P (Preston, 2007). Cendawan mikoriza yang berasosiasi dengan akar juga berperan dalam konservasi tanah, hifa tersebut sebagai kontributor untuk menstabilkan pembentukan struktur agregat tanah dengan cara mengikat agregat-agregat tanah dan bahan organik tanah.

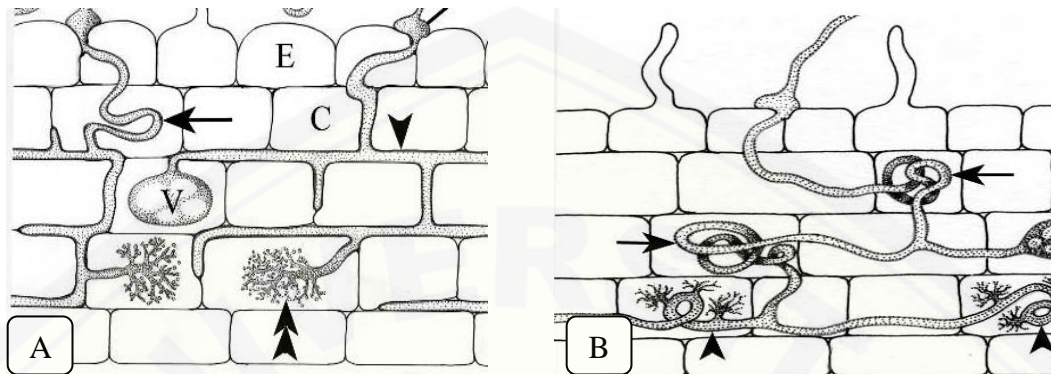
Cendawan mikoriza dapat menghasilkan hormon dan zat pengatur tumbuh. Cendawan ini dapat memberikan hormon seperti auksin, sitokinin, giberelin juga zat pengatur tumbuh seperti vitamin kepada inangnya serta berfungsi sebagai sumber pembuatan pupuk biologis. Keberadaan cendawan mikoriza juga bersifat sinergis dengan mikroba potensial lainnya seperti bakteri penambat N dan bakteri pelarut fosfat. Cendawan mikoriza berperan dalam mempertahankan stabilitas keanekaragaman tumbuhan lainnya yang berdekatan melalui struktur yang disebut Bridge Hypae (Talanca dan Adnan, 2005).

Mikoriza dikenal dengan tiga tipe yakni Ektomikoriza, Endomikoriza dan Ektendomikoriza. Pengelompokan ini berdasarkan pada bentuk morfologi hifa

mikoriza yang mengkolonisasi akar. Cendawan ektomikoriza merupakan kolonisasi hifa mikoriza di luar korteks akar dengan cara membentuk jaringan hifa (mantel hifa) yang menyelimuti bagian luar epidermis akar tanaman. Mantel ini berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara mikoriza dengan tanaman yang disebut mantel hifa. Hifa tumbuh memasuki korteks dan hanya tinggal di lapisan sel-sel korteks luar untuk membentuk jaring-jaring yang disebut jala hartig. Jala hartig inilah yang berperan dalam mentransportasikan seluruh nutrisi yang diserap oleh mantel cendawan akar (Peterson, 2003). Sebaliknya mikoriza endomikoriza merupakan cendawan yang mampu membentuk eksternal hifa dan internal hifa. Kolonisasi internal hifa berkembang di dalam korteks akar dengan membentuk vesikel dan atau arbuskula tergantung pada tiap genera (Brundrett *et al.*, 2008). Sedangkan tipe ektendomikoriza merupakan cendawan mikoriza yang mampu mengkolonisasi perakaran baik secara internal hifa di korteks maupun eksternal hifa yang menyelimuti epidermis akar. Hifa yang terbentuk baik eksternal maupun internal sangat sedikit atau tipis sehingga simbiosis ektendomikoriza tidak jelas peran dan fungsinya bagi tanaman (Smith and Read, 2008).

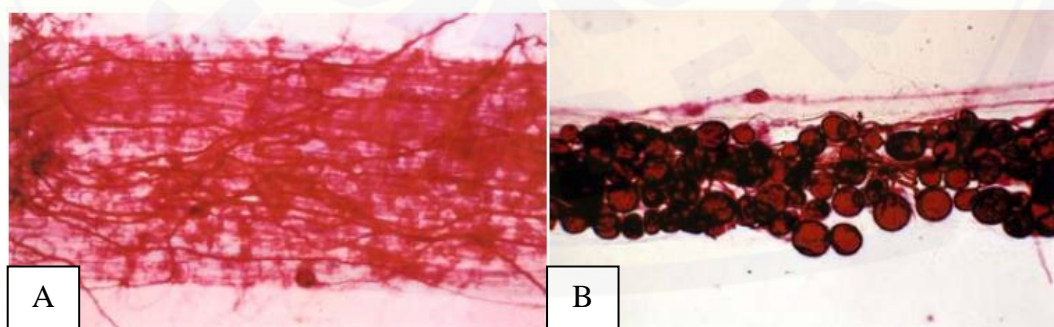
Kelompok mikoriza yang banyak mendapat perhatian para peneliti saat ini ialah kelompok endomikoriza yang biasa dikenal dengan nama mikoriza arbuskula (CMA). Infeksi endomikoriza yang terjadi di dalam sel dicirikan oleh adanya pembentukan vesikula dan arbuskular. Vesikula berbentuk seperti kantung, biasanya terdapat pada ujung hifa internal yang banyak mengandung lemak, berfungsi sebagai organ penyimpan cadangan makanan. Arbuskular (intraseluler) adalah hifa yang masuk ke dalam sel korteks tanaman inang, kemudian hifa bercabang-cabang (Brundrett *et al.*, 2008). Bentuk arbuskular menyerupai pohon kecil dan berfungsi sebagai tempat pertukaran zat metabolit primer (terutama glukosa dan fosfor) antara cendawan endomikoriza dan akar tanaman. Brundrett *et al.* (2008) dan Hapsoh (2008) menyatakan bahwa arbuskular mempunyai peran yang sangat vital dari cendawan endomikoriza karena berfungsi sebagai tempat masuknya hara mineral dari tanah yang diabsorpsi oleh akar dan hifa ke dalam sel inang. Proses tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan sitoplasma, respirasi dan aktivitas enzim pada kedua

organisme tersebut sehingga tanaman inang akan dapat memanfaatkan fosfor dari cendawan dan sebaliknya cendawan endomikoriza mengabsorpsi glukosa dan karbon dari inangnya. Berikut tipe arbuskular yang terbentuk dalam sel akar :



Gambar 4. Tipe arbuskular dalam sel akar (A) Tipe Arum, (B) Tipe Paris (Sumber : Peterson, 2003).

Salah satu karakter yang menarik dari endomikoriza adalah pada sporanya. Hal ini dikarenakan spora-spora endomikoriza mampu bertahan di dalam tanah sampai 6 bulan bahkan sampai satu-dua tahun. Spora-spora mikoriza yang telah menemukan inang yang kompatibel akan segera bergerminasi dengan cara membentuk appresorium pada permukaan dinding sel akar inangnya dan selanjutnya akan membentuk juluran-juluran hifa. Hifa-hifa tersebut selanjutnya akan menginfeksi atau mengkolonisasi ke dalam akar tanaman inang dengan cara menembus atau melalui celah antar sel epidermis dan akhirnya membentuk hifa yang dapat tersebar secara inter-intraseluler dalam korteks akar tanaman (Brundrett *et al.*, 2008). Berikut ini ialah gambar hifa dan spora jamur endomikoriza yang menginfeksi akar :



Gambar 5. Kolonisasi mikoriza arbuskular dalam akar padi (A) penuh dengan hifa, (B) penuh dengan spora (Sumber : Simanungkalit, 1987).

Mikoriza arbuskular membentuk dua macam hifa, yaitu hifa eksternal yang berkembang luar diluar akar dan hifa internal yang berkembang diantara sel atau didalam sel membentuk arbuskular. Hifa eksternal memiliki peran penting bagi simbiosis mikoriza dengan tanaman inang diantaranya membantu dalam penyerapan hara P dari tanah. Semakin besar cakupan sebaran hifa eksternal pada tanah semakin besar potensi penyerapan hara esensial dalam tanah bagi tanaman (Peterson, 2003). Hasil pengamatan mikroskopik pada akar kakao yang diberi inokulum cendawan mikoriza arbuskular yakni *Gigaspora margarita* menunjukkan adanya hifa dan vesikel cendawan pada beberapa potongan akar. Hal ini berarti telah terjadi asosiasi antara dengan akar tanaman kakao. Inokulasi cendawan mikoriza ini nyata meningkatkan tinggi tanaman, luas daun, bobot basah tajuk dan bobot kering tajuk (Lucia dkk, 1998).

Penggunaan cendawan mikoriza pada tanaman kakao akan lebih efektif bila aplikasi dilakukan pada saat pembibitan. Hal tersebut memberikan peluang lebih besar bagi mikoriza untuk menginfeksi akar tanaman sehingga bibit kakao yang akan ditanam di lapang telah mengandung mikoriza (Ermansyah, 2012). Penelitian lain juga mengemukakan bahwa inokulasi mikoriza *Gigaspora margarita* dapat meningkatkan daya serap hara P, Mg dan Cu pada tanaman kakao lindak (Wibawa dan Baon, 1991). Selaras dengan kedua penelitian tersebut, Widiastuti dkk (2002) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa pemberian inokulasi mikoriza *Gigaspora margarita* pada dosis optimum yakni 40 % inokulum dan 26 % dosis rekomendasi pupuk dapat meningkatkan pertumbuhan bibit dan dapat meningkatkan serapan P bibit kelapa sawit.

2.4 Rock Phosphate

Unsur fosfat merupakan salah satu nutrisi utama yang sangat esensial bagi tanaman disamping unsur nitrogen dan kalium. Peranan fosfat yang terpenting bagi tanaman adalah transfer energi. Selain itu berfungsi untuk memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran serta memacu pertumbuhan generatif tanaman. Fosfat banyak tersedia di alam sebagai batuan fosfat dengan kandungan tri kalsium fosfat yang tidak larut dalam air. Supaya dapat

dimanfaatkan tanaman, batuan fosfat alam ini harus dirubah menjadi senyawa fosfat yang larut dalam air (Budi dan Purbasari, 2009).

Fosfat tanah terdapat dalam bentuk P larutan, P labil, P difiksasi oleh Al, Fe atau Ca, dan P organik. Fosfat tidak tersedia karena difiksasi Fe dan Al oksida pada tanah masam, dan difiksasi Ca pada tanah basa. Di antara bentuk-bentuk tersebut terjadi keseimbangan, artinya apabila bentuk P tidak tersedia berjumlah sedikit akan terjadi aliran hara P dari bentuk-bentuk yang tidak tersedia (Rankine and Fairhurst, 1999).

Proses pelarutan fosfat secara biologis terjadi karena mikroorganisme pelarut fosfat menghasilkan enzim fosfatase dan enzim fitase. Fosfatase merupakan enzim yang akan dihasilkan apabila ketersediaan fosfat rendah. Fosfatase dieksekresikan oleh akar tanaman dan mikroorganisme. Pada proses mineralisasi bahan organik, senyawa fosfat organik diuraikan menjadi bentuk fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman dengan bantuan enzim fosfatase. Enzim fosfatase dapat memutuskan fosfat yang terikat oleh senyawa-senyawa organik menjadi bentuk yang tersedia (Ginting, 2007).

Menurut Ilmer dan Schinner (1994) pelarutan fosfat juga dapat dilakukan oleh jasad-jasad renik yang tidak menghasilkan asam-asam organik, yaitu melalui mekanisme pelepasan proton pada proses respirasi atau asimilasi ammonium. Mekanisme tersebut dapat diuraikan melalui reaksi berikut :



Perubahan ion fosfor dari bentuk yang tidak tersedia menjadi bentuk yang tersedia sangat penting artinya, mengingat kebutuhan hidup tanaman yang memerlukan unsur hara. Dengan demikian pemakaian bakteri pelarut fosfat seperti cendawan mikoriza sangat penting artinya dalam membantu ketersediaan hara tanah.

Batuan fosfat (*rock phosphate*) dapat berfungsi sebagai pupuk P karena mempunyai kandungan P_2O_5 yang cukup tinggi, dapat mencapai 30 % atau lebih. Chang and Kun (1986) menyatakan bahwa pemberian batuan fosfat sebagai sumber pupuk P pada tanah-tanah masam lebih efisien dibanding dengan lainnya. Hal ini disebabkan batuan fosfat yang diberikan dalam waktu kurang dari

setengah tahun kira-kira 50% yang berubah menjadi Fe-P dan Al-P. Batuan fosfat mempunyai kandungan P dan Ca yang tinggi dan mempunyai efek sisa sehingga baik digunakan untuk merubah P dan Ca yang miskin pada tanah masam.

Rock phosphate merupakan bahan baku pembuatan SP-36 dan superfosfat lainnya. Pupuk P ini dapat digunakan sebagai alternatif pengganti SP-36 yang kini semakin mahal dan kadang sulit didapat. Fosfat alam dapat meningkatkan kelarutannya dalam kondisi tanah yang bereaksi masam. Menurut Lindsay (1979) dan Radjagukguk (1983) menyatakan bahwa reaksi tanah yang masam akan meningkatkan kelarutan fosfat alam. Pemakaian batuan fosfat pada tanah-tanah masam mempunyai prospek untuk meningkatkan pertumbuhan cendawan mikoriza dan meningkatkan hasil serta dapat memperbaiki kesuburan tanah. Hasil penelitian Suparno (2012), menunjukkan bahwa pemberian *rock phosphate* 4,5 g/tanaman dan mikoriza vesikular arbuskular dapat memberikan respon terhadap pertumbuhan bibit kakao dan kadar P tersedia meningkat secara linier. Penambahan batuan fosfat sebagai pupuk *rock phosphate* dapat meningkatkan derajat infeksi oleh cendawan mikoriza vesikular arbuskular dan meningkatkan bobot kering tanaman (Asmah, 1995). Kebanyakan peneliti percaya bahwa cendawan mikoriza vesikular arbuskular meningkatkan hasil tanaman melalui perbaikan ketersediaan hara P. Kenyataan ini berdasarkan atas hasil penelitian bahwa cendawan mikoriza yang menginfeksi tanaman di bagian jaringan tanaman banyak mengandung P daripada tanaman yang tidak mengandung cendawan mikoriza (Delvian dkk, 2006).

2.5 Hipotesis

1. Inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular pada berbagai dosis *rock phosphate* dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).
2. Inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan atau cendawan mikoriza arbuskular dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).
3. Aplikasi berbagai dosis *rock phosphate* dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).

4. Pemberian dosis optimum *rock phosphate* yang berasosiasi dengan cendawan mikoriza arbuskular dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di *Greenhouse* Agronomi dan Laboratorium Biologi serta Laboratorium Kesuburan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, berlangsung dari Desember 2014 sampai Maret 2015.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah benih kakao varietas Lindak yang berasal dari PTP Nusantara XII (Persero), tanah, pasir halus, propagul inokulum mikoriza arbuskular (*Gigaspora margarita*, *Glomus* sp.), bakteri *Synechococcus* sp., pupuk *rock phosphate* dan bahan-bahan lain yang mendukung pelaksanaan percobaan ini.

Alat-alat yang digunakan yaitu polybag berukuran 35x35 cm, penggaris, jangka sorong, timbangan analitik, kamera, *sprayer*, alat tulis-menulis dan alat-alat lain yang mendukung pelaksanaan percobaan ini.

3.3 Rancangan Percobaan

Percobaan ini dirancang menggunakan metode Rancangan Petak Terbagi (*split plot design*) dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Detail faktor perlakuan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

Faktor pertama aplikasi inokulasi mikroorganisme (M) yakni inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular terdiri dari 4 taraf, yakni :

- a. M0 = Tanpa inokulasi mikroorganisme
- b. M1 = Perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. density 492×10^6 cfu/ml
- c. M2 = Perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular 10 g/tanaman dengan kerapatan 50 spora/10 g
- d. M3 = Perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular

Faktor kedua pemberian pupuk *rock phosphate* (P) terdiri dari 6 taraf, yakni :

- a. P0 = Perlakuan pupuk *rock phosphate* 0 g/tanaman

- b. P1 = Perlakuan pupuk *rock phosphate* 1,5 g/tanaman
- c. P2 = Perlakuan pupuk *rock phosphate* 3 g/tanaman
- d. P3 = Perlakuan pupuk *rock phosphate* 4,5 g/tanaman
- e. P4 = Perlakuan pupuk *rock phosphate* 6 g/tanaman
- f. P5 = Perlakuan pupuk *rock phosphate* 7,5 g/tanaman

Data hasil percobaan dianalisis menggunakan *Standard Error Mean* (SEM) dimana nilai tengah rata-rata setiap kombinasi perlakuan dibedakan secara statistik dengan nilai simpangan baku nyata rata-rata di lapangan. Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui dosis optimum dosis *rock phosphate* yang berasosiasi dengan cendawan mikoriza arbuskular yang digunakan dalam perlakuan.

3.4 Pelaksanaan Percobaan

3.4.1 Analisis Pendahuluan

Analisis pendahuluan yang dilakukan ialah analisis N dan P tanah sebelum perlakuan, perhitungan kerapatan spora cendawan mikoriza arbuskular yang terkandung dalam propagul serta perhitungan density koloni bakteri *Synechococcus* sp. Analisis N-total tanah sebelum perlakuan menggunakan metode N-Kjeldahl dengan 3 tahap yakni dekstruksi, destilasi dan titrasi dengan H_2SO_4 0,05 N. Analisis P Tanah menggunakan metode Olsen yang dihitung dengan spektrofotometer panjang gelombang 693 nm. Perhitungan kerapatan spora cendawan mikoriza arbuskular menggunakan metode Gerdeman (1963) dan perhitungan density koloni bakteri *Synechococcus* sp. menggunakan metode tuang.

3.4.2 Persiapan Media Tanam

Media tanam menggunakan tanah dan pasir halus. Tanah yang telah diayak dicampur dengan pasir halus sampai homogen dengan perbandingan 3:1, kemudian dimasukkan ke dalam polybag berukuran 35x35 cm yang telah disiapkan.

3.4.3 Penyemaian Benih Kakao

Penyemaian dilakukan dengan cara menyemaikan benih di bedengan yang dilapisi pasir halus setebal 15 cm pada bagian atasnya. Penyemaian dilakukan sampai benih berkecambah yang ditandai dengan munculnya radikula dan plumula.

3.4.4 Aplikasi *Rock Phosphate*

Aplikasi *rock phosphate* dilakukan 1 minggu sebelum pemindahan kecambah kakao dari bedengan penyemaian ke dalam polybag yang digunakan dalam pembibitan. Dosis yang diberikan sesuai dengan perlakuan yang telah direncanakan.

3.4.5 Penanaman Kecambah

Penanaman dilakukan dengan menanam 2 kecambah per polybag pada kedalaman 2 cm dari permukaan media tanam tanah, kemudian lubang tanam di tutup kembali.

3.4.6 Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskular

Inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dilakukan bersama dengan pemindahan kecambah kakao dari tempat pengecambahan ke dalam polybag yang digunakan dalam pembibitan. Propagul inokulum mikoriza yang diberikan sesuai dengan perlakuan yang telah direncanakan yakni 10 g/tanaman. Terdapat 50 spora/10 g propagul inokulum mikoriza. Inokulasi cendawan mikoriza arbuskular pada tanaman dengan cara ditanamkan di sekitar perakaran tanaman.

3.4.7 Inokulasi Bakteri *Synechococcus* sp.

Inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dilakukan dengan cara terlebih dahulu membuat perbanyakan inokulasi yang berasal dari biakan murni. Perbanyakan dilakukan dengan cara mencampurkan 5 ml biakan bakteri murni *Synechococcus* sp., 50 g gula pasir dan 12 g urea ke dalam 1 l air. Selanjutnya campuran di inkubasi selama 2x24 jam dalam tempat yang gelap. Terdapat koloni sebanyak

492×10^6 per ml. Campuran inilah yang nantinya akan diaplikasikan pada tanaman. Penyemprotan inokulasi bakteri dilakukan secara penuh pada seluruh bagian tanaman hingga jenuh. Waktu penyemprotan dilakukan pagi hari (07.00 WIB) (Nurlaili, 2008) menggunakan *hand sprayer* sesuai perlakuan. Inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dilakukan sebanyak 2 kali dalam percobaan yakni pada saat 30 HSPT dan 51 HSPT sesuai dengan perlakuan yang ditentukan.

3.4.8 Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan meliputi penyiraman, penyulaman, penyiangan, pemupukan serta pengendalian hama dan penyakit tanaman. Penyiraman dilaksanakan pada pagi atau sore hari sesuai dengan kondisi lingkungan media tanam. Penyiraman bertujuan untuk menjaga kelembaban areal media tanam. Penyulaman dilakukan pada tanaman yang mati atau tumbuh abnormal, penyulaman dilakukan dengan mengambil dari tanaman sulaman yang telah disediakan. Penyulaman dilakukan sampai 2 minggu setelah pindah tanam. Pemeliharaan selanjutnya ialah penyiangan. Penyiangan dilakukan dengan mencabut gulma yang tumbuh di polybag. Pemupukan dilakukan dengan pemberian pupuk urea pada umur 1 bulan sebanyak 1,5 g/tanaman dan umur 2 bulan sebanyak 2 g/tanaman untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Dosis aplikasi pupuk urea sesuai dengan dosis yang ditentukan dalam budidaya kakao (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, 1997). Pemeliharaan yang terakhir ialah pengendalian hama dan penyakit. Kegiatan ini dilakukan ketika tanaman menunjukkan gejala-gejala terserang hama dan penyakit. Apabila terjadi serangan hama maka dilakukan penyemprotan dengan insektisida, sedangkan untuk penyakit digunakan fungisida untuk melindungi tanaman dari serangan.

3.4.9 Panen

Pemanenan bibit kakao dilakukan pada saat umur 72 HST yakni dengan mencabut bibit dari polybag kemudian bibit dicuci bersih untuk digunakan sebagai bahan analisis jaringan dan berat kering tanaman.

3.4.10 Analisis N-Total Jaringan

Analisis N-total jaringan dilakukan dengan metode pengabuan basah menggunakan H_2SO_4 dan H_2O_2 melalui 3 tahap yakni dekstruksi, destilasi dan titrasi menggunakan H_2SO_4 0,05 N.

3.4.11 Analisis Serapan P_2O_5

Analisis serapan P_2O_5 dilakukan dengan metode pengabuan basah menggunakan H_2SO_4 dan H_2O_2 melalui tahap dekstruksi, kemudian perhitungan absorbansi menggunakan spektrofotometer panjang gelombang 693 nm.

3.4.12 Analisis Infeksi Akar

Analisis infeksi akar dilakukan melalui pewarnaan akar tanaman menggunakan metode Kormanik dan Mc Graws (1982) dan perhitungan akar yang terinfeksi cendawan mikoriza dilakukan dengan metode slide (Giovannetti dan Mosse, 1980). Klasifikasi kelas infeksi akar (The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA Forest Service Athena, Georgia) terbagi atas :

- a. Kelas 1, bila infeksinya 0-5%
- b. Kelas 2, bila infeksinya 6-26%
- c. Kelas 3, bila infeksinya 27-50%
- d. Kelas 4, bila infeksinya 51-75%
- e. Kelas 5, bila infeksinya 76-100%

3.5 Pengumpulan Data

3.5.1 Data Utama

1. Analisis N-total jaringan dan serapan P_2O_5 , bertujuan untuk mengetahui N-total jaringan dan serapan P_2O_5 . Analisis dilakukan dengan mengambil sampel daun bibit kakao pada akhir pengamatan (72 HST).
2. Jumlah daun (helai), bertujuan untuk mengetahui penambahan jumlah daun dengan menghitung tiap helai daun bibit kakao, diamati secara berkala tiap 1 minggu sekali kemudian dirata-rata. Daun yang diukur atau dihitung minimum memiliki panjang 7 cm.

3. Tinggi tanaman (cm), bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan tinggi bibit kakao. Pengukuran dilakukan dari pangkal batang sampai titik tumbuh, diamati secara berkala 1 minggu sekali dengan menggunakan penggaris kemudian dirata-rata.
4. Diameter batang tanaman (mm), bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan diameter batang bibit kakao, diukur pada pangkal batang menggunakan jangka sorong pada ketinggian 1 cm diatas permukaan media pembibitan. Pengukuran dilakukan secara berkala setiap 1 minggu sekali kemudian dirata-rata.
5. Laju pertumbuhan (g/hari)

Laju pertumbuhan bertujuan untuk mengetahui laju pertumbuhan mutlak rata-rata bibit kakao yang diukur dengan menentukan berat kering awal (w_0) dan berat kering akhir (w_1) dibagi dengan waktu penimbangan akhir (t_1) dikurangi waktu penimbangan awal (t_0) (Sitompul dan Guritno, 1995).

$$\text{Laju pertumbuhan} = \frac{w_1 - w_0}{t_1 - t_0}$$

Keterangan :

w_0 : Berat kering awal bibit kakao (umur 30 HST)

w_1 : Berat kering akhir bibit kakao (umur 72 HST)

t_0 : Waktu penimbangan awal bibit kakao (umur 30 HST)

t_1 : Waktu penimbangan akhir bibit kakao (umur 72 HST)

6. Berat kering akar (g)

Pengamatan berat kering akar dilakukan saat tanaman berumur 72 HST. Tanaman sampel dikeluarkan dari polybag dengan hati-hati, dimasukkan ke dalam ember besar berisi air bersih kemudian digoyang-goyang agar tanaman dan akar bersih dari tanah-tanah yang menempel. Setelah bersih lalu dipotong mulai leher akar, tajuk dan akar dipisahkan. Berat kering diperoleh dengan menimbang akar tanaman yang telah dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 80°C sampai beratnya tetap (\pm 48 jam).

7. Berat kering tanaman

Pengamatan berat kering tanaman dilakukan pada saat tanaman berumur 72 HST. Tanaman sampel dibersihkan dan di oven dengan suhu 80°C selama \pm 48 jam sampai beratnya tetap.

8. Persentase infeksi akar, bertujuan untuk mengetahui tingkat infeksi cendawan mikoriza arbuskular terhadap akar. Analisis dilakukan dengan mengambil akar bibit kakao pada akhir pengamatan (72 HST).

3.5.2 Data Penunjang

Data penunjang digunakan untuk mengetahui kemungkinan adanya pengaruh lain dari lingkungan antara lain :

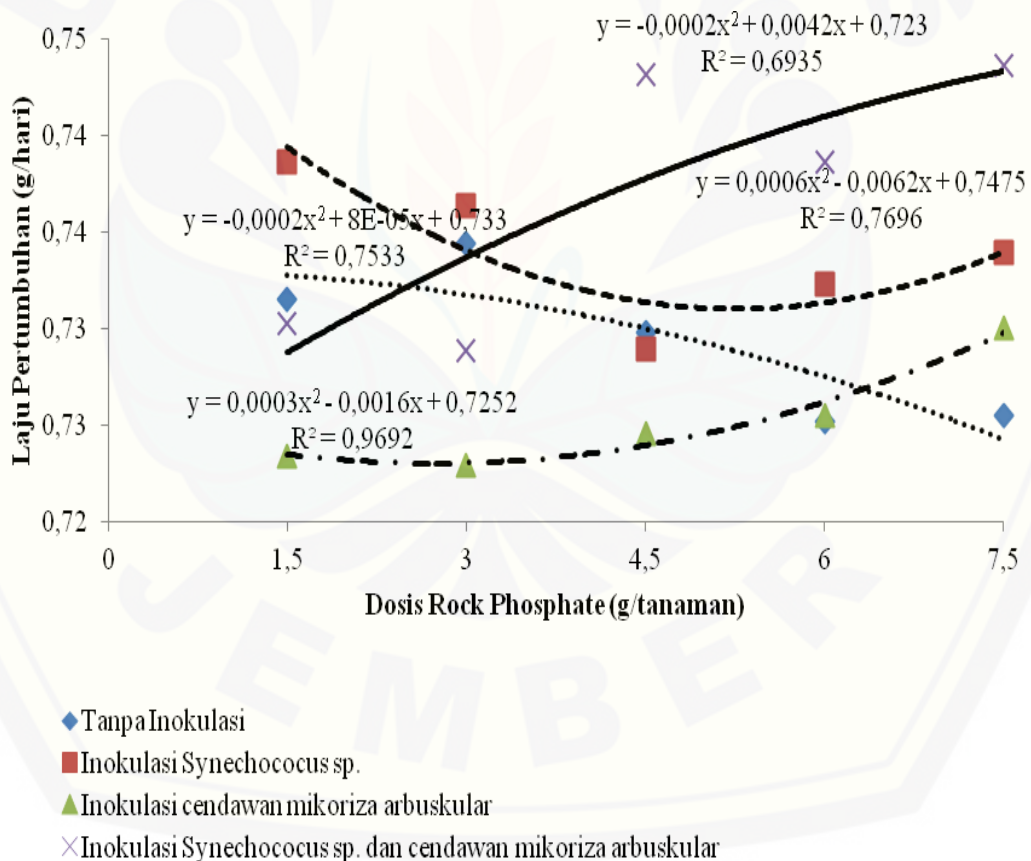
1. Suhu udara, bertujuan untuk mengetahui suhu maksimum dan minimum di lingkungan tumbuh bibit kakao. Pengukuran dilakukan dengan mengambil data menggunakan termometer.
2. Kelembaban udara (persen), bertujuan untuk mengetahui kesesuaian kelembaban terhadap pertumbuhan bibit kakao. Pengukuran dilakukan menggunakan termometer bola basah dan bola kering. Kelembaban yang diukur ialah kelembaban lingkungan tumbuh bibit. Data diambil setiap hari pada pagi hari (pukul 07.00 WIB), siang hari (pukul 12.00 WIB) dan sore hari (pukul 17.00 WIB), yang dimulai sehari setelah transplating (1 HSPT). Data diambil setiap hari hingga percobaan dilapang berakhir.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

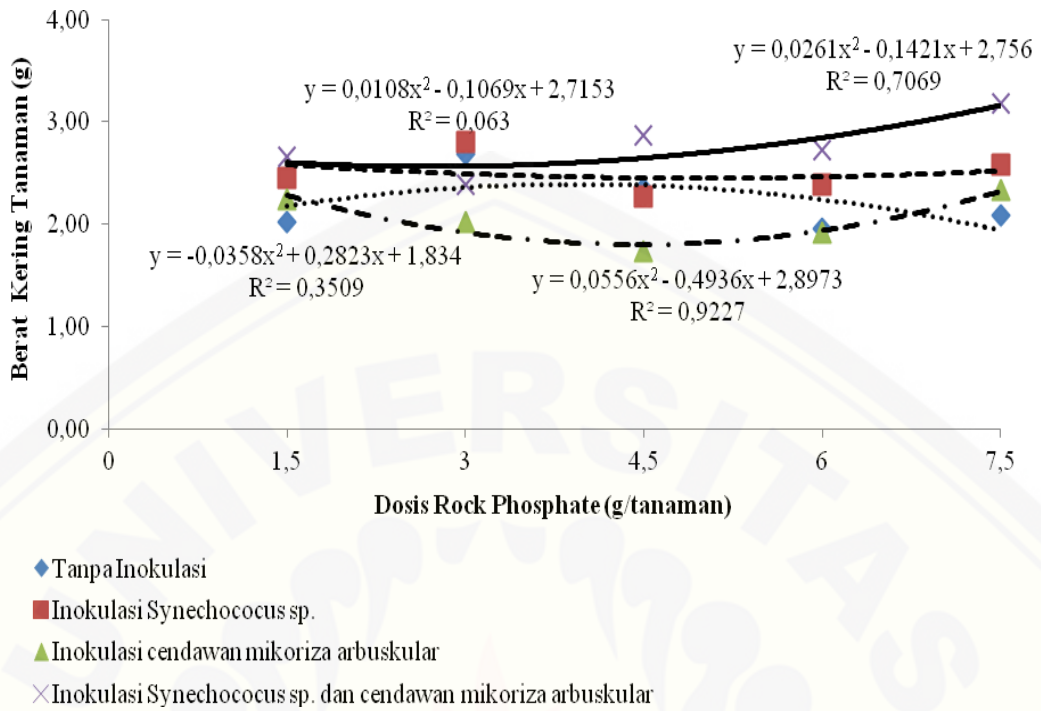
4.1 Hasil

Secara keseluruhan percobaan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan mikoriza arbuskular pada berbagai dosis *rock phosphate* terhadap laju pertumbuhan bibit kakao dilakukan dengan mengamati variabel yang harus diamati dilahan dan di laboratorium. Variabel yang diamati meliputi analisis N jaringan dan serapan P₂O₅, jumlah daun, tinggi tanaman, diameter batang, laju pertumbuhan, berat kering akar, berat kering tanaman dan persentase infeksi akar.

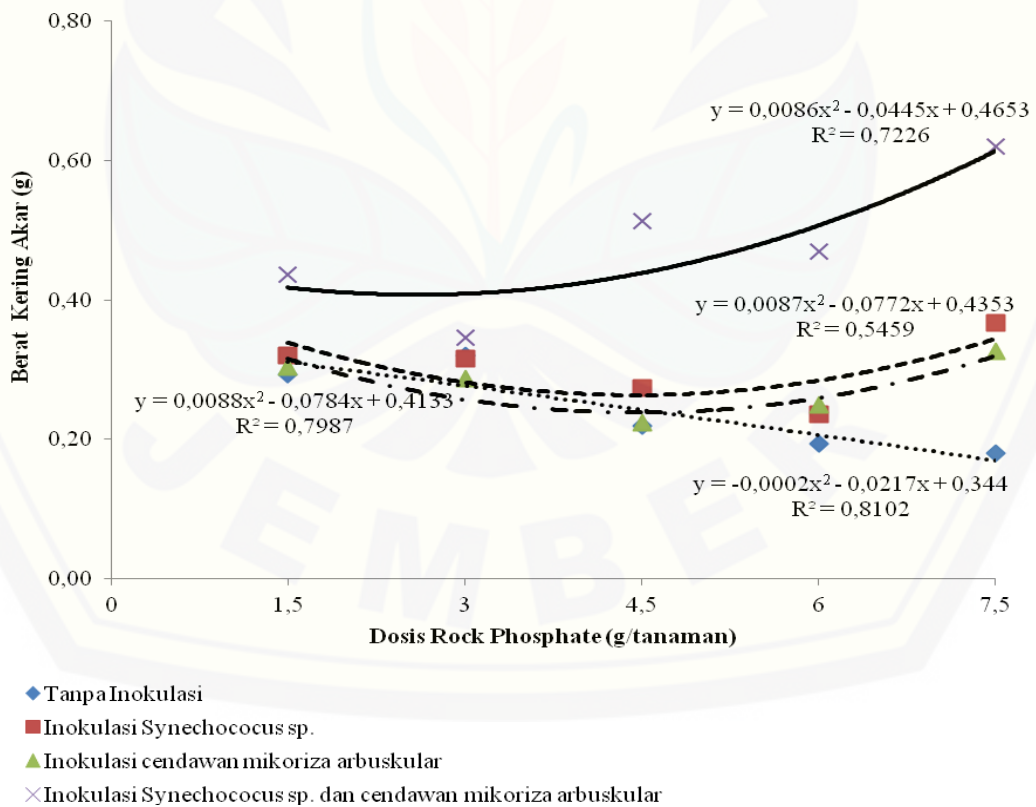
Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui dosis optimum dari perlakuan dosis *rock phosphate* yang berasosiasi dengan cendawan mikoriza arbuskular terhadap beberapa variabel yang diamati.



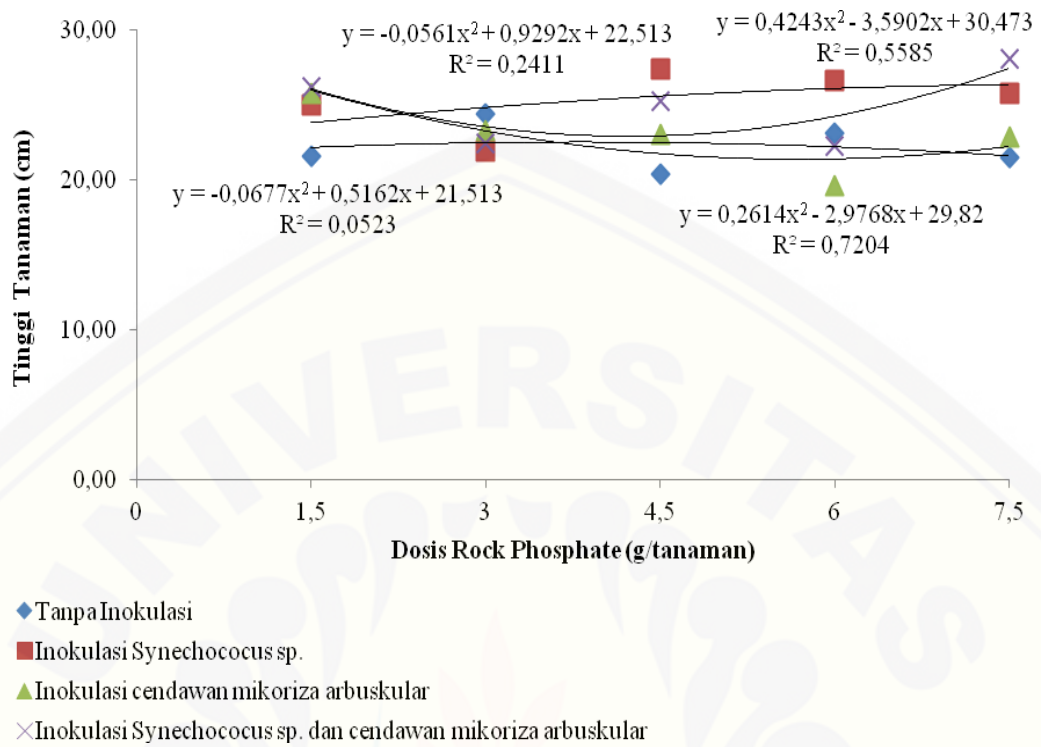
Gambar 6. Analisis regresi pada variabel laju pertumbuhan



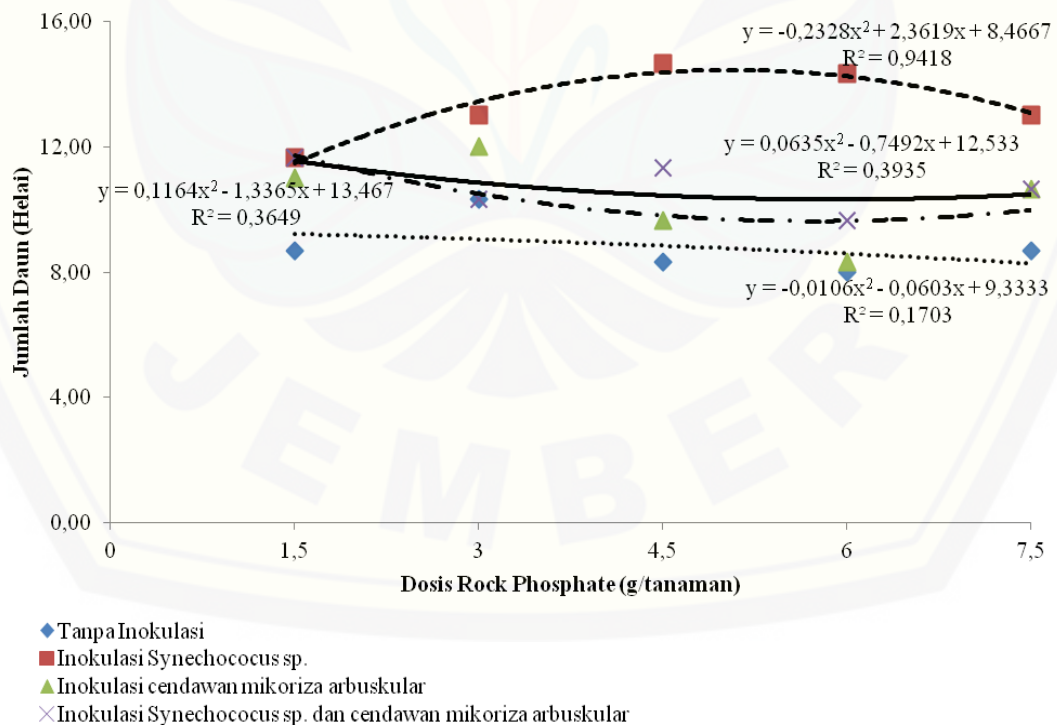
Gambar 7. Analisis regresi pada variabel berat kering tanaman



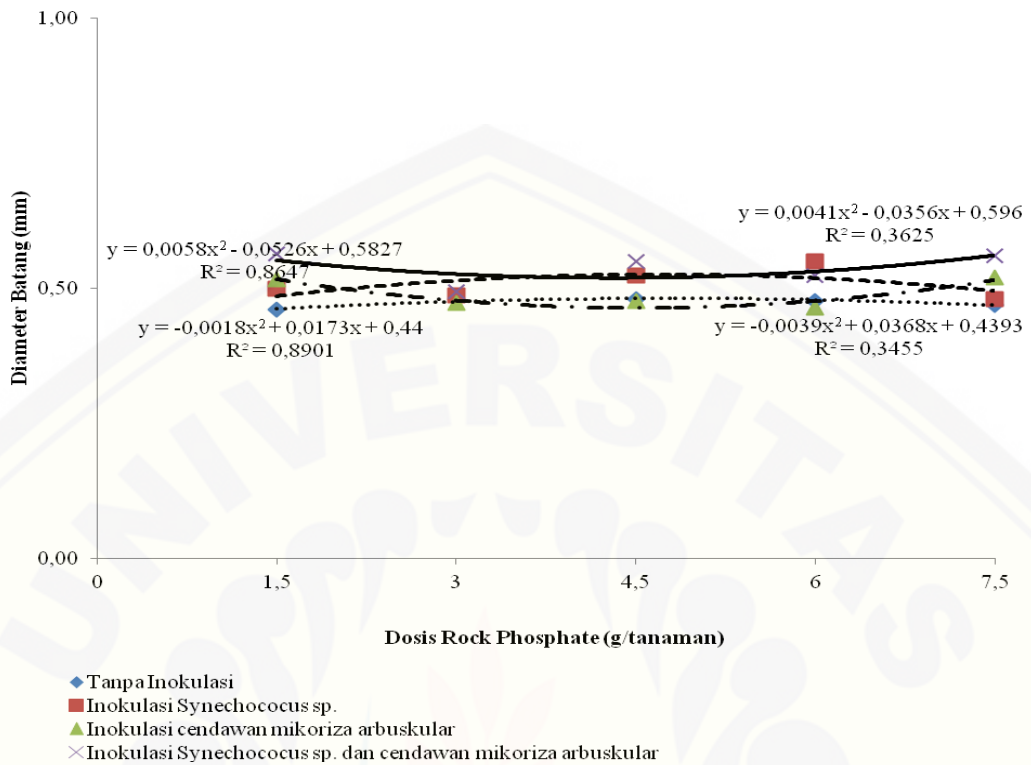
Gambar 8. Analisis regresi pada variabel berat kering akar



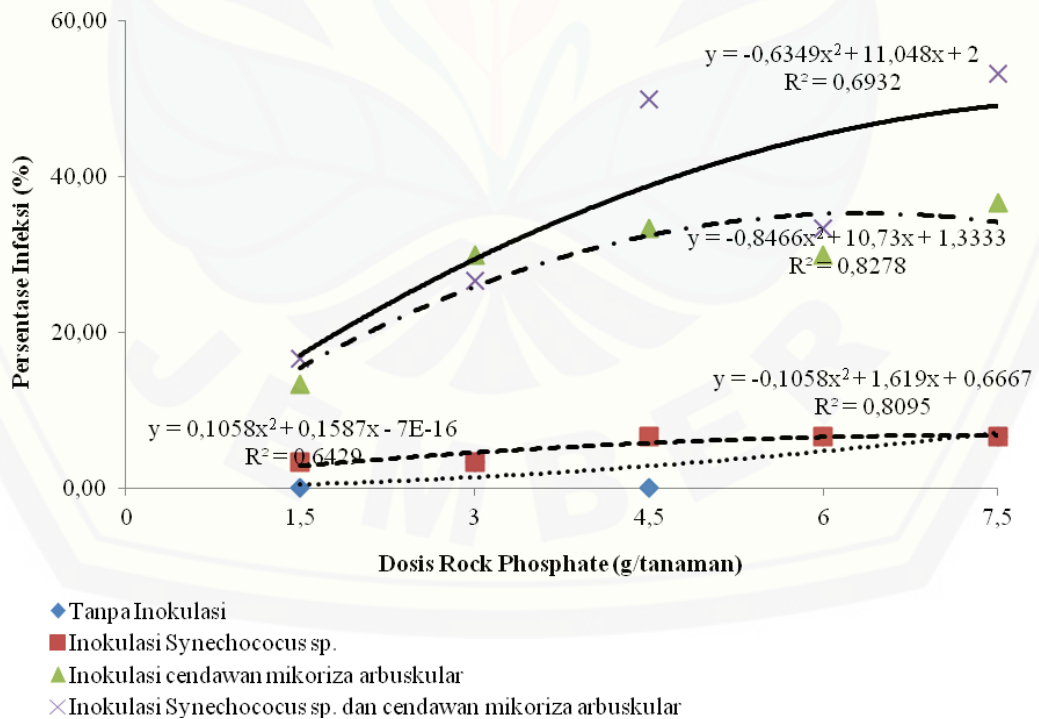
Gambar 9. Analisis regresi pada variabel tinggi tanaman



Gambar 10. Analisis regresi pada variabel jumlah daun



Gambar 11. Analisis regresi pada variabel diameter batang

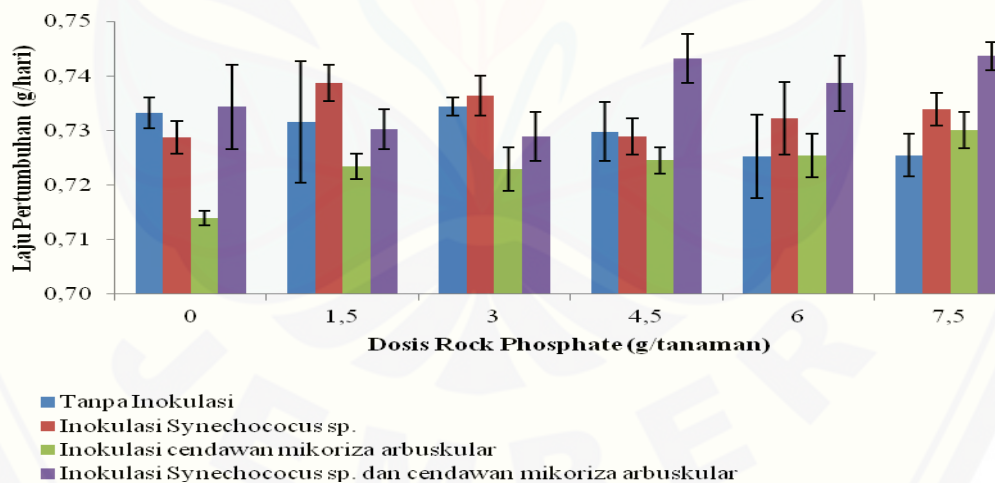


Gambar 12. Analisis regresi pada variabel persentase infeksi akar

4.2 Pembahasan

Salah satu indikator untuk mengetahui adanya pertumbuhan tanaman ialah dengan laju pertumbuhan. Laju pertumbuhan ini merupakan peningkatan berat kering tanaman dalam suatu interval waktu, erat hubungannya dengan berat awal tanaman (Kastono dkk, 2005). Asumsi yang digunakan untuk persamaan kuantitatif laju pertumbuhan adalah bahwa pertambahan biomassa tanaman per satuan waktu tidak konstan tetapi tergantung pada berat awal tanaman. Keseluruhan tanaman yang dinyatakan dalam biomassa total tanaman dipertimbangkan sebagai suatu kesatuan untuk menghasilkan bahan baru tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995).

Laju pertumbuhan tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman yakni sebesar 0,74 g/hari, sedangkan nilai laju pertumbuhan terendah ditunjukkan pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 0 g/tanaman yakni 0,71 g/hari (Gambar 13).



Gambar 13. Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi *rock phosphate* terhadap laju pertumbuhan bibit kakao

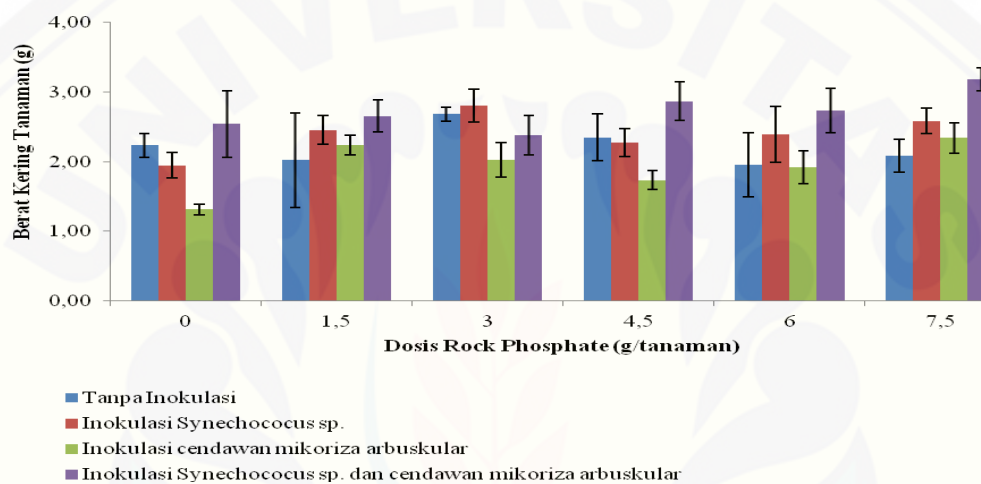
Laju pertumbuhan tertinggi pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman disebabkan oleh kerjasama yang baik kedua mikroorganisme tersebut dengan tanaman inang dan *rock phosphate* mampu

diurai oleh cendawan mikoriza arbuskular sehingga menjadi bentuk tersedia bagi tanaman. Bakteri *Synechococcus* sp. mampu meningkatkan auksin pada tubuh tanaman sehingga pertumbuhan semakin cepat dan penyerapan unsur hara semakin cepat utamanya unsur hara nitrogen. Lakitan (2008) mengemukakan bahwa dalam jaringan tanaman, nitrogen merupakan unsur hara esensial dan unsur penyusun asam-asam amino, protein dan enzim. Selain itu, nitrogen juga terkandung dalam klorofil, hormon sitokinin dan auksin. Nitrogen ini berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif terutama daun (Wahyudi, 2010). Semakin baik pertumbuhan daun maka fotosintesis akan berjalan lancar sehingga fotosintat yang dihasilkan dapat meningkat.

Selain asosiasi bakteri *Synechococcus* sp., asosiasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman mampu membantu tanaman dalam penyerapan air dan penyediaan unsur hara utamanya P. Fosfor ini merupakan komponen enzim dan protein, ATP, RNA, DNA dan fitin yang berperan sebagai sumber energi pada seluruh kegiatan metabolisme dalam tubuh tanaman seperti halnya dalam proses fotosintesis tanaman (Preston, 2007). Apabila proses fotosintesis berjalan dengan baik dalam tubuh tanaman maka akan menghasilkan fotosintat yang banyak. Fotosintat merupakan hasil fotosintesis yang digunakan sebagai substrat respirasi sehingga peningkatan fotosintat akan meningkatkan respirasi yang menghasilkan energi untuk pertumbuhan tanaman baik vegetatif maupun generatif yang pada akhirnya akan meningkatkan hasil tanaman (Lestari dkk, 2008). Asosiasi yang baik antara kedua mikroorganisme dengan tanaman inang inilah yang dapat meningkatkan laju pertumbuhan bibit kakao.

Laju pertumbuhan terendah pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 0 g/tanaman disebabkan karena cendawan mikoriza belum sepenuhnya berasosiasi dengan tanaman inang di pertumbuhan vegetatif tanaman untuk membantu dalam penyerapan hara dan tidak adanya aplikasi *rock phosphate* sebagai penyedia unsur P tambahan bagi tanaman. Selain itu, efektifitas cendawan mikoriza dalam pertumbuhan vegetatif sangat tergantung pada inokulasi dini pada saat pembibitan (Grant *et al.*, 2011).

Pertumbuhan tanaman pada dasarnya merupakan keseimbangan antara perolehan karbon pada fotosintesis dan pengeluarannya dalam respirasi yang implikasinya pada berat kering tanaman. Fotosintesis mengakibatkan peningkatan berat kering tanaman karena pengambilan CO_2 , sedangkan respirasi mengakibatkan penurunan berat kering karena pengeluaran CO_2 (Gardner dkk, 1991). Apabila laju pertumbuhan tanaman lebih cepat maka hasil fotosintesis akan lebih baik yang akhirnya berpengaruh pada peningkatan berat kering tanaman (Gambar 14).



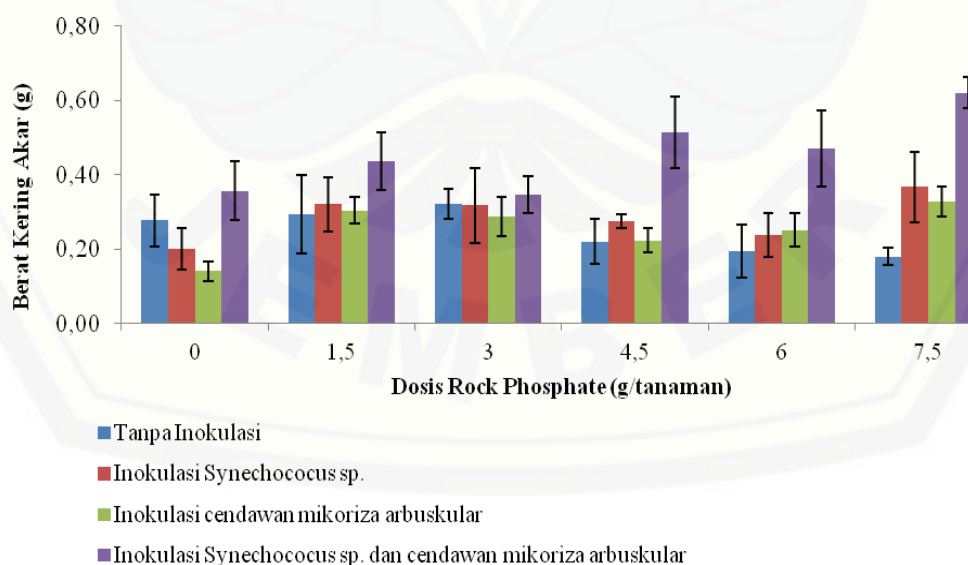
Gambar 14. Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi *rock phosphate* terhadap berat kering tanaman

Berdasarkan Gambar 14 dapat dilihat bahwa berat kering tanaman tertinggi ditunjukkan pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman yakni sebesar 3,18 g. Hal ini karena asosiasi kedua mikroorganisme tersebut mampu meningkatkan serapan hara dan suplai unsur hara P tersedia sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang semakin cepat dan berat kering semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Muis dkk (2013), menunjukkan bahwa saat panen inokulasi cendawan mikoriza dapat meningkatkan berat kering total tanaman kedelai dengan nyata yakni sebesar 14,06 g dibandingkan dengan tanaman tanpa inokulasi hanya 11,55 g. Tanaman yang diinokulasi cendawan mikoriza tumbuh lebih subur karena luas permukaan akar yang lebih besar untuk

menyerap hara dan jumlah daun yang lebih banyak untuk mendukung proses fotosintesis sehingga akan menghasilkan bahan kering yang lebih banyak.

Berat kering tanaman mencerminkan akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman dari senyawa anorganik, terutama air dan karbondioksida. Unsur hara yang telah diserap akar memberi kontribusi terhadap penambahan berat kering tanaman. Berat kering tanaman merupakan akibat efisiensi penyerapan dan pemanfaatan radiasi matahari yang tersedia sepanjang masa pertanaman oleh tajuk tanaman (Kastono *et al.*, 2005). Semakin besar nilai berat kering tanaman menunjukkan semakin efisien proses fotosintesis yang terjadi dan produktivitas serta perkembangan sel jaringan semakin tinggi dan cepat, sehingga pertumbuhan bibit kakao menjadi lebih baik, yang akhirnya berat kering tanaman meningkat. Sedangkan berat kering terendah ditunjukkan pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 0 g/tanaman yakni 1,31 g. Hal ini karena mikoriza belum menginfeksi tanaman inang secara optimal dan tidak adanya aplikasi *rock phosphate* sebagai penyedia unsur P tambahan bagi tanaman sehingga berat kering yang dihasilkan oleh perlakuan tersebut kecil.

Variabel berat kering akar, nilai rata-rata setiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 15.

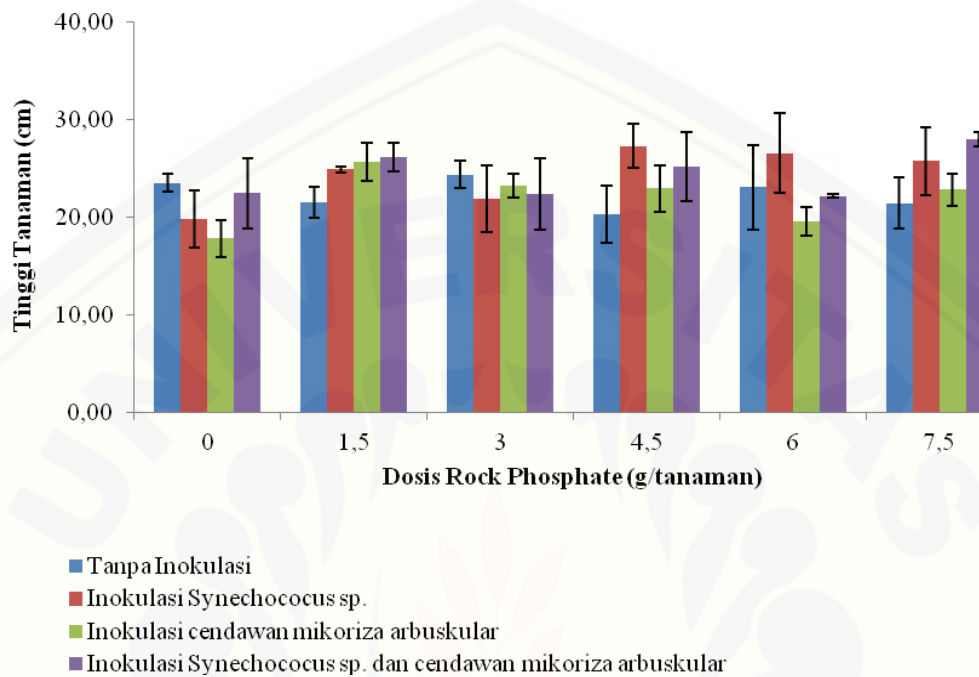


Gambar 15. Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi *rock phosphate* terhadap berat kering akar

Berdasarkan Gambar 15 menunjukkan bahwa perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman memiliki nilai rerata berat kering akar terbesar yakni 0,62 g. Sedangkan rerata berat kering akar terendah terdapat pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 0 g/tanaman yakni 0,14 g. Pencapaian nilai berat kering akar tertinggi pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman disebabkan adanya asosiasi yang baik antara kedua mikroorganisme tersebut dalam mendukung pertumbuhan tanaman utamanya dalam pembentukan akar. Hal tersebut karena pemberian perlakuan mengakibatkan peningkatan kesuburan fisik dan biologi tanah sehingga perakaran menjadi lebih baik. Sesuai dengan penelitian Halis dkk (2008), bahwa pemberian mikoriza *Gigaspora* sp. memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap berat kering akar sebesar 0,26 g. Peran bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza ialah membantu dalam penyerapan unsur hara. Selain itu, *rock phosphate* yang diaplikasikan telah diurai oleh cendawan mikoriza sehingga menjadi tersedia dan terserap oleh tanaman. Unsur hara P ini berfungsi sebagai pembentukan akar. Akar adalah bagian vegetatif dari tanaman yang menyokong pertumbuhan tanaman itu sendiri. Sedangkan pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 0 g/tanaman memiliki nilai rerata berat kering akar terendah disebabkan karena cendawan mikoriza belum dapat membantu tanaman dalam penyerapan unsur hara secara optimal dan tidak ada penambahan pupuk *rock phosphate* sebagai sumber unsur P pada perlakuan tersebut.

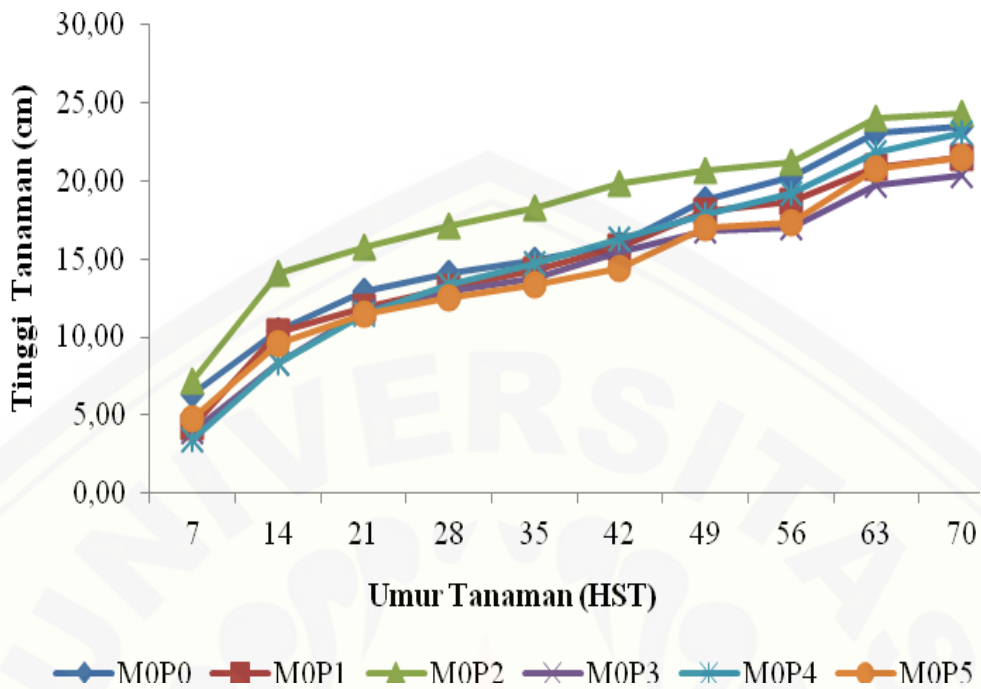
Berat kering tanaman yang diperoleh, didukung oleh pertumbuhan tanaman yang baik melalui pertambahan tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter tanaman. Hasil dari proses fotosintesis akan ditranslokasikan ke organ-organ tanaman yang membutuhkan sebagai substrat untuk pertumbuhan tanaman seperti organ batang dan daun. Inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan berbagai dosis *rock phosphate* yang diaplikasikan pada bibit kakao membantu dalam penyerapan dan penyediaan unsur hara bagi

tanaman. Auksin yang disumbangkan oleh bakteri *Synechococcus* sp. berperan untuk pembelahan meristem apikal, sehingga menyebabkan adanya pertambahan tinggi bibit kakao (Gambar 16).

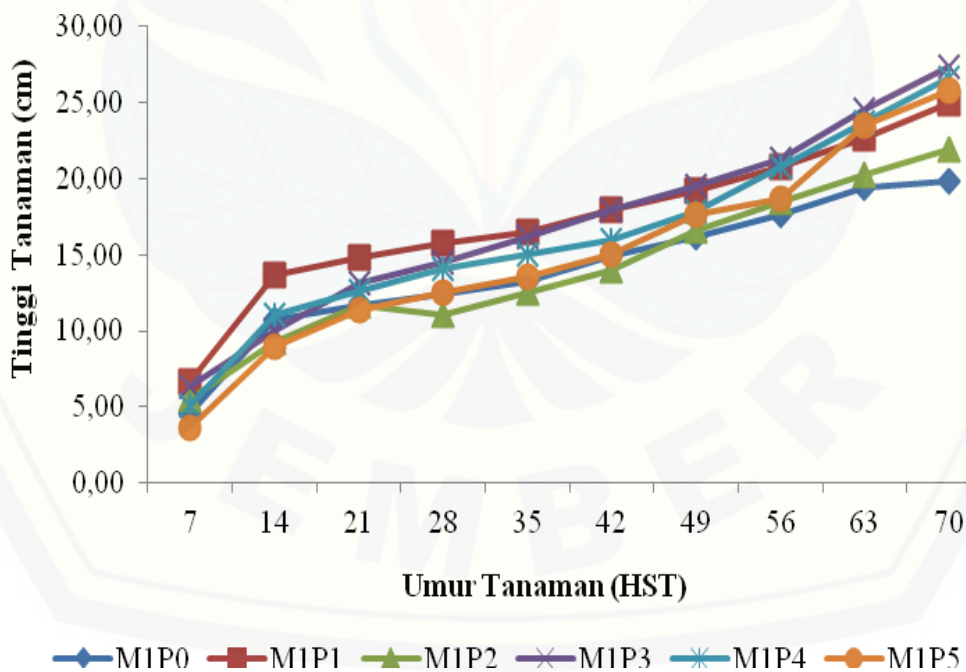


Gambar 16. Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi *rock phosphate* terhadap tinggi tanaman

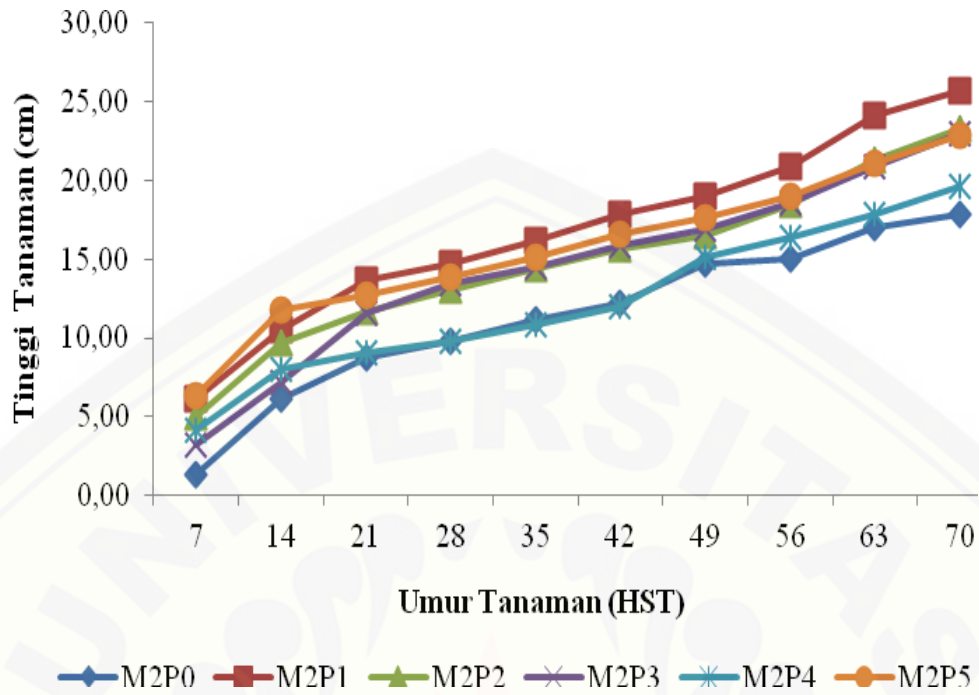
Hasil analisis menunjukkan pada variabel tinggi tanaman, perlakuan inokulasi mikroorganisme dengan pemberian *rock phosphate* pada bibit kakao menunjukkan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap variabel tinggi tanaman. Tinggi bibit kakao antar perlakuan hampir seragam. Hal ini serupa dengan penelitian Sasli dan Ruliansyah (2012), menunjukkan bahwa interaksi perlakuan cendawan mikoriza dan dosis pemupukan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jagung. Namun demikian, jika melihat pola pertumbuhan tanaman, tinggi tanaman bibit kakao mengalami peningkatan setiap minggunya.



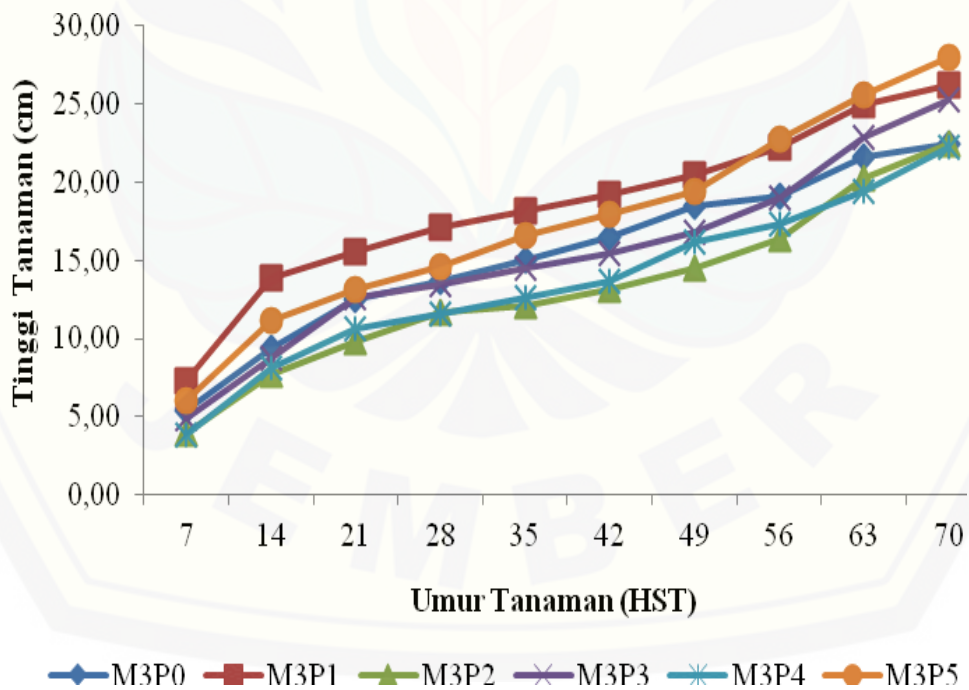
Gambar 17. Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme



Gambar 18. Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp.



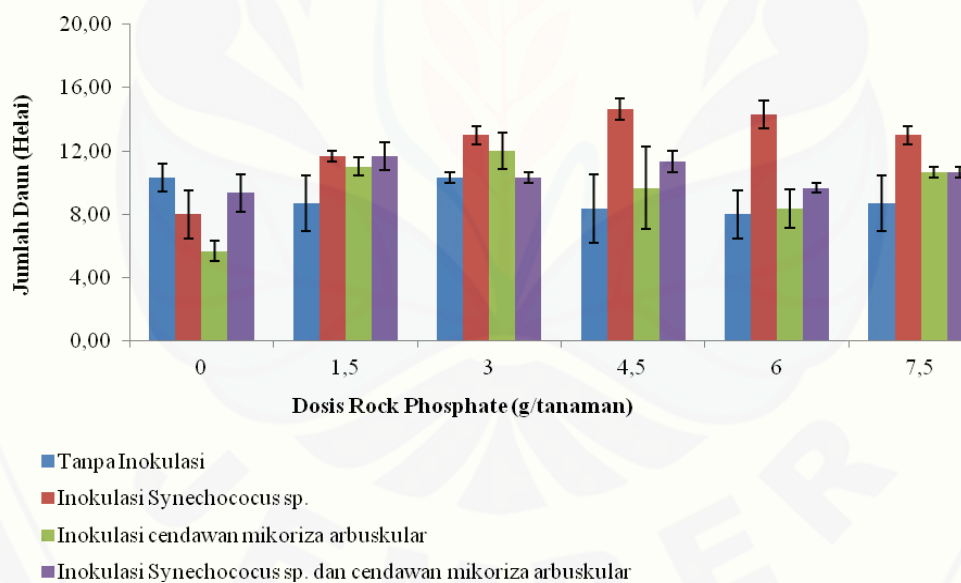
Gambar 19. Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular



Gambar 20. Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular

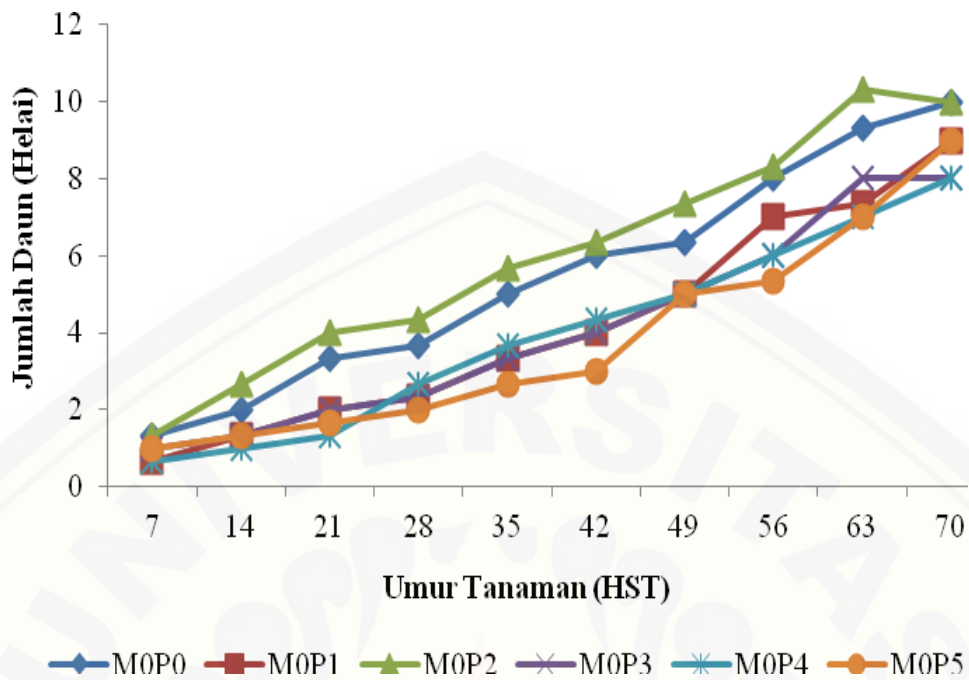
Berdasarkan Gambar 17 diketahui bahwa pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme dengan berbagai dosis *rock phosphate* menunjukkan adanya peningkatan tinggi tanaman di setiap minggunya. Rerata tinggi tanaman pengamatan minggu terakhir tertinggi terdapat pada perlakuan aplikasi *rock phosphate* 3 g/tanaman yakni 24,37 cm. Sedangkan perlakuan aplikasi *rock phosphate* 4,5 tanpa inokulasi mikroorganisme menunjukkan rerata tinggi tanaman terkecil yakni hanya 20,33 cm. Perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dengan berbagai dosis *rock phosphate* juga menunjukkan adanya peningkatan rerata tinggi tanaman setiap minggunya (Gambar 18). Rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dengan aplikasi *rock phosphate* 4,5 g/tanaman yakni 27,33 cm, sedangkan perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dengan aplikasi *rock phosphate* 0 g/tanaman menunjukkan rerata pertambahan jumlah daun terkecil yakni 19,83 cm. Perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan berbagai dosis *rock phosphate* juga menunjukkan adanya peningkatan rerata tinggi tanaman setiap minggunya (Gambar 19). Rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 1,5 g/tanaman yakni 25,70 cm, sedangkan perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 0 g/tanaman menunjukkan rerata tinggi tanaman terkecil yakni 17,83 cm. Sedangkan pada perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan berbagai dosis *rock phosphate*, rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman yakni 28,03 cm, sedangkan perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 6 g/tanaman menunjukkan rerata tinggi tanaman terkecil yakni 22,20 cm (Gambar 20). Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa perlakuan masing-masing inokulasi mikroorganisme dan aplikasi berbagai dosis *rock phosphate* tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap variabel tinggi tanaman, hanya melihat pola pertumbuhan tinggi tanaman di setiap minggunya.

Pertumbuhan tanaman yang semakin tinggi menyebabkan penambahan jumlah daun yang semakin banyak pula, sehingga proses fotosintesis yang terjadi juga meningkat. Nilai rata-rata variabel jumlah daun setiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 21. Rerata jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dengan aplikasi *rock phosphate* 4,5 g/tanaman sebanyak 15 helai daun dan perlakuan yang memiliki rata-rata jumlah daun paling sedikit terdapat pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 0 g/tanaman yakni 6 helai daun pada umur 72 hari setelah tanam. Hal ini dikarenakan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. mampu meningkatkan auksin dalam tubuh tanaman dan bila auksin meningkat maka pertumbuhan lebih cepat seperti terlihat dari penambahan jumlah daun yang meningkat. Selain itu, aplikasi *rock phosphate* 4,5 g mampu menunjang pertumbuhan tanaman dan unsur P sebagai sumber energi dapat terserap oleh tanaman, sehingga berimplikasi pada penambahan jumlah daun.

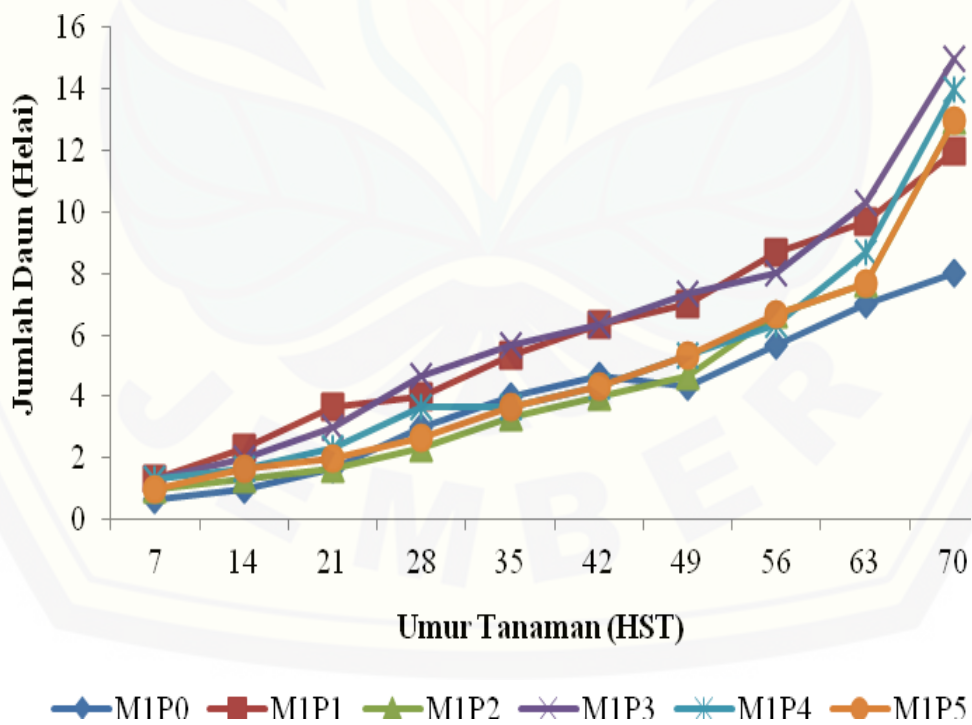


Gambar 21. Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi *rock phosphate* terhadap jumlah daun bibit kakao

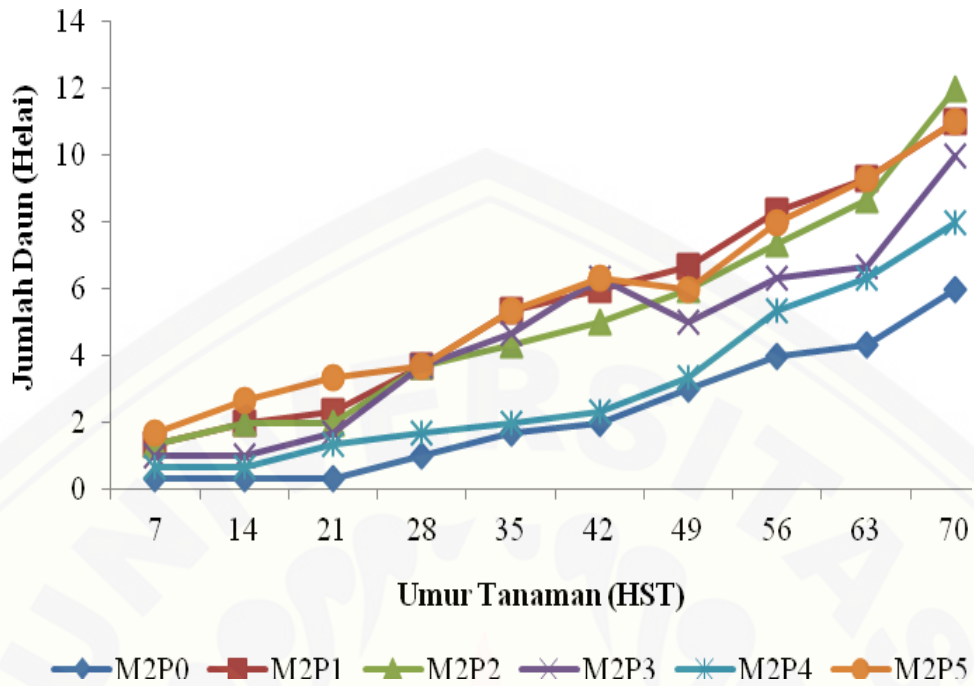
Masa pertumbuhan awal vegetatif bibit kakao dimulai pada 7 hari setelah tanam, hal ini dapat dilihat pada grafik pertumbuhan yang meningkat seiring dengan bertambahnya umur tanaman.



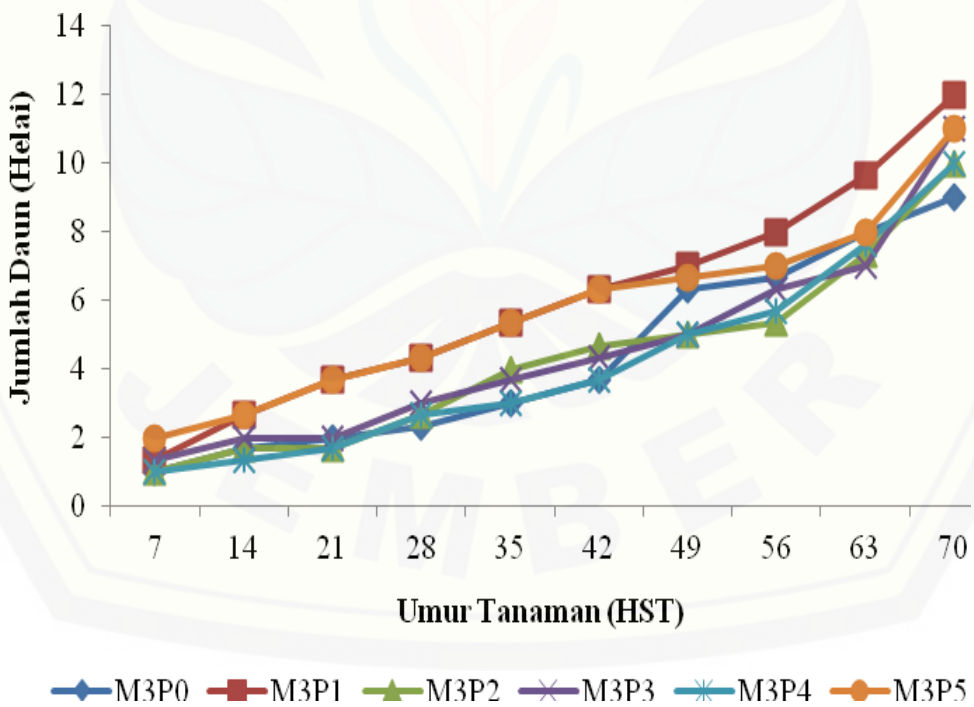
Gambar 22. Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme



Gambar 23. Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp.



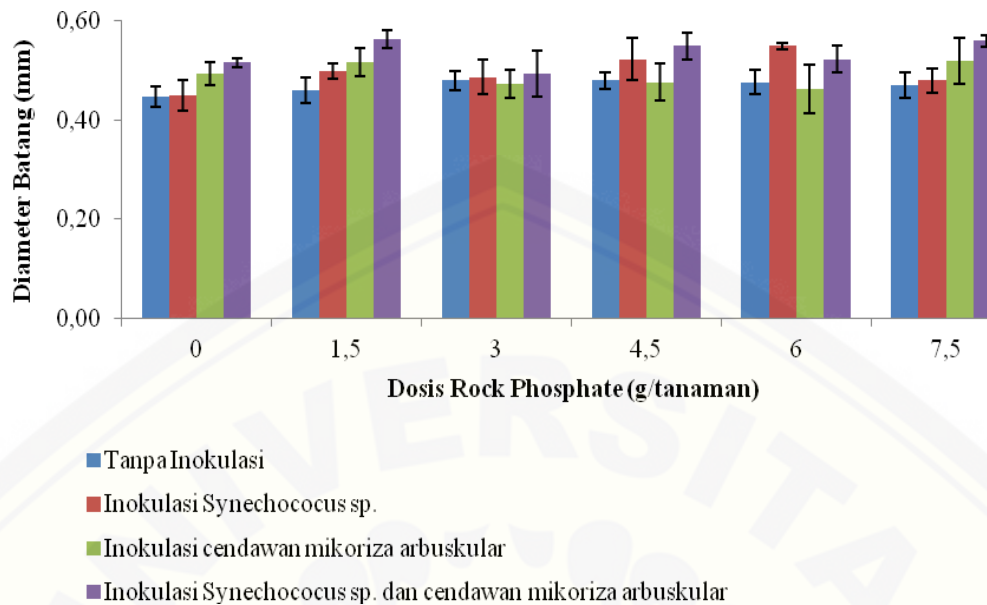
Gambar 24. Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular



Gambar 25. Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular

Berdasarkan Gambar 22 diketahui bahwa pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme, rerata jumlah daun terbanyak pengamatan minggu terakhir terdapat pada perlakuan aplikasi *rock phosphate* 3 g/tanaman yakni sebanyak 10 helai daun. Akan tetapi pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp., rerata jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan aplikasi *rock phosphate* 4,5 g/tanaman yakni sebanyak 15 helai daun (Gambar 23). Rerata jumlah daun terbanyak perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular terdapat pada perlakuan aplikasi *rock phosphate* 3 g/tanaman yakni sebanyak 12 helai daun (Gambar 24). Sedangkan pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular, rerata jumlah daun terbanyak pengamatan terdapat pada perlakuan aplikasi *rock phosphate* 1,5 g/tanaman yakni sebanyak 12 helai daun (Gambar 25). Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 3 g/tanaman tepat bila diaplikasikan bersama. Hal ini dikarenakan mikoriza berperan dalam penyerapan unsur hara dan membantu pelarutan *rock phosphate* sehingga dapat diserap oleh tanaman. Tersedianya unsur hara dalam tubuh tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman seperti dalam pembentukan organ daun.

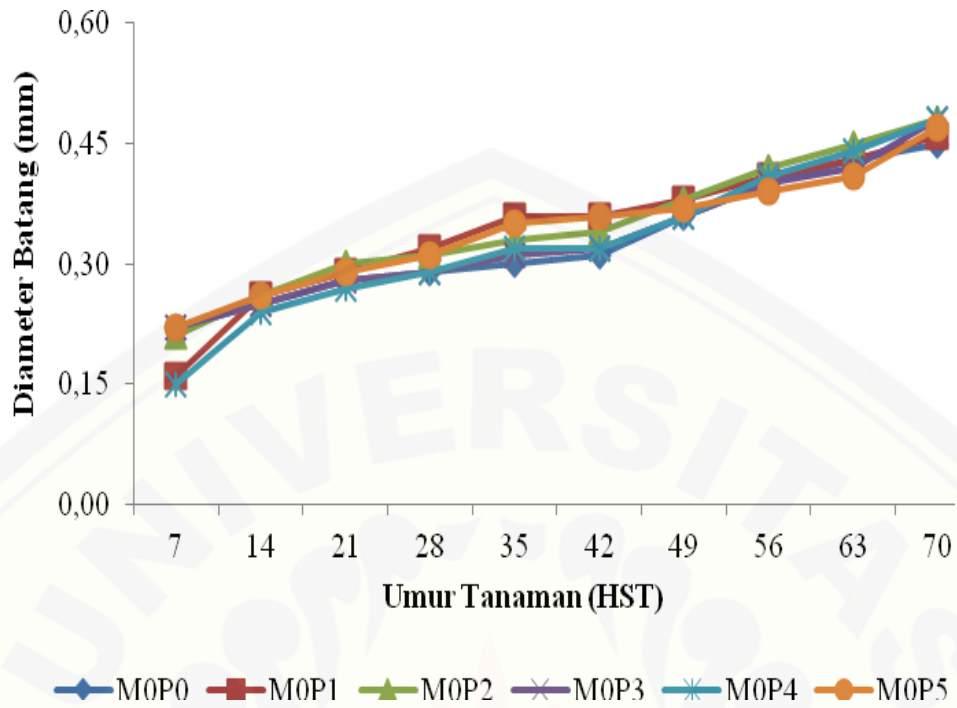
Proses fotosintesis yang optimal terjadi di daun, akan menghasilkan fotosintat yang ditranslokasikan pada batang dan ditunjukkan dengan penambahan diameter batang tanaman. Tourney dan Korstia (1974) dalam Simarangkir (2000) mengemukakan pertumbuhan diameter tanaman berhubungan erat dengan laju fotosintesis. Selain itu produk fotosintesis sebanding dengan total luas daun aktif yang dapat melakukan fotosintesis. Variabel diameter batang, nilai rata-rata setiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 26.



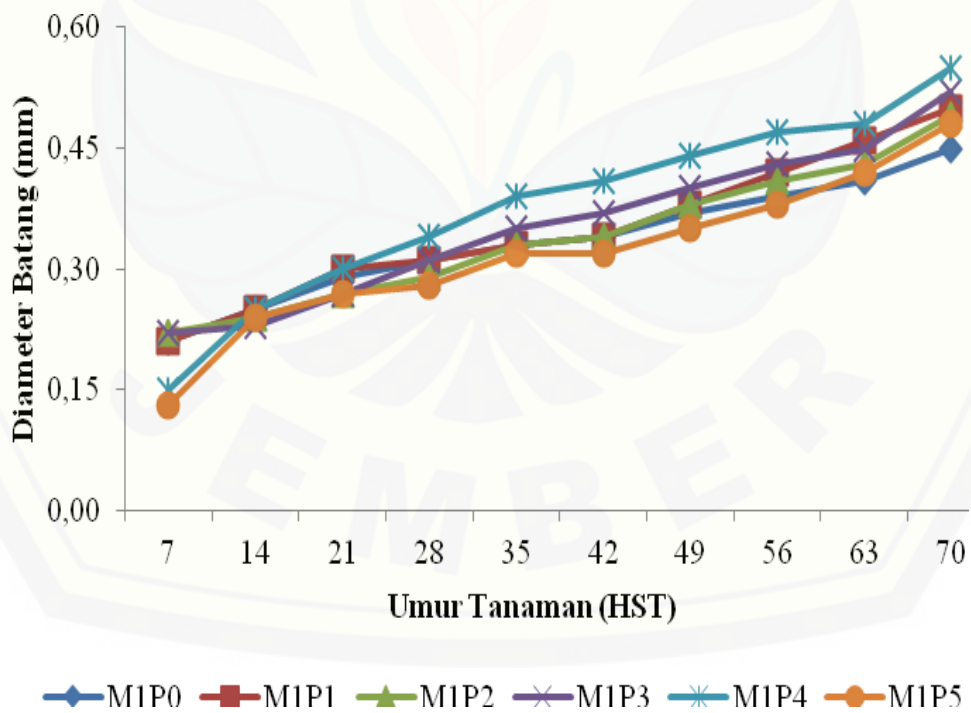
Gambar 26. Pengaruh inokulasi mikroorganisme dan aplikasi *rock phosphate* terhadap diameter batang bibit kakao

Berdasarkan Gambar 26 dapat dilihat bahwa inokulasi mikroorganisme dan aplikasi *rock phosphate* tidak memberikan pengaruh nyata terhadap variabel diameter batang bibit kakao. Tidak berpengaruhnya inokulasi mikroorganisme dan aplikasi *rock phosphate* pada diameter batang dikarenakan bibit kakao masih berada dalam fase bibit dimana tanaman masih muda dan pertumbuhan apikal lebih dominan. Akibatnya pertumbuhan sekunder bibit kakao rendah dan menyebabkan adanya pengaruh tidak nyata terhadap diameter batang bibit kakao. Hal ini serupa dengan penelitian Lizawati dkk (2014), menunjukkan bahwa penambahan diameter batang bibit jarak pagar pada pemberian kombinasi isolat cendawan mikoriza dan pupuk fosfat alam tidak memberikan pengaruh nyata, disebabkan pemberian perlakuan belum mampu meningkatkan pertumbuhan diameter bibit pada umur 4 bulan setelah tanam.

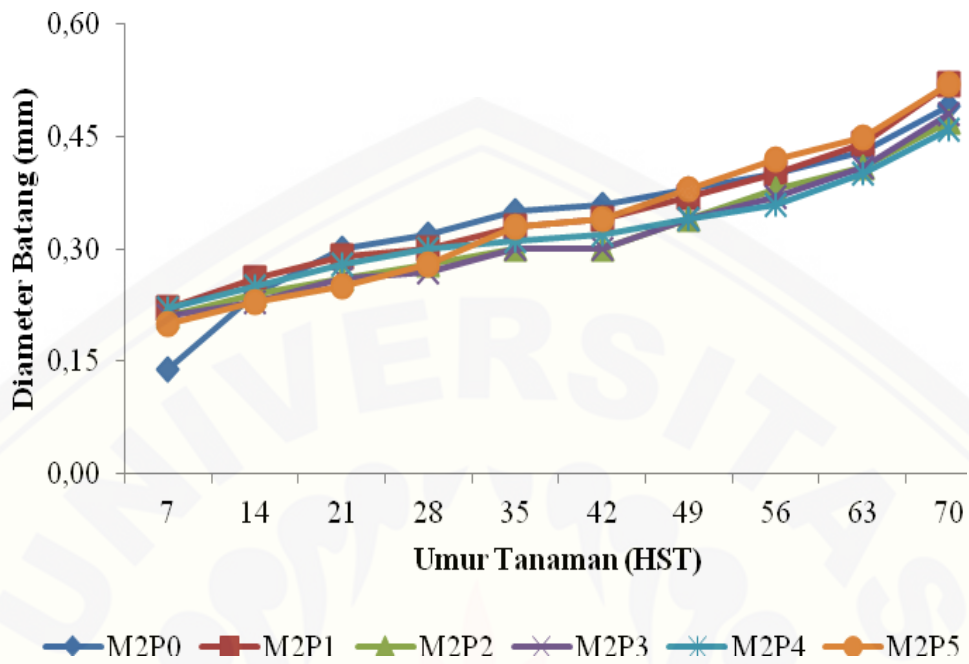
Pola pertumbuhan variabel diameter batang hanya ditunjukkan dengan adanya penambahan ukuran diameter batang bibit kakao pada setiap minggunya (Gambar 27).



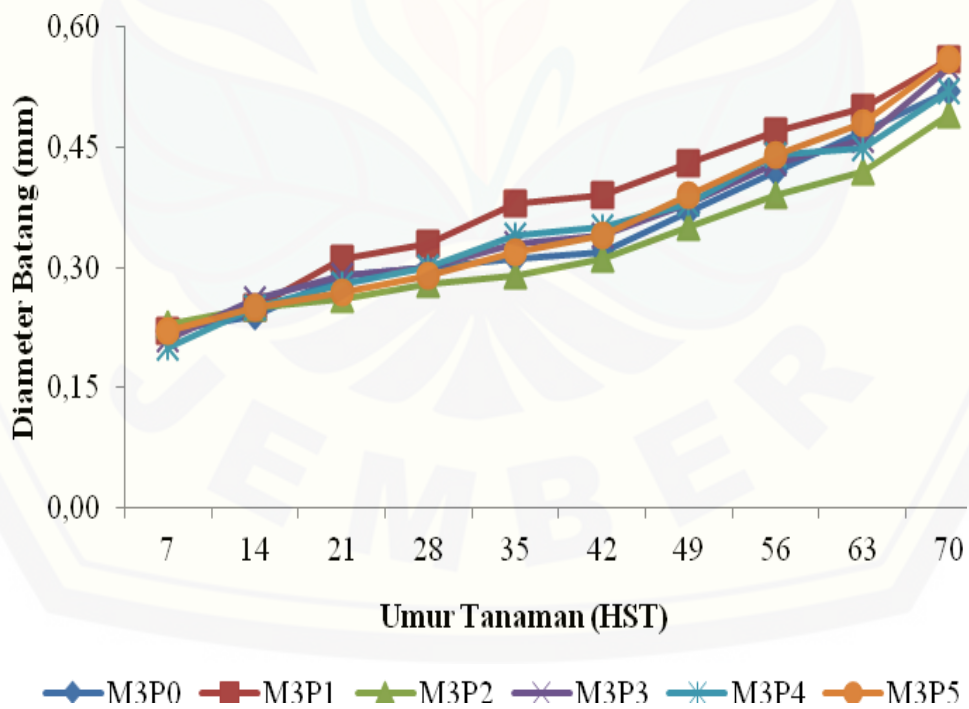
Gambar 27. Pertumbuhan diameter batang pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme



Gambar 28. Pertumbuhan diameter batang pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp.



Gambar 29. Pertumbuhan diameter batang pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular

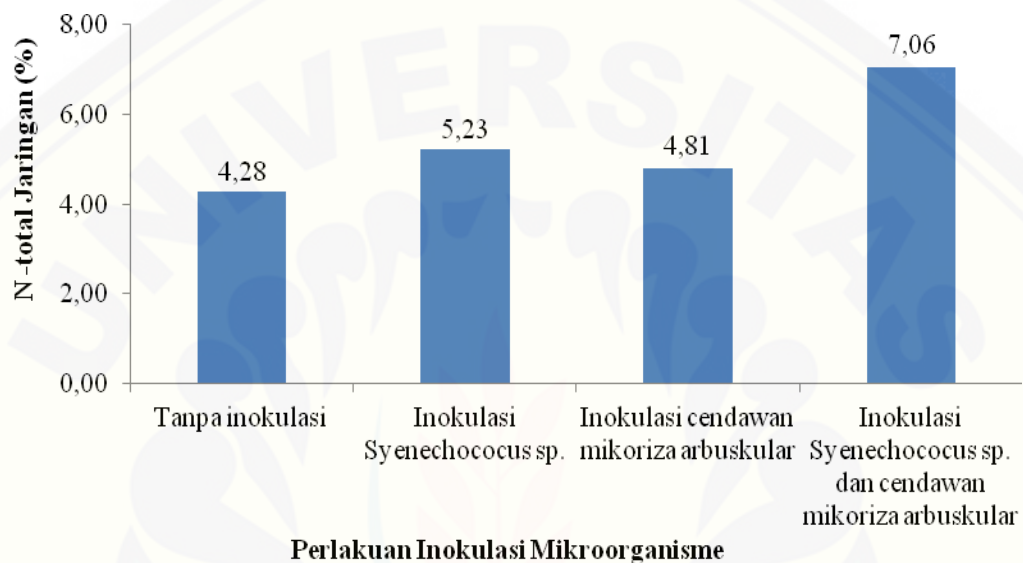


Gambar 30. Pertumbuhan diameter batang pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular

Perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme dengan berbagai dosis *rock phosphate* menunjukkan adanya peningkatan ukuran diameter batang di setiap minggunya (Gambar 27). Rerata diameter batang pengamatan minggu terakhir tertinggi terdapat pada perlakuan *rock phosphate* dosis 3; 4,5 dan 6 g/tanaman yakni 0,48 mm. Sedangkan perlakuan *rock phosphate* dosis 0 g/tanaman tanpa inokulasi mikroorganisme menunjukkan rerata diameter batang terkecil yakni 0,45 mm. Perlakuan bakteri inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dengan berbagai dosis *rock phosphate* juga menunjukkan adanya peningkatan ukuran diameter batang setiap minggunya (Gambar 28). Rerata diameter batang tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. *rock phosphate* dosis 6 g/tanaman yakni 0,55 mm, sedangkan perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. *rock phosphate* dosis 0 g/tanaman menunjukkan rerata diameter batang terkecil yakni 0,45 mm. Perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular dengan berbagai dosis *rock phosphate* juga menunjukkan adanya peningkatan ukuran diameter batang setiap minggunya (Gambar 29). Rerata diameter batang tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular *rock phosphate* dosis 1,5 dan 7,5 g/tanaman yakni 0,52 mm, sedangkan perlakuan inokulasi mikoriza arbuskular *rock phosphate* dosis 6 g/tanaman menunjukkan rerata diameter batang terkecil yakni 0,46 mm. Perlakuan inokulasi bakteri inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular rerata diameter batang tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular *rock phosphate* dosis 1,5 dan 7,5 g/tanaman yakni 0,56 mm, sedangkan perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular *rock phosphate* dosis 3 g/tanaman menunjukkan rerata diameter batang terkecil yakni 0,49 mm (Gambar 30).

Pertumbuhan yang terjadi pada bibit kakao dikarenakan adanya perlakuan inokulasi bakteri *Syenechococus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan berbagai dosis *rock phosphate* menyebabkan penyerapan unsur hara oleh tanaman dapat optimal. Unsur hara yang diserap akibat aplikasi perlakuan tersebut ialah unsur nitrogen dan fosfor.

Serapan hara N pada berbagai perlakuan inokulasi mikroorganisme ditunjukkan dari N-Total jaringan hasil analisis, dimana pada perlakuan tanpa inokulasi memiliki N-Total jaringan sebesar 4,28%, perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. sebesar 5,23%, perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular sebesar 4,81% dan perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular sebesar 7,06% (Gambar 31).

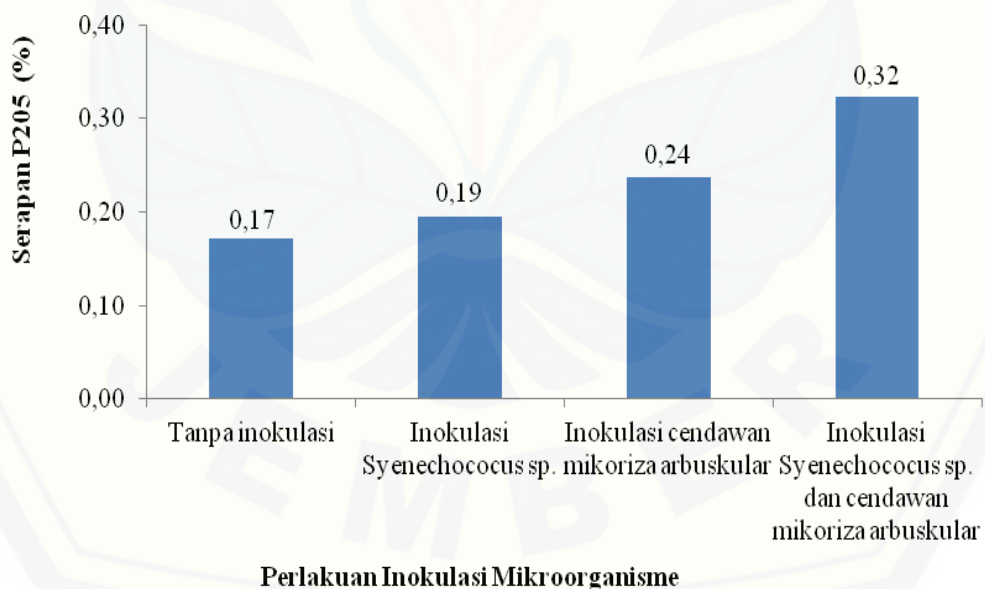


Gambar 31. Pengaruh inokulasi mikroorganisme terhadap N-Total jaringan

Berdasarkan Gambar 31 diketahui bahwa status N-Total jaringan tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular. Hal ini dikarenakan aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. mampu meningkatkan hormon auksin di tubuh tanaman. Sebagaimana dikemukakan oleh Mulyanto (2009), bahwa bakteri fotosintetik *Synechococcus* sp. pada daun tanaman kedelai memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kandungan auksin pada tanaman kedelai umur 30 HST. Peranan auksin sebagai hormon indogen diperlukan oleh tumbuhan dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan. Apabila hormon auksin tersedia lebih banyak yang didapat dari aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. maka serapan N dari media juga semakin cepat. Hal ini sesuai dengan penelitian Setia dkk (2013), dimana pemberian bakteri fotosintetik *Synechococcus* sp. terbukti menambah kandungan N-Total jaringan daun pada tanaman kedelai sebesar 19,6% dibandingkan dengan

tanaman kedelai yang tidak berasosiasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. Selain dari aplikasi *Synechococcus* sp., inokulasi cendawan mikoriza arbuskular juga membantu dalam meningkatkan serapan hara N. Serapan N oleh mikoriza berkaitan dengan aktivitas hifa ekstraradikal dimana mikoriza menyerap NH_4^+ , NO_3^- dan asam amino melalui alat pengangkut dan pompa proton ATPase (Breuninger, 2004). Sehingga aplikasi kedua mikroorganisme tersebut memberikan pengaruh terhadap nilai N total jaringan. Sedangkan N total jaringan terendah ditunjukkan dari perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme. Hal ini dikarenakan tidak adanya perlakuan inokulasi mikroorganisme yang diberikan pada tanaman.

Selaras dengan persentase N-Total jaringan, serapan P_2O_5 pada berbagai perlakuan inokulasi mikroorganisme menunjukkan bahwa serapan P_2O_5 pada perlakuan tanpa inokulasi sebesar 0,17%, perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. sebesar 0,19%, perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular sebesar 0,24% dan perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular sebesar 0,32% (Gambar 32).



Gambar 32. Pengaruh inokulasi mikroorganisme terhadap serapan P_2O_5

Berdasarkan Gambar 32 diketahui bahwa serapan P_2O_5 tertinggi terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza

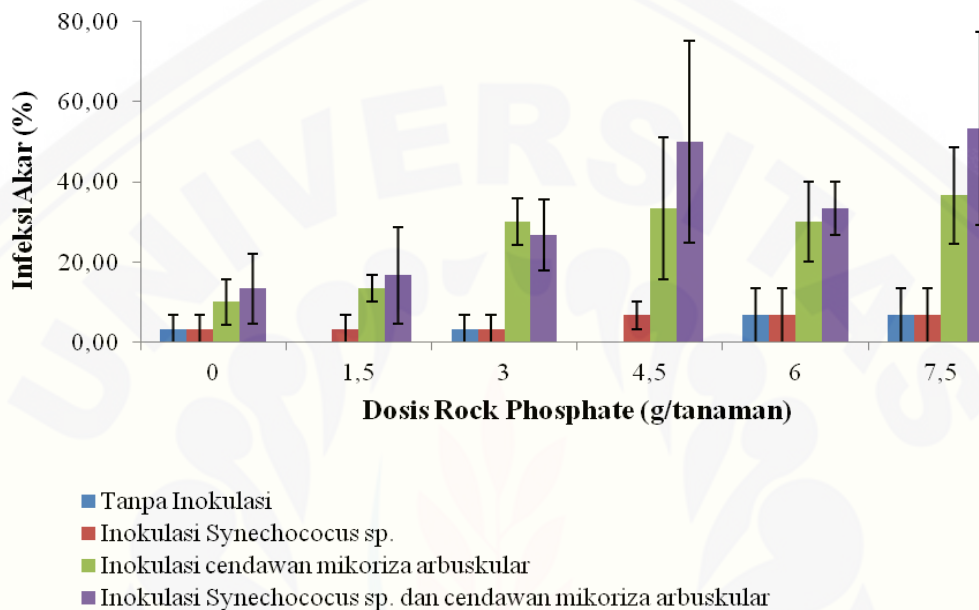
arbuskular. Hal ini dikarenakan terdapat pengaruh dari inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular yang diaplikasikan. Bakteri *Synechococcus* sp. mampu memberikan auksin bagi tanaman, sehingga membantu dalam penyerapan air dan unsur hara. Selain itu, inokulasi cendawan mikoriza arbuskular mempengaruhi dalam penyerapan unsur P.

Metabolisme P dalam sel tanaman merupakan bagian dari proses asimilasi. Dalam tahapan ini, fosfor yang diserap dalam bentuk ion fosfat akan mengalami metabolisme di dalam sel sebagai penyusun fosfolipid, fitin, gula fosfat, asam nukleat, ATP, NAD dan NADP, serta FAD. Menurut Salisbury dan Ross (1995), dalam bentuk organik, P terdapat sebagai fosfolipid (komponen membran plasma dan kloroplas), fitin (simpanan fosfat dalam biji), asam nukleat (komponen utama DNA dan RNA inti sel), ATP (senyawa berenergi tinggi dalam metabolisme), NAD dan NADP (koenzim penting dalam proses reduksi dan oksidasi), serta FAD (berfungsi sebagai pelengkap enzim tanaman). Tersedianya unsur P ini mengakibatkan semua senyawa karbon menjadi lebih aktif sehingga mudah berubah menjadi senyawa karbon lain yang dibutuhkan tanaman. Contohnya peristiwa perubahan glukosa menjadi glukosa-6-fosfat yang tidak stabil, diubah menjadi fruktosa 1,6 difosfat, diubah kembali menjadi 3 fosfoglisarat dehid (PGAL) triosa fosfat dan menjadi asam piruvat. Selain asam piruvat, dalam proses glikolisis ini juga menghasilkan molekul NADH yang berfungsi sebagai sumber elektron berenergi tinggi dan molekul ATP untuk setiap molekul glukosa. Proses ini terjadi pada proses respirasi tanaman (Salisbury dan Ross, 1995).

Fakuara (1988) menyatakan bahwa infeksi cendawan mikoriza dapat meningkatkan penyerapan P oleh tanaman dari tanah melalui hifa-hifa cendawan mikoriza dan enzim fosfatase yang dihasilkan cendawan mampu mengkatalis hidrolisis kompleks fosfor yang tidak tersedia menjadi fosfor yang larut dan tersedia. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Husin (1997), yang menunjukkan bahwa pemberian inokulum mikoriza sebanyak 10 g/tanaman dapat meningkatkan serapan hara P dan tinggi tanaman jagung. Begitu pula dengan hasil penelitian Simarmata dan Herdiani (2004), menunjukkan bahwa inokulasi cendawan mikoriza arbuskular (*Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp.) dapat meningkatkan

produksi berbagai tanaman (kedelai, kacang tanah, tomat dan padi) serta ketersediaan hara bagi tanaman sebesar 20-100%.

Peran dari aplikasi cendawan mikoriza arbuskular dapat di lihat dari adanya infeksi akar oleh mikoriza pada tanaman inang. Variabel persentase infeksi akar, nilai rata-rata setiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 33.

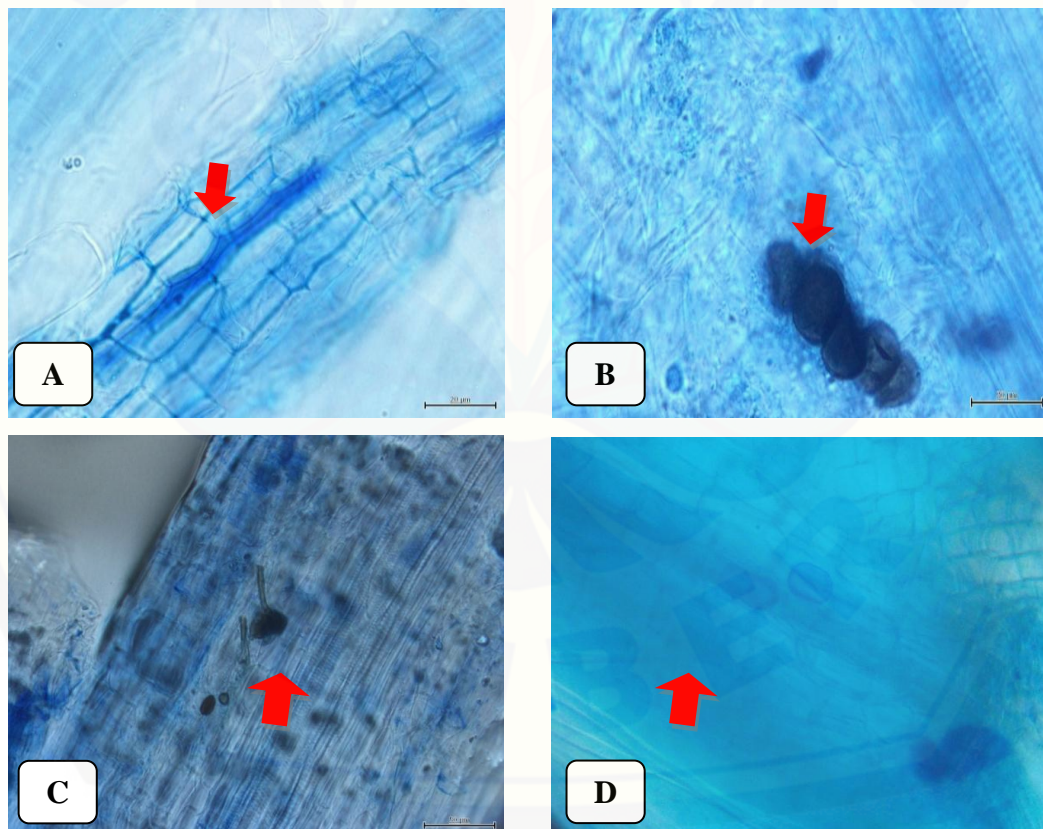


Gambar 33. Pengaruh inokulasi mikroorganismen dan aplikasi *rock phosphate* terhadap persentase infeksi akar

Berdasarkan Gambar 33 dapat dilihat bahwa perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman memiliki nilai rerata persentase infeksi akar tertinggi yakni 53,33%, sedangkan terendah 0 % pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganismen dengan aplikasi *rock phosphate* 1,5 dan 4,5 g/tanaman. Tingkat persentase infeksi akar yang tertinggi pada perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman disebabkan adanya peran dan asosiasi yang baik antara bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular, dimana fungsi utama mikroorganismen tersebut untuk membantu penyerapan unsur hara dan air serta untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Persentase infeksi akar tertinggi ini juga dikarenakan cendawan mikoriza yang diaplikasikan dalam setiap 10 g propagul terdapat > 50 populasi spora dan ditambah dengan populasi cendawan

mikoriza indigenus yang terdapat pada media telah menginfeksi akar tanaman inang secara optimal. Prihastuti (2007), mengungkapkan bahwa infeksi cendawan mikoriza pada sistem perakaran tanaman dapat meningkatkan serapan P pada tanah-tanah yang kahat unsur hara. Ketersediaan unsur hara inilah yang akan mendukung pertumbuhan tanaman. Selain itu, pupuk *rock phosphate* yang diaplikasikan telah diurai oleh cendawan mikoriza sehingga menjadi tersedia dan mampu menyumbangkan unsur P pada tanaman. Sedangkan perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme dengan aplikasi *rock phosphate* 1,5 dan 4,5 g/tanaman tidak menunjukkan adanya infeksi akar disebabkan karena tidak adanya inokulasi cendawan mikoriza arbuskular pada perlakuan tersebut dan tidak ada mikoriza indigenus dalam media yang dapat menginfeksi akar bibit kakao.

Infeksi akar oleh mikoriza pada bibit kakao ditunjukkan dengan adanya vesikula, arbuskula dan hifa internal yang diamati sebagai berikut :



Gambar 34.(A) Jaringan hifa internal yang terletak di antara celah sel
(B) Kumpulan vesikula yang berasal dari *Glomus* sp.
(C) Arbuskula dalam sel akar bibit kakao tipe *paris*
(D) Akar bibit kakao yang tidak terinfeksi

Hasil analisis regresi dosis *rock phosphate* yang dilakukan menunjukkan bahwa pada perlakuan tanpa inokulasi mikroorganisme memiliki dosis optimum dengan rentang 0,2-54,25 g/tanaman; perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. memiliki dosis optimum dengan rentang 5,07-7,7 g/tanaman; perlakuan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular memiliki dosis optimum yakni 6,34 g/tanaman dan perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular memiliki dosis optimum dengan rentang 8,70-10,5 g/tanaman. Dari hasil tersebut direkomendasikan untuk dosis optimum pupuk *rock phosphate* yang berasosiasi dengan cendawan mikoriza arbuskular pada pembibitan kakao ialah 6,34 g/tanaman atau setara dengan 660,42 kg/ha.

Selain dari adanya perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan berbagai dosis *rock phosphate*, laju pertumbuhan bibit kakao juga dipengaruhi oleh media tanam serta kondisi lingkungan tumbuh tanaman tersebut. Salah satu kondisi lingkungan yang berpengaruh dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah suhu. Hal tersebut karena suhu sangat berpengaruh dalam proses fotosintesis tanaman, kandungan klorofil daun, penyerapan unsur hara, serta respirasi tanaman. Selain suhu, kelembaban udara juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Lokasi percobaan dilakukan di lahan *Greenhouse* Jurusan Agronomi Fakultas Pertanian, dimana kondisi lingkungan pada saat berlangsungnya percobaan memiliki rata-rata suhu udara maksimum 26,6°C, dan minimum 21°C, serta kelembaban udara 80%. Kondisi tersebut memenuhi syarat tumbuh untuk tanaman kakao, dimana suhu maksimal untuk kakao sekitar 30°C-32°C, sedangkan suhu minimum sekitar 18°C-21°C. Temperatur ideal bagi pertumbuhan kakao adalah 23,9°C-26,7°C (Haltman dan Handoyo, 1995). Tanaman kakao juga menghendaki lingkungan dengan kelembapan tinggi dan konstan, yakni 80% (Susanto, 1994).

Sama halnya dengan kondisi lingkungan, media tanam perlu diperhatikan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Media tanam berfungsi untuk memberikan unsur hara dan sebagai media perakaran, menyediakan air dan sebagai tempat penampungan air, menyediakan udara untuk

respirasi akar dan sebagai tempat bertumpunya tanaman. Sebelum digunakan sebagai media tanam dalam melakukan kegiatan percobaan, dilakukan analisis kimia pada media tanam. Hasil analisis N-total tanah menunjukkan angka sebesar 0,10% dan P tersedia di tanah sebesar 12 ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanah yang digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman memiliki N-total tanah yang rendah dan P tersedia kategori sedang. Kreteria N-total tanah rendah berada pada kisaran 0,1-0,20 % dan P tersedia kategori sedang berada pada kisaran 11-15 ppm (Balai Penelitian Tanah, 2009). Oleh karena itu, dalam percobaan ini menggunakan perlakuan inokulasi mikroorganisme yakni inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular serta perlakuan dosis *rock phosphate* untuk menunjang ketersediaan hara N dan P bagi tanaman.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Kombinasi perlakuan antara inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan aplikasi *rock phosphate* 7,5 g/tanaman memberikan persentase infeksi akar sebesar 53,33 % yang menghasilkan laju pertumbuhan, berat kering tanaman dan berat kering akar bibit kakao tertinggi.
2. Inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan atau cendawan mikoriza arbuskular dapat meningkatkan serapan P_2O_5 dan N-total jaringan bibit kakao.
3. Aplikasi berbagai dosis *rock phosphate* berpengaruh tidak nyata dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao.
4. Dosis optimum pupuk *rock phosphate* untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kakao ialah 6,34 g/tanaman atau setara dengan 660,42 kg/ha dengan inokulasi cendawan mikoriza arbuskular 50 spora/10 g.

5.2 Saran

Percobaan aplikasi inokulasi mikroorganisme yakni bakteri *Synechococcus* sp. dan jamur mikoriza arbuskular dengan berbagai dosis *rock phosphate* untuk meningkatkan laju pertumbuhan bibit kakao memberikan pengaruh berbeda nyata hanya terlihat pada berat kering akar dan persentase infeksi akar. Upaya memperoleh laju pertumbuhan bibit kakao yang tinggi dianjurkan untuk memberikan inokulasi ganda yakni bakteri *Synechococcus* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 6,34 g/tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh, O. 2011. Mycorrhizal symbiosis. *Advanced Studies in Biology*, 3 (6) : 273 – 281.
- Asmah, A. E. 1995. Effect of Phosphoras Source and Rate of Aplication on VAM Fungal, Infection and Growt of Maize. *Mycorrhiza*.
- Bahri. 1996. *Bercocok Tanam Tanaman Perkebunan Tahunan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Balai Penelitian Tanah, 2009. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Bogor.
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, dan N. Malajczuk. 2008. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. ACIAR Monograph 32. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Budi, F. S. dan A. Purbasari. 2009. Pembuatan Pupuk Fosfat dari Batuan Fosfat Alam Secara Acidulasi. *Teknik*, 30 (2) : 93 – 98.
- Chang X. J. and L. R. Kun. 1986. *Nutrien Status and Fertilization of Upland Soil in Tropical and Sub Soil Tropical China*. Proceeding of the International Comperence on the Management and Fertilization of Upland Soil in the Topic and sub tropic. Nanjing People's Republik of china.
- Delvian, N., D. Mardiaty, Elvianti dan H. Hanum. 2006. *Pelatihan Penggunaan Mikoriza untuk Pembangunan Pertanian. Perkebunan dan Kehutanan di Lahan Marginal*. Fakultas Pertanian-USU. Medan.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2013. *Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Kakao Tahun 2014*. Jakarta : Kementerian Pertanian.
- Ermansyah, N. 2012. Pemanfaatan Mikoriza Vesicular Arbuskula (MVA) dan Berbagai Jenis Kompos Terhadap Pertumbuhan Bibit Sambung Pucuk Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pertanian*, 2 (1) : 1 -16.
- Fakuara, Y. 1988. *Mikoriza : Teori dan Kegunaan dalam Praktek*. Pusat Antar Universitas Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gardner, F. P., R. B. Perace and Mitchell, R.L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Penerjemah: Susilo, H. Jakarta: UI Press.
- Ginting, R. 2007. *Mikroorganisme Pelarut Fosfat*. Jakarta : Aneka Aksara

- Gomez, K. A. and A. A. Gomez. 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. Second edition. John Wiley and Sons. New York-Chicester-Brisbane-Toronto-Singapore.
- Grant, C., B. Shabtai, M. Marcia, P. Christian dan Christian, M. 2011. Soil and Fertilizer Phophorus; Effect on Plant P Supply and Mycorrhizal Development. *Plant of Science*, 3 : 1 (1 – 12).
- Halis, M, P. Murni dan A. B. Fitria. 2008. Pengaruh Jenis dan Dosis Cendawan Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan Cabai (*Capsicum annum L.*) pada Tanah Ultisol. *Biospecies*, 1 (2) : 59 – 62.
- Haltman, S dan M. Handoyo. 1995 *Pengaruh Media Tanam Dan Pemberian Pupuk NPK (16:16:16) Terhadap Pertumbuhan Kakao (Theobroma cacao L.) di Pembibitan*. Skripsi. Departemen Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hapsoh, M. 2008. *Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula pada Budidaya Kedelai di Lahan Kering*. Makalah. Pengukuhan Guru Besar. Kampus USU. Medan. 35 hal.
- Husin, E.F. 1997. *Respon Beberapa Jenis Tanaman Terhadap Mikoriza Vesikula Arbuskular dan Pupuk Fospat pada Ultisol*. hal 4 – 8 di dalam Prosiding : Pemanfaatan Cendawan Mikoriza untuk Meningkatkan Produksi Tanaman pada Lahan Marginal. Asosiasi Mikoriza Indonesia- Universitas Jambi.
- ICCO. 2012. *The World Cocoa Economy: Past and Present*. London : Executive Committee.
- Karmawati, E., Z. Mahmud, M. Syakir, S. J. Munarso, K. Arbana dan Rubiyo. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Kastono, D., H. Sawitri, dan Siswandono. 2005. Pengaruh Nomor Ruas Setek dan Dosis Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kucing. *Ilmu Pertanian*, 12 (1) : 56-64.
- Lembaga Riset Perkebunan Indonesia. 2008. Indonesia Berhasil Menerapkan Teknik Embriogenesis Somatik pada Kakao Skala Komersial. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 30 (1) : 18-19.
- Lakitan, B. 1995. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta : Raja Grafindo Persada.
- Lakitan, B. 2008. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.

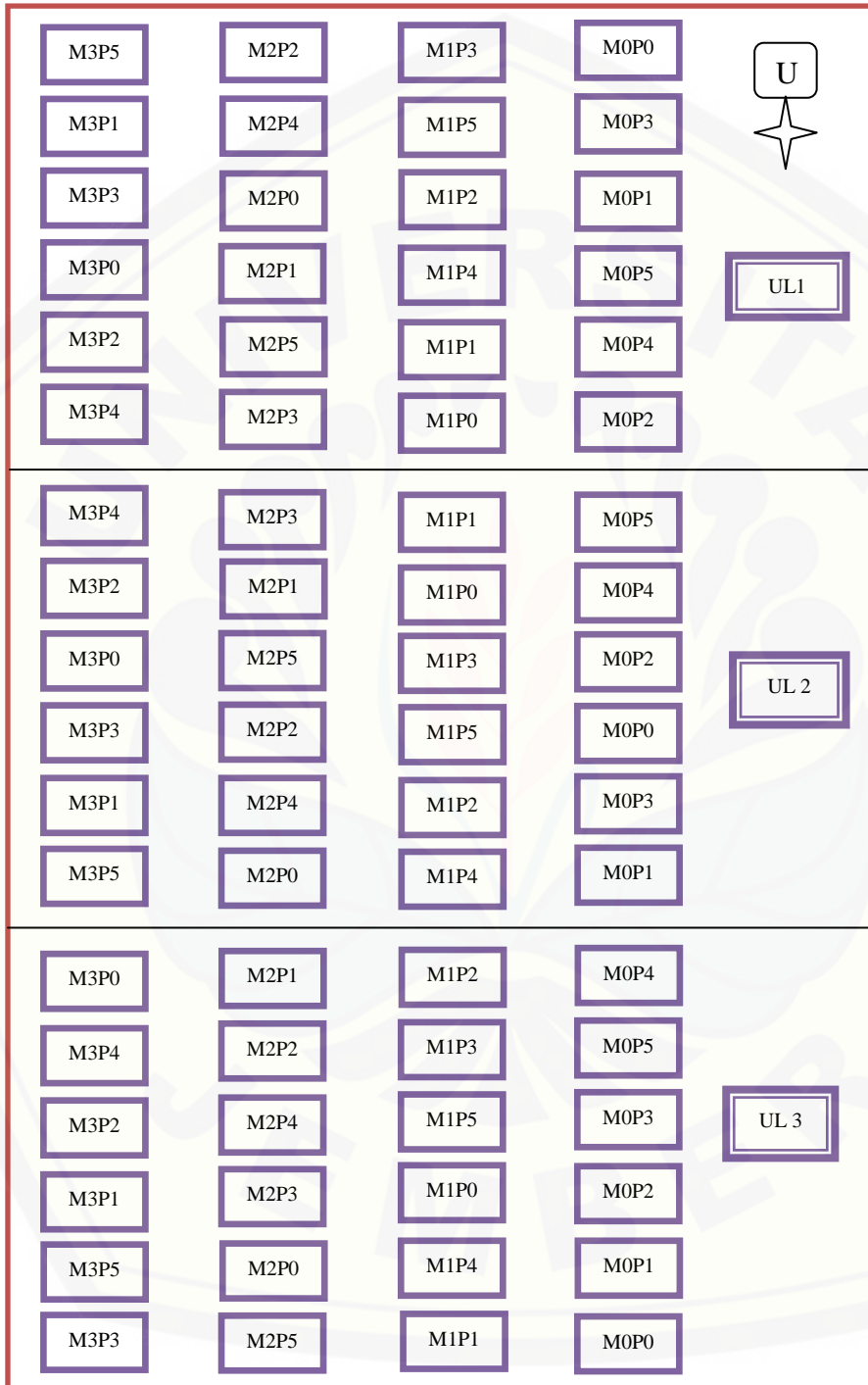
- Lestari, G. W., Solichatun dan Sugiyarto. 2008. Pertumbuhan, Kandungan Klorofil, dan Laju Respirasi Tanaman Garut (*Maranta arundinacea* L.) setelah Pemberian Asam Giberelat (GA3). *Bioteknologi*, 5 (1) : 1-9.
- Lindsay, W. L. 1979. *Chemical Equilibria in Soil*. John Wiley and Sons.
- Lizawati, E. Kartika, Y. Alia dan R. Handayani. 2014. Pengaruh Pemberian Kombinasi Isolat Fungi Mikoriza Arbuskula terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L.) yang ditanam pada Tanah Bekas Tambang Batu Bara. *Biospecies*, 7 (1) : 14-21.
- Lucia, Y., S. Yahya, M. Fakuar dan M. Yahya. 1998. Efisiensi pemberian air pada bibit kakao yang diinokulasi cendawan mikoriza. *Agronomi*, 26 (1) : 1 – 8.
- Mathius, N. T. 1990. Hubungan Lokasi Biji di Dalam Buah dengan Kandungan Metabolit dan Kualitas Benih Kakao. *Menara Perkebunan*, 58 (2) : 33-37.
- Muis, A., D. Indradewa dan J. Widada. 2013. Pengaruh Inokulasi Mikoriza Arbuskula Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Berbagai Interval Penyiraman. *Vegetalika*, 2 (2) : 7-20.
- Mulyanto. 2009. Kandungan Auksin pada Daun Tanaman Kedelai yang Berasosiasi dengan *Synechococcus* sp. (Karya tulis yang tidak dipublikasikan). Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember, Jember.
- Peterson, R. L., B. M. Hugues and H.M. Lewis. 2003. *Mycorrhizas Anatomy and Cell Biology*. NRC-CNRC. Ottawa.
- Prasetya, B. 2005. Budidaya Tanaman Kapulaga Sebagai Tanaman Sela Pada Tegakan Sengon. *Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, 6 (1) : 22-31.
- Preston, S., 2007. Alternative Soil Amendements. NCAT Agriculture Specialist. National Sustainable Agriculture Information Service. ATTRA Publication. Melalui <http://www.attra.ncat.org/attrapub/PDF/altsoil.pdf> (Diakses tanggal 30 Agustus 2014).
- Prihastuti. 2007. *Isolasi dan Karakterisa Mikoriza Vesikuler- Arbuskuler Di Lahan Kering Masam, Lampung Tengah*. Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. Lampung.
- Radjagukguk, B. 1983. *Masalah Pengapuran Tanah Mineral Masam di Indonesia*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Rankine, I., and T. H. Fairhurst. 1999. Management of phosphorus, potassium and magnesium in mature oil palm. *Better Crops International*, 13 (1): 10 - 15.

- Sasli, I. dan A. Ruliansyah. 2012. Pemanfaatan Mikoriza Arbuskular Spesifik Lokasi untuk Efisiensi Pemupukan pada Tanaman Jagung di Lahan Gambut Tropis. *Agrovigor*, 5 (2) : 65 – 74.
- Salisbury, F. B dan C. W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan, Jilid 3*. Bandung : Penerbit ITB.
- Setia, A. D, R. Soedradjad, dan A. Syamsunihar. 2013. Peran Asosiasi *Synechococcus* sp. terhadap Protein dan Produksi Biji Tanaman Kedelai Pada Berbagai Dosis Bokashi. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1 (1) : 4 – 6.
- Setiawan, D. 2012. *Pengaruh Aplikasi Bakteri Fotosintesis Synechococcus sp terhadap Karakter Fisiologis yang Menunjang Pertumbuhan Awal Bibit Kakao (Theobroma cacao L.)*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
- Simarangkir. 2000. Analisis Riap *Dryobalanops lanceolata* Burk pada Lebar Jalur yang Berbeda di Hutan Koleksi Uniersitas Mulawarman Lempake. *Frontir* No. 32. Kalimantan Timur.
- Simarmata, T. dan E. Herdiani. 2004. *Efek Pemberian Inokulum CMA dan Pupuk Kandang Terhadap P Tersedia, Retensi P dalam Tanah dan Hasil Tanaman Bawang Merah (Allium ascalonicum L.)*. Prosiding : Pemanfaatan Cendawan Mikoriza untuk Meningkatkan Produksi Tanaman pada Lahan Marginal hal 14 – 20. Asosiasi Mikoriza Indonesia-Universitas Jambi.
- Simanungkalit, R. D. M. 1987. *Pengaruh Jamur Mikoriza Vesikuler-Arbuskular (MVA), Sumber P dan Sterilisasi Tanah terhadap Pertumbuhan Padi Gogo di Tanah Kahat P*. Makalah pada Seminar Bioteknologi Pertanian, PAU-Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Siregar, T. H. S., S. Riyadi dan L. Nuraeni. 2000. *Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Coklat*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Sitompul, S. M. dan B. Guritno. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Smith, S. E. and D. J. Read, 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. Academiz Press. Harcourt Brace & Company Publisher. London.
- Soedarsono. 1990. Pengaruh Umur Buah Kakao terhadap Daya Tumbuh Benih dan Pertumbuhan Semaian yang Dihasilkan di Kaliwining. *Pelita Perkebunan*, 5 (4) : 106 - 112.

- Soedrajad, R dan S. Avivi. 2005. Pengaruh Aplikasi Bakteri Fotosintetik *Synechococcus* sp. Terhadap Laju Fotosintesis Tanaman Kedelai. *Pertanian*, 2 (1) : 1 - 10.
- Soenaryo dan Situmorang. 1987. *Pedoman Praktek Budidaya dan Pengolahan Kakao*. BPP Bogor No.9.
- Soeratno. 1981. *Pedoman Teknis Pembibitan Tanaman Kakao Bulk*. BPP Jember.
- Suparno, A., S. Yahya, Sudrajat, Y. Setiadi dan K. Idris. 2012. Respons Of Cacao Seedlings Fertilized With Papuan Ayamaru Phosphate Rock (Papr) Combined With Humic Acid, Inoculation Of Amf And Phosphate Solubilizing Bacteria. *Bionatura Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*, 14 (1) : 78 - 86.
- Susanto, F. X., 1994. *Tanaman Kakao Budidaya dan Pengolahan Hasil*. Yogyakarta : Kanisius.
- Syamsunihar A., R Soedradjad dan Usmadi. 2007. *Karakterisasi Asosiasi Bakteri Fotosintetik Synechococcus sp. dengan tanaman Kedelai (Glycine max L. Merrill)*. Laporan Kemajuan Penelitian. Lembaga Penelitian Universitas Jember. Jember.
- Talanca A. H. dan A. M. Adnan. 2005. *Mikoriza dan Manfaatnya pada Tanaman*. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Tjitrosoepomo, G. 1988. *Taksonomi Tumbuhan (Sperma thopyta)*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Wahyudi. 2010. *Petunjuk Praktis Bertanam Sayuran*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Wibawa, A. dan J. B. Baon. 1991. *Pengaruh Mikoriza VA Terhadap Efisiensi Pemupukan Fosfat Alam pada Kakao Lindak*. Prosiding Konp. Nas. Kakao III hal 141-149. Medan.
- Widiastuti, H., E. Guhardja, N. Soekarno dan L. K. Darusman. 2002. Optimasi Simbiosis Cendawan Mikoriza Arbuskula *Acaulospora tuberculata* dan *Gigaspora margarita* pada Bibit Kelapa Sawit di Tanah Masam. *Menara Perkebunan*, 70 (2) : 50-57.
- Wyss, P and B. Bonafante. 1993. Amplification of Genomic DNA of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungi by PCR Using Short Arbitrary Primers. *Mycol Res*, 97 : 51-57.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah Plot Lapangan



Keterangan :

- M0P0 : Perlakuan tanpa inokulasi dengan *rock phosphate* dosis 0 g/tanaman
M0P1 : Perlakuan tanpa inokulasi dengan *rock phosphate* dosis 1,5 g/tanaman
M0P2 : Perlakuan tanpa inokulasi dengan *rock phosphate* dosis 3 g/tanaman
M0P3 : Perlakuan tanpa inokulasi dengan *rock phosphate* dosis 4,5 g/tanaman
M0P4 : Perlakuan tanpa inokulasi dengan *rock phosphate* dosis 6 g/tanaman
M0P5 : Perlakuan tanpa inokulasi dengan *rock phosphate* dosis 7,5 g/tanaman
M1P0 : Perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. dengan *rock phosphate* dosis 0 g/tanaman
M1P1 : Perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. dengan *rock phosphate* dosis 1,5 g/tanaman
M1P2 : Perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. dengan *rock phosphate* dosis 3 g/tanaman
M1P3 : Perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. dengan *rock phosphate* dosis 4,5 g/tanaman
M1P4 : Perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. dengan *rock phosphate* dosis 6 g/tanaman
M1P5 : Perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. dengan *rock phosphate* dosis 7,5 g/tanaman
M2P0 : Perlakuan inokulasi jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 0 g/tanaman
M2P1 : Perlakuan inokulasi jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 1,5 g/tanaman
M2P2 : Perlakuan inokulasi jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 3 g/tanaman
M2P3 : Perlakuan inokulasi jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 4,5 g/tanaman
M2P4 : Perlakuan inokulasi jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 6 g/tanaman
M2P5 : Perlakuan inokulasi jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 7,5 g/tanaman
M3P0 : Perlakuan inokulasi inokulasi *Synechococcus* sp. dan jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 0 g/tanaman
M3P1 : Perlakuan inokulasi inokulasi *Synechococcus* sp. dan jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 1,5 g/tanaman
M3P2 : Perlakuan inokulasi inokulasi *Synechococcus* sp. dan jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 3 g/tanaman
M3P3 : Perlakuan inokulasi inokulasi *Synechococcus* sp. dan jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 4,5 g/tanaman
M3P4 : Perlakuan inokulasi inokulasi *Synechococcus* sp. dan jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 6 g/tanaman
M3P5 : Perlakuan inokulasi inokulasi *Synechococcus* sp. dan jamur mikoriza arbuskular dengan *rock phosphate* dosis 7,5 g/tanaman

Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan Percobaan



Persiapan media tanam



Aplikasi *rock phosphate*



Penyemaian benih kakao di bedengan penyemaian



Aplikasi propagul mikoriza arbuskular dan pemindahan kecambah kakao



Perbanyakan dan aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. pada bibit kakao



Pengukuran tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, suhu dan kelembaban udara



Pengendalian hama, penyakit dan gulma pada bibit kakao



Penambahan pupuk urea pada bibit kakao



Pemanenan bibit kakao



Kunjungan dosen pembimbing pada tempat percobaan



Penimbangan sampel untuk berat kering awal dan berat kering akhir

Analisis N-Total Jaringan dan Serapan P_2O_5



Penimbangan sampel



Penambahan H_2SO_4



Sampel yang diperarang H_2SO_4



Proses dekstruksi



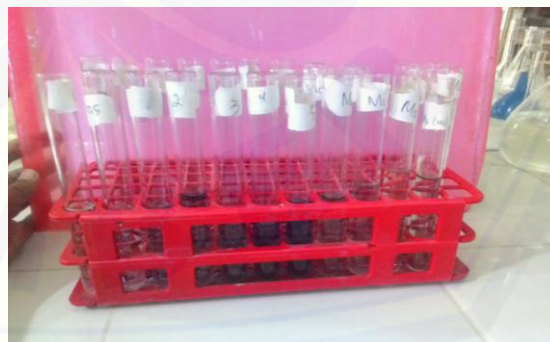
Proses destilasi



Proses titrasi



Sampel hasil titrasi



Sampel dan deret P siap ukur Spektrofotometer

Analisis Infeksi Akar Mikoriza



Sampel akar



Pemanasan sampel akar yang direndam KOH



Perendaman sampel dengan H₂O₂



Perendaman dengan HCl



Perendaman dengan AFLA dan pembuatan preparat



Pengamatan infeksi

Lampiran 4. Analisis Sifat Kimia

4.1 Analisis N-total Tanah (Metode N-Kjeldahl)

Alat

Neraca analitik ketelitian tiga desimal, tabung digestion 100 ml, labu didih 250 ml, erlemeyer 100 ml, blok digestion, gelas ukur, alat destilasi, alat titrasi.

Bahan

Asam sulfat pekat (95-97 %), Campuran selen, Asam borat 1 %, natrium Hidroksida 40 %, Penunjuk Conway, Larutan baku asam sulfat 1 N, H_2SO_4 4 N.

Prosedur

1. Menimbang 0,5 g contoh tanah yang telah diayak, masukkan kedalam tabung digestion 100 ml.
2. Menambahkan 1 gram campuran selen dan 5 ml asam sulfat pekat, destruksi hingga keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih.
3. Tabung diangkat dan didinginkan dan kemudian diencerkan dengan air bebas ion hingga volume 100 ml. Kocok sampai homogen, ekstrak siap digunakan untuk pengukuran N dengan cara destilasi.
4. Memindahkan seluruh ekstrak contoh kedalam labu didih (gunakan air bebas ion dan labu semprot).
5. Menyiapkan penampung untuk NH_3 yang dibebaskan yaitu erlemeyer yang berisi 15 ml asam borat 1 % yang ditambah 3 tetes indikator Conway dan dihubungkan dengan alat destilasi.
6. Menambahkan NaOH 40 % sebanyak 20 ml kedalam labu didih yang berisi contoh menggunakan gelas ukur dan secepatnya ditutup.
7. Destilasi hingga volume penampung mencapai 50-70 ml (berwarna hijau). Titrasi dengan H_2SO_4 0,050 N hingga warna merah muda. Mencatat volume titrasi contoh (V_c) dan blanko (V_b).

4.2 Analisis P tersedia Tanah (Metode Olsen)

Alat:

Neraca analitik, botol kocok 50 ml, kertas saring W 91, tabung reaksi, pipet 2 ml, mesin Pengocok, Spektrofotometer UV-VIS

Bahan:

Pengekstrak NaHCO_3 0,5 M ph 8,5 (pengekstrak olsen); standart pokok P_2O_5 500 ppm, standart 10 ppm P_2O_5 , standart deret P_2O_5 , Pereaksi pewarna P.

Prosedur:

1. Menimbang 1 g tanah, memasukkan ke dalam botol kocok.
2. Menambahkan 20 ml pengekstrak olsen, kemudian dikocok selama 30 menit hingga homogen.
3. Mengendapkan sampel selama 1 malam sampel terpisah.
4. Memipet ekstrak sebanyak 2 ml ke dalam tabung reaksi dan selanjutnya bersama deret standart ditambahkan pereaksi pewarna P.
5. Mengkocok ekstrak hingga homogen dan membiarkan selama 30 menit.
6. Mengukur absorbansi larutan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.

4.3 Analisis N dan P Jaringan (Metode pengabuan basah menggunakan H_2SO_4 dan H_2O_2)

Alat :

Neraca analitik ketelitian tiga desimal, tabung digestion, labu didih 250 ml, erlemeyer 100 ml, gelas ukur, blok digestion, tabung reaksi, pengocok tabung, alat destilasi, alat titrasi, Spektrofotometer UV-VIS.

Bahan :

Asam sulfat pekat (95-97 %), H_2O_2 pekat (30%), larutan NaOH 40 %, larutan baku H_2SO_4 0,050 N, Asam borat 1 %, penunjuk Conway, standart pokok P_2O_5 500 ppm, standart 10 ppm P_2O_5 , standart deret P_2O_5 , Pereaksi pewarna P.

Prosedur :

1. Menimbang 0,250 g contoh tanaman ke dalam tabung digestion 50 ml.
2. Menambahkan 5 ml H_2SO_4 biarkan satu malam supaya diperarang.
3. Keesokan harinya dipanaskan dalam blok digestion, angkat dan biarkan mendingin.
4. Menambahkan H_2O_2 sebanyak 0,5 ml, panaskan kembali dan suhu ditingkatkan (pengerjaan ini diulang sampai keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih)
5. Tabung yang berisi ekstrak didinginkan dan kemudian diencerkan dengan air bebas ion hingga 50 ml. Dikocok sampai homogen dengan pengocok tabung.
6. Pengukuran N dengan cara Destilasi ;

Memipet 10 ml ekstrak contoh kedalam labu didih. Menyiapkan penampung untuk NH_3 yang dibebaskan yaitu erlemeyer yang berisi 15 ml asam borat 1 % yang ditambah 3 tetes indikator Conway dan dihubungkan dengan alat destilasi. Dengan gelas ukur tambahkan NaOH 40 % sebanyak 10 ml kedalam labu didih yang berisi contoh dan secepatnya ditutup. Destilasi hingga volume penampung mencapai 50-70 ml (berwarna Hijau). Titrasi dengan H_2SO_4 0,050 N hingga warna merah muda. Mencatat volume titrasi contoh (V_c) dan blanko (V_b)

7. Pengukuran P :

Memipet masing – masing 1 ml ekstrak contoh kedalam tabung kimia. Tambahkan 9 ml air bebas ion dan kocok. Ekstrak di pipet masing–masing 2 ml ke dalam tabung reaksi dan selanjutnya bersama deret standart ditambahkan pereaksi pewarna P, mengocok hingga homogen dan membiarkan selama 30 menit. Mengukur absorbansi larutan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.



Lampiran 5. Analisis Infeksi Akar

5.1 Analisis Infeksi Akar Mikoriza (Metode Kormanik dan Mc.Graws, 1982)

Prosedur :

1. Akar yang telah dibersihkan sebanyak 1 – 2 g direndam dalam larutan KOH 10% dan dipanaskan dengan pemanas air pada suhu 90⁰C selama 60 menit.
2. Akar dibilas dengan air hingga bersih (warna coklat tidak tampak). Bila akar masih tampak berwarna coklat, akar direndam dengan H₂O₂ alkalin (larutan NH₄O₄ 3ml, H₂O₂ 10 % 30ml dan air 567 ml) selama 10 – 30 menit.
3. Akar dibilas kembali dengan air selama 3 - 4 kali untuk menghilangkan H₂O₂ alkalin.
4. Akar direndam dengan HCl 1 % selama 3-4 menit, selanjutnya HCl dibuang tanpa dibilas.
5. Akar direndam dalam 0,02 % acid fuchsin-lactic acid (875 ml asam laktat + 63 ml gliserin + 62 ml air + 0,2 g acid fuchsin) dan dipanaskan dalam penangas air pada suhu 90⁰C selama 60 menit.
6. Larutan asam fuchsin yang tersisa dibuang dan akar-akar tersebut dimasukkan ke dalam cawan petri dan ditambahkan larutan lactophenol (300 g phenol + 250 ml lactic acid + 250 glyserin + 300 ml air).
7. Pengamatan infeksi pada akar.

5.2 Metode Perhitungan Akar yang Terinfeksi Mikoriza (Metode Slide) (Giovannetti dan Mosse, 1980)

Prosedur :

1. Mengambil potongan – potongan akar sepanjang 1 cm yang telah diwarnai secara acak.
2. Menyusun potongan – potongan akar tersebut pada gelas objek (slide mikroskop), satu slide mikroskop untuk 10 potong akar.
3. Mencatat jumlah akar yang terinfeksi mikoriza.
4. Mengambil contoh akar yang lain dan mengulangi prosedur di atas.
5. Persentase akar yang terinfeksi mikoriza dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ infeksi akar} = \frac{\text{Jumlah akar yang terinfeksi}}{\text{Jumlah seluruh akar yang diamati}} \times 100 \%$$

Klasifikasi kelas infeksi akar (The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USD Forest Service Athena, Georgia) :

- a. Kelas 1, bila infeksinya 0 – 5 %
- b. Kelas 2, bila infeksinya 6 – 26 %
- c. Kelas 3, bila infeksinya 27 – 50 %
- d. Kelas 4, bila infeksinya 51 – 75 %
- e. Kelas 5, bila infeksinya 76 – 100 %

Lampiran 6. Analisis *Standart Error Mean* (SEM)

6.1 Data laju pertumbuhan bibit kakao

Inokulasi Mikroorganisme	Pupuk RP	Replikasi			Mean	SD	SEM
		1	2	3			
M0	P0	0,74	0,73	0,73	0,73	0,00	0,00
	P1	0,74	0,71	0,75	0,73	0,02	0,01
	P2	0,74	0,73	0,73	0,73	0,00	0,00
	P3	0,72	0,74	0,73	0,73	0,01	0,01
	P4	0,72	0,72	0,74	0,73	0,01	0,01
M1	P5	0,72	0,72	0,73	0,73	0,01	0,00
	P0	0,72	0,73	0,73	0,73	0,01	0,00
	P1	0,73	0,74	0,74	0,74	0,01	0,00
	P2	0,74	0,73	0,73	0,74	0,01	0,00
	P3	0,72	0,73	0,73	0,73	0,01	0,00
M2	P4	0,72	0,74	0,74	0,73	0,01	0,01
	P5	0,74	0,74	0,73	0,73	0,01	0,00
	P0	0,72	0,71	0,71	0,71	0,00	0,00
	P1	0,72	0,72	0,73	0,72	0,00	0,00
	P2	0,72	0,73	0,72	0,72	0,01	0,00
M3	P3	0,72	0,73	0,72	0,72	0,00	0,00
	P4	0,72	0,72	0,73	0,73	0,01	0,00
	P5	0,72	0,74	0,73	0,73	0,01	0,00
	P0	0,74	0,72	0,74	0,73	0,01	0,01
	P1	0,74	0,73	0,73	0,73	0,01	0,00
M3	P2	0,74	0,72	0,73	0,73	0,01	0,00
	P3	0,73	0,75	0,75	0,74	0,01	0,00
	P4	0,73	0,75	0,74	0,74	0,01	0,01
	P5	0,74	0,74	0,75	0,74	0,00	0,00

6.2 Data berat kering tanaman

Inokulasi Mikroorganisme	Pupuk RP	Replikasi			Mean	SD	SEM
		1	2	3			
M0	P0	2,58	2,04	2,08	2,23	0,30	0,17
	P1	2,37	0,71	2,98	2,02	1,17	0,68
	P2	2,88	2,6	2,57	2,68	0,17	0,10
	P3	1,69	2,75	2,61	2,35	0,58	0,33
	P4	1,38	1,62	2,87	1,96	0,80	0,46
M1	P5	1,74	1,99	2,53	2,09	0,40	0,23
	P0	1,65	2,28	1,9	1,94	0,32	0,18
M1	P1	2,04	2,69	2,63	2,45	0,36	0,21
	P2	3,27	2,66	2,48	2,80	0,41	0,24

	P3	1,93	2,63	2,26	2,27	0,35	0,20
	P4	1,58	2,78	2,81	2,39	0,70	0,41
	P5	2,77	2,77	2,22	2,59	0,32	0,18
	P0	1,41	1,16	1,37	1,31	0,13	0,08
	P1	2,14	2,06	2,52	2,24	0,25	0,14
	P2	1,73	2,51	1,83	2,02	0,42	0,25
	P3	1,74	1,97	1,49	1,73	0,24	0,14
	P4	1,64	1,72	2,4	1,92	0,42	0,24
M2	P5	1,95	2,69	2,38	2,34	0,37	0,21
	P0	3,16	1,6	2,86	2,54	0,83	0,48
	P1	3,12	2,42	2,43	2,66	0,40	0,23
	P2	2,87	1,9	2,37	2,38	0,49	0,28
	P3	2,31	3,14	3,16	2,87	0,49	0,28
	P4	2,11	3,17	2,91	2,73	0,55	0,32
M3	P5	2,92	3,13	3,49	3,18	0,29	0,17

6.3 Data berat kering akar

Inokulasi Mikroorganisme	Pupuk RP	Replikasi			Mean	SD	SEM
		1	2	3			
M0	P0	0,37	0,32	0,14	0,28	0,12	0,07
	P1	0,41	0,08	0,39	0,29	0,19	0,11
	P2	0,39	0,25	0,32	0,32	0,07	0,04
	P3	0,14	0,18	0,34	0,22	0,11	0,06
	P4	0,05	0,26	0,27	0,19	0,12	0,07
	P5	0,18	0,14	0,22	0,18	0,04	0,02
M1	P0	0,12	0,31	0,17	0,20	0,10	0,06
	P1	0,20	0,45	0,31	0,32	0,13	0,07
	P2	0,51	0,17	0,27	0,32	0,17	0,10
	P3	0,26	0,31	0,25	0,27	0,03	0,02
	P4	0,12	0,31	0,28	0,24	0,10	0,06
	P5	0,44	0,48	0,18	0,37	0,16	0,09
M2	P0	0,15	0,09	0,18	0,14	0,05	0,03
	P1	0,29	0,25	0,37	0,30	0,06	0,04
	P2	0,20	0,38	0,28	0,29	0,09	0,05
	P3	0,24	0,27	0,16	0,22	0,06	0,03
	P4	0,21	0,20	0,34	0,25	0,08	0,05
	P5	0,26	0,40	0,32	0,33	0,07	0,04
M3	P0	0,45	0,20	0,42	0,36	0,14	0,08
	P1	0,59	0,35	0,37	0,44	0,13	0,08
	P2	0,44	0,27	0,33	0,35	0,09	0,05
	P3	0,32	0,62	0,60	0,51	0,17	0,10
	P4	0,27	0,61	0,53	0,47	0,18	0,10

P5 0,56 0,60 0,70 0,62 0,07 0,04

6.4 Data tinggi tanaman pengamatan minggu terakhir (minngu ke-10)

Inokulasi Mikroorganisme	Pupuk RP	Replikasi			Mean	SD	SEM
		1	2	3			
M0	P0	22	23,5	25,1	23,53	1,55	0,90
	P1	20,8	19,3	24,5	21,53	2,68	1,55
	P2	22,2	23,9	27	24,37	2,43	1,41
	P3	14,5	24	22,5	20,33	5,11	2,95
	P4	17,5	20,2	31,6	23,10	7,48	4,32
	P5	20,1	17,7	26,6	21,47	4,60	2,66
M1	P0	14	22,5	23	19,83	5,06	2,92
	P1	24,8	25,5	24,5	24,93	0,51	0,30
	P2	24,8	15	25,9	21,90	6,00	3,46
	P3	31,6	26,7	23,7	27,33	3,99	2,30
	P4	18,5	32	29,3	26,60	7,14	4,12
	P5	25	32,1	20,2	25,77	5,99	3,46
M2	P0	21,5	16,5	15,5	17,83	3,21	1,86
	P1	28,6	22	26,5	25,70	3,37	1,95
	P2	21,7	25,7	22,5	23,30	2,12	1,22
	P3	24,6	26,1	18,3	23,00	4,14	2,39
	P4	20,5	16,8	21,5	19,60	2,48	1,43
	P5	20,3	22,3	26	22,87	2,89	1,67
M3	P0	27,9	15,5	24	22,47	6,34	3,66
	P1	27,8	27,5	23,3	26,20	2,52	1,45
	P2	24,6	15,3	27,4	22,43	6,33	3,66
	P3	20,2	23,5	32	25,23	6,09	3,51
	P4	22,1	22	22,5	22,20	0,26	0,15
	P5	26,7	29,2	28,2	28,03	1,26	0,73

6.5 Data jumlah daun pengamatan minggu terakhir (minngu ke-10)

Inokulasi Mikroorganisme	Pupuk RP	Replikasi			Mean	SD	SEM
		1	2	3			
M0	P0	12	9	10	10	1,53	0,88
	P1	8	6	12	9	3,06	1,76
	P2	11	10	10	10	0,58	0,33
	P3	4	10	11	8	3,79	2,19
	P4	5	9	10	8	2,65	1,53
	P5	8	6	12	9	3,06	1,76
M1	P0	5	10	9	8	2,65	1,53
	P1	12	11	12	12	0,58	0,33

	P2	12	14	13	13	1,00	0,58
	P3	14	16	14	15	1,15	0,67
	P4	16	13	14	14	1,53	0,88
	P5	12	14	13	13	1,00	0,58
	P0	7	5	5	6	1,15	0,67
	P1	12	11	10	11	1,00	0,58
	P2	12	14	10	12	2,00	1,15
	P3	5	10	14	10	4,51	2,60
	P4	6	10	9	8	2,08	1,20
M2	P5	11	10	11	11	0,58	0,33
	P0	11	7	10	9	2,08	1,20
	P1	12	13	10	12	1,53	0,88
	P2	10	10	11	10	0,58	0,33
	P3	10	12	12	11	1,15	0,67
	P4	9	10	10	10	0,58	0,33
M3	P5	10	11	11	11	0,58	0,33

6.6 Data diameter batang pengamatan minggu terakhir (minggu ke-10)

Inokulasi Mikroorganisme	Pupuk RP	Replikasi			Mean	SD	SEM
		1	2	3			
M0	P0	0,45	0,41	0,48	0,45	0,035	0,020
	P1	0,47	0,41	0,5	0,46	0,046	0,026
	P2	0,5	0,44	0,5	0,48	0,035	0,020
	P3	0,45	0,48	0,51	0,48	0,030	0,017
	P4	0,43	0,49	0,51	0,48	0,042	0,024
	P5	0,45	0,44	0,52	0,47	0,044	0,025
M1	P0	0,42	0,51	0,42	0,45	0,052	0,030
	P1	0,53	0,48	0,49	0,50	0,026	0,015
	P2	0,55	0,43	0,48	0,49	0,060	0,035
	P3	0,44	0,55	0,58	0,52	0,074	0,043
	P4	0,54	0,56	0,55	0,55	0,010	0,006
	P5	0,53	0,45	0,46	0,48	0,044	0,025
M2	P0	0,53	0,5	0,45	0,49	0,040	0,023
	P1	0,46	0,55	0,54	0,52	0,049	0,028
	P2	0,45	0,53	0,44	0,47	0,049	0,028
	P3	0,45	0,55	0,43	0,48	0,064	0,037
	P4	0,56	0,4	0,43	0,46	0,085	0,049
	P5	0,43	0,58	0,55	0,52	0,079	0,046
M3	P0	0,52	0,5	0,53	0,52	0,015	0,009
	P1	0,55	0,6	0,54	0,56	0,032	0,019
	P2	0,53	0,4	0,55	0,49	0,081	0,047
	P3	0,5	0,56	0,59	0,55	0,046	0,026

P4	0,47	0,56	0,54	0,52	0,047	0,027
P5	0,56	0,54	0,58	0,56	0,020	0,012

6.7 Data persentase infeksi akar

Inokulasi Mikroorganisme	Pupuk RP	Replikasi			Mean	SD	SEM
		1	2	3			
M0	P0	0	0	10	3,33	5,77	3,33
	P1	0	0	0	0,00	0,00	0,00
	P2	10	0	0	3,33	5,77	3,33
	P3	0	0	0	0,00	0,00	0,00
	P4	0	20	0	6,67	11,55	6,67
	P5	0	0	20	6,67	11,55	6,67
M1	P0	0	10	0	3,33	5,77	3,33
	P1	0	10	0	3,33	5,77	3,33
	P2	0	0	10	3,33	5,77	3,33
	P3	10	0	10	6,67	5,77	3,33
	P4	0	20	0	6,67	11,55	6,67
	P5	20	0	0	6,67	11,55	6,67
M2	P0	20	10	0	10,00	10,00	5,77
	P1	10	20	10	13,33	5,77	3,33
	P2	30	20	40	30,00	10,00	5,77
	P3	40	60	0	33,33	30,55	17,64
	P4	20	20	50	30,00	17,32	10,00
	P5	20	30	60	36,67	20,82	12,02
M3	P0	0	10	30	13,33	15,28	8,82
	P1	0	40	10	16,67	20,82	12,02
	P2	10	30	40	26,67	15,28	8,82
	P3	100	30	20	50,00	43,59	25,17
	P4	40	40	20	33,33	11,55	6,67
	P5	40	20	100	53,33	41,63	24,04