



**KARAKTER FISIOLOGIS DAN AGRONOMIS BIBIT KAKAO
(*Theobroma cacao* L.) YANG BERASOSIASI DENGAN *Synechococcus* sp.
PADA MEDIA DENGAN BERBAGAI KADAR BAHAN ORGANIK**

SKRIPSI

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

Oleh:

**Dwita Anggraeni
NIM 111510501103**

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Nunik Purbowati, ayahanda Mulyono, dan kakak Fitria Anggraeni.
2. Seluruh guruku tercinta dan dosen-dosen di Fakultas Pertanian yang telah memberi ilmu dan membimbing sejak awal hingga akhir studi.
3. Almamaterku Universitas Jember tercinta.
4. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang membantu memberikan beasiswa hingga akhir studi.

MOTTO

“Hai orang-orang yang beriman,
Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu,
Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”
(QS. Al-Baqarah : 153)

Orang hebat tidak dihasilkan melalui kemudahan, kesenangan, dan kenyamanan.
Mereka dibentuk melalui kesukaran, tantangan, dan air mata.
(Dahlan Iskan)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dwita Anggraeni

NIM : 111510501103

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: **“Karakter Fisiologis Dan Agronomis Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi Dengan *Synechococcus* sp. Pada Media Dengan Berbagai Kadar Bahan Organik”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 10 Juni 2015

Yang Menyatakan,

Dwita Anggraeni
NIM 111510501103

SKRIPSI

**KARAKTER FISIOLOGIS DAN AGRONOMIS BIBIT KAKAO
(*Theobroma cacao* L.) YANG BERASOSIASI DENGAN *Synechococcus* sp.
PADA MEDIA DENGAN BERBAGAI KADAR BAHAN ORGANIK**

Oleh :

**Dwita Anggraeni
NIM 111510501103**

Pembimbing

**Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.,Si.
NIP. 196403221989031001**

**Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Anang Syamsunihar, M.P., Ph.D
NIP. 196606261001031002**

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Karakter Fisiologis Dan Agronomis Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi Dengan *Synechococcus* sp. Pada Media Dengan Berbagai Kadar Bahan Organik**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 16 Juni 2015

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.,Si.
NIP. 19640322 198903 1 001

Ir. Anang Syamsunihar, MP., 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, MT.
NIP. 19590102 198803 1 002

IJIN PENGGUNAAN PLASMA NUTFAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : DWITA ANGGRAENI
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat/Tanggal Lahir : Jember, 16 Februari 1993
NIM : 111510501103
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 :
“Karakter Fisiologis dan Agronomis Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi Dengan *Synechococcus* sp. Pada Media Dengan Berbagai Kadar Bahan Organik”

Dibuat di : Jember
Pada Tanggal : 17 Februari 2015

Menyetujui,
Inventor *Synechococcus* sp. strain Situbondo

Yang Mengajukan Ijin,

Ir. R. Soedradjad, MT
NIP. 195707181984031001

Dwita Anggraeni
NIM. 111510501103

RINGKASAN

Karakter Fisiologis dan Agronomis Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi dengan *Synechococcus* sp. pada Media dengan Berbagai Kadar Bahan Organik. Dwita Anggraeni. 111510501103. 2015. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Peningkatan produksi kakao Indonesia dapat dicapai dengan penggunaan bibit kakao berkualitas yang mencukupi secara kuantitas. Kualitas bibit kakao dapat ditinjau dari karakteristik fisiologis dan agronomis bahan tanam tersebut. Bibit berkualitas dapat diproduksi dengan pemberian bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik dengan kadar yang tepat pada media. *Synechococcus* sp. dapat meningkatkan laju fotosintesis tanaman. Bahan organik digunakan sebagai penambah ketersediaan hara dan penyangga air yang dapat digunakan tanaman dalam pertumbuhannya dan sebagai tambahan energi dalam proses fotosintesis.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. dan penambahan berbagai kadar bahan organik pada media terhadap karakter fisiologis dan agronomis bibit kakao. Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Badean, Kabupaten Bondowoso yang dimulai pada bulan Desember 2014 sampai dengan Maret 2015. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan Split Plot yang terdiri atas 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama sebagai petak utama adalah pemberian *Synechococcus* sp. (S), S0= bibit kakao non inokulasi *Synechococcus* sp dan S1= bibit kakao yang diinokulasi dengan *Synechococcus* sp. Faktor kedua sebagai anak petak yaitu kadar bahan organik (B) pada media tanam yang terdiri atas 5 taraf yaitu B0= 0% dari berat media, B1= 20% dari berat media, B2= 40% dari berat media, B3= 60% dari berat media, dan B4= 80% dari berat media.

Variabel yang diamati adalah karakter fisiologis yang meliputi pengukuran kandungan sukrosa, kandungan klorofil, konduktivitas stomata dan karakter agronomis yang meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan luas daun, serta parameter penunjang yaitu kelembaban dan suhu udara, serta intensitas cahaya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bibit kakao yang diinokulasi *Synechococcus* sp. dan penambahan bahan organik 60% meningkatkan karakter fisiologis bibit kakao yaitu pada kandungan klorofil sebesar 59,16%, konduktivitas stomata sebesar 63,49%, dan kandungan sukrosa sebesar 38,87%. Pengaruh tunggal *Synechococcus* sp. terhadap sifat fisiologis dan agronomis bibit kakao lebih baik dibandingkan bibit yang tidak diinokulasi. Kadar bahan organik optimum adalah 25 – 49,07% (g/g) pada media.

SUMMARY

Physiological and Agronomical characteristics of cocoa seedling (*Theobroma cacao* L.) associated with *Synechococcus* sp. in growing media with various level of organic matter. Dwita Anggraeni. 111510501103. 2015. Study Program of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Jember University.

The improvement of cocoa production in Indonesia can be realized through providing high quantity and quality of seedling. The quality of cocoa seedling is indicated by good physiological and agronomical characteristics. High quality seedling can be produced by application of *Synechococcus* sp. and organic matter with appropriate levels in media. *Synechococcus* sp. able to increase the rate of photosynthesis. Organic matter used to gain availability of nutrient and hold water that beneficial for plant growth and serve as additional energy for photosynthesis.

The aim of research was to study the effect of application of *Synechococcus* sp. and organic matter in media on physiological and agronomical characteristics of cocoa seedling. The research was conducted in Badean sub-district, Bondowoso starting from December 2014 to March 2015. Experimental design used was split plot with 2 factors and replicated 3 times. First factor as main plot was application of *Synechococcus* sp. (S) consisted of 3 levels, namely S0 = cocoa seedling wasnot inoculated with *Synechococcus* sp. and S1 = cocoa seedling was inoculated with *Synechococcus* sp. Second factor as sub plot was organis matter consisted of 5 levels, namely B0= 0% of media weight , B1= 20% of media weight, B2= 40% of media weight, B3= 60% of media weight, and B4= 80% of media weight.

Response variables observed was not only physiological characteristics such as sucrose content, chlorophyll content and stomatal conductivity but also agronomical characteristics such as the height of plant, number of leaves, diameter of steam, leaf area, and supporting variables like humidity, air temperature and light intensity.

The results showed that cocoa seedling inoculated with *Synechococcus* sp. and 60% of organic matter increased physiological characteristics of cocoa seedling on chlorophyll content 59,16%, stomatal conductivity 63,49%, and

sucrose content 38,87%. The effect of single factor of *Synechococcus* sp. on physiological and agronomical characteristics of cocoa seedling better than seedling with no inoculation. Optimum organic content in media was 25-49.07% (g/g).



PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Karakter Fisiologis dan Agronomis Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Berasosiasi dengan *Synechococcus* sp. pada Media dengan Berbagai Kadar Bahan Organik” sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tulisan ini, terutama kepada :

1. Orangtuaku tercinta Ibunda Nunik Purbowati, ayahanda Mulyono, dan kakak Fitria Anggraeni yang telah memberi doa restu, kasih sayang, semangat, dan dorongan moril serta materiil hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Dr. Ir. Jani Januar, M.T. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Dr. Ir. Sugeng Winarso, M. Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ir. Anang Syamsunihar, MP. Ph.D, selaku Dosen Pembimbing Anggota, dan Ir. Raden Soedradjad, MT., selaku Dosen Penguji dan inventor bakteri *Synechococcus* sp. yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan ilmunyadalam membimbing penulisan skripsi ini.
4. Ir. Paniman Asna Mihadja, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingannya selama masa kuliah.
5. Ir. Hari Purnomo, M.Si, Ph.D.DIC. selaku Ketua Program Studi Agroteknologi.
6. Ir. Irwan Sadiman, M.P. selaku Ketua Program Beasiswa Unggulan.
7. Bapak Wanto, bapak Kusnan, dan bapak Suryani selaku teknisi lapang Puslit Kopi dan Kakao Indonesia yang telah banyak membantu dan membimbing dalam pelaksanaan penelitian ini.
8. Fajar Dewandaru dan keluarga yang selalu memberi doa dan semangat hingga terselesaikannya skripsi ini.
9. Sahabat tersayang Atik Kusumawati, Rini Saadatul M, dan Avav Tamara yang selalu memberi doa, semangat, dan dukungan.

10. Keluarga besar Beasiswa Unggulan 2011, Saadatul H, Fandi A, Yustina R, Tirto W, Dewi P, Ennis H, Andiar S, Rahmat B, dan semua teman-temanku yang selalu membantu, mendukung, memberi semangat, dan menjadi teman berbagi suka dan duka.
11. Teman-teman angkatan 2011 Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah banyak membantu penulis selama studi.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang memberi dorongan bagi penulis selama studi sampai penulisan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga diharapkan adanya saran dan kritik untuk perbaikan selanjutnya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 10 Juni 2015

Penulis

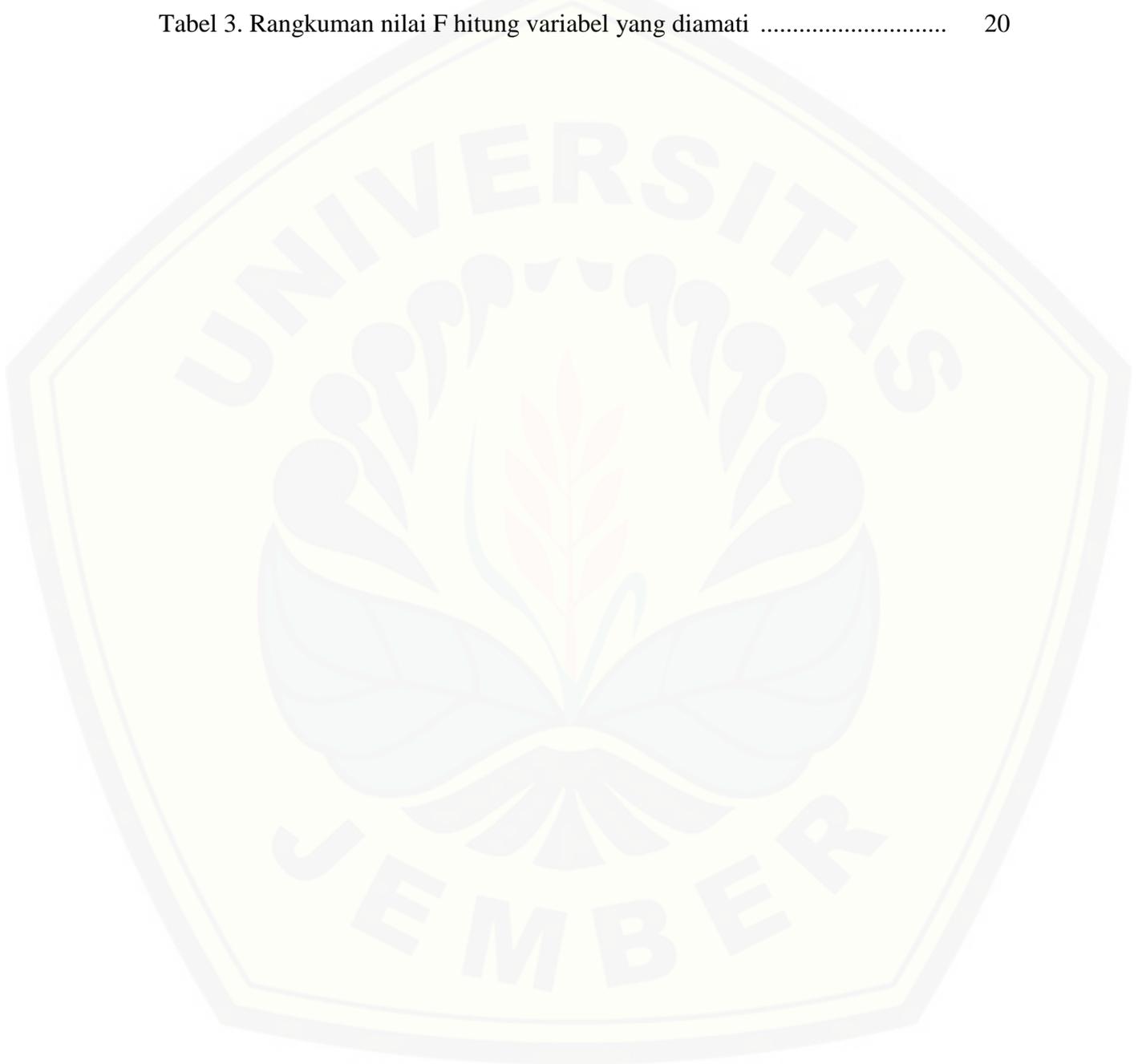
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PESEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
IJIN PENGGUNAAN PLASMA NUTFAH	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1.PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan dan Manfaat	4
1.3.1 Tujuan	4
1.3.2 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	5
2.2 Bakteri <i>Synechococcus</i> sp.....	7
2.3 Bahan Organik.....	8
2.4 Fotosintesis	10
2.5 Hipotesis.....	11
BAB 3. BAHAN DAN METODE	
3.1 Waktu dan Tempat.....	12
3.2 Bahan dan Alat	12

3.2.1 Bahan	12
3.2.2 Alat	12
3.3 Rancangan Percobaan	12
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	13
3.4.1 Pengadaan Bibit.....	13
3.4.2 Analisis Bahan Organik	13
3.4.3 Persiapan bahan Organik	14
3.4.4 Aklimatisasi Bibit.....	14
3.4.5 Perbanyakkan Bakteri	14
3.4.6 Persiapan Aplikasi Bakteri.....	14
3.4.7 Pemeliharaan	15
3.4.8 Pengamatan	15
3.5 Pengumpulan Data	15
3.5.1 Data Utama.....	15
3.5.2 Data Pendukung	17
3.6 Analisis Data	17
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kondisi Lingkungan Penelitian	18
4.2 Hasil dan Pembahasan	19
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Luas tanaman dan produksi kakao (2009-2013).....	1
Tabel 2. Kriteria bibit kakao siap pindah lapang	2
Tabel 3. Rangkuman nilai F hitung variabel yang diamati	20

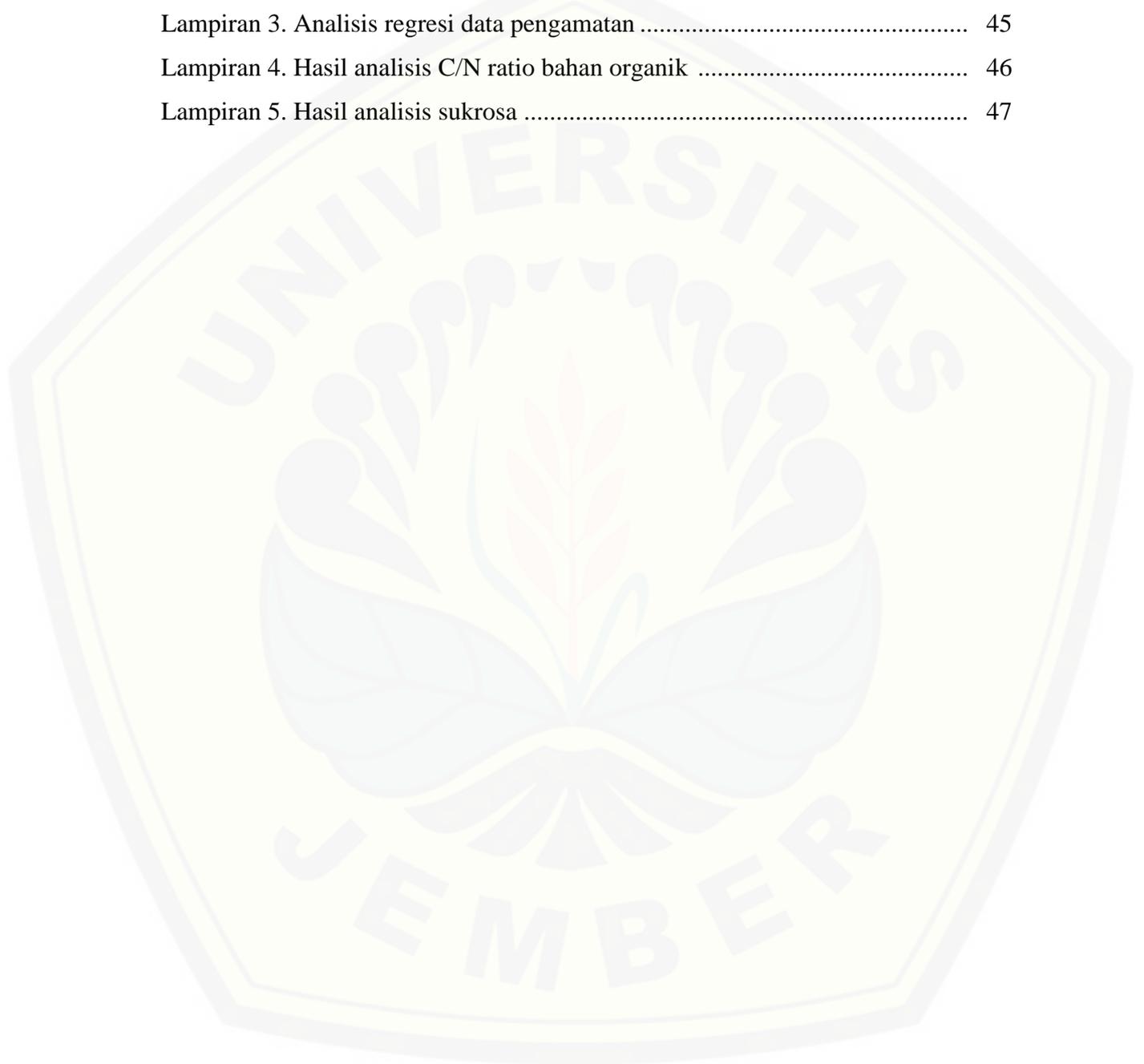


DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Denah Rancangan Percobaan	13
Gambar 2. Kondisi lingkungan di lokasi penelitian.....	18
Gambar 3. Grafik kandungan klorofil daun	21
Gambar 4. Grafik nilai konduktivitas stomata	23
Gambar 5. Grafik hasil analisis kandungan sukrosa daun kakao.....	25
Gambar 6. Grafik tinggi bibit kakao	27
Gambar 7. Grafik jumlah daun bibit kakao.....	29
Gambar 8. Grafik luas daun bibit kakao	30
Gambar 9. Grafik diameter batang bibit kakao.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Kegiatan	40
Lampiran 2. Analisis ragam data pengamatan	42
Lampiran 3. Analisis regresi data pengamatan	45
Lampiran 4. Hasil analisis C/N ratio bahan organik	46
Lampiran 5. Hasil analisis sukrosa	47



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kakao terbesar di dunia. Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah tanaman komersial yang sangat potensial untuk dikembangkan di Indonesia selain tanaman karet, kelapa sawit, dan kopi. Tanaman kakao termasuk salah satu komoditas unggulan nasional karena dapat menunjang perekonomian masyarakat dengan sumbangan devisa terbesar ketiga pada sub sektor perkebunan. Konsumsi produk kakao dunia meningkat sebesar 10% antara tahun 2002 sampai 2010 di beberapa negara. Pada tahun 2010 mencapai tingkat konsumsi sekitar 5.540.000 ton (ICCO, 2012). Semakin meningkatnya permintaan kakao dunia tersebut, maka perlu dilakukan peningkatan produktivitasnya 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 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2013). Menurut data BPS (2013), luas tanaman perkebunan kakao dan produksinya mengalami penurunan pada tahun 2012 jika dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Namun pada data sementara yang didapatkan, terjadi kenaikan luas tanaman kakao dan produksinya di tahun 2013 (Tabel 1). Bertambahnya luas tanaman kakao tersebut, memastikan bahwa dibutuhkan bibit kakao yang akan lebih banyak pula.

Tabel 1. Luas tanaman dan produksi kakao (2009 – 2013)

Tahun	Luas tanaman kakao (000 Ha)	Produksi kakao (ton)
2009	95.3	67.60
2010	92.2	65.15
2011	94.3	67.54
2012	81.1	53.30
2013*	84.7	54.50

* Angka Sementara

Sumber : BPS, 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 kakao merupakan tanaman tahunan yang tetap ekonomis hingga umur ± 37 tahun, sehingga apabila bibit yang digunakan tidak baik maka akan menyebabkan kerugian dalam jangka panjang. Selain itu, pertumbuhan bibit kakao di lapangan sangat ditentukan oleh pertumbuhan tanaman selama masa pembibitan. Oleh karena itu, pada masa pembibitan dibutuhkan pengembangan teknologi dan pemeliharaan tanaman dengan baik.

Bibit tanaman kakao yang baik dapat dilihat dari pertumbuhannya. Menurut Sunanto (1992), pertumbuhan bibit kakao yang baik dan siap pindah lapang adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Kriteria Bibit Kakao Siap Pindah Lapang

No.	Karakter	Standart Mutu
1.	Umur bibit (bulan)	4 – 5
2.	Tinggi bibit (cm)	50 – 60
3.	Diameter batang (mm)	≥ 8
4.	Jumlah daun (lembar)	20 -24

Sumber : Sunanto, 1992

Pertumbuhan tanaman akan baik apabila semua kebutuhan tanaman terpenuhi. Kebutuhan untuk tumbuh bagi tanaman sangat beragam seperti senyawa-senyawa organik, zat pengatur tumbuh, unsur hara, mikroorganisme, dan lingkungan yang baik. Terpenuhinya kebutuhan untuk tumbuh tersebut akan mendukung kegiatan fisiologisnya. Salah satu pengembangan teknologi yang dapat dilakukan untuk mendukung kegiatan fisiologis tanaman adalah dengan penambahan bakteri fotosintetik *Synechococcus* sp. Bakteri *Synechococcus* sp. merupakan bakteri dari kelompok cyanobacteria yang diketahui memiliki

kemampuan untuk memanfaatkan energi cahaya untuk fotosintesis. Hal tersebut dikuatkan dengan hasil penelitian dari Soedradjad dan Avivi (2005), bahwa bakteri *Synechococcus* sp. dapat memacu proses fotosintesis pada tanaman kedelai.

Penambahan bakteri *Synechococcus* sp. pada bibit tanaman kakao dirasa penting karena kakao merupakan tanaman C3. Salah satu karakteristik tanaman C3 yaitu fotorespirasinya yang tinggi pada penyinaran tinggi sehingga dengan penambahan bakteri ini dapat meningkatkan fotosintesis tanaman. Proses fotosintesis dapat berlangsung dengan baik apabila ketersediaan bahan bakunya tercukupi, salah satunya air dan hara. Ketersediaan air pada media pembibitan terbatas sehingga belum tentu mencukupi kebutuhan tanaman. Oleh karena itu, media yang digunakan sebaiknya dapat menyerap dan menahan air dalam jumlah yang banyak dan mencukupi kebutuhan hara tanaman. Upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan menambahkan bahan organik pada media tanam kakao.

Bahan organik merupakan salah satu komponen penentu kesuburan tanah yang diketahui dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Terdapat hubungan antara peningkatan bahan organik dengan peningkatan kandungan air tersedia. Menurut Supriyadi (2008), kandungan air tersedia pada tanah akan mengalami peningkatan antara 1–10 g untuk setiap peningkatan bahan organik sebanyak 1 g. Selain itu, dalam proses fotosintesis dibutuhkan energi untuk menguraikan bahan baku hingga menjadi produk hasil fotosintesis yaitu glukosa dan oksigen. Energi tersebut didapatkan dari unsur hara yang dihasilkan oleh penambahan bahan organik pada media tanam. Bahan organik mampu menjadi sumber hara yang bermanfaat bagi tanaman.

Penggunaan media tanam yang banyak mengandung bahan organik akan sangat menguntungkan bagi pertumbuhan bibit kakao. Bibit kakao yang diasosiasikan dengan bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik dengan kadar yang tepat akan memberikan keseimbangan antara kebutuhan fisiologis tanaman dan ketersediaan air serta hara di media tanam sehingga pertumbuhan bibit kakao baik.

1.2 Rumusan Masalah

Penyediaan bibit kakao berkualitas saat ini sangat penting karena adanya pengembangan kakao. Bibit kakao yang berkualitas dapat dihasilkan dengan pemanfaatan bakteri fotosintetik *Synechococcus* sp sebagai pupuk hayati yang dapat meningkatkan laju fotosintesis. Selain itu, dapat juga dilakukan penambahan bahan organik pada media sebagai penyangga air dan penyedia unsur hara. Penambahan kedua bahan tersebut diharapkan dapat menyeimbangkan kebutuhan fisiologis tanaman dan ketersediaan air serta hara di media tanam. Oleh karena itu, perlu dikaji bagaimana karakteristik fisiologis dan agronomis bibit kakao yang diaplikasi oleh *Synechococcus* sp.pada media dengan penambahan berbagai kadar bahan organik.

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. dan penambahan berbagai kadar bahan organik pada media terhadap karakter fisiologis dan agronomis bibit kakao.

1.3.2 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan tambahan informasi tentang upaya untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kakao dengan memberikan bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik pada media.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat memberi informasi mengenai karakteristik fisiologis dan agronomis bibit kakao yang berasosiasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. pada media dengan berbagai kadar bahan organik sebagai bahan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Tanaman kakao termasuk marga *Theobroma*, suku dari *Sterculiaceae* yang banyak diusahakan oleh perkebunan, baik perkebunan swasta maupun perkebunan negara. Dalam botani atau ilmu tumbuh-tumbuhan, menurut Susanto (1994), taksonomi tanaman kakao adalah sebagai berikut :

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Sub kelas	: <i>Dialypetaleae</i>
Bangsa	: <i>Malvales</i>
Suku	: <i>Sterculiaceae</i>
Marga	: <i>Theobroma</i>
Jenis	: <i>Theobroma cacao</i> L.

Kakao memiliki sifat dimorfisme, artinya mempunyai dua bentuk tunas vegetatif, yaitu tunas ortotrop (pertumbuhan ke atas) dan plagiotrop (pertumbuhan ke samping). Daun kakao juga bersifat dimorfisme. Tangkai daun berbentuk silinder dan bersisik halus, bergantung pada tipenya. Salah satu sifat khusus daun kakao yaitu adanya dua persendian (*articulation*) yang terletak di pangkal dan ujung tangkai daun. Kakao adalah tanaman dengan sebagian besar akar lateralnya berkembang dekat permukaan tanah. Bunga kakao bersifat kauliflori yang berarti bunga tumbuh dan berkembang dari bekas ketiak daun pada batang dan cabang. Pada buah, kakao memiliki dua dasar warna, yaitu buah yang ketika muda berwarna hijau keputihan dan jika tua menjadi berwarna kuning, dan yang kedua ketika muda berwarna merah, setelah masak berwarna jingga (oranye). Biji kakao dibungkus oleh daging buah (pulpa) yang berwarna putih, rasanya asam manis dan diduga mengandung zat yang dapat menghambat perkecambahan. Biji kakao tidak memiliki masa dormansi (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2010).

Syarat tumbuh tanaman kakao adalah memiliki kadar hara makro dan mikro yang baik, pH netral atau berkisar antara 5,6 – 6,8. Tekstur tanah yang dikehendaki oleh tanaman kakao adalah yang semakin rendah lempungnya karena semakin tinggi kadar lempungnya, semakin rendah daya dukungnya terhadap pertumbuhan kakao (Puslit Kopi dan Kakao Indonesia, 2004). Tanaman kakao dapat tumbuh pada daerah dengan curah hujan 1.100-3.000 mm per tahun. Suhu yang ideal untuk tanaman kakao adalah 30⁰-32⁰C (maksimum) dan 18⁰-21⁰C (minimum). Tanaman kakao tidak menyukai pencahayaan penuh. Cahaya matahari penuh dapat menurunkan pertumbuhan tanaman karena tanaman kakao merupakan tanaman C3 yang mampu berfotosintesis pada suhu daun rendah (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2010).

Bahan tanam merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan budidaya tanaman kakao. Interaksi genetik dari bahan tanam yang unggul dengan lingkungan yang optimal akan menghasilkan pertumbuhan tanaman yang optimal pula. Kesalahan pemilihan bahan tanam bisa mengakibatkan kerugian dalam jangka panjang yakni selama tanaman kakao tersebut diusahakan. Oleh karena itu, pemilihan bahan tanam merupakan tindakan awal yang sangat penting dalam budidaya kakao dan menjadi modal dasar untuk mencapai produksi kakao sesuai dengan yang diharapkan (Wahyudi, dkk., 2008).

Tanaman kakao merupakan tanaman C3 yang membutuhkan intensitas cahaya yang berbeda selama masa pertumbuhannya. Bibit tanaman kakao tidak tahan terhadap penyinaran penuh sehingga membutuhkan naungan. Intensitas cahaya yang dibutuhkan oleh bibit kakao umur 3 – 4 bulan tidak lebih dari 60%. Menurut penelitian Nasaruddin, dkk (2006), menunjukkan bahwa tanaman kakao muda dengan pemberian naungan memperlihatkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan pada pertumbuhan tanaman kakao tanpa naungan. Hal tersebut membuktikan bahwa tanaman kakao muda tidak tahan terhadap penyinaran penuh dan membutuhkan tingkat intensitas cahaya matahari tertentu selama masa pertumbuhannya.

2.2 Bakteri *Synechococcus* sp.

Bakteri *Synechococcus* sp. merupakan bakteri yang dapat menangkap panjang gelombang cahaya yang tidak dapat ditangkap oleh tanaman. Hal itu terjadi karena selain mempunyai klorofil A, bakteri ini juga memiliki fikobilin yang berisi fikosianin (pigmen biru) dan fikoeritrin (pigmen merah) (Lakitan, 1995). Menurut penelitian Soedradjad dan Avivi (2005), *Synechococcus* sp. adalah bakteri bersel satu yang mampu hidup dan berkoloni di permukaan daun kedelai, baik di bagian atas permukaan daun maupun di bagian bawah daun. Bakteri yang berkoloni dengan tanaman tersebut disebut dengan asosiasi filofanerofit atau asosiasi bakteri filofanerofit.

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. (Setia, dkk., 2013). Berdasarkan penelitian Rosidi (2011), tanaman kedelai yang berasosiasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. dan diberi penambahan pestisida berpengaruh nyata terhadap laju fotorespirasi. Laju fotorespirasi pada varietas baluran menurun hingga 49,5%. Namun, perlakuan tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap laju fotosintesisnya. Pada penelitian Setiawan (2012), diketahui 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.

Berdasarkan penelitian Soedradjad dan Syamsunihar (2008), keberadaan bakteri *Synechococcus* sp. pada tanaman kedelai dapat meningkatkan aktivitas nitrogenase sehingga terjadi peningkatan serapan nitrogen tersebut akan berdampak pada peningkatan kandungan N-total daun sebesar 25%. Adanya penambahan kandungan nitrogen tersebut dapat memacu pertumbuhan tanaman karena nitrogen memiliki fungsi sebagai penyusun asam amino dan protein serta klorofil daun tanaman. Bakteri *Synechococcus* sp. pada tanaman kedelai dapat meningkatkan kandungan klorofil daun karena dapat menyumbang unsur N dalam

pembentukan zat hijau daun yang berguna dalam proses fotosintesis (Setia, dkk., 2013).

Adanya aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. pada daun tanaman kedelai dapat berpengaruh nyata terhadap peningkatan kandungan auksin. Hal tersebut terjadi pada penelitian Mulyanto (2009), pada tanaman kedelai yang diaplikasikan *Synechococcus* sp. kandungan auksin meningkat sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kandungan auksin yang tinggi akan berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tinggi tanaman karena auksin berperan dalam pengembangan sel-sel yang ada di daerah belakang meristem sehingga sel menjadi panjang (Dwijoseputro, 1981).

2.3 Bahan Organik

Media tanam memiliki fungsi pokok yaitu membuat aerasi yang baik bagi tanaman sehingga mampu menahan air dan unsur hara, mempunyai ruang yang cukup untuk perkembangan akar, dan merupakan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Agustin, dkk (2010), tanaman kakao menyukai media tanam yang memiliki struktur remah dan agregat yang mantap sehingga tercipta aerasi yang baik. Media yang diharapkan adalah media ringan dan memiliki ketahanan terhadap tekanan sehingga dapat memperkokoh tegaknya tanaman. Penambahan bahan organik pada media tanam merupakan salah satu aspek penting dan harus diperhatikan dalam usaha budidaya tanaman.

Bahan organik sangat bervariasi tergantung pada bahan dasar pembentuknya, seperti dari sisa tanaman, sisa hewan, ataupun dari sisa industri (Hatta, 2011). Peran bahan organik yaitu dapat memperbaiki struktur fisik, kimia, dan biologi tanah. Keberadaan bahan organik dalam tanah dapat meningkatkan agregat dan aerasi tanah, menyediakan hara, dan daya pegang air (Reganold dalam Yulianti, 2010). Bahan organik memiliki keunggulan daripada bahan anorganik karena mampu menyediakan unsur hara dan memberikan pori makro dan mikro yang seimbang pada media sehingga sirkulasi udara yang dihasilkan baik.

Hasil dari pemberian bahan organik pada media akan berbeda tergantung dari jenis bahan organik yang diberikan, kuantitas, lama waktu inkubasi dan cara

pemberiannya. Jenis bahan organik yang berbeda akan memberikan pengaruh berbeda pula pada sifat kimia, fisika dan biologi tanah. Bahan organik yang memiliki rasio C/N yang tinggi dapat mendukung perkembangan mikroorganisme tanah (Hsech dan Hsech; 1990 dalam Riniarti, dkk., 2012).

Menurut Kasno (2009), bahan organik yang rendah pada tanah akan menyebabkan produktivitas tanaman rendah. Hasil dekomposisi bahan organik dapat meningkatkan kesuburan tanaman yaitu berupa hara makro (N, P, dan K), hara makro sekunder (Ca, Mg, dan S) serta hara mikro. Hasil dekomposisi bahan organik juga dapat berupa asam organik yang dapat meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Nitrogen merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan tanaman sehingga sering menjadi nutrisi tanah yang membatasi pertumbuhan tanaman. Nitrogen tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman melainkan diubah terlebih dahulu dalam bentuk nitrat (NO_3^-) atau ammonia (NH_4^+). Namun senyawa ini pasokannya terbatas dan mudah hilang sehingga ketersediaannya harus diperhatikan (Soedradjad dan Syamsunihar, 2008).

Bahan organik dapat mengalami perubahan yang cepat apabila terjadi gangguan. Hal ini dikarenakan bahan organik sangat peka terhadap adanya perubahan pada suatu ekosistem sehingga dalam jangka panjang dapat mempengaruhi produktivitas lahan (Sabaruddin, dkk., 2009). Menurut penelitian Supriyadi (2008), kandungan bahan organik pada tanah dapat menurun diakibatkan oleh pengelolaan lahan yang belum berbasis konversi dengan memanfaatkan potensi bahan organik yang ada. Penambahan kandungan bahan organik pada tanah dapat dilakukan dengan mempertahankan sisa panen dan mengaplikasikannya sebagai kompos dan cara lainnya.

Bahan organik dapat meningkatkan kapasitas air tersedia dan meningkatkan kemampuan tanah untuk bertahan pada kekeringan. Kandungan air tanah yang tersedia bagi tanaman pada umumnya akan meningkat 1 – 10 g untuk setiap peningkatan 1 g kandungan bahan organik tanah. Peningkatan tersebut tidak terlalu besar namun dapat membantu pertumbuhan tanaman apabila tidak ada hujan selama 5 – 10 hari (Supriyadi, 2008). Unsur hara dari bahan organik yang diserap tanaman mampu memberikan kontribusi terhadap peningkatan berat

kering tanaman. Hal tersebut dikarenakan bahan organik dalam tanah menyediakan zat pengatur tumbuh yang memberikan keuntungan seperti vitamin, asam amino, auksin, dan giberelin yang berasal dari dekomposisi bahan organik.

2.4 Fotosintesis

Fotosintesis merupakan suatu proses pembentukan karbohidrat dan pelepasan oksigen pada tanaman dengan bahan dasar H_2O dan CO_2 serta menggunakan energi matahari dan pigmen lainnya dalam prosesnya. Pertumbuhan tanaman tergantung pada aktivitas sistem fotosintesis, baik pada kemampuan menghasilkan fotosintat pada organ vegetatifnya dan kemampuan fotosintesis untuk berjalan lebih efisien (Fitter and Hay, 1991). Sasmitamihardja dan Siregar (1996), menyebutkan bahwa pigmen fotosintesis yang utama yaitu klorofil karena cahaya matahari yang diterima oleh tanaman dalam fotosintesis diabsorpsi oleh klorofil. Klorofil merupakan zat hijau daun yang terdapat pada semua tumbuhan hijau yang berfotosintesis. Klorofil disintesis di daun dan berperan sebagai penangkap cahaya matahari yang pada tiap spesies jumlahnya berbeda.

Klorofil akan mengkonversi energi cahaya yang belum dapat digunakan secara langsung menjadi molekul-molekul energi yang dapat digunakan dalam bentuk energi kimia. Energi kimia yang dibentuk yaitu ATP dan NADPH. Atom hidrogen dari molekul H_2O digunakan untuk mereduksi $NADP^+$ menjadi NADPH dan O_2 yang dilepaskan sebagai hasil samping dari reaksi fotosintesis (Ai, 2012). Selain itu, menurut Li, *et al.*, (2006) menyatakan bahwa klorofil merupakan komponen utama kloroplas dan kandungannya relatif berkorelasi positif dengan laju fotosintesis. Klorofil merupakan pigmen untuk menangkap cahaya yang digunakan dalam proses fotosintesis, sehingga semakin banyak jumlah molekul klorofil yang terdapat pada daun maka dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis yang terjadi pada tanaman (Soedrajad dan Janindra, 2010).

Faktor lain penentu fotosintesis adalah konduktivitas stomata. Konduktivitas stomata merupakan kemampuan stomata untuk melepas uap air ke udara pada saat membuka optimum. Stomata merupakan bagian pori tanaman yang digunakan untuk pertukaran gas antara udara di dalam tanaman dengan udara yang terdapat

pada lingkungan (Hopkins, 1995). Membuka dan menutupnya stomata dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Iriawati (2009), konduktivitas stomata sangat dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Stomata daun akan menutup apabila tanaman kekurangan air sehingga terjadi hambatan masuknya CO₂ dan menurunkan aktivitas fotosintesis (Ai dan Banyo, 2011).

Jumlah stomata per satuan luas daun sangat bervariasi pada jenis tumbuhan yang berbeda dan tergantung dari keadaan lingkungan. Daun yang tumbuh pada lingkungan kering dan intensitas cahaya yang masuk tinggi, cenderung memiliki stomata banyak dan kecil dibandingkan dengan yang hidup pada lingkungan basah dan terlindung (Prawiranata, dkk., 1989). CO₂ yang masuk melalui stomata akan menuju siklus calvin pada proses fotosintesis dimana pada siklus tersebut terdapat proses karboksilasi, reduksi, dan regenerasi (Salisbury and Ross, 1995).

2.5 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini yaitu aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. dan penambahan bahan organik pada media dapat mempengaruhi karakter fisiologis dan agronomis bibit kakao.

BAB 3. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Badean, Kabupaten Bondowoso. Analisis dilakukan di Laboratorium Analisis Tanaman Jurusan Budidaya Pertanian, Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Desember 2014 sampai dengan Maret 2015.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah biakan F1 bakteri *Synechococcus* sp, bibit kakao lindak klon ICS 60, dan bahan organik.

3.2.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *SPAD-502* Minolta untuk mengukur klorofil daun, alat untuk mengukur sukrosa menggunakan metode resorcinol, *Leaf Porometer* untuk mengukur konduktivitas stomata, penggaris untuk mengukur tinggi, jangka sorong untuk mengukur diameter batang tanaman, timbangan analitik, dan gunting. Selain itu terdapat alat-alat lain yang digunakan seperti termometer bola basah bola kering untuk mengukur suhu dan kelembaban relatif, *lux meter* untuk mengukur intensitas cahaya, polibag, handsprayer, timba, sekop, kamera, alat tulis, dan beberapa alat pendukung lainnya.

3.3 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Split Plot yang terdiri atas 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama sebagai petak utama yaitu bakteri *Synechococcus* sp. (S) sebagai berikut :

S0 = non inokulasi bakteri *Synechococcus* sp.

S1 = inokulasi bakteri *Synechococcus* sp.

Faktor kedua sebagai anak petak yaitu dosis bahan organik (B) pada media tanam yang terdiri atas 5 taraf yaitu :

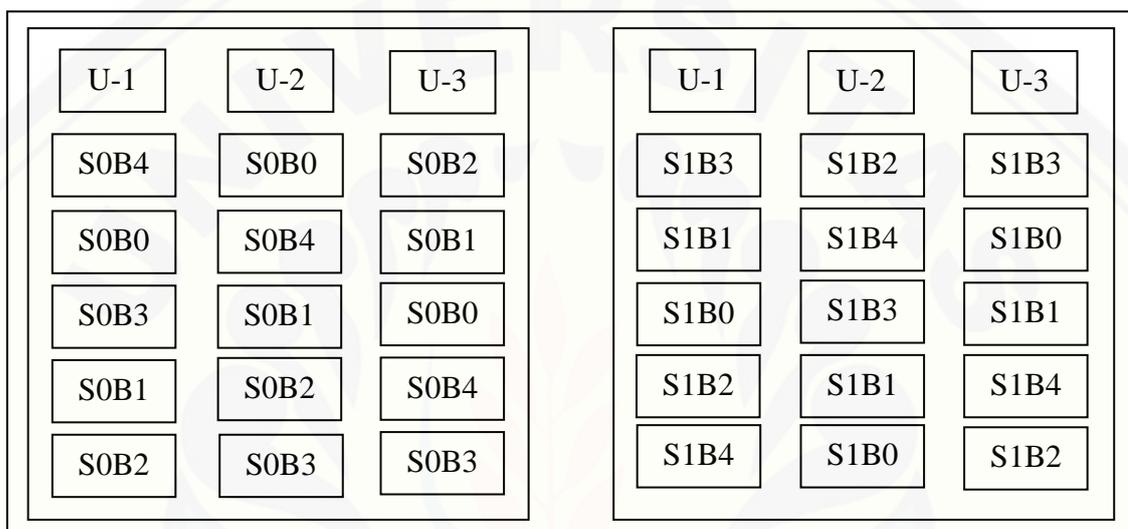
B0 : berat bahan organik 0% dari berat media 2 kg

B1 : berat bahan organik 20% dari berat media 2 kg

B2 : berat bahan organik 40% dari berat media 2 kg

B3 : berat bahan organik 60% dari berat media 2 kg

B4 : berat bahan organik 80% dari berat media 2 kg



Gambar 1. Denah Rancangan Percobaan

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengadaan Bibit

Bibit yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit kakao lindak klon ICS 60 yang berumur 2 bulan, yang diperoleh dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

3.4.2 Analisis Bahan Organik

Bahan organik yang akan digunakan dianalisis terlebih dahulu kandungan N dan C organiknya. Berdasarkan hasil analisis, bahan organik yang digunakan memiliki kandungan C organik sebesar 16,12% dan N total 1,29% sehingga nilai C/N rasionya 12,49 dan termasuk bahan organik yang telah matang. Nilai C/N ratio bahan organik yang matang adalah < 20 , apabila nilai ratio lebih tinggi maka

belum matang dan membutuhkan waktu dekomposisi yang lebih lama (Tisdale *et al*, 1997).

3.4.3 Persiapan Bahan Organik

Bahan organik yang akan digunakan ditimbang sesuai dengan perlakuan kemudian bahan organik tersebut dicampurkan pada media tanam yang akan digunakan.

3.4.4 Aklimatisasi Bibit

Bibit kakao yang telah dipindah tanam ke media perlakuan kemudian dilakukan aklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan dengan memberi sungkup pada bibit kakao selama kurang lebih 1 bulan. Sungkup dibuka secara bertahap agar bibit kakao siap untuk terkena cahaya matahari langsung. Selama proses aklimatisasi, perawatan pada bibit kakao seperti penyiraman dan penyemprotan fungisida tetap dilakukan.

3.4.5 Perbanyakkan Bakteri

Bakteri yang digunakan adalah biakan F1 bakteri fotosintetik *Synechococcus* sp. yang telah diidentifikasi sebelumnya. Bakteri ini memiliki bentuk uniseluler dan dapat pula berkoloni. Bakteri indukan dari simpanan dipindahkan pada *test tube* dengan media agar. Setelah terjadi perkembangan pada bakteri, agar memudahkan dalam menghitung jumlah koloni maka *Synechococcus* sp. dipindahkan pada cawan petri. Koloni *Synechococcus* sp. tersebut kemudian dihitung dengan jumlah minimal $100 \cdot 10^6$, kemudian diencerkan sesuai dengan taraf pengenceran yang diinginkan.

3.4.6 Persiapan Aplikasi Bakteri

Persiapan aplikasi bakteri dilakukan dengan cara membuat larutan bakteri yaitu dengan mencampurkan bakteri yang akan digunakan, aquadest, gula pasir, dan urea. Perbanyakkan dilakukan dengan cara mencampurkan 5 ml biakan bakteri murni *Synechococcus* sp., 50 g gula pasir dan 12 g urea ke dalam 1 l air. Kemudian

larutan bakteri diinkubasi selama 24 – 48 jam dalam kondisi anaerob. Kerapatan bakteri sebanyak 492×10^6 cfu/ml. Penambahan gula pasir pada larutan tersebut adalah sebagai sumber karbon untuk mengaktifasi bakteri. Dosis bakteri yang diberikan adalah 66,5 ml per tanaman.

Inokulasi bakteri dilakukan dengan cara menyemprotkan bakteri *Synechococcus* sp. sebanyak 3 kali dengan selang waktu pemberian 14 hari sehingga inokulasi dilakukan saat bibit kakao berumur 30 hari, 44 hari, dan 58 hari setelah aklimatisasi bibit.

3.4.7 Pemeliharaan

Pemeliharaan bibit dilakukan dengan cara melakukan penyiraman, pemupukan, penyiangan gulma, dan pengendalian OPT. Agar pertumbuhan bibit berjalan dengan baik dilakukan pemupukan Urea 2 g/bibit (Puslit Kopi dan Kakao Indonesia, 2010). Selain itu, dilakukan pemeliharaan bibit kakao dengan penyemprotan fungisida setiap 3 hari sekali untuk menghindari adanya jamur.

3.4.8 Pengamatan

Pengamatan dilakukan sesuai dengan variabel penelitian sampai terkumpul data yang dibutuhkan.

3.5 Pengumpulan Data

3.5.1 Data Utama

Data utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Kandungan Sukrosa

Pengukuran kandungan sukrosa dilakukan menggunakan metode resorcinol yaitu daunmuda yang telah berkembang sempurna sebanyak 0,5 g digerus sampai hancur. Hasil gerusan disuspensikan dengan akuades bebas ion sebanyak 1,5 ml, lalu dimasukan ke dalam tabung. Tabung dipanaskan pada suhu 100°C selama 10 menit, setelah dingin disentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm, suhu ruang, kemudian supernatan diambil dan volumenya diukur.

Kemudian 50 μL ekstrak sampel dan 70 μL 0,5 N NaOH dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu dipanaskan selama 10 menit. Setelah dingin ditambahkan 250 μL reagen resorcinol dan 750 μL 30% HCl, lalu diinkubasi pada suhu 80⁰C selama 8 menit. Setelah dingin intensitas warna diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Kandungan sukrosa dihitung dengan menggunakan kurva standar sukrosa (Miswar, 2013). Pengukuran kandungan sukrosa dilakukan di akhir pengamatan.

b. Konduktivitas Stomata

Pengukuran konduktivitas stomata atau daya hantar stomata dapat dilakukan menggunakan alat *Leaf Porometer* (SC-1) Decagon America. Pengukuran dilakukan dengan menjepit daun tanaman kakao yang akan diteliti dengan *leaf chamber*. Setelah kurang lebih 30 detik menjepit daun yang diteliti. Pengambilan data dilakukan di akhir pengamatan.

c. Kandungan Klorofil Daun

Jumlah klorofil daun dapat kita ketahui melalui pengukuran menggunakan alat yaitu SPAD – 502 Minolta. Pengukuran dilakukan seminggu setelah aplikasi bakteri *Synechococcus* sp.

d. Tinggi tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman (cm) yang diukur dari pangkal batang sampai ujung titik tumbuh tanaman tertinggi. Pengukuran dilakukan secara periodik dengan interval waktu 1 minggu.

e. Diameter batang

Pengukuran diameter batang dilakukan dengan mengukur pangkal batang menggunakan jangka sorong (mm) pada ketinggian 1 cm diatas permukaan media pembibitan dilakukan setiap 1 minggu sekali.

f. Jumlah Daun

Pengukuran jumlah daun (lembar) yaitu dengan menghitung jumlah daun yang sudah mencapai ± 7 cm dan berwarna hijau. Pengamatan dilakukan dengan interval waktu 1 minggu.

g. Luas Daun

Luas daun diukur menggunakan metode gravimetri yaitu dengan membandingkan replika daun yang telah diketahui berat dan luasnya. Pengukuran dilakukan di akhir pengamatan.

3.5.2 Data Pendukung

- a. Kelembaban (%) dan suhu udara (°C) yang diukur menggunakan termometer bola basah dan termometer bola kering pada pagi, siang, dan sore hari.
- b. Intensitas cahaya yaitu menggunakan alat *Lux Meter* yang diletakkan menghadap keatas sesuai dengan posisi yang diinginkan. Nilai intensitas cahaya akan muncul pada layar dengan satuan *lux*.

3.6 Analisis Data

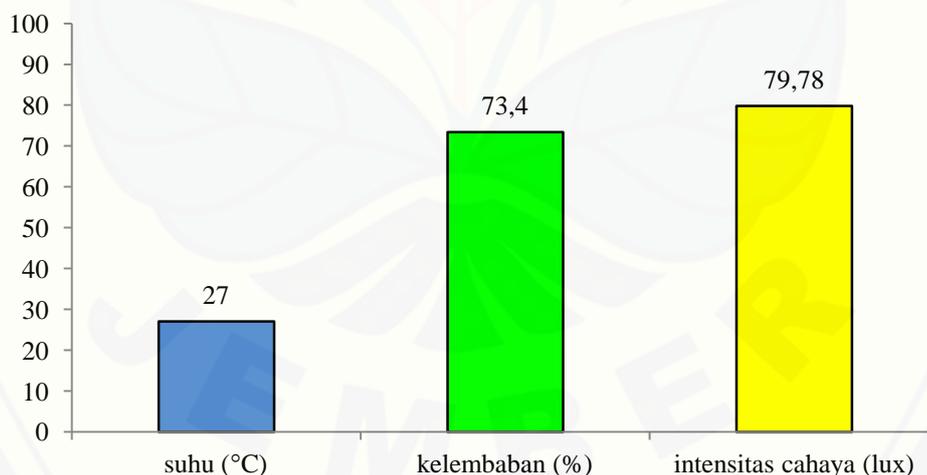
Data hasil pengamatan untuk parameter kandungan klorofil, konduktivitas stomata, tinggi, jumlah daun, dan luas daun dianalisis menggunakan analisis ragam (anova). Apabila terdapat beda nyata maka dilakukan uji lanjut menggunakan Uji Duncan pada taraf 5%.

Data parameter konduktivitas stomata dan luas daun ditransformasi terlebih dahulu dengan menggunakan rumus $x' = \sqrt{x + 0,5}$ untuk memenuhi syarat anova. Setelah uji Duncan data dikembalikan lagi pada data awal menggunakan rumus $x = (x')^2 - 0,5$.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lingkungan Penelitian

Pertumbuhan bibit tanaman kakao dapat optimal apabila didukung dengan kondisi lingkungan yang sesuai. Pada penelitian Karakter Fisiologis dan Agronomis Bibit Kakao yang Berasosiasi dengan *Synechococcus* sp pada Berbagai Kadar Bahan Organik ini, kondisi lingkungan pada saat penelitian meliputi suhu udara, kelembaban udara, dan intensitas cahaya matahari dapat dilihat pada Gambar 2. Rerata suhu udara harian pada saat penelitian berlangsung yaitu sebesar 27°C. Suhu tersebut sesuai dengan suhu yang ideal untuk tanaman kakao. Bibit kakao dapat tumbuh dengan baik pada suhu maksimum 30-32°C dan suhu minimum 18-21°C, akan tetapi suhu optimumnya adalah 23-27°C (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2010). Suhu yang lebih rendah dari 10°C akan mengakibatkan gugur daun dan mengeringnya bunga sehingga berkurang laju pertumbuhannya. Suhu tinggi akan memacu pembungaan, tetapi kemudian akan gugur dan kakao akan mengalami mati pucuk (Karmawati, dkk., 2010).



Gambar 2. Kondisi lingkungan di lokasi penelitian

Kelembaban di lokasi penelitian yaitu sebesar 73,4% dan intensitas cahaya matahari yang masuk yaitu sebesar 79,78 lux. Kondisi tersebut sesuai dengan pendapat Bintaran (2009), bahwa tanaman kakao menyukai daerah yang sedikit lembab yaitu 65 – 75%. Tanaman kakao merupakan salah satu tanaman yang

termasuk dalam golongan tanaman C3 sehingga tidak menyukai cahaya matahari penuh. Hal tersebut sesuai dengan Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan (2010) yang menyebutkan bahwa tanaman kakao tidak menyukai pencahayaan penuh. Cahaya matahari penuh dapat menurunkan pertumbuhan tanaman kakao karena kakao mampu berfotosintesis pada suhu daun rendah.

Tanaman C3 dalam tingkat penyinaran tinggi dan suhu panas akan memiliki kemampuan fotosintesis lebih lambat dan lebih sedikit menghasilkan biomassa daripada tanaman C4 (Salisbury and Ross, 1995). Lambatnya kemampuan fotosintesis tanaman C3 dikarenakan adanya kehilangan CO₂ pada saat fotorespirasi. Hal tersebut dapat mengurangi laju asimilasi CO₂ sekitar 25-50% (Fisher, 1992). Berdasarkan data yang ada, kondisi lingkungan selama penelitian untuk suhu dan kelembaban relatif homogen. Namun, intensitas cahaya yang masuk yaitu 79,78 lux lebih besar dibanding nilai optimumnya. Menurut Prawoto (2007), tanaman kakao akan melakukan fotosintesis dengan baik apabila cahaya matahari yang diterima tidak lebih dari 60%. Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan pertumbuhan bibit kakao selama penelitian berlangsung dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan perlakuan penelitian.

4.2 Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. dan berbagai kadar bahan organik pada media ini dilakukan pengamatan terhadap kandungan klorofil daun, konduktivitas stomata, kandungan sukrosa, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan diameter batang. Analisis kandungan sukrosa dilakukan di laboratorium analisis tanaman. Sedangkan untuk variabel pengamatan lainnya secara langsung diamati di lapang baik menggunakan alat maupun secara manual. Nilai F hitung dari data kandungan klorofil daun, konduktivitas stomata, tinggi tanaman, jumlah daun dan luas daun dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rangkuman nilai F hitung variabel yang diamati

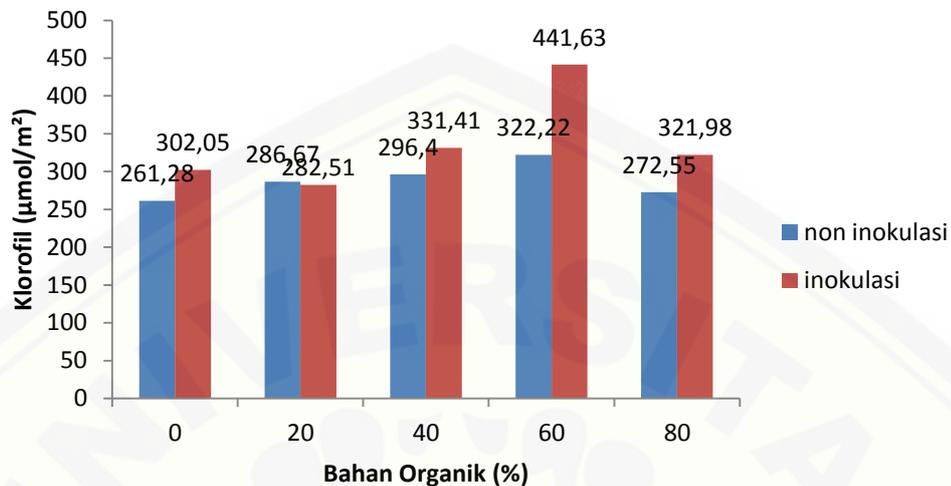
No.	Variabel Pengamatan	Nilai F-Hitung		
		Inokulasi <i>Synechococcus</i> sp (S)	Bahan Organik (B)	Interaksi (SxB)
1.	Klorofil	1.56 ns	1.28 ns	0.38 ns
2.	Konduktivitas stomata	7.28 ns	3.48 *	3.03 *
3.	Tinggi tanaman	11.47 ns	1.94 ns	0.33 ns
4.	Jumlah daun	0.02 ns	1.42 ns	0.34 ns
5.	Luas Daun	109.28 **	4.19 *	7.73 **

Keterangan : (ns) Berbeda tidak nyata; (*) Berbeda nyata; (**) Berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 3, interaksi antara inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik memberikan pengaruh berbeda tidak nyata pada kandungan klorofil, tinggi tanaman dan jumlah daun, berpengaruh berbeda nyata pada variabel konduktivitas stomata, dan berbeda sangat nyata untuk variabel luas daun. Perlakuan tunggal inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. memberi pengaruh berbeda tidak nyata pada variabel klorofil, konduktivitas stomata, tinggi tanaman, dan jumlah daun. Sedangkan pada luas daun memberikan pengaruh berbeda sangat nyata. Penambahan bahan organik pada media berpengaruh tidak nyata pada kandungan klorofil, tinggi tanaman, dan jumlah daun, berbeda nyata pada konduktivitas stomata dan luas daun. Kandungan sukrosa dilakukan analisis di laboratorium analisis tanaman.

Pada variabel klorofil daun, didapatkan hasil bahwa perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. maupun perlakuan kadar bahan organik pada media berpengaruh tidak nyata pada kandungan klorofil daun. Begitu pula pada interaksi antara perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan kadar bahan organik menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata terhadap kandungan klorofil daun. Pembentukan klorofil daun sangat ditentukan oleh beberapa faktor seperti faktor gen, cahaya, oksigen, karbohidrat, unsur-unsur makro dan mikro, air, dan temperatur (Dwijoseputro, 1981). Walaupun data hasil penelitian menunjukkan hasil berbeda tidak nyata, apabila data yang didapatkan digambarkan ke dalam

grafik, maka dapat dilihat perbedaan kandungan klorofil daun pada setiap kombinasi perlakuan.



Gambar 3. Grafik kandungan klorofil daun

Berdasarkan Gambar 3, kandungan klorofil daun paling tinggi yaitu pada kombinasi perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp dan bahan organik 60% yaitu sebesar 441,63 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Jika dilihat dari grafik tersebut, bibit kakao yang diinokulasi oleh bakteri *Synechococcus* sp. memiliki rata-rata kandungan klorofil yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bibit tanpa inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. Hal itu dikarenakan bakteri *Synechococcus* sp. mampu meningkatkan fungsi klorofil. Asimilasi metabolisme tanaman secara fotosintetik sangat berpengaruh pada kandungan klorofil yang bahan pembentuknya adalah nitrogen (Handriyani dan Setiari, 2009). Syamsunihar, dkk (2007) menyatakan bahwa meningkatnya kandungan klorofil diduga merupakan sumbangan koloni bakteri yang berupa pasokan nitrogen dan peningkatan fungsi klorofil.

Hasil penelitian ini dikuatkan oleh hasil penelitian terdahulu yaitu tanaman kakao yang diinokulasikan bakteri *Synechococcus* sp. dapat meningkatkan kandungan klorofil daun sebesar 1,37% dibandingkan dengan tanaman kakao tanpa inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. (Setiawan, 2012). Selain itu, pada penelitian Syah (2013), bibit tebu yang diinokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan diberi pupuk ZA 40g/6 potray memiliki kandungan klorofil lebih tinggi yaitu

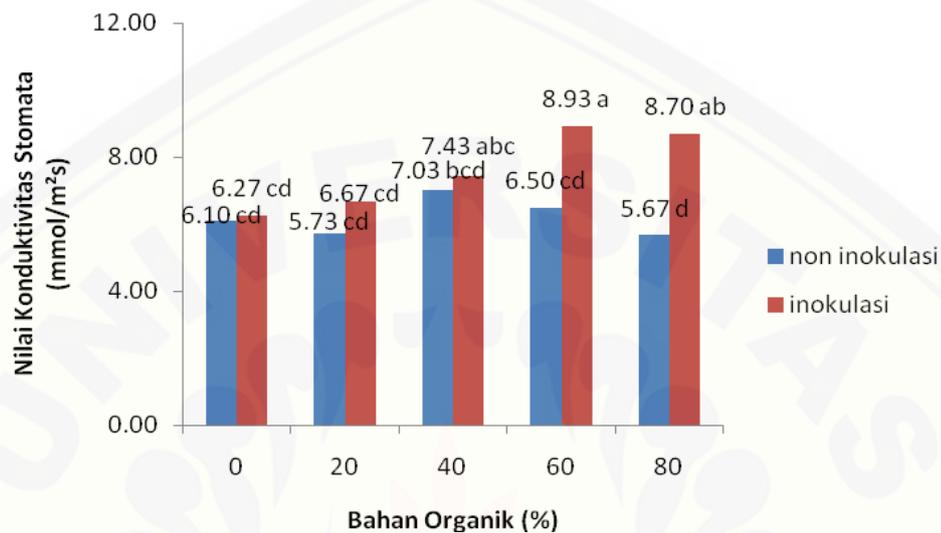
347,5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ dibandingkan dengan bibit tebu kontrol. *Synechococcus* sp. dapat meningkatkan rerata kandungan klorofil pada tanaman kedelai (Rosidi, 2011).

Pada bibit kakao yang tidak diinokulasi bakteri *Synechococcus* sp., dapat kita lihat bahwa perlakuan bahan organik 60% pada media juga memberikan kandungan klorofil tertinggi yaitu 322,22 $\mu\text{mol}/\text{s}^2$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa bahan organik 60% pada media dapat menyangga air dan mensuplai hara yaitu kandungan N yang sesuai untuk tanaman sehingga pembentukan klorofil menjadi tinggi. Ratio C/N pada bahan organik yang digunakan adalah 12,49 yang menunjukkan bahwa bahan organik yang digunakan tingkat kematangannya telah cukup. Bahan organik dengan kematangan yang cukup dapat menjadi sumber hara yang baik. Hasil dekomposisi bahan organik dapat meningkatkan kesuburan tanaman yaitu berupa hara makro (N, P, dan K), hara makro sekunder (Ca, Mg, dan S) serta hara mikro (Kasno, 2009). Menurut Prihastanti (2010), pembentukan klorofil akan optimal apabila kondisi lingkungan mampu mendukung proses fisiologis seperti ketersediaan air.

Kandungan klorofil pada daun bibit kakao tersebut, akan digunakan dalam proses fotosintesis yaitu reaksi terang dimana klorofil merupakan salah satu pigmen yang sangat penting dalam proses fotosintesis karena klorofil berfungsi sebagai penangkap cahaya matahari. Pada reaksi terang fotosintesis akan dihasilkan ATP dan NADPH yang akan diteruskan pada proses selanjutnya yaitu reaksi gelap. Menurut Soedradjad dan Janindra (2010), semakin banyak jumlah molekul klorofil yang terdapat pada daun maka dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis yang terjadi pada tanaman.

Selain klorofil daun, salah satu faktor yang mempengaruhi fotosintesis tanaman adalah konduktivitas stomata. Variabel pengamatan mengenai konduktivitas stomata pada penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh berbeda nyata pada interaksi antara inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan kadar bahan organik media. Nilai konduktivitas stomata tertinggi yaitu pada kombinasi perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik 60% pada media sebesar 8,93 $\text{mmol}/\text{m}^2\text{s}$. Nilai tersebut berbeda tidak nyata dengan kombinasi perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik 80%

serta perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik 40%. Namun, nilai tersebut berbeda nyata dengan perlakuan lainnya dan berbeda sangat nyata dengan perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik 80%.



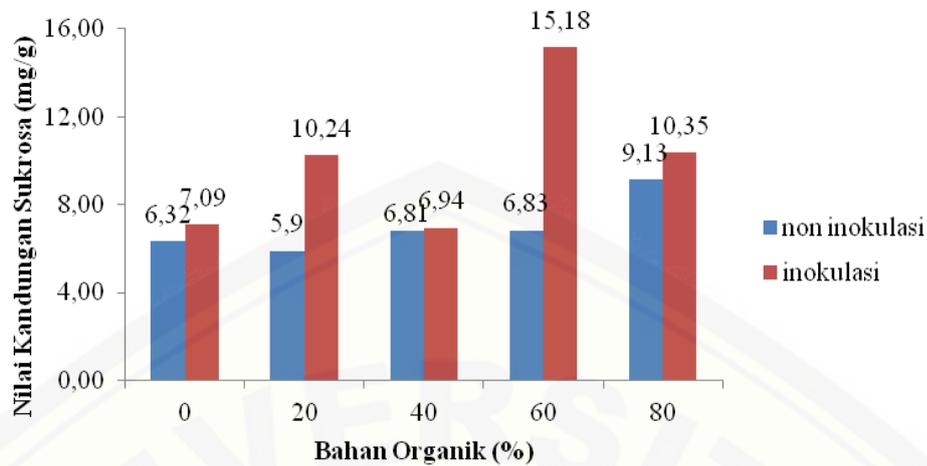
Gambar 4. Grafik nilai konduktivitas stomata

Perlakuan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik dengan kadar 60% memiliki nilai konduktivitas stomata tertinggi karena sebagian besar koloni bakteri yang diberikan membantu tanaman dalam memproduksi auksin sehingga kandungan auksin meningkat. *Synechococcus* sp. diduga membantu peningkatan kandungan auksin pada tanaman dengan mentranslokasikan hasil sintesis auksin melalui titik-titik entry point yang belum diketahui (Soedradjad, 2004). Kandungan auksin yang meningkat akan menurunkan kandungan asam absisat (ABA). Kandungan asam absisat merupakan pemberi sinyal pada tanaman saat lingkungan tidak mendukung untuk menutup stomata. Auksin merupakan hormon pemacu pertumbuhan sehingga berkorelasi positif dengan proses fotosintesis. Pada pagi hari, stomata cenderung membuka dan memungkinkan CO₂ masuk ke tanaman dan meningkatkan fiksasi CO₂. Hal tersebut akan meningkatkan laju fotosintesis tanaman. Konduktivitas stomata dapat menunjukkan nilai fotosintesis karena dapat mengetahui banyaknya air yang keluar diikuti CO₂ yang masuk ke dalam stomata dan digunakan untuk fotosintesis.

Selain itu, bahan organik 60% dapat menyediakan hara yang optimum dan dapat menyangga air dengan baik. Hal itu dikarenakan kekurangan air mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman. Pada saat kekurangan air, sebagian stomata daun menutup sehingga terjadi hambatan masuknya CO_2 dan menurunkan aktifitas fotosintesis (Ai dan Banyo, 2011). Pertumbuhan kakao sangat dipengaruhi oleh media tumbuhnya. Tekstur tanah yang baik untuk kakao adalah lempung liat berpasir dimana pasir, debu, dan liat membentuk agregat yang mampu menahan air serta mempunyai aerasi yang baik (Hendrata dan Sutardi, 2010).

Konduktivitas stomata pada bibit kakao akan digunakan dalam proses pertukaran gas CO_2 pada reaksi gelap fotosintesis yang terjadi di stroma. CO_2 sangat berpengaruh pada proses fotosintesis karena merupakan bahan baku atau input dari reaksi gelap dimana CO_2 akan diubah menjadi senyawa-senyawa karbon berupa gula dan energi berupa ATP maupun NADPH (Setiawan, 2012). Pada siang hari, gas CO_2 akan masuk melalui stomata dan gas O_2 akan keluar ke atmosfer. Reaksi gelap melibatkan suatu siklus yaitu siklus Calvin dimana CO_2 dan energi dari ATP digunakan untuk membentuk glukosa (Rianawaty, 2012).

Produk utama yang dihasilkan dalam proses fotosintesis adalah glukosa. Namun, karbohidrat yang ditranslokasikan pada beberapa bagian tanaman pada umumnya dalam bentuk sukrosa. Sukrosa akan ditranslokasikan pada bagian tumbuhan yang berfotosintesis sedikit atau tidak berfotosintesis sama sekali, seperti titik tumbuh akar dan batang, serta jaringan vegetatif baik di atas atau di dalam tanah (Prawiranata, dkk., 1989). Hasil penelitian menunjukkan nilai kandungan sukrosa pada daun tanaman kakao semua perlakuan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hasil analisis kandungan sukrosa daun kakao

Pada data hasil analisa tersebut, diketahui bahwa kandungan sukrosa tertinggi dimiliki oleh tanaman kakao dengan perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. dan bahan organik 60% yaitu sebesar 15,18 mg/g. Kandungan sukrosa terkecil yaitu pada perlakuan non inokulasi *Synechococcus* sp dan bahan organik 20% sebesar 5,90 mg/g. Berdasarkan Gambar 5 tersebut, dapat diketahui bahwa rerata tanaman yang diinokulasi oleh bakteri *Synechococcus* sp. memiliki kandungan sukrosa lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinokulasi bakteri *Synechococcus* sp. Hal tersebut disebabkan karena bakteri *Synechococcus* sp. dapat meningkatkan laju fotosintesis tanaman sehingga fotosintat yang dihasilkan juga meningkat. Menurut Todar (2004), *Synechococcus* sp. merupakan bakteri yang mampu mencukupi kebutuhan akan nitrogen dengan cara fiksasi nitrogen. Hal ini disebabkan bakteri *Synechococcus* sp. memiliki pigmen yang berupa *Phycobilisome* yang berperan pada penangkapan cahaya matahari yang tidak mampu diserap oleh tanaman untuk aktivitas fotosintesis.

Sukrosa pada bibit kakao yang diinokulasi oleh bakteri *Synechococcus* sp. lebih tinggi dikarenakan kandungan klorofil dan konduktivitas stomata pada tanaman tersebut juga cenderung lebih tinggi. Sehingga laju fotosintesis akan lebih tinggi pula, dimana fotosintesis akan menghasilkan glukosa dan akan ditranslokasikan dalam bentuk sukrosa. Tingginya nilai sukrosa tersebut menunjukkan bahwa fotosintesis yang terjadi pada bibit kakao yang diinokulasi *Synechococcus* sp. lebih tinggi daripada non inokulasi.

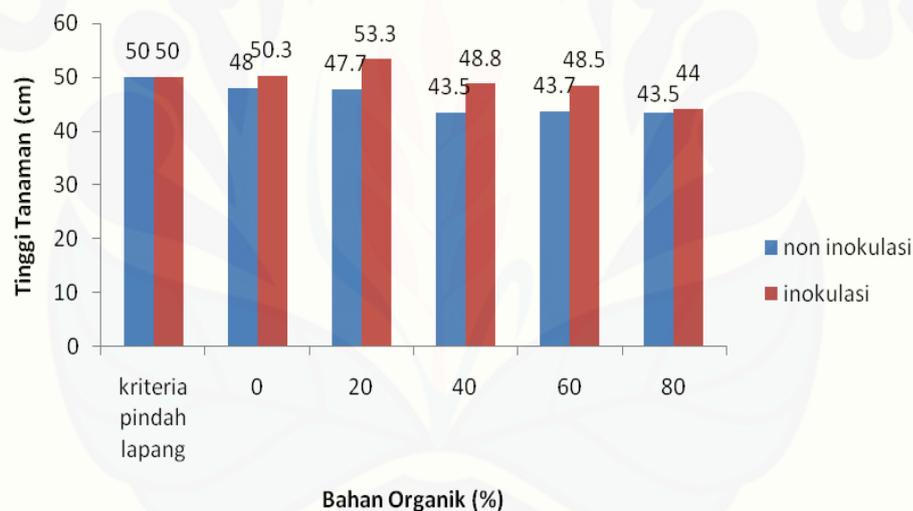
Adanya peningkatan nilai konduktivitas stomata maka terjadi peningkatan pertukaran gas di daun (uap air dan CO₂). Hal tersebut menyebabkan fiksasi CO₂ meningkat sehingga siklus calvin dalam proses fotosintesis akan meningkat pula. Peningkatan kerja pada siklus calvin tersebut akan berkorelasi positif dengan pembentukan glukosa. Glukosa yang dihasilkan akan dikonversi dalam bentuk sukrosa sehingga mudah ditranslokasikan pada bagian-bagian tanaman. Dengan demikian, peningkatan konduktivitas stomata akan pula meningkatkan kandungan sukrosa. Hal tersebut sesuai dengan hasil analisis regresi yang menunjukkan bahwa sebesar 70% nilai koefisien korelasi konduktivitas stomata dengan kandungan sukrosa dalam persamaan regresi $y = 9.780x - 18.03$ (Lampiran 3). Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa peningkatan konduktivitas stomata berkorelasi positif dengan kandungan sukrosa.

Bahan organik pada kadar 60% dapat menghasilkan kandungan sukrosa daun tertinggi. Bahan organik merupakan penyangga biologi yang mempunyai fungsi memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga tanah dapat menyediakan hara dalam jumlah berimbang (Herlina, 2011). Kadar bahan organik yang optimum dapat meningkatkan kandungan N yang dibutuhkan tanaman sehingga mendukung proses fisiologis. Media dengan kandungan bahan organik 0%, 20%, dan 40% masih belum mampu mencukupi kebutuhan N tanaman, sehingga tidak terlalu berpengaruh pada fisiologis tanaman. Sedangkan kadar bahan organik 80% terlalu tinggi, apabila kadar bahan organik terlalu tinggi, hal ini justru berdampak negatif dan menurunkan kandungan sukrosa.

Peningkatan laju fotosintesis akan meningkatkan hasil yang didapatkan yaitu glukosa dan diubah dalam bentuk yang siap untuk ditranslokasikan yaitu sukrosa. Sukrosa kemudian dimanfaatkan oleh tanaman dalam melakukan metabolisme hidupnya. Menurut Fung *et al* (2003), selain berfungsi dalam penyediaan energi dan kerangka karbon, sukrosa juga berfungsi dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sukrosa adalah hasil fotosintesis yang merupakan bahan dasar untuk sintesis substrat-substrat pertumbuhan. Substrat-substrat pertumbuhan yang dihasilkan dari sintesis sukrosa seperti protein, lemak,

vitamin, dan hormon. Substrat-substrat pertumbuhan tersebut akan mendukung terjadinya pertumbuhan tanaman yang baik.

Pada penelitian ini, nilai klorofil, konduktivitas stomata, dan kandungan sukrosa pada bibit kakao yang diinokulasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. memiliki rata-rata lebih baik jika dibandingkan dengan bibit kakao yang tanpa inokulasi *Synechococcus* sp. Hal tersebut diharapkan dapat mendukung pertumbuhan bibit kakao. Bibit kakao yang diinokulasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. memiliki rerata tinggi tanaman lebih baik dibandingkan bibit non inokulasi. Pada analisis ragam menunjukkan bahwa faktor tunggal *Synechococcus* sp., faktor tunggal bahan organik dan interaksi antara bakteri *Synechococcus* sp. dan bahan organik menunjukkan pengaruh berbeda tidak nyata. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik tinggi bibit kakao

Rerata tinggi bibit kakao yang diinokulasi bakteri *Synechococcus* sp. tampak lebih tinggi dikarenakan *Synechococcus* sp. berperan dalam peningkatan auksin. Auksin merupakan hormon yang disintesis di jaringan-jaringan muda maupun pada daun-daun muda atau primordial daun. Kandungan auksin yang tinggi akan berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tinggi tanaman karena auksin berperan dalam pengembangan sel-sel yang ada di daerah belakang meristem sehingga sel menjadi panjang (Dwijoseputro, 1981). Hasil penelitian ini, sesuai dengan penelitian Mulyanto (2009), yang menyatakan bahwa penambahan

bakteri *Synechococcus* sp. pada kedelai mampu meningkatkan kandungan auksin saat umur 30 HST.

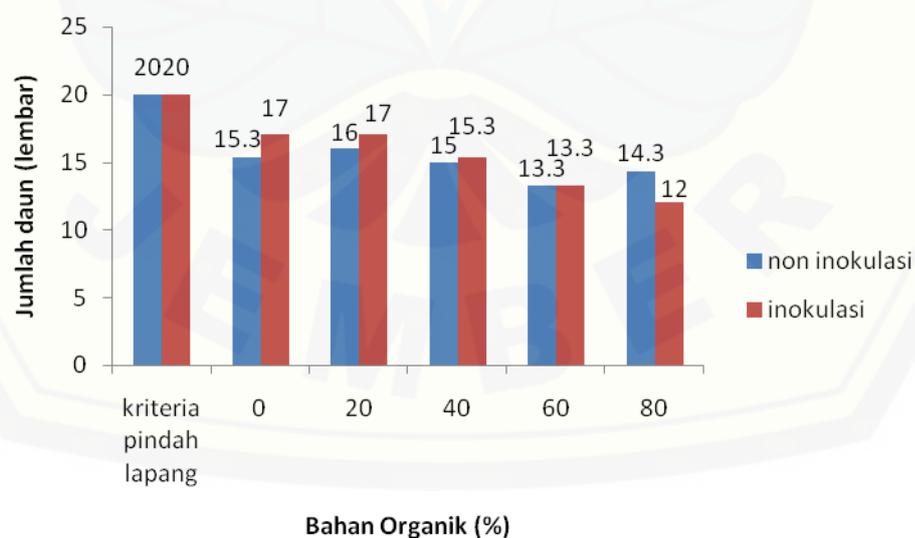
Auksin sangat berperan pada proses pertumbuhan tanaman. Auksin berperan pada pertambahan panjang batang, pertumbuhan, diferensiasi dan percabangan akar, perkembangan buah, dominansi apikal, fototropisme dan geotropisme, dan pembelahan sel yang merupakan proses fisiologis dari pertumbuhan dan perkembangan sel (Dwijoseputro, 1981). Auksin akan mudah rusak apabila terkena terik cahaya matahari. Tinggi bibit kakao dalam penelitian ini sebagian besar masih belum memenuhi kriteria tinggi bibit kakao siap pindah lapang yaitu 50 – 60 cm. Hal tersebut kemungkinan besar disebabkan karena intensitas cahaya matahari di lingkungan penelitian terlalu tinggi, sehingga dapat merusak auksin.

Pada hasil penelitian, bibit kakao yang diinokulasi dengan bakteri *Synechococcus* sp. dan penambahan bahan organik 0 – 20% pada media dapat memenuhi kriteria tinggi bibit siap pindah lapang. Pada bibit kakao dengan penambahan bahan organik 40 – 80% pada media tinggi bibit tidak mencapai kriteria bibit siap pindah lapang. Namun, perbedaan nilai bibit yang tidak memenuhi kriteria dengan yang memenuhi kriteria sangat kecil, sehingga apabila dianalisis ragam maka tinggi bibit dengan penambahan bahan organik 40 – 80% berbeda tidak nyata dengan kriteria tinggi bibit siap pindah lapang.

Tinggi bibit kakao mengalami penurunan pada penambahan bahan organik sebanyak 80%. Hal tersebut dikarenakan bahan organik 80% membuat aerasi media kurang baik, rongga yang seharusnya diisi udara namun diisi oleh air sehingga aerasi kurang baik. Menurut Tambunan (2009), perakaran tanaman dapat tumbuh dan berkembang di dalam media apabila cukup oksigen. Apabila media tanam memiliki keseimbangan porositas udara dan air yang baik maka memungkinkan akar menjelajah media tanam dengan mudah. Hasil penelitian ini, sesuai dengan hasil penelitian Sinaga (2001), yang menyebutkan bahwa pemberian pupuk kompos dengan dosis 1200g / 3000g top soil memberikan pengaruh lebih baik terhadap tinggi tanaman, jumlah helai daun, dan diameter batang bibit kakao dibandingkan dengan pemberian kompos 1800g / 3000 g top soil.

Hasil penelitian ini juga didukung dengan hasil dari penelitian-penelitian lainnya. Pada penelitian Hatta (2006), didapatkan hasil bahwa pertumbuhan bibit kakao yang diberi media dengan perbandingan tanah dan pupuk organik dengan cukup tinggi, pertumbuhan bibit kakao menjadi kurang baik. Hal tersebut dikarenakan media terlalu padat sehingga tidak tersedia oksigen untuk keperluan respirasi akar. Sarief (1989) berpendapat bahwa tanah yang padat dapat berpengaruh secara langsung pada perkembangan akar. Hal tersebut akan berakibat secara menyeluruh terhadap proses-proses pertumbuhan pada bagian tanaman lainnya. Pada tanah yang padat, tudung akar rusak sewaktu menembus tanah sehingga aktivitas perkembangan perakaran menjadi terhambat.

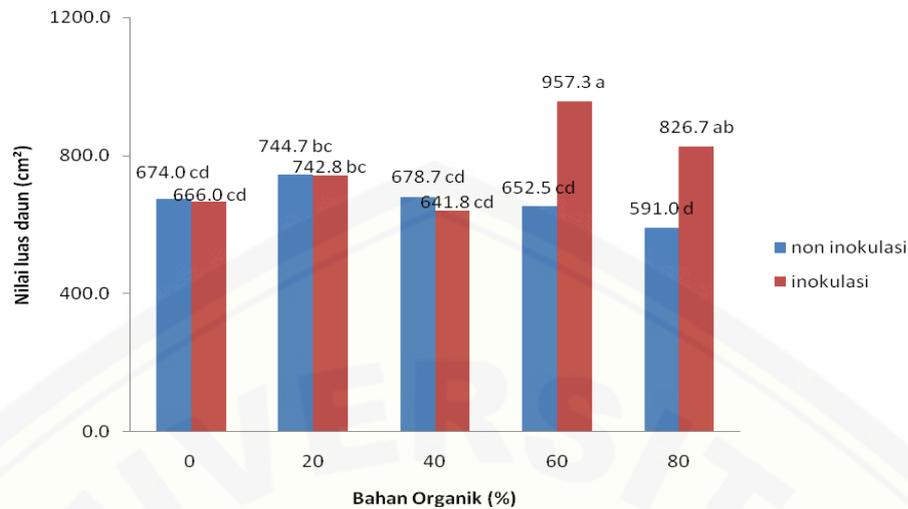
Semakin tinggi bibit kakao, maka jumlah daun akan meningkat pula. Pada variabel pengamatan jumlah daun, nilai jumlah daun pada semua perlakuan tidak ada yang memenuhi kriteria bibit siap pindah lapang yaitu sebanyak 20 – 24 lembar. Namun dapat dilihat pada Gambar 7, bahwa bibit kakao yang diaplikasikan bakteri *Synechococcus* sp. memiliki rerata yang lebih tinggi dibandingkan dengan bibit tanpa aplikasi bakteri walaupun hanya sedikit perbedaan nilainya. Berdasarkan analisis ragam, baik faktor tunggal dari *Synechococcus* sp. dan bahan organik, maupun interaksi antar keduanya menunjukkan pengaruh berbeda tidak nyata.



Gambar 7. Grafik jumlah daun bibit kakao

Tidak memenuhinya kriteria jumlah daun pada semua perlakuan, disebabkan karena terjadi kerontokan daun pada saat penelitian berlangsung dan adanya pemangkasan sanitasi yang dilakukan selama penelitian. Kerontokan daun pada bibit yang diaplikasikan *Synechococcus* sp. lebih rendah diduga karena bakteri tersebut dapat mempertahankan kerontokan daun (Setiawan, 2012). Tanaman kakao merupakan tanaman C3 yang transpirasinya tinggi sehingga daya ikat CO₂ rendah dan boros air. Menurut penelitian Lee, *et al.*,(2004), bakteri *Synechococcus* sp. strain PCC8806 mampu memindahkan CO₂ dari lingkungan pertumbuhannya dengan cara fiksasi ke dalam biomassa seluler sehingga kandungan CO₂ meningkat. *Synechococcus* sp. diduga membuat daun lebih hemat air dan lebih mampu mempertahankan kerontokan daun dalam kondisi kurang air. Pemangkasan sanitasi dilakukan pada daun yang terserang penyakit atau jamur. Hal ini dilakukan sebagai upaya pencegahan agar penyakit atau jamur tidak menular pada bibit kakao yang sehat.

Jumlah daun sangat berpengaruh terhadap luasan daun tanaman dan kegiatan fotosintesis tanaman. Pada variabel pengamatan luas daun, interaksi antara inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan berbagai kadar bahan organik pada media menunjukkan perbedaan sangat nyata. Nilai luas daun tertinggi yaitu pada perlakuan aplikasi *Synechococcus* sp. dan penambahan bahan organik 60% sebesar 957,31 cm². Nilai tersebut berbeda tidak nyata dengan perlakuan inokulasi *Synechococcus* sp. dan penambahan bahan organik 80%, berbeda nyata dengan perlakuan lainnya dan berbeda sangat nyata dengan perlakuan non inokulasi *Synechococcus* sp. dan penambahan bahan organik 80%. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.

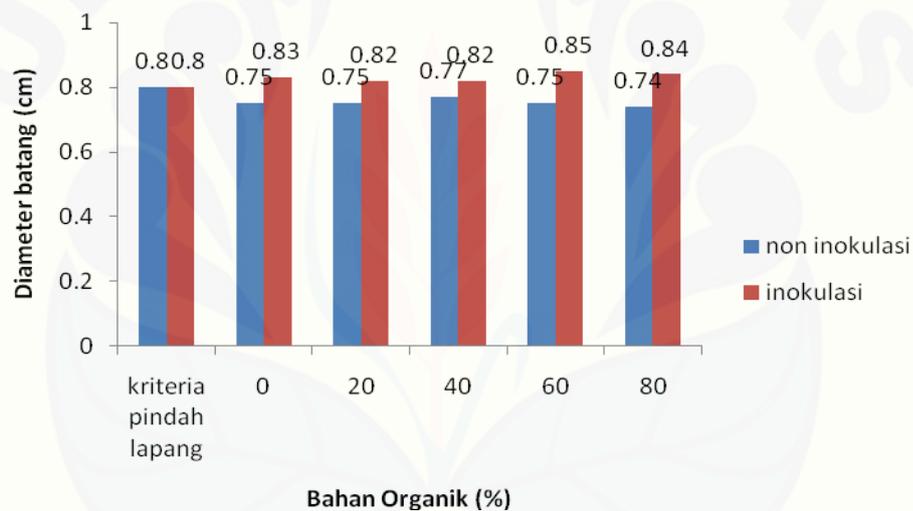


Gambar 8. Grafik luas daun bibit kakao

Bibit kakao yang diinokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan kadar bahan organik 60% dari media memiliki luasan daun tertinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa bakteri *Synechococcus* sp. memberikan pengaruh auksin terhadap luas daun bibit kakao. Bakteri *Synechococcus* sp. menyebabkan luas daun meningkat karena keberadaan bakteri di permukaan daun dapat mensintesis IAA. Auksin yang diinduksi bakteri memacu daun untuk terus berkembang. Hasil penelitian ini, sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu tanaman padi yang diaplikasikan bakteri *Synechococcus* sp. memiliki nilai luas daun lebih tinggi dibandingkan dengan luas tanaman padi kontrol (Permadi, 2009).

Semakin tinggi nilai luas daun, maka kandungan klorofil dan stomata juga akan semakin banyak. Hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis dengan catatan faktor fotosintesis lain tersedia dengan cukup. Luas permukaan daun yang lebih luas memungkinkan cahaya yang ditangkap klorofil lebih banyak sehingga meningkatkan reaksi fotosintesis yang terjadi dan meningkatkan produksi. Seiring dengan bertambahnya jumlah daun dan luas daun akan meningkat pula kemampuan tanaman dalam berfotosintesis sampai daun berkembang penuh dan kemudian mulai menurun secara perlahan. Jumlah daun dan ukurannya pada dasarnya dipengaruhi oleh genotip dan lingkungan tumbuh (Salisbury dan Ross, 1995).

Karakter agronomis lainnya dapat ditunjukkan dengan variabel pengamatan diameter batang. Diameter bibit kakao menurut kriteria bibit siap pindah lapang adalah $\geq 0,8$ cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bibit kakao yang diaplikasikan bakteri *Synechococcus* sp. pada semua kadar bahan organik memiliki rerata lebih tinggi dibandingkan bibit tanpa inokulasi bakteri dan dapat memenuhi kriteria bibit siap pindah lapang. Perlakuan aplikasi bakteri *Synechococcus* sp. dan penambahan bahan organik 60% memiliki diameter batang terbesar yaitu 0,85 cm. Bibit kakao yang tidak diaplikasikan bakteri *Synechococcus* sp. pada semua perlakuan media tidak memenuhi kriteria diameter bibit kakao siap pindah lapang. Rerata nilai diameter batang bibit kakao dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik diameter batang bibit kakao

Diameter bibit kakao yang diinokulasikan bakteri *Synechococcus* sp. memiliki rerata lebih tinggi daripada bibit non inokulasi bakteri. Hal tersebut dikarenakan bibit kakao yang diaplikasi bakteri memberikan hasil fotosintesis lebih banyak sehingga hasil fotosintesis tersebut ditranslokasikan melalui floem yang bergerak melalui batang. Fotosintat yang dihasilkan lebih banyak akan menyebabkan diameter batang tanaman akan berkembang lebih baik (Indriyani dan Asniah, 2013). Selain itu, bibit kakao yang diinokulasi bakteri *Synechococcus* sp. mendapatkan auksin yang lebih jika dibandingkan dengan bibit yang tidak diinokulasi. Hal ini menyebabkan pembelahan sel semakin meningkat karena

hormon auksin merangsang pembelahan sel kambium vaskuler sehingga menyebabkan pertumbuhan jaringan vaskuler sekunder. Jika sel kambium membelah ke arah luar, sel yang luar menjadi sel floem dan sel yang dalam tetap menjadi kambium. Sebaliknya jika sel kambium membelah ke arah dalam, sel yang dalam menjadi xilem dan sel yang luar tetap menjadi kambium.

Selama proses pembelahan ini jaringan kambium tetap dipertahankan. Xilem dan floem yang terbentuk dari aktivitas kambium ini disebut dengan xilem dan floem sekunder. Pertambahan jumlah sel floem dan xilem sekunder menyebabkan diameter batang bertambah besar. Tidak memenuhinya diameter bibit kakao yang diberi perlakuan tanpa inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. terhadap kriteria bibit kakao siap pindah lapang menurut Sunanto (1992) disebabkan karena fotosintat yang dihasilkan dalam proses fotosintesis lebih sedikit dan kurang baiknya translokasi yang terjadi pada bibit kakao.

Bahan organik yang optimum dan sesuai akan menyediakan hara dan air serta membuat struktur tanah menjadi gembur. Menurut Karmawati, dkk (2010), kadar bahan organik yang tinggi akan meningkatkan laju pertumbuhan pada masa sebelum panen. Bahan organik sebanyak 60% dari media, merupakan kadar terbaik diantara perlakuan lainnya. Bahan organik 60% dari media telah dapat menciptakan kondisi media yang sesuai untuk pertumbuhan bibit kakao. Kondisi yang sesuai dicirikan dengan ketersediaan air, oksigen, dan unsur hara dalam jumlah yang seimbang (Hatta, *et al.*, 2006). Apabila kadar bahan organik lebih rendah daripada nilai tersebut, kebutuhan hara, air, dan struktur tanah belum sesuai dengan yang dikehendaki oleh bibit kakao. Tanaman yang kekurangan maupun kelebihan unsur hara akan mengganggu proses metabolismenya sehingga pertumbuhan tanaman terhambat. Apabila pupuk yang diberikan jumlahnya terlalu sedikit maka pengaruh pemupukan tidak akan tampak pada pertumbuhan tanaman (Setyamidjaja, 1986).

Hasil analisis regresi bahan organik menunjukkan bahwa kadar bahan organik optimum pada bibit kakao yaitu 25 – 49,07% (g/g) pada variabel klorofil dan diameter (Lampiran 3). Klorofil yang tinggi akan meningkatkan fotosintesis tanaman, sehingga hasil fotosintat yang dihasilkan akan lebih tinggi pula.

Fotosintat tersebut akan ditranslokasikan pada batang bibit kakao sehingga diameter batang tanaman akan menjadi lebih besar.

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dengan penambahan bahan organik sebagian besar dapat memberi harapan untuk mendapatkan bibit kakao yang siap pindah lapang. Karena ketersediaan bibit kakao siap pindah lapang yang sesuai kriteria sangat penting dalam pengembangan perkebunan kakao agar tidak terjadi kerugian dalam jangka panjang. Pada variabel tinggi tanaman, bibit yang memenuhi kriteria bibit siap pindah lapang adalah pada kadar bahan organik 0 – 20%. Pada variabel jumlah daun, semua bibit perlakuan tidak ada yang memenuhi kriteria bibit siap pindah lapang. Hal itu dikarenakan adanya kerontokan dan sanitasi pemangkasan pada saat penelitian. Variabel diameter batang menunjukkan semua bibit yang diinokulasi oleh bakteri *Synechococcus* sp. mampu memenuhi kriteria bibit siap pindah lapang karena fotosintesis yang terjadi pada bibit tersebut lebih tinggi sehingga fotosintat yang dihasilkan lebih banyak yang ditranslokasikan ke batang.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan dan pembahasan diatas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Inokulasi bakteri *Synechococcus* sp. dan penambahan bahan organik 60% pada media tanam meningkatkan karakter fisiologis bibit kakao yaitu pada kandungan klorofil sebesar 59,16%, konduktivitas stomata sebesar 63,49%, dan kandungan sukrosa sebesar 38,87% dibandingkan bibit yang tidak diinokulasi.
2. Pengaruh tunggal *Synechococcus* sp. terhadap sifat fisiologis (klorofil, konduktivitas stomata, dan sukrosa) dan agronomis (tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan diameter batang) bibit kakao lebih baik dibandingkan bibit yang tidak diinokulasi.
3. Berdasarkan analisis regresi kadar bahan organik optimum adalah 25 – 49,07% (g/g) pada media.

5.2 Saran

Bibit kakao yang digunakan disarankan merupakan bibit kakao hasil semaian sendiri sehingga tidak perlu dilakukan pindah tanam. Pindah tanam pada bibit kakao rentan kematian apabila tidak menggunakan teknik yang benar. Selain itu, perawatan bibit terhadap penyakit dan jamur harus dilakukan secara intensif. Pembibitan sebaiknya menggunakan media tanam dengan bahan organik 25 – 49,07% (g/g) dan inokulasi bakteri *Synechococcus* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- Ai, N.S. 2012. Evolusi Fotosintesis pada Tumbuhan. *Ilmiah sains*, 12 (1): 28 – 34.
- Ai, N.S dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Sains*, 11 (2): 166-173.
- Agustin, L.F., S. Abdoellah, C. Bowo. 2010. Pemanfaatan Kompos Sabut Kelapa dan Zeolit sebagai Campuran Tanah untuk Media Pertumbuhan Bibit Kakao pada Beberapa Tingkat Ketersediaan Air. *Pelita Perkebunan*, 26 (1) : 12 – 24.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Luas Tanaman Perkebunan Besar Menurut Jenis Tanaman dan Produksi Perkebunan Besar menurut Jenis Tanaman. [serial online]. *www.bps.go.id*. Diakses tanggal 2 Desember 2014.
- Bintaran, Y. 2009. *Respon Pertumbuhan bibit kakao (Theobroma cacao L.) terhadap Pemberian Bokasi Kulit Kakao dan Pupuk NPK*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2013. *Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Kakao Tahun 2014*. Jakarta : Kementerian Pertanian.
- Dwijoseputro, D. 1981. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta : PT. Gramedia.
- Fitter, A.H. dan Hay, R.K.M. 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta :Gadjah Mada University Press.
- Fung, R. W. M., G. L. Kamper, R. C. Gardner, and E. MacRae. 2003. Differential Expression Within an SPS Gene Family. *Plant Sci*, 164 : 450 – 470.
- Hatta, M. 2011. Aplikasi Perlakuan Permukaan Tanah dan Jenis Bahan Organik Terhadap Indeks Pertumbuhan Tanaman Cabe Rawit. *Floratek*, 6 (1) : 18 – 27.
- Hatta, M., H. Har, dan Suryani. 2006. Pengujian Media Tanam dan Pupuk ME-17 pada Pertumbuhan Bibit Kakao. *Floratek*, 2 (1) : 19 – 27.
- Hendrata, R dan Sutardi. 2010. Evaluasi Media dan Frekuensi Penyiraman terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao L.*). *Agrovigor*, 3 (1): 10 – 18.
- Hendriyani, I.S dan N. Setiari. 2009. Kandungan klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*Vigna sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda. *Sains & Mat*, 17 (3): 145 – 150.

- Herlina, L. dan D. Pramesti. 2011. *Penggunaan Kompos Aktif Trichoderma Harzianum Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Cabai*. Universitas Negeri Semarang.
- ICCO. 2012. *The World Cocoa Economy: Past and Present*. London : Executive Committee.
- Indriyani, L dan Asniah. 2013. Aplikasi Pupuk Organik dan Pupuk hayati terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao. *Agriplus*, 23 (3): 208-213.
- Karmawati, E., Z. Mahmud, M. Syakir, J. Munarso, I.K. Ardana, dan Rubiyo. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Kasno, A. 2009. *Peranan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah*. Informasi Ringkas Bank Pengetahuan Padi Indonesia. Balai Penelitian Tanah.
- Lakitan, Benyamin. 1995. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Lembaga Riset Perkebunan Indonesia. 2008. Indonesia Berhasil Menerapkan Teknik Embriogenesis Somatik pada Kakao Skala Komersial. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 30 (1) : 18-19.
- Li, R., Guo, P., M. Baum., S. Grando, and S. Ceccarelli. 2006. Evaluation Of Chlorophyll Content And Fluorescence Parameters As Indicators Of Drought Tolerance In Barley. *Agricultural Sciences In China*, 5(10) : 751 – 757.
- Mulyanto. 2009. *Kandungan Auksin Pada Daun Tanaman Kedelai Yang Berasosiasi Dengan Synechococcus Sp*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember.
- Nasaruddin, Y. Musa, dan M. A. Kuruseng. 2006. Aktivitas Beberapa Proses Fisiologis Tanaman Kakao Muda di Lapang pada Berbagai Naungan Buatan. *Agrisistem*, 2 (1) : 26 – 33.
- Prawiranata, W., S. Harran, P. Tjondronegoro. 1989. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. IPB Press.
- Prawoto, A. A, M. Zainunnuroni, dan Slameto. 2007. Respon Semaian Beberapa Klon Kakao di Pembibitan Terhadap Kadar Lengas Tanah Tinggi. *Pelita Perkebunan*, 21 (2) : 90 – 105.
- Prihastanti, E. 2010. Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Semai Kakao (*Theobroma cacao L.*) pada Perlakuan Cekaman Kekeringan yang Berbeda. *Bioma*, 12 (2) : 35 – 39.

- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. 2010. *Budidaya dan Pascapanen Kakao*. Jakarta : Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2004. *Budi Daya Kakao*. Jakarta : AgroMedia Pustaka.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2010. *Buku Pintar Budi Daya Kakao*. Jakarta : AgroMedia Pustaka.
- Rianawaty, I. 2012. *Fotosintesis*. [serial online].<http://www.idarianawaty.com>.
- Riniarti, D, A. Kusumastuty, dan B. Utoyo. 2012. Pengaruh Bahan Organik, Pupuk P, dan Bakteri Pelarut Phosfat terhadap keragaan tanaman Kelapa Sawit pada Ultisol. *Pertanian Terapan*, 12 (3) : 187 – 195.
- Ristiawan, A. P. 2011. *Karakter Fisiologis Dua Klon Kopi Robusta pada Jenis Penang yang Berbeda*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
- Rosidi, M.A. 2011. *Respon Fisiologis Tiga Varietas Kedelai yang Berasosiasi dengan Bakteri Synechococcus sp terhadap Aplikasi Pestisida*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
- Sabaruddin, S.N.A. Fitri, dan L. Lestari. 2009. Hubungan Antara Kandungan Bahan Organik Tanah dengan Periode Pasca tebang Tanaman HTI *Acacia mangium* Willd. *Tanah Trop*, 14 (2) : 105 – 110.
- Salisbury, F.B., dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1 dan 2*. Bandung : ITB Press.
- Sarief, E. S. 1986. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Bandung : Pustaka Buana.
- 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.
- Sinaga, E. 2001. Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Kompos dan Konsentrasi Biostimulan Dharmasri 5EC terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao. *Pendidikan Science*, 25 (3) : 20 – 27.

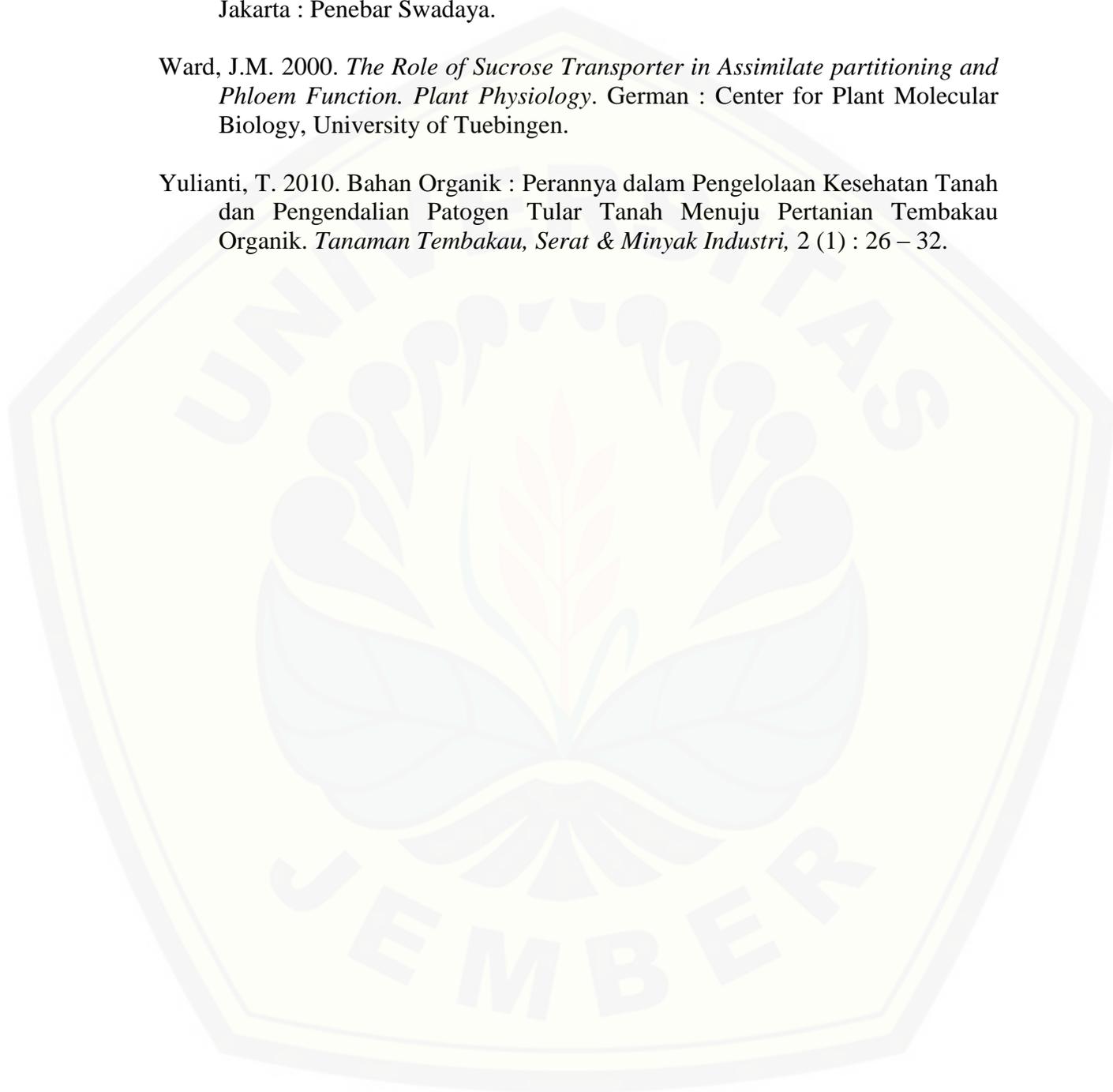
- Soedradjad, R dan A. Syamsunihar. 2008. Peranan Asosiasi Tanaman Kedelai – *Synechococcus* sp. dalam Reduksi Nox Melalui Peningkatan Fiksasi N₂ untuk Pertumbuhan Tanaman. *Agritrop*, 2 (3): 109 – 114.
- Soedradjad, R. dan Janindra, I. 2010. Rekayasa Bioteknologi untuk Adaptasi terhadap Perubahan Iklim pada Pembibitan Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). Makalah yang disajikan dalam *Seminar Nasional Kontribusi Ilmu Tanah dalam Mitigasi Dampak Perubahan Iklim di Bidang Pertanian*, di Universitas Jember pada Tanggal 16 Desember 2010.
- Soedradjad, R dan Pambudi, W.A. 2004. *Pertumbuhan Akar Dan Bintil Akar Tanaman Kedelai (Glycine max L. Merril) Akibat Aplikasi Bakteri Synechococcus Sp.* Laporan Penelitian Universitas Jember. Jember.
- Soedradjad, R dan S. Avivi. 2005. Efek Aplikasi *Synechococcus* sp. pada Daun dan Pupuk NPK terhadap Parameter Agronomis Kedelai. *Bul. Agron*, 33 (3) : 17 – 23.
- Supriyadi, S. 2008. Kandungan Bahan Organik sebagai Dasar Pengelolaan Tanah di Lahan Kering Madura. *Embryo*, 5 (2) : 176 – 183.
- Sunanto, H. 1992. *Cokelat, Pengolahan Hasil dan Aspek Ekonominya*. Yogyakarta : Kanisius.
- Suseno, H. 1974. *Fisiologi Tumbuhan dan Metabolisme Dasar*. Bogor : Departemen Botani IPB.
- Syah, R. L. 2013. *Pengaruh Aplikasi Cyanobacter Synechococcus sp. dan Dosis Pupuk Nitrogen terhadap Pertumbuhan Bibit Tebu (Saccharum officinarum L.) dengan Sistem Pembibitan Single Bud*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember.
- Syamsunihar, A. 2007. *Karakteristik Asosiasi Bakteri Fotosintetik Synechococcus Sp. Dengan Tanaman Kedelai (Glycine Max L. Merril)*. Laporan Akhir Program Intensif Kementerian Negara Riset Dan Teknologi Tahun 2007. Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Tambunan, E.R. 2009. *Respon Pertumbuhan Bibit Kakao (Theobroma cacao L.) pada Media Tumbuh Sub Soil dengan Aplikasi Kompos Limbah Pertanian dan Pupuk Anorganik*. Tesis. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Tjatjo, A.A, Baharuddin, dan L. Asrul. 2008. Keragaman Morfologi Buah Kakao Harapan Tahan Hama Penggerek Buah Kakao di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat. *Agrisistem*, 4 (1) : 37 – 43.

Todar, K. 2004. *The Procaryotes: Archaea and Bacteria*. University of Wisconsin-Madison Department of Bacteriology. Madison.

Wahyudi, T, T.R. Panggabean, dan Pujiyanto. 2008. *Panduan Lengkap Kakao*. Jakarta : Penebar Swadaya.

Ward, J.M. 2000. *The Role of Sucrose Transporter in Assimilate partitioning and Phloem Function*. *Plant Physiology*. German : Center for Plant Molecular Biology, University of Tuebingen.

Yulianti, T. 2010. Bahan Organik : Perannya dalam Pengelolaan Kesehatan Tanah dan Pengendalian Patogen Tular Tanah Menuju Pertanian Tembakau Organik. *Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 2 (1) : 26 – 32.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Kegiatan



Aklimatisasi dan penyemprotan fungisida pada bibit kakao



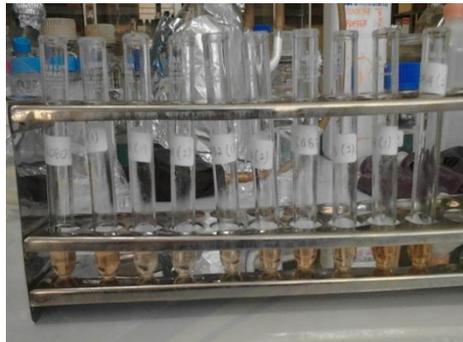
Perbanyak dan Aplikasi Bakteri *Synechococcus* sp.



Pengukuran Intensitas cahaya, suhu dan kelembaban



Pengukuran Klorofil daun dan konduktivitas stomata



Analisis Kandungan Sukrosa



Pengukuran tinggi dan diameter batang



Pengukuran luas daun dan pemanenan bibit kakao

Lampiran 2. Analisis Ragam Data Pengamatan

a. Analisis Ragam Klorofil

ANOVA
KLOROFIL
DAUN

SK	db	JK	KT	F-Hitung	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Replikasi	2	851.30	425.65	0.04	ns	19	99
Faktor S	1	17340.15	17340.15	1.56	ns	18.51	98.5
Error S	2	22252.04	11126.02				
Anak Petak							
Faktor B	4	40687.35	10171.84	1.28	ns	3.01	4.77
Faktor SxB	4	12065.86	3016.46	0.38	ns	3.01	4.77
Error B	16	127567.44	7972.97				
Total	29	220764.14					

b. Analisis Ragam Konduktivitas Stomata

ANOVA
KONDUKTIVITAS
STOMATA

SK	db	JK	KT	F-Hitung	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Replikasi	2	0.02	0.01	0.15	ns	19	99
Faktor S	1	0.48	0.48	7.28	ns	18.51	98.5
Error S	2	0.13	0.07				
Anak Petak							
Faktor B	4	0.36	0.09	3.48	*	3.01	4.77
Faktor SxB	4	0.31	0.08	3.03	*	3.01	4.77
Error B	16	0.41	0.03				
Total	29	1.72					

- POST HOC TEST Konduktivitas Stomata

SC						NOTASI
Duncan ^{a,b}						
Interaksi	N	Subset				
		1	2	3	4	
S0B4	3	2.4833				d
S0B1	3	2.4967	2.4967			cd
S0B0	3	2.5667	2.5667			cd
S1B0	3	2.5967	2.5967			cd
S0B3	3	2.6400	2.6400			cd
S1B1	3	2.6733	2.6733			cd
S0B2	3	2.7367	2.7367	2.7367		bcd
S1B2	3		2.8167	2.8167	2.8167	abc
S1B4	3			3.0333	3.0333	ab
S1B3	3				3.0733	a
Sig.		.119	.052	.052	.090	

c. Analisis Ragam Tinggi Tanaman

**ANOVA
TINGGI**

SK	db	JK	KT	F-Hitung		F5%	F1%
Petak Utama							
Replikasi	2	47.72	23.86	5.23	ns	19	99
Faktor S	1	104.53	52.27	11.47	ns	18.51	98.5
Error S	2	9.12	4.56				
Anak Petak							
Faktor B	4	173.72	43.43	1.94	ns	3.01	4.77
Faktor SxB	4	29.88	7.47	0.33	ns	3.01	4.77
Error B	16	358.00	22.38				
Total	29	722.97					

d. Analisis Ragam Jumlah Daun

ANOVA

SK	db	JK	KT	F-Hitung		F5%	F1%
Petak Utama							
Replikasi	2	6.87	3.43	0.45	ns	19	99
Faktor S	1	0.13	0.13	0.02	ns	18.51	98.5
Error S	2	15.27	7.63				
Anak Petak							
Faktor B	4	58.13	14.53	1.42	ns	3.01	4.77
Faktor SxB	4	13.87	3.47	0.34	ns	3.01	4.77
Error B	16	163.20	10.20				
Total	29	257.47					

e. Analisis Ragam Luas Daun

**ANOVA
LUAS DAUN**

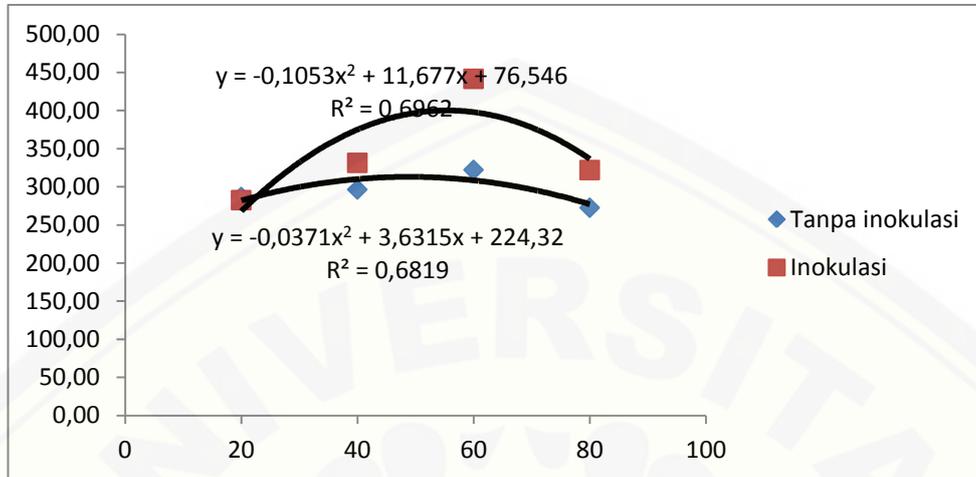
SK	db	JK	KT	F-Hitung	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Replikasi	2	10.92	5.46	24.00		19	99
Faktor S	1	24.86	24.86	109.28	**	18.51	98.5
Error S	2	0.46	0.23				
Anak Petak							
Faktor B	4	27.00	6.75	4.19	*	3.01	4.77
Faktor SxB	4	49.79	12.45	7.73	**	3.01	4.77
Error B	16	25.77	1.61				
Total	29	138.80					

- POST HOC TEST LUAS DAUN

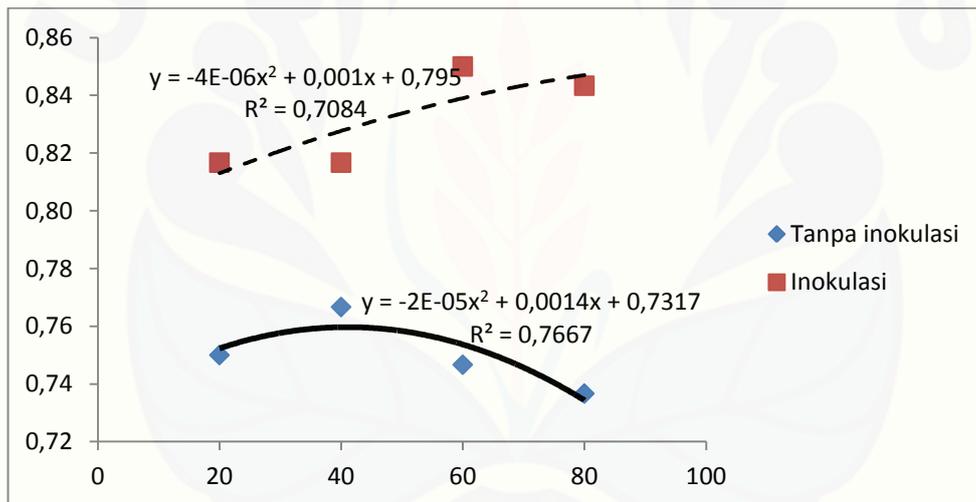
LD						NOTASI
Duncan ^{a,b}						
Interaksi	N	Subset				
		1	2	3	4	
S0B4	3	24.2800				d
S1B2	3	25.3400	25.3400			cd
S0B3	3	25.5267	25.5267			cd
S1B0	3	25.8067	25.8067			cd
S0B0	3	25.9400	25.9400			cd
S0B2	3	25.9700	25.9700			cd
S1B1	3		27.2600	27.2600		bc
S0B1	3		27.2833	27.2833		bc
S1B4	3			28.7467	28.7467	ab
S1B3	3				30.9467	a
Sig.		.193	.140	.221	.062	

Lampiran 3. Analisis Regresi Data Pengamatan

a. Analisis Regresi Klorofil



b. Analisis Regresi Diameter



c. Analisis regresi hubungan konduktivitas stomata dan sukrosa

