



PENGARUH APLIKASI KOMPOS LIMBAH KULIT KOPI, *Trichoderma Harzianum*, *Pseudomonas Fluorescens* DAN ROCK PHOSPHATE TERHADAP PERUBAHAN BEBERAPA SIFAT KIMIA TANAH DAN PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI

SKRIPSI

Oleh

**IZZUDIN
NIM. 101510501118**

**JURUSAN TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



PENGARUH APLIKASI KOMPOS LIMBAH KULIT KOPI, *Trichoderma Harzianum*, *Pseudomonas Fluorescens* DAN ROCK PHOSPHATE TERHADAP PERUBAHAN BEBERAPA SIFAT KIMIA TANAH DAN PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Tanah (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pertanian

Oleh:

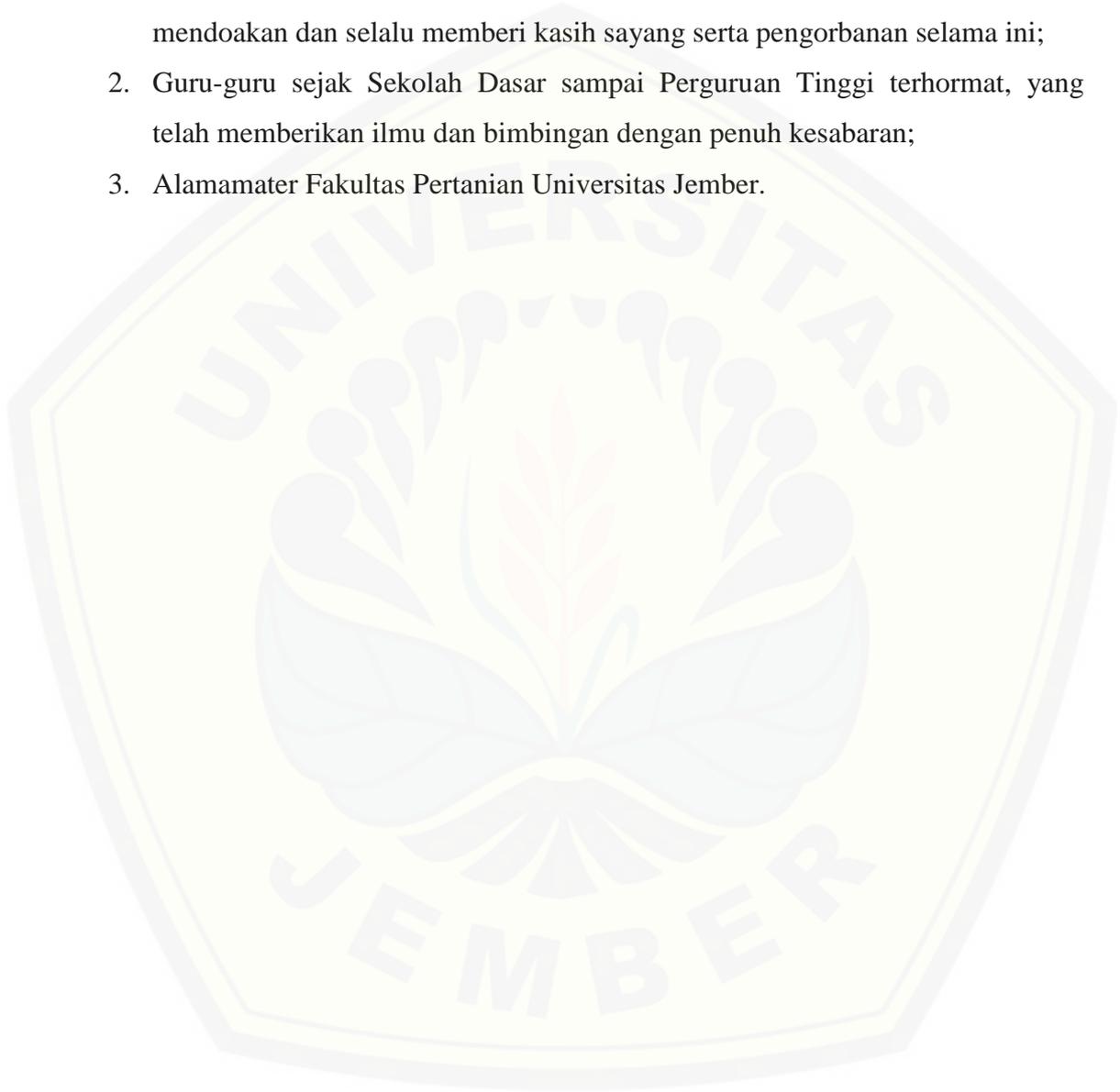
**IZZUDIN
NIM. 101510501118**

**JURUSAN TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmannirrahim. Skripsi ini saya persembahkan untuk:

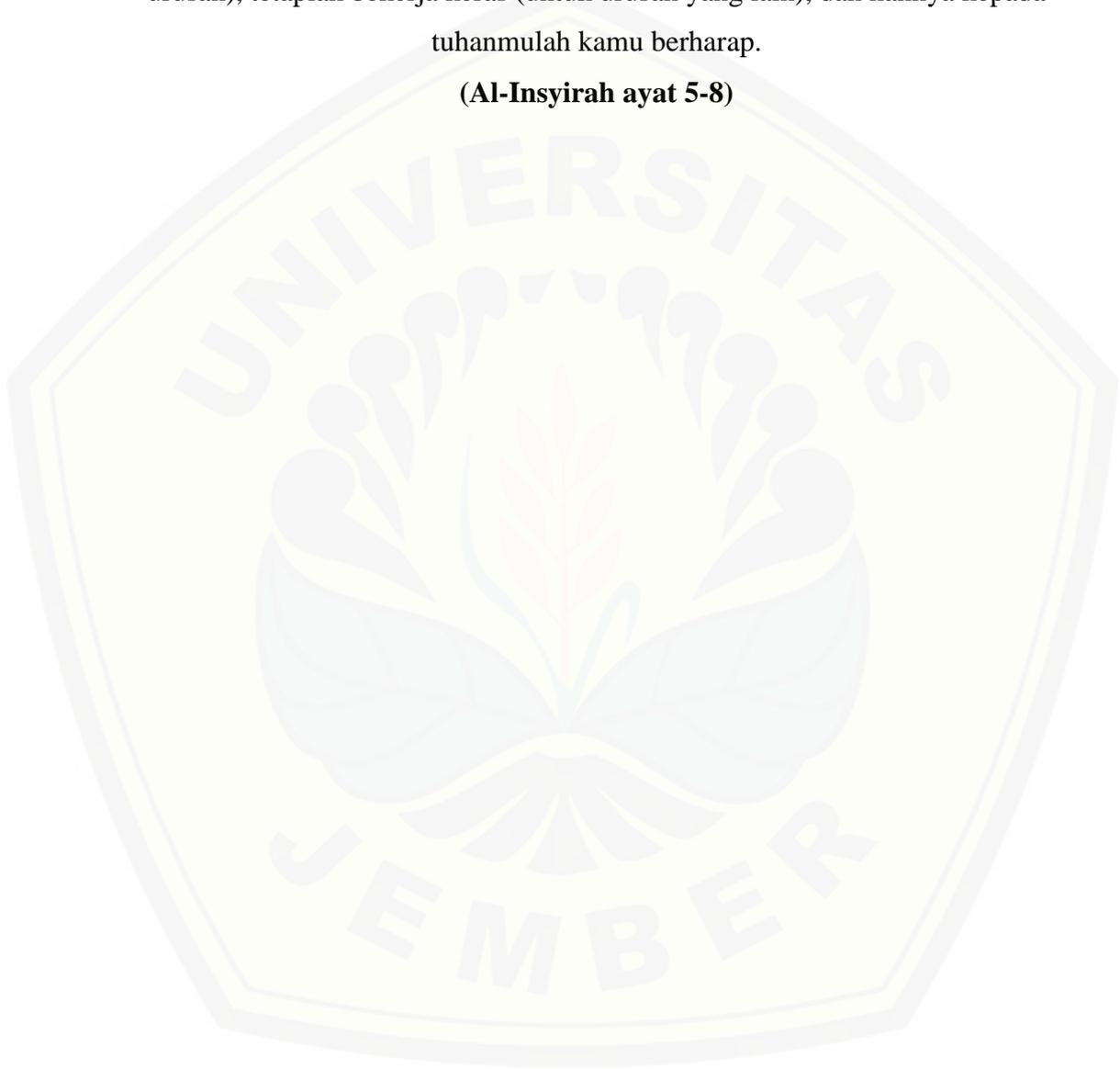
1. Ibunda Husnah dan Ayahanda H. Achmad Arifin alm tercinta, yang selalu mendoakan dan selalu memberi kasih sayang serta pengorbanan selama ini;
2. Guru-guru sejak Sekolah Dasar sampai Perguruan Tinggi terhormat, yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
3. Alamamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

Maka sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada tuhanmulah kamu berharap.

(Al-Insyirah ayat 5-8)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Izzuddin

NIM : 101510501118

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Pengaruh Aplikasi Kompos Limbah Kulit Kopi, *Trichoderma Harzianum*, *Pseudomonas Fluorescens* dan Rock Phosphate Terhadap Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Sawi”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang saya sudah sebutkan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan inidak benar.

Jember,

Yang menyatakan,

Izzuddin

NIM. 101510501118

SKRIPSI

Pengaruh Aplikasi Kompos Limbah Kulit Kopi, *Trichoderma Harzianum*, *Pseudomonas Fluorescens* dan Rock Phosphate Terhadap Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Sawi

Oleh :

Izzuddin
NIM. 101510501118

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama	: Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M.Si. NIP. 196505231993022001
Dosen Pembimbing Anggota	: Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si. NIP. 196403221989031001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Aplikasi Kompos Limbah Kulit Kopi, *Trichoderma Harzianum*, *Pseudomonas Fluorescens* dan Rock Phosphate Terhadap Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Sawi” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Pertanian pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M.Si
NIP. 196505231993022001

Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si
NIP. 196403221989031001

Dosen Penguji

Ir. Herru Djatmiko, MS.
NIP. 195304211983031003

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Jani Januar, M.T.
NIP. 19590102 1988031002

RINGKASAN

Pengaruh Aplikasi Kompos Limbah Kulit Kopi, *Trichoderma Harzianum* Dan *Pseudomonas Fluorescens* Terhadap Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah Dan Pertumbuhan Tanaman Sawi; Izzudin, 101510501118; 2014: 90 halaman; Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Tanaman kopi di Indonesia merupakan salah satu komoditas perkebunan yang melimpah. Selain biji kopi yang merupakan produk utama, tanaman kopi juga menghasilkan limbah yang cukup besar jika tidak diolah maka akan berdampak buruk bagi lingkungan. Upaya untuk mengatasi dampak pencemaran limbah yang dihasilkan penelitian sebelumnya memanfaatkan limbah kulit kopi menjadi kompos. Limbah kulit kopi mengandung bahan organik dan unsur hara yang potensial untuk digunakan sebagai bahan baku kompos. Kompos limbah kulit yang diperkaya dengan *Trichoderma harzianum* sebagai mikroorganisme pendegradasi, *Pseudomonas fluorescens* sebagai bakteri pelarut fosfat dan Rock phosphate yang merupakan fosfat alam sebagai penunjang hara P akan memberikan peningkatan kadar unsur hara di dalam tanah sehingga mampu menunjang pertumbuhan yang baik untuk tanaman. Tujuan penelitian untuk mengetahui pertumbuhan dan produksi tanaman sawi dalam media tanah yang diberi kompos, untuk mengetahui pengaruh kompos dalam memperbaiki beberapa sifat kimia tanah yaitu pH, C, dan N pada tanah Alfisol dan untuk mengetahui pengaruhnya dalam menyediakan hara P.

Penelitian ini dilakukan di green house Pertanian Universitas Jember dan terhitung mulai tanggal 17 Agustus 2015 sampai dengan 06 Mei 2016. Percobaan pada penelitian ini menggunakan tanah alfisol dan tanaman yang digunakan adalah tanaman sawi dengan faktor tunggal yaitu perlakuan kompos (N) dengan 3 ulangan, yaitu N0 : Tanah (Kontrol), N1 : Tanah + Batuan Fosfat (0,24 gr), N2 : Tanah + *Trichoderma harzianum* (1 gr), N3 : Tanah + *Trichoderma harzianum* (1 gr) + *Pseudomonas fluorescens* (50 ml), N4 : Tanah + Kompos 50 g (12,5 ton), N5 : Tanah + Kompos 100 g (25 ton), N6 : Tanah + Kompos 150 g (37,5 ton).

Parameter pengamatan pada media tanam (tanah) diantaranya pH tanah, kandungan C, N, P dalam tanah setelah pemberian kompos. Pengamatan pada tanaman sawi yaitu shoot root, berat tanaman (berat basah + berat kering), tinggi tanaman, panjang akar, jumlah daun, panjang daun, dan luas daun. Data hasil analisis diuji menggunakan analisis Rancangan Acak Kelompok (RAK) dilanjutkan dengan uji jarak Duncan pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan N4, N5, dan N6 yang diberi kompos limbah kulit kopi diperkaya dengan *Trichoderma harzianum* + *Pseudomonas fluorescens* + Rock phosphate memberikan nilai tertinggi dalam meningkatkan pH tanah sebesar 6,53 pada N4; 6,77 pada N5 dan 6,93 pada N6. Peningkatan juga terjadi pada kadar C-Organik dengan nilai 2,24 pada N4; 2,45 pada N5 dan 2,78 pada N6. N-Total mengalami peningkatan sebesar 0,06 pada N4; 0,21 pada N5 dan 0,24 pada N6, begitu juga P-Total dengan kisaran nilai 4,04 pada N4; 5,76 pada N5 dan 6,98 pada N6. Pertumbuhan tanaman sawi yang didukung oleh tanah yang subur pada perlakuan kompos memberikan hasil yang lebih baik dari perlakuan-perlakuan tanpa pemberian kompos.

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa perlakuan yang diberi kompos limbah kulit kopi diperkaya dengan *Trichoderma harzianum* + *Pseudomonas fluorescens* + Rock phosphate mampu meningkatkan beberapa sifat kimia tanah seperti pH, C, N dan P pada tanah alfisol sehingga tanaman sawi mampu memberikan pertumbuhan dan produksi terbaik.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmad dan hidayah-Nya, sholawat serta salam tetap tercurah limpahkan terhadap Nabi Besar Muhammad SAW sehingga penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Aplikasi Kompos Limbah Kulit Kopi, *Trichoderma Harzianum*, *Pseudomonas Fluorescens* dan Rock Phosphate Terhadap Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Sawi” dapat diselesaikan. Skripsi ini di susun guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) di Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini banyak mendapat bantuan, bimbingan, dukungan dan saran dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Jani Januar, M.T., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Hari Purnomo, M.Si. Ph.D., DIC, selaku ketua Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember;
3. Ibu Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M.Si., selaku dosen pembimbing utama yang membimbing saya dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah ini,
4. Bapak Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si., selaku dosen pembimbing anggota yang membimbing saya dengan sabar dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah ini;
5. Bapak Ir. Herru Djatmiko, MS., selaku dosen penguji yang selalu memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah ini;
6. Orang tuaku, ayah dan Ibu yang selalu memberikan motivasi dan do’a yang tak pernah lelah mulai saya dari kecil sampai sekarang;
7. Istri dan adik saya, yang selalu menjadi motivasi saya untuk sukses serta seluruh keluarga saya yang mendukung saya;

8. Saudara Aime, Afif, Sisil dan saudara-saudar saya sehimpun dan seorganisasi serta rekan-rekan di Fakultas Pertanian terutama Agroteknologi yang memberikan bantuan dan dukungan untuk menyelesaikan karya tulis ilmiah ini;

9. Seluruh insan akademis di Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penulis megharapkan semoga karya tulis ilmiah (skripsi) yang berjudul “Pengaruh Aplikasi Kompos Limbah Kulit Kopi, *Trichoderma Harzianum*, *Pseudomonas Fluorescens* dan Rock Phosphate Terhadap Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Sawi” ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan juga bagi pembaca.

Jember, September 2016

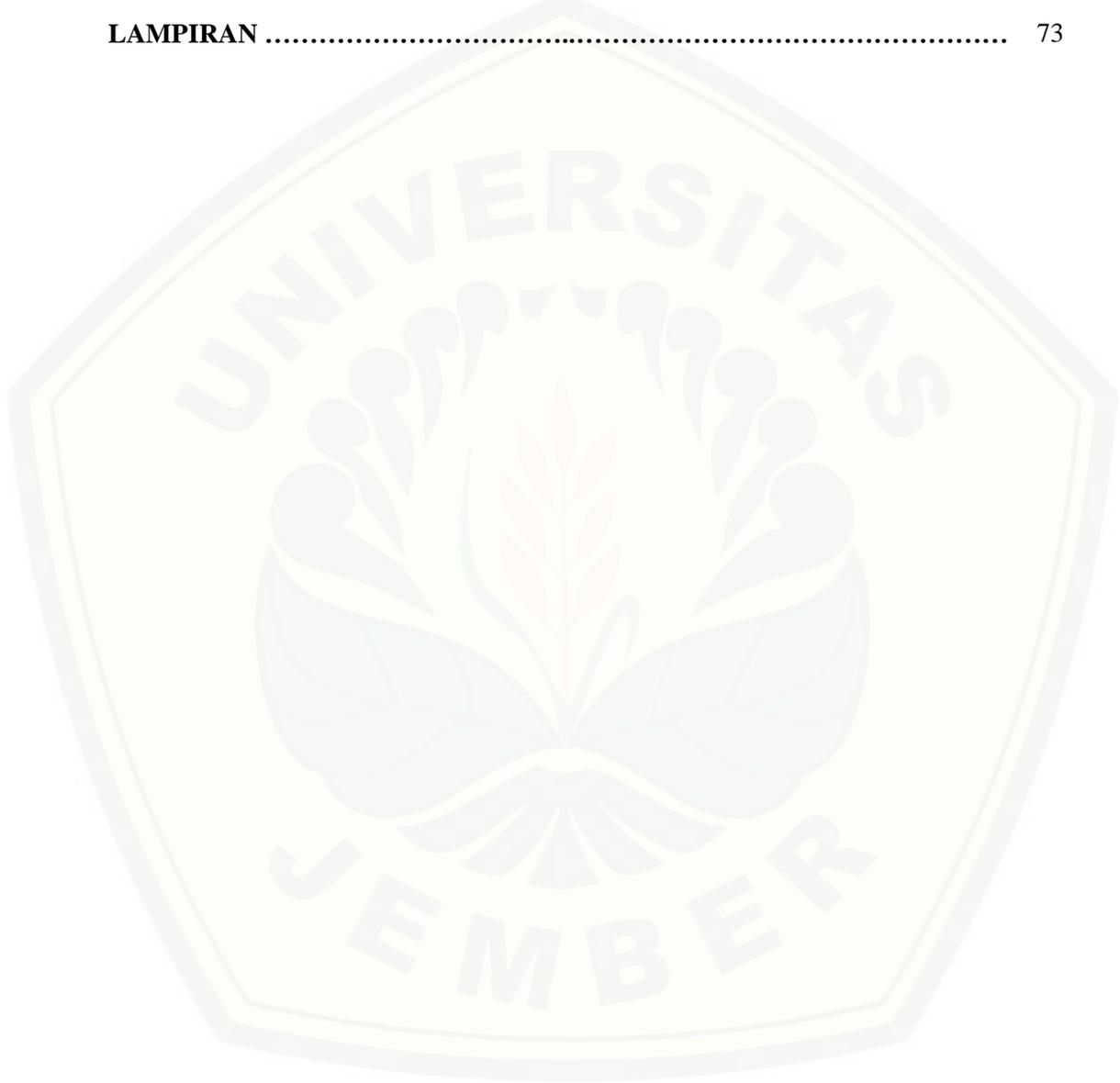
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR LAMPIRAN	
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan penelitian	2
1.4 Manfaat penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Limbah kulit kopi untuk media tanam	3
2.2 <i>Trichoderma harzianum</i>	5
2.3 <i>Pseudomonas fluorescens</i>	8
2.4 Rock phosphate	11
2.5 Tanaman sawi	12
2.6 Hipotesis	15
BAB 3 METODOLOGI	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2 Bahan dan Alat	16
3.2.1 Bahan	16
3.2.1.1 Dosis kompos	16

3.2.2 Alat	16
3.3 Metodologi penelitian	17
3.3.1 Pengambilan bahan	17
3.3.2 Meremajakan dan Memperbanyak Jamur <i>Trichoderma</i> <i>harzianum</i>	17
3.3.3 Meremajakan dan Memperbanyak Bakteri <i>Pseudomonas</i> <i>fluorescens</i>	18
3.3.4 Membuat Bahan Hasil Dekomposisi Kompos Limbah Kulit Kopi	18
3.3.5 Pembersihan lokasi tanaman	19
3.3.6 Persemaian benih	19
3.3.7 Penyiapan media tanam	19
3.3.8 Penanaman	19
3.3.9 Pemeliharaan tanaman	19
3.3.10 Analisa fisika, kimia dan biologi	20
3.4 Rancangan percobaan	20
3.5 Parameter pengamatan	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil analisis awal	23
4.1.1 Kandungan hara awal tanah	23
4.1.2 Kandungan hara kulit kopi sebelum dan sesudah pengomposan	24
4.2 Pengaruh aplikasi kompos	25
4.3 Pengaruh aplikasi kompos terhadap beberapa sifat kimia tanah	26
4.3.1 pH tanah	26
4.3.2 C-organik dalam tanah	30
4.3.3 Kandungan N-total tanah	33
4.3.4 Kandungan P-tersedia dalam tanah	36
4.4 Pengaruh aplikasi kompos terhadap pertumbuhan tanaman sawi	39
4.4.1 Rasio shoot/root	40
4.4.2 Berat tanaman (berat basah + berat kering)	43
4.4.3 Berat akar (berat basah + berat kering)	47
4.4.4 Tinggi tanaman dan panjang akar	50
4.4.5 Jumlah daun dan luas daun	56

4.5 Pembahasan umum	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	73



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kebutuhan hara tanaman sawi	14
3.1 Metode analisis kimia kompos limbah kulit kopi	20
4.1 Hasil analisis awal pada tanah Arjasa.....	23
4.2 Hasil analisis kulit kopi sebelum dan sesudah pengomposan ..	24
4.3 Rangkuman Anova seluruh variable pengamatan.....	25
4.4 pH pada media tanam setelah panen	27
4.5 C-organik (%) pada media tanam setelah panen	30
4.6 N-total (%) pada media tanam setelah panen	34
4.7 P-tersedia (ppm) pada media tanam setelah panen	37
4.8 Rasio shoot/root (g) pada tanaman sawi setelah panen	41
4.9 Berat basah dan berat kering tanaman (g) pada tanaman sawi setelah panen	44
4.10 Berat basah dan berat kering akar (g) pada tanaman sawi setelah panen	48
4.11 Tinggi tanaman sawi (cm) setelah panen	51
4.12 Panjang akar tanaman sawi (cm) setelah panen	52
4.13 Jumlah daun tanaman sawi (helai) setelah panen	57
4.14 Luas daun tanaman sawi (cm ²) setelah panen	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
4.1 Peningkatan pH tanah setelah panen pada kompos	29
4.2 Peningkatan C-organik (%) tanah setelah panen pada kompos	32
4.3 Peningkatan N-total (%) tanah setelah panen pada kompos	35
4.4 Peningkatan P-tersedia (ppm) tanah setelah panen pada kompos	38
4.5 Penurunan shoot/root (g) tanaman sawi setelah panen pada kompos	42
4.6 Peningkatan berat basah tanaman sawi (g) setelah panen pada kompos	46
4.7 Peningkatan berat kering tanaman sawi (g) setelah panen pada kompos	46
4.8 Peningkatan berat basah akar (g) setelah panen pada kompos	49
4.9 Peningkatan berat kering akar (g) setelah panen pada kompos	49
4.10 Gambaran pertumbuhan tanaman sawi semua perlakuan	53
4.11 Gambaran pertumbuhan akar tanaman sawi semua perlakuan	54
4.12 Peningkatan tinggi tanaman sawi (cm) setelah panen pada kompos	54
4.13 Peningkatan panjang akar (cm) setelah panen pada kompos ...	55
4.14 Gambaran pertumbuhan tanaman sawi perlakuan kompos	56
4.15 Peningkatan jumlah daun (helai) setelah panen pada kompos	59
4.16 Peningkatan luas daun (cm ²) setelah panen pada kompos	59
4.17 Gambaran pertumbuhan luas daun tanaman sawi semua perlakuan	61
4.18 Perbandingan seluruh perlakuan pada semua parameter media tanam	63
4.19 Perbandingan seluruh perlakuan pada semua parameter tanaman sawi	63

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Komposisi media potato dextrose agar (PDA) dan media jagung	73
B. Komposisi media pikovskaya	73
C. Komposisi media nitrat	73
D. Hasil peremajaan mikroorganisme (jamur trichoderma harzianum dan bakteri pseudomonas fluorescens	74
E. Kulit kopi sebelum dan sesudah pengomposan	74
F. Kriteria penilaian hasil analisis tanah	75
G. Syarat mutu kompos dari sampah organik domestic (SNI 19-7030-2004).....	76
H. Data hasil analisis pH tanah.....	77
I. Data hasil analisis C-Organik tanah.....	78
J. Data hasil analisis N-Total tanah.....	79
K. Data hasil analisis P-Tersedia tanah.....	80
L. Data hasil analisis shoot/root	81
M. Data hasil analisis berat basah tanaman	82
N. Data hasil analisis berat kering tanaman	83
O. Data hasil analisis berat basah akar	84
P. Data hasil analisis berat kering akar	85
Q. Data hasil analisis tinggi tanaman	86
R. Data hasil analisis panjang akar	87
S. Data hasil analisis jumlah daun	88
T. Data hasil analisis panjang daun	89
U. Data hasil analisis luas daun	90

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Data Statistik (BPS 2003), produksi biji tanaman kopi di Indonesia mencapai 611.100 ton yang dapat menghasilkan kulit kopi sebesar 1.000.000 ton. Salah satu perkebunan kopi rakyat yang ada di Jawa Timur yaitu Kabupaten Jember dengan luas lahan kopi rakyat sebanyak 5.608 ha dan dapat menghasilkan limbah padat sekitar 10.094 ton setiap tahunnya (Direktorat Pasca Panen dan Pembinaan Usaha Direktorat Jendral Perkebunan - Kementerian Pertanian, 2010).

Upaya mengatasi dampak pencemaran oleh limbah kulit kopi yang dihasilkan, penelitian sebelumnya memanfaatkan limbah kulit kopi sebagai kompos dengan penambahan *Trichoderma spp* sebagai pendekomposer, *Pseodomonas sp* sebagai penangkap kelarutan fosfat (P) yang terjerap dan diperkaya dengan Rock phosphate. *Trichoderma* selain sebagai pendekomposer juga sebagai pengatur daur hara secara simultan dan menyimpan hara sehingga membuat hara tersedia bagi tanaman (Sutanto, 2002).

Menurut Buckman dan Brady (1956) pertumbuhan tanaman tidak lepas dari unsur-unsur hara baik makro maupun mikro seperti unsur fosfat (P) yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar, namun dalam tanah ketersediaannya jarang yang melebihi 0,01% dari total P karena sebagian besar bentuk fosfat telah terikat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat dalam mengatasi rendahnya fosfat yang tersedia dalam tanah adalah dengan memanfaatkan kelompok mikroorganisme pelarut fosfat, (Sundara Rao dan Sinha, 1963).

Tanaman membutuhkan unsur hara dalam pertumbuhannya agar memperoleh hasil yang baik, begitu juga tanaman sawi dengan budidaya yang baik, pemeliharaan dan pemupukan yang tepat akan memberikan produksi yang diinginkan. Pemupukan dengan menggunakan pupuk kandang seperti (kotoran ayam, kotoran sapi dan kotoran kambing) atau dengan pemberian kompos limbah

kulit kopi sangat baik untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dan pertumbuhan tanaman sawi (Lingga, 1991).

1.2 Rumusan Masalah

Limbah kulit kopi mengandung bahan organik dan unsur hara yang potensial untuk digunakan sebagai bahan baku kompos. Kompos limbah kulit kopi dengan penambahan *Trichoderma harzianum* sebagai mikroorganisme pendegradasi, *Pseudomonas fluorescens* sebagai bakteri pelarut fosfat dan Rock phosphate yang merupakan fosfat alam sebagai penunjang akan memberikan peningkatan kadar unsur hara di dalam tanah Alfisol. Tanah Alfisol adalah tanah yang mengalami pelapukan intensif dan perkembangannya belum stabil, sehingga terjadi pelindian unsur hara dan bahan organik. Kompos limbah kulit kopi mampu menghasilkan asam-asam organik yang dapat mengikat sumber kemasaman tanah sehingga dapat memperbaiki beberapa sifat kimia tanah Alfisol seperti pH, C, N, P dan meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pertumbuhan dan produksi tanaman sawi dalam media tanah yang diberi kompos
2. Untuk mengetahui pengaruh kompos dalam memperbaiki beberapa sifat kimia tanah yaitu pH, C, dan N pada tanah Alfisol
3. Untuk mengetahui pengaruh kompos dalam menyediakan hara P dalam tanah

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kompos limbah kulit kopi yang diperkaya dengan *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* dan Rock phosphate dalam memperbaiki beberapa sifat kimia tanah dan menjaga kesetabilan tanah Alfisol serta dapat memberikan hasil yang tinggi pada tanaman sawi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah kulit kopi untuk media tanam

Kopi merupakan salah satu penghasil sumber devisa Indonesia, dan memegang peranan penting dalam pengembangan industri perkebunan. Produksi perkebunan kopi di Indonesia dalam kurun waktu 20 tahun khususnya perkebunan kopi rakyat mengalami perkembangan yang sangat signifikan. Tahun 1980, luas areal dan produksi perkebunan kopi rakyat masing-masing sebesar 663 ribu hektar dan 276 ribu ton, dan tahun 2009 terjadi peningkatan luas areal dan produksi yang masing-masing sebesar 1.241 juta ha dan 676 ribu ton. Tahun 2010 luas areal kopi di Indonesia mencapai 1.210.000 ha dengan produksi 686.920 ton, ekspor 433.600 ton dengan nilai USD 814,3 juta, sedangkan pada tahun 2011 angka sementara luas areal kopi 1.677.000 ha dengan produksi 633.990 ton, ekspor 387.870 ton dengan nilai USD 1.198,9 juta (Ditjenbun, 2006).

Ditjenbun (2006) melaporkan bahwa dalam 1 ha areal pertanaman kopi akan memproduksi limbah segar sekitar 1,8 ton ini membuktikan bahwa limbah padat dan cair yang dihasilkan dari tahapan pengolahan kopi basah sangatlah tinggi, sehingga perlu adanya upaya pemanfaatan untuk menekan dampak negatif dari pencemaran oleh limbah pengolahan kopi baik dalam bentuk padat maupun cair menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi.

Hasil analisis kesetimbangan massa buah kopi oleh Wilbaur (1963) diperoleh bahwa dari 100 kg buah kopi yang diolah kering akan diperoleh 29 kg (29%) gelondong kering yang terdiri dari 15,95 kg biji kopi (55%) dan 13,05 kg kulit gelondong kering (45%). Kulit gelondong kering terdiri kulit cangkang, lendir dan kulit buah dengan perbandingan bobot kering 11,9 : 4,9 : 28,7. Kulit gelondong kering mengandung gula reduksi, gula non pereduksi dan senyawa pektat masing-masing sebesar 12,4%; 2,02% dan 6,52% juga 10,7% protein kasar serta 20,8% serat kasar. Lendir (*mucilage*) kering mengandung pektin 35%, gula pereduksi 30%, gula non pereduksi 20% serta selulosa dan abu 17%.

Limbah kulit kopi mengandung bahan organik dan unsur hara yang potensial untuk digunakan sebagai media tanam. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa kadar C-organik kulit kopi adalah 45,3%, kadar nitrogen 2,98%, fosfor 0,18% dan kalium 2,26% (Ditjenbun, 2006). Wibowo (2010) telah melakukan penelitian pemanfaatan limbah padat kopi sebagai media tanam *Anthurium plowmanii scoat*, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi media tanam kompos kulit buah kopi dan kulit buah kopi kering dengan perbandingan 1 : 1 dapat digunakan sebagai media tanam alternatif dan memberikan pertumbuhan yang baik.

Kompos adalah hasil penguraian parsial atau tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik atau anaerobik. Bahan baku untuk pembuatan kompos banyak tersedia di perkebunan kopi, diantaranya limbah kulit kopi, dan kulit cangkang yang dapat digunakan langsung sebagai kompos jika telah memenuhi syarat, terutama nisbah C/N-nya tidak lebih dari 20 (Isroi. 2007). Beberapa penelitian yang berkaitan dengan diversifikasi limbah kulit kopi menjadi kompos organik telah dilakukan. Winaryo dkk (1995) melaporkan bahwa pengomposan kulit kopi selama 3 bulan dengan komposisi bahan baku 130 kg kulit kopi, 10 kg kulit tanduk kopi, 10 kg sekam padi, 5 kg kapur, 25 kg vertiver, 25 sampah organik dan 15 kg pupuk kandang akan menghasilkan kompos dengan kualitas baik. Erwiyono dkk (2001) melaporkan bahwa kompos organik yang diproduksi dari kulit kopi memiliki kandungan karbon (C) dan nitrogen (N) yang terus menyusut dari minggu pertama hingga minggu keenam dan dengan C/N rasio yang relatif stabil pada periode yang sama. Melawati (2002) melaporkan bahwa limbah pabrik kopi dapat diolah menjadi pupuk organik dengan bantuan cacing tanah dengan lama proses pengomposan 9 minggu termasuk proses fermentasi. Kualitas kompos organik yang dihasilkan setara dengan kualitas kompos organik komersial yang mengandung 25-50% limbah kopi dan kotoran sapi dapat menghasilkan kompos organik dengan struktur yang baik.

Menurut standar mutu pupuk organik padat yang ditentukan SNI 19-7030-2004 yaitu batas maksimum nilai kadar air sebesar 50%, sedangkan untuk standar mutu pupuk organik padat untuk kadar C sebesar 9,80-30%. Standar kadar N

adalah 0,4 % dan kadar C/N rasio dekomposisi yang telah matang mengandung 10-20 juga kadar P-total sebesar 0,10% dan kada K total minimal 0,20%.

Penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan limbah kulit kopi menjadi kompos dengan penambahan *Trichoderma spp* sebagai dekomposer dan *Pseudomonas sp* untuk pengkayaan kandungan fosfat memiliki sifat unggul baik dari segi fisik dan kimia. Hasil percobaan terdahulu dengan perlakuan kompos limbah kulit kopi + *Trichoderma sp* + *Pseudomonas sp* mendapatkan besar C/N rasio yang kecil yaitu sebesar 14,79 pada 30 HIS (Wanda. 2014) yang sesuai dengan penetapan persyaratan SNI 19-7030-2004 yang menyatakan batasan C/N rasio < 20 merupakan batasan nitrogen yang tersedia bagi tanaman.

2.2 *Trichoderma Harzianum*

Mikroorganisme fungsional yang dikenal sebagai biofungisida adalah jamur *Trichoderma* dan jamur vesikular arbuskular (JMA). *Trichoderma* sebagai organisme pengurai, dapat pula berfungsi sebagai agen hayati dan stimulator pertumbuhan tanaman. Spesies *Trichoderma* yang dilaporkan sebagai agensia hayati adalah *T. Harzianum*, *T. Viridae*, dan *T. Konigii* yang berspektrum luas pada berbagai tanaman pertanian. *Trichoderma* merupakan cendawan antagonis yang banyak terdapat di tanah dan digunakan untuk mengendalikan patogen tanah. *Trichoderma* mempunyai sifat mikro-parasitik yaitu kemampuan untuk menjadi parasit cendawan lain. Sifat inilah yang dimanfaatkan sebagai biokontrol terhadap jenis-jenis cendawan fitopatogen. *Trichoderma* merupakan sejenis cendawan yang termasuk kelas *ascomycetes* dan memiliki aktivitas antifugal yang tinggi. *Trichoderma* dapat memproduksi enzim litik dan antibiotik antifugal, selain itu *Trichoderma* juga dapat berkompetisi dengan patogen dan dapat membantu pertumbuhan tanaman, serta memiliki kisaran penghambatan yang luas karena dapat menghambat berbagai jenis fungi (Widodo. 2007).

Trichoderma memproduksi metabolit seperti asam sitrat, etanol dan berbagai enzim seperti urease, selulase, glukonase dan kitinase. Hasil metabolit ini dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang terdapat di dalam media. *Trichoderma* dapat memproduksi beberapa pigmen yang bervariasi pada media tertentu seperti

pada pigmen ungu yang dihasilkan pada media yang mengandung amonium oksalat dan pigmen jingga yang dihasilkan pada media yang mengandung gelatin atau glukosa, serta pigmen merah pada medium cair yang mengandung glisin dan urea. Saat berada pada kondisi yang kaya kitin akan memproduksi protein kitinolitik dan enzim kitinase. Enzim ini berguna untuk meningkatkan efisiensi aktivitas biokontrol terhadap patogen yang mengandung kitin (Fatan, 2012).

Suhu optimum untuk tumbuhnya *Trichoderma* berbeda-beda setiap spesiesnya, ada beberapa spesies yang dapat tumbuh pada temperatur rendah ada pula yang tumbuh pada temperatur cukup tinggi, kisarannya sekitar 7⁰C-41⁰C. *Trichoderma* yang dikultur dapat bertumbuh cepat pada suhu 25-30⁰C, namun pada suhu 35⁰C cendawan ini tidak dapat tumbuh. Perbedaan suhu mempengaruhi produksi beberapa enzim seperti karboksimetil selulase dan xilanase. Kemampuan merespon kondisi pH dan kandungan CO₂ juga bervariasi. Namun secara umum apabila kandungan CO₂ meningkat maka kondisi pH untuk pertumbuhan akan bergeser menjadi semakin basa dan penambahan HCO₃⁻ dapat menghambat mekanisme kerja *Trichoderma*. (Danielson, 2002).

Menurut Tindaon (2008) *Trichoderma sp.* merupakan mikroba tanah yang mempunyai peranan penting dalam kesuburan tanah diantaranya:

1. Sebagai pengatur daur hara secara simultan dan menyimpan hara sehingga membuat hara tersedia bagi tanaman, dan menyimpan hara yang belum dimanfaatkan tanaman.
2. Melaksanakan sintesis terhadap sebagian besar bahan organik yang bersifat stabil, seperti kompos yang berfungsi sebagai penyimpan hara dan berperan dalam memperbaiki struktur tanah.

Kemampuan sebagai pengendali hayati oleh *Trichoderma* seperti *Trichoderma harzianum* memberikan pengaruh positif terhadap perakaran tanaman, pertumbuhan tanaman dan hasil produksi tanaman. Sifat ini menandakan bahwa *Trichoderma harzianum* juga berperan sebagai *Plant Growth Enhancer*. *Trichoderma harzianum* adalah jamur akar hijau bersifat antagonis pada beberapa jenis jamur dan serangga lainnya. Distribusi jenis jamur ini sangat luas dan

terdapat pada hampir semua jenis tanah dan habitat alam lainnya, khususnya pada tempat-tempat yang mengandung bahan organik (Tindaon. 2008).

Peranan *Trichoderma harzianum* yang sangat besar dalam menjaga kesuburan tanah dan menekan populasi jamur patogen, sehingga *Trichoderma harzianum* memiliki potensi sebagai kompos aktif juga sebagai agen pengendali organisme patogen. Penggunaan kompos aktif *Trichoderma harzianum* merupakan alternatif dalam meningkatkan mikroba tanah yang akan mempercepat proses pengomposan, menjaga kesuburan tanah serta mikroba akan tetap hidup dan aktif di dalam kompos. Ketika kompos diberikan ke tanah, mikroba akan berperan mengendalikan organisme patogen penyebab penyakit tanaman (Angga. 2002).

Tindaon (2008) menambahkan bahwa mekanisme pengendalian jamur patogen oleh *Trichoderma harzianum* secara alamiah dapat dikelompokkan menjadi tiga fenomena dasar yang bekerja simultan yaitu :

1. Antibiosis, ternyata agensia aktif sebagai fungisida selain menghasilkan enzim dinding sel jamur juga menghasilkan senyawa antibiotik yang termasuk kelompok furanon yang dapat menghambat pertumbuhan spora dan hifa jamur patogen.
2. Untuk pembenihan sebagai dressing dicampur bersama pupuk cair atau dapat dicampur bersama pupuk atau herbisida melalui permukaan saluran irigasi atau di tanaman dalam bentuk kering ke tanah.
3. Pemberian *Trichoderma harzianum* mampu meningkatkan jumlah akar dan daun menjadi lebar.

Trichoderma harzianum mengeluarkan zat aktif semacam hormon auksin yang merangsang pembentukan akar lateral. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman memerlukan unsur hara dan air, penyerapan air dan hara yang baik dipengaruhi oleh pertumbuhan akar dengan pemberian kompos aktif maka pertumbuhan akar menjadi lebih baik sehingga proses penyerapan hara dan air berjalan baik yang berakibat juga terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman akan lebih baik (Tindaon. 2008).

Trichoderma merupakan jamur tanah yang berperan dalam menguraikan bahan organik tanah, dimana bahan organik tanah ini mengandung beberapa komponen zat seperti N, P, S dan Mg dan unsur hara lain yang dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhannya. *Trichoderma* dapat menguraikan fosfat dan Al, Fe dan Mn. Pada pH rendah ion P akan mudah bersenyawa dengan Al, Fe dan Mn, sehingga tanaman sering mengalami keracunan Al dan Fe. Keracunan Al akan menghambat pemanjangan dan pertumbuhan akar primer serta menghalangi pembentukan akar lateral dan bulu akar. *Trichoderma harzianum* adalah jamur non mikoriza yang dapat menghasilkan enzim kيتينase, sehingga dapat berfungsi sebagai pengendali penyakit tanaman. Kيتينase merupakan enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh jamur dan bakteri serta berperan penting dalam pemecahan kيتين (Wijaya, 2002).

Manfaat lain dari jamur *Trichoderma* yaitu membantu melindungi tanaman dari berbagai penyakit yang diakibatkan oleh jamur/cendawan tular tanah seperti :

1. Layu Fusarium
2. Busuk buah (*Antraknosa Colletotrichum*)
3. Layu bakteri (*Pseudomonas Solanacearum*)
4. Busuk pangkal batang (*Phytophthora sp*) dan
5. Tidak bersifat pathogen pada tanaman lain (Wijaya, 2002).

2.3 *Pseudomonas Fluorescens*

Tanah merupakan salah satu unsur penting yang dibutuhkan dalam kegiatan budidaya tanaman dan pertanian. Macam-macam tanah yang terbentuk memiliki kandungan unsur hara yang berbeda. Salah satunya pada tanah kapur yang memiliki pH di atas 7 dan menyebabkan rendahnya ketersediaan unsur hara serta mikroorganisme tanah, sedangkan tingginya kandungan CaCO_3 akan menyebabkan terjadinya pengendapan fosfat dikarenakan fosfat yang tersedia akan bereaksi dengan ion Ca maupun dengan garam karbonatnya membentuk $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang sukar larut dalam tanah dan berada dalam bentuk tidak tersedia, sehingga sulit diserap oleh tanaman (Buckman dan Brady, 1982). Alternatif yang

dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut, yakni dengan menambahkan bakteri *Pseudomonas fluorescens* yang dapat melarutkan fosfat tidak tersedia menjadi bentuk tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman. Pemanfaatan mikro-organisme pelarut fosfat diharapkan dapat mengatasi masalah P pada tanah masam. Mikroorganisme pelarut fosfat terdiri atas bakteri, fungi dan sedikit aktinomiset.

Pseudomonas fluorescens adalah sekelompok aerob yang memanfaatkan oksigen sebagai penerima elektron. Beberapa spesies juga menggunakan nitrat sebagai alternatif penerima elektron dalam respirasi anaerobik dan karena itu dapat tumbuh dengan anaerobik. *Pseudomonas* merupakan salah satu genus dari Famili *Pseudomonadaceae*. Bakteri ini berbentuk batang lurus atau lengkung, ukuran tiap sel bakteri 0,5 x 1-4µm. Bakteri ini juga menghasilkan pigmen *fluorescent* (pigmen berpendar) yang larut dalam air yaitu pigmen hijau kuning disebut *pyocyanin* dan *pyoverdin* yang menyebar ke media dan *fluorescent* di bawah sinar ultraviolet. *Pyoverdin* terdiri atas peptide 5-8 asam amino dan kromofor turunan kuinolin yang berberat molekul sekitar 1.000. *Pyoverdin* mempunyai kemampuan sebagai senyawa pengikat besi dan pengangkut besi. Bakteri *Pseudomonas fluorescens* merupakan bakteri negatif yang berbentuk batang yang menghuni tanah, tanaman dan air, bakteri ini dapat mengeluarkan senyawa antibiotik (antifungal), siderofor, dan metabolit sekunder lainnya yang sifatnya dapat menghambat aktivitas jamur *Fusarium oxysporum*. Senyawa siderofor, diproduksi pada kondisi lingkungan tumbuh yang miskin ion Fe. Senyawa ini menghelat ion Fe sehingga tidak tersedia bagi mikroorganisme lain. *Pseudomonas fluorescens* mengeluarkan pigmen hijau, merah hijau, merah jambu, dan kuning terutama pada medium yang kekurangan unsur besi (Fuyudur Rohmah, dkk. 2011).

Transformasi P oleh bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan fosfat dalam tanah, pelarutan tersebut disebabkan oleh adanya sekresi asam organik bakteri seperti asam formiat, asetat, propionat, laktat, glikolat, glioksilat, fumarat, tartat, ketobutirat, suksinat dan sitrat. Selain itu dilakukan penambahan bahan organik tanah seperti seresah daun jati yang

memiliki kandungan C/N rasio tinggi serta memiliki N total dan P total yang rendah, sehingga dapat meningkatkan kandungan unsur hara (Rao 1994).

Unsur hara sangat diperlukan oleh tanaman salah satunya adalah unsur fosfat (P) yaitu hara esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Ketersediaan fosfat dalam tanah jarang yang melebihi 0,01% dari total P. Sebagian besar bentuk fosfat terikat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Tanah dengan kandungan organik rendah seperti Oksisols dan Ultisols yang banyak terdapat di Indonesia kandungan fosfat dalam organik bervariasi dari 20-80%, bahkan bisa kurang dari 20% tergantung tempat. Fosfat tersebut tidak dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin oleh tanaman, karena fosfat dalam bentuk P-terikat di dalam tanah, sehingga petani tetap melakukan pemupukan P di lahan sawah walaupun sudah terdapat kandungan P yang cukup memadai. Pada tanah-tanah masam, fosfat akan bersenyawa dalam bentuk-bentuk Al-P, Fe-P, dan occluded-P, sedangkan pada tanah-tanah alkali, fosfat akan bersenyawa dengan kalsium (Ca) sebagai Ca-P membentuk senyawa kompleks yang sukar larut. Adanya pengikatan-pengikatan fosfat tersebut menyebabkan pupuk fosfat yang diberikan tidak efisien, sehingga perlu diberikan dalam takaran tinggi. Pemberian pupuk fosfat ke dalam tanah, hanya 15-20% yang dapat diserap oleh tanaman. Sedangkan sisanya akan terperap di antara koloid tanah dan tinggal sebagai residu dalam tanah (Buckman dan Brady, 1956; Jones, 1982).

Mikroorganisme yang termasuk dalam kelompok bakteri pelarut fosfat antara lain *Pseudomonas striata*, *P. diminuta*, *P. fluorescens*, *P. cerevisia*, *P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. denitrificans*, *P. rathonis*, *Bacillus polymyxa*, *B. laevolacticus*, *B. megatherium*, *Thiobacillus sp.*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Escherichia freundii*, *Cunninghamella*, *Brevibacterium spp.*, *Serratia spp.*, *Alcaligenes spp.*, *Achromobacter spp.*, dan *Thiobacillus sp.* Kelompok bakteri pelarut fosfat yang banyak terdapat pada lahan pertanian di Indonesia berasal dari genus *Enterobacter* dan *Mycobacterium*. Pemberian inokulan mikroba pelarut P pada proses pengomposan dapat meningkatkan kelarutan P dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme (fungi). Pemberian

inokulasi bakteri *Pseudomonas* dapat melarutkan P dari batuan fosfat dengan peningkatan sekitar 3,3 sampai 7,73 ppm dibandingkan tanpa inokulasi (kontrol) (Gunarto dan Nurhayati, 1994).

2.4 Rock phosphate

Batuan dan mineral dapat berperan cukup potensial di bidang pertanian, karena di dalam beberapa mineral dan batuan terkandung nutrisi-nutrisi penting yang dapat digunakan untuk mempertahankan dan menambah produktivitas lahan maupun hasil pertanian, yang disebut sebagai agromineral. Tanaman memerlukan nutrisi untuk tumbuh diantaranya nitrogen, fosfat, potasium, kalsium, magnesium, sulfur dan mikroelemen lain, yang tidak dipunyai oleh tanah yang kurang subur. Agromineral adalah mineral-mineral yang bermanfaat bagi perkembangbiakan tumbuhan, seperti mineral-mineral yang mengandung nitrogen, karbon, fosfor, potasium, belerang, kalsium, magnesium, boron, zeolit, dan perlit. Mineral merupakan komponen penyusun batuan, yang merupakan bahan induk dari tanah. Dengan demikian, secara tidak langsung mineral merupakan komponen dari tanah. Dalam pertanian, tanah merupakan bahan vital sebagai tempat berkembangbiak tanaman atau tumbuhan (Van Straaten, 1999).

Fosfat alam (Rock phosphate) adalah nama umum yang digunakan untuk beberapa jenis batuan yang mengandung mineral fosfat dalam jumlah yang cukup signifikan, atau nama mineral yang mengandung ion fosfat dalam struktur kimianya. Definisi fosfat alam menurut American Geological Institute adalah batuan sedimen yang tersusun terutama oleh mineral fosfat. Berdasarkan pada komposisi mineralnya batuan sedimen fosfat dapat dibedakan atas fosfat-Ca, fosfat Ca- Al-Fe dan fosfat Fe-Al (Mc Clellan dan Gremillon, 1980). Ketiga jenis fosfat tersebut dapat merupakan suatu sekuen pelapukan dengan fosfat Fe-Al adalah yang paling lapuk. Umumnya deposit fosfat alam ditemukan di daerah-daerah yang banyak mengandung kapur. Namun fosfat alam di Indonesia umumnya mempunyai kandungan P yang rendah, sebagian besar kelas D atau E. Artinya kandungannya di bawah 20% dan jumlahnya hanya cocok untuk penambangan kecil (Gary and Walf *at al.*, 1974).

Fosfat alam mengandung P larut air sangat kecil, sehingga bila digunakan dalam tanah sejumlah pelarutan hanya terjadi oleh reaksi antara fosfat alam dengan ion hidrogen yang ada. Agar fosfat alam menjadi pupuk yang efektif, fosfat alam harus reaktif sehingga mudah larut dalam tanah, untuk mendukung pelarutan yang ekstensif sifat tanah harus menyediakan ion hidrogen yang cukup. Tanah harus basah, sehingga terjadi difusi ion hidrogen dan fosfat serta ion kalsium dapat tersedia bagi tanaman. Beberapa faktor yang mempengaruhi kelarutan fosfat alam antara lain konsentrasi H, Ca dan P di dalam larutan, komposisi fosfat alam khususnya adanya substitusi karbonat terhadap P pada apatit, derajat pencampuran antara fosfat alam dan tanah serta tingkat penggunaan fosfat alam pada tanah (Khasawneh dan Doll, 1978). Kelarutan fosfat alam dalam larutan tanah akan lebih baik bila pH tanah, Ca dapat dipertukarkan dan konsentrasi P di dalam larutan tanah rendah (Chien, 1990).

Batuan fosfat tidak dapat digunakan langsung sebagai pupuk disebabkan oleh sifat daya larutnya yang terlalu kecil dalam air sehingga diusahakan untuk merubahnya menjadi senyawa fosfat yang mudah larut dalam air, sehingga mudah diserap oleh akar tumbuh tumbuhan. Organisme membutuhkan fosfor untuk banyak hal. Daur fosfor lebih sederhana dari pada daur-daur lainnya karena daur fosfor tidak melibatkan atmosfer. Fosfor hanya ada dalam bentuk fosfat, yang diserap tanaman dan digunakan untuk sintesis senyawa organik. Humus dan partikel tanah mengikat fosfat, hal ini menyebabkan daur fosfat bersifat lokal (Gary dan Walf *at al.*, 1974).

2.5 Tanaman Sawi

Klasifikasi dari tanaman sawi secara lengkap yaitu:

- Devisi : *Spermathophyta*
- Subdivisi : *Angiospermae*
- Class : *Dicotyledonae*
- Ordo : *Rhoeadales (Brassicales)*
- Genus : *Brassica*
- Spesies : *Brassica juncea*, (Haryanto, 1995).

Secara umum tanaman sawi biasanya mempunyai daun lonjong, halus, tidak berbulu dan tidak berkrop. Petani Indonesia di masa lalu hanya mengenal tiga macam jenis sawi yang biasanya dibudidayakan yaitu sawi putih, sawi hijau, dan sawi huma. Saat ini, konsumen lebih mengenal *caisim* alias bakso. Selain jenis-jenis sawi tersebut dikenal pula jenis sawi kriting dan sawi monumen (Haryanto, 1995).

Ada beberapa jenis sawi yang dibudidayakan diantaranya adalah :

- a. Sawi putih merupakan jenis yang paling banyak dikonsumsi sebagai sayuran segar, karena memiliki rasa yang paling enak diantara jenis sawi lainnya, jenis ini dapat hidup di lahan kering.
- b. Sawi hijau atau sawi asin, mempunyai batang yang panjang tetapi tegap dan banyak dibudidayakan di lahan kering tetapi cukup pengairannya.
- c. Sawi huma, mempunyai daun sempit, panjang dan berwarna hijau keputihan. Jenis ini tumbuh baik jika di tanam di tempat kering, seperti tegalan dan huma.
- d. Sawi kriting, ciri sawi ini yakni daunnya kriting dan amat mirip dengan sawi hijau, dapat hidup di lahan kering dengan pengairan yang cukup.
- e. Sawi monumen, tumbuhnya amat tegak dan berdaun kompak, daunnya berwarna hijau segar dan tangkai daun berwarna putih. Sekilas penampilan sawi ini seperti petsai dan tergolong terbesar dan terberat diantara jenis sawi lainnya. Jenis sawi yang banyak digemari adalah sawi putih, sawi hijau dan sawi kriting. Ketiga jenis sawi tersebut cocok ditanam untuk daerah Riau (Karida, 2000).

Tanaman sawi tumbuh dengan baik pada tanah lempung yang subur dan cukup menahan air. Syarat-syarat penting untuk bertanaman sawi ialah tanahnya gembur, banyak mengandung humus (subur), dan keadaan pembuangan airnya (drainase) baik. Derajat keasaman tanah (pH) antara 6–7. Produk pertanian yang dikonsumsi segar dan banyak diusahakan secara organik adalah tanaman sayuran. Tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) salah satu jenis sayuran yang populer dan banyak dikonsumsi, karena sawi kaya akan sumber vitamin serta mineral yang dibutuhkan oleh tubuh. Produksi sawi berkembang dari tahun ke tahun dengan disertai luas penanaman yang juga meningkat. Pemupukan yang tepat dan

benar akan mempercepat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peningkatan daya tahan terhadap serangan hama dan penyakit tertentu, meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil (Anom, 2008).

Tanaman dapat menyerap unsur hara melalui akar dan daun. Unsur C dan O diambil tanaman dari udara dalam bentuk CO₂ melalui stomata daun dalam proses fotosintesis. Unsur H diambil tanaman dari air tanah (H₂O) melalui akar tanaman. Air juga diserap tanaman melalui daun tapi dalam jumlah yang sedikit. Unsur-unsur yang lain diserap akar tanaman dari dalam tanah seperti unsur hara makro N, P, dan K juga unsur hara mikro seperti Ca, Mg, Cu, Fe, dan lainnya (Vincent, Yamaguchi dan Parman, 2007). Unsur hara makro sangat dibutuhkan demi produksi yang baik oleh tanaman sawi, berikut ini kebutuhan serapan unsur hara makro oleh tanaman sawi.

Tabel 2.1 Kebutuhan Hara Tanaman Sawi

No	Usur Hara	Rendah	Sedang	Tinggi
1	N (%)	2,75 - 2,99	3,00 - 5,00	> 5,00
2	P (%)	0,25 - 0,34	0,35 - 0,75	> 0,75
3	K (%)	3,00 - 3,49	3,5 - 6,00	> 6,00

Sumber : Jones, J. 1991. Plant Analysis Handbook

Proses fotosintesis di daun-daun tanaman, klorofil akan mengubah air (H₂O) dari dalam tanah dan karbon yang diserap oleh tanaman dari udara, menjadi bahan organik dengan bantuan sinar matahari sebagai sumber energi utama. Proses sintesis senyawa organik sebagai sumber energi bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman tersebut lebih dikenal sebagai proses metabolisme. Dalam proses metabolisme inilah unsur hara memegang peranan penting karena ketersediaannya tidak dapat digantikan oleh unsur yang lain. Jika ketersediaan unsur hara berjumlah sangat terbatas, akan mengganggu keberlangsungan proses metabolisme dan pada kondisi seperti ini proses metabolisme dalam tubuh tanaman akan berhenti sama sekali sehingga tanaman tidak dapat menyelesaikan satu atau beberapa siklus hidupnya dengan sempurna. Ketidak sempurnaan metabolisme ini diperlihatkan oleh tanaman pada bagian-bagian tanaman secara

spesifik sebagai gejala defisiensi atau kekahatan unsur hara, misalnya pada daun yang berwarna kekuningan sebagai gejala kekurangan unsur nitrogen, tepi daun yang mengering dengan garis-garis yang jelas pada daun sebagai gejala kekurangan kalium, daun tanaman tertentu akan menampakkan warna keunguan sebagai gejala kekurangan fosfat dan sebagainya (Jones, J. 1991).

2.6 Hipotesis

1. Media kompos limbah kulit kopi yang diperkaya dengan *Trichoderma Harzianum*, *Pseudomonas Fluorescens* dan Rock Phosphate mampu memberikan pertumbuhan dan produksi yang baik pada tanaman sawi.
2. Media kompos limbah kulit kopi yang diperkaya dengan *Trichoderma Harzianum*, *Pseudomonas Fluorescens* dan Rock Phosphate mampu memperbaiki beberapa sifat kimia tanah seperti pH, C dan N serta mampu menyediakan hara P yang tinggi dalam tanah.

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan contoh limbah kulit kopi kering diambil dari kopi rakyat yang berada di daerah Garahan Kabupaten Jember. Pengambilan contoh tanah untuk media tanam yaitu di daerah Arjasa Kabupaten Jember di empat titik.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi, Fisika, dan Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember dan penanamannya dilakukan di Green House Pertanian. Pelaksanaan terhitung tanggal 17 Agustus 2015 sampai selesai.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit kopi yang sudah dicacah (digiling), isolate *Trichoderma harzianum*, isolate *Pseudomonas fluorescens*, Rock phosphate, media PDA, media Kings'B agar (bacto pepton 20 gr/l, gliserol 10 ml/l, K₂HPO₄ 1,5, H₂O 7 gr/l, Agar 15 gr/l, aquades 1 liter), Asam Sulfat, tanah Alfisol yang sudah disterilisasi dan tanaman sawi.

3.2.1.1 Dosis kompos (berdasarkan penelitian sebelumnya, Wanda. 2014)

1. Kulit kopi sebanyak 250 g
2. *Trichoderma harzianum* sebanyak 1 gr
3. *Pseudomonas fluorescens* sebanyak 50 ml
4. Rock phosphate sebanyak 0,24 gr dan didiamkan selama 45 hari untuk masa pengomposan.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah autoklaf (sterilisasi), plastik, erlenmeyer, petridis, tabung reaksi, pipet, jarum ose, Bunsen, kapas, incubator, jarumose serta alat-alat yang digunakan untuk analisis kimia dan fisika, penggaris, sprayer, tong dan kayu bakar (untuk sterilisasi tanah) dan polibag.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan lanjutan dengan dasar penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wanda (2014) yang memanfaatkan limbah kulit kopi menjadi kompos dengan ditambah *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* dan Rock phosphate, adapun tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Pengambilan Bahan

Pengambilan contoh kulit kopi diambil dari tumpukan kulit kopi rakyat yang berada di daerah Garahan Kabupaten Jember. Contoh kulit kopi yang diperoleh kemudian dicuci dan dijemur hingga limbah kulit kopi benar-benar kering. Setelah kering, limbah kulit kopi dicacah (diselep) hingga mencapai ukuran 2 mm dan disterilisasi sebelum ditambah *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* dan Rock phosphate.

3.3.2 Meremajakan dan Memperbanyak Jamur *Trichoderma Harzianum*

a. Meremajakan jamur *Trichoderma harzianum* pada media PDA

Meremajakan kembali isolat jamur *Trichoderma harzianum* pada media PDA (Potato Dextrose Agar). Peremajaan jamur dilakukan dengan mengambil isolat menggunakan jarum ose kemudian digoreskan pada media PDA dan diinkubasi pada suhu kamar selama 48 jam. Menumbuhkan pada tabung yang berisi media PDA miring sebagai stok.

b. Memperbanyak jamur *Trichoderma harzianum* pada media beras jagung

Mengukus 1 kg beras jagung selama 30 menit (pada kondisi setengah matang). Mendinginkan beras yang sudah dikukus di atas meja beralaskan plastik, dinginkan hingga kadar airnya turun dan cukup kering. Masukkan beras jagung dalam kantong plastik ukuran 1 kg sebanyak 500 g/kantong. Menggores inokulasi *Trichoderma harzianum* yang ada pada tabung dengan ose steril, hasil goresan pindahkan pada masing-masing kantong plastik yang telah berisi beras jagung. Mengaduk rata untuk 50 gr beras jagung cukup satu geres inokulasi *Trichoderma harzianum*. Menyimpan ditempat sejuk dan bersih selama 3-5 hari, *Trichoderma harzianum* siap diaplikasikan.

3.3.3 Meremajakan dan Memperbanyak Bakteri *Pseudomonas Fluorescens*

a. Meremajakan bakteri *Pseudomonas fluorescens* pada media Kings'B Agar

Meremajakan kembali isolate bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas fluorescens*). Media yang digunakan adalah media Kings'B Agar. Menumbuhkan bakteri *Pseudomonas fluorescens* pada media Kings'B peremajaan, bakteri dilakukan dengan mengambil isolat menggunakan jarum ose kemudian digoreskan pada media cawan petri dan diinkubasi pada suhu kamar selama 48 jam. Kemudian menumbuhkan pada tabung yang berisi media Kings'B miring sebagai stok.

b. Memperbanyak bakteri *Pseudomonas fluorescens* pada media NB cair

Memperbanyak bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas fluorescens*) pada media cair yaitu media nutrient borth (NB). Memperbanyak bakteri dengan mengambil isolat bakteri yang ditumbuhkan pada tabung miring. Menggoreskan bakteri dengan ose kemudian memindahkan ke tabung yang berisi media cair hingga pengenceran sampai 10^{-3} . Mengambil inokulasi bakteri yang ada di tabung pengenceran 10^{-3} dengan mikro pipet 1 ml, pindahkan pada media NB. menginokulasikan pada temperature yang sesuai selama 3-5 hari dan *pseudomonas fluorescens* siap diaplikasikan.

3.3.4 Membuat Bahan Hasil Dekomposisi Kompos Limbah Kulit Kopi

- a. Menyiapkan bahan limbah kulit kopi
- b. Mencacah kulit kopi hingga halus
- c. Mengayak hasil cacahan
- d. Mensterilkan limbah kulit kopi yang telah diayak
- e. Memasukkan bahan kulit kopi ke dalam botol (250 gr/botol)
- f. Menambahkan *Trichoderma harzianum* 1 gr, *Pseudomonas fluorescens* 50 ml, Rock phosphate dan aquades 250 ml ke dalam botol yang berisi kulit kopi.
- g. Mengaduk kulit kopi yang sudah dicampur isolat kira-kira satu minggu sekali, dan menjaga kelembaban selama proses dekomposisi.

- h. Membiarkan selama 45 hari sampai menjadi kompos yang siap untuk tanaman.

3.3.5 Pembersihan Lokasi Tanam

Membersihkan lokasi penanaman dari sisa tanaman dan gulma, lalu dibuat plot percobaan dengan ukuran 50 cm x 100 cm.

3.3.6 Persemaian Benih

Persemaian dilakukan di dalam kotak persemaian dengan ukuran 100 cm x 100 cm. Media di persemaian merupakan campuran antara tanah lapisan atas dan pupuk kandang sapi dengan perbandingan 1:1. Benih sawi disemaikan dengan cara menaburkan pada permukaan media, kemudian ditutup dengan tanah tipis-tipis. Untuk menjaga kelembapan selama di persemaian dilakukan penyiraman dengan menggunakan hand sprayer 1 kali sehari.

3.3.7 Penyiapan Media Tanam

Media tanam yang akan digunakan adalah tanah top soil jenis alfisol. Top soil tersebut sebelumnya dibersihkan dan disterilisasi. Kemudian, tanah di diamkan untuk menghilangkan panasnya, setelah itu di masukkan dalam polibag sebanyak $\frac{3}{4}$ dari ukuran polibag dengan berat tanah 4 Kg.

3.3.8 Penanaman

Pemindahan bibit sawi dari persemaian dilakukan pada saat bibit telah memiliki 3-4 helai daun. Bibit yang digunakan adalah bibit yang sehat dan seragam pertumbuhannya. Penanaman dilakukan pada sore hari dengan menanam 1 bibit untuk setiap polibag dan juga disiapkan beberapa polibag yang digunakan sebagai bibit cadangan untuk penyulaman.

3.3.9 Pemeliharaan Tanaman

- a. Penyulaman : dilakukan 7 hari setelah tanam (HST) apabila terdapat tanaman yang mati atau layu.

- b. Penyiraman : dilakukan setiap hari yaitu pada pagi atau sore hari dan penyiraman disesuaikan dengan tingkat kelembaban media tanam
- c. Penyiangan : dilakukan bilamana terdapat gulma di dalam media tanam dengan cara mencabut gulma tersebut
- d. Pembumbunan : dilakukan pada saat tanaman berumur 4 minggu setelah tanam.
- e. Pemangkasan : dilakukan apabila terdapat bagian tanaman yang terkena penyakit.

3.3.10 Analisis Fisika, Kimia dan Biologi

Proses analisis fisika pada tanah dilakukan pada saat persiapan media tanam dan proses analisis kimia pada media tanam dilakukan dua tahap yaitu pada saat awal pengambilan contoh dan yang kedua pada saat panen. Analisis sifat kimia terdiri dari beberapa macam yaitu menganalisis unsur-unsur pada media tanam dan kompos. Metode analisis media tanam dapat dilihat pada Tabel 3.1. Proses analisis biologi tanah dilakukan sebelum proses pengomposan yaitu saat perbanyak bakteri.

Tabel 3.1 Metode Analisa Kimia Kompos Limbah Kulit Kopi

No	Jenis Analisis	Metode	Alat Yang Digunakan
1.	Penetapan Kadar Air	Gravimetri	Oven 60 ⁰ C
2.	Kadar C-Organik	Walkey & Black	Spektofotometer
3.	Pengukuran N-Total	Kjeldhal	Destilasi dan Titrasi
4.	Kadar P-Total	Olsen	Spektofotometer

3.4 Rancangan Percobaan

Percobaan pada penelitian penanaman tanaman sawi menggunakan faktor tunggal yaitu perlakuan kompos (N) dengan 3 ulangan. Data hasil analisis diuji menggunakan analisis Rancangan Acak Kelompok (RAK) dan dilanjutkan menggunakan uji jarak Duncan pada taraf 5%. Adapun perlakuannya sebagai berikut :

1. N0 : Tanah (Kontrol)
2. N1 : Tanah + Rock Phosphate sebanyak 0,24 g
3. N2 : Tanah + *Trichoderma Harzianum* sebanyak 1 gr
4. N3 : Tanah + *Trichoderma Harzianum* sebanyak 1 gr + *Pseudomonas Fluorescens* sebanyak 50 ml
5. N4 : Tanah + Kompos 50 g/polibag (12,5 ton/ha)
6. N5 : Tanah + Kompos 100 g/polibag (25 ton/ha)
7. N6 : Tanah + Kompos 150 g/polibag (37,5 ton/ha)

Denah penanaman sebagai berikut:

UL I	UL II	UL III
N1	N5	N2
N0	N2	N6
N6	N4	N5
N3	N0	N1
N2	N6	N4
N5	N3	N0
N4	N1	N3

3.5 Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang dilakukan pada media tanam dan tanaman sawi antara lain:

a. Media Tanam

1. pH tanah setelah pemberian kompos
2. Kandungan C, N, P, setelah pemberian kompos

b. Tanaman Sawi

1. Shoot/Root rasio
2. Berat tanaman (Berat basah + Berat kering)
3. Tinggi tanaman
4. Panjang akar
5. Jumlah daun

6. Panjang daun

7. Luas daun

Parameter media tanam yang dilakukan adalah untuk mengetahui berapa besar nilai pH dalam media tanam dan kandungan C, N, P setelah pemberian kompos. Parameter pada tanaman sawi adalah untuk mengetahui perbandingan perlakuan kompos dengan perlakuan lain dilihat dari Shoot/Root rasio yang menghasilkan pertumbuhan akar dan tanaman bagian atas yang baik, berat tanaman, tinggi tanaman, panjang akar, jumlah dan panjang daun pada pertumbuhan tanaman sawi, dan dapat menyimpulkan pengaruh kompos limbah kulit kopi dengan diperkaya *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* dan Rock phosphate adalah yang terbaik.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas yang telah dikemukakan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Perlakuan kompos limbah kulit kopi + *Trichoderma Harzianum* + *Pseudomonas Fluorescens* + Rock Phosphate merupakan perlakuan yang mampu memberikan pertumbuhan dan produksi terbaik pada tanaman sawi.
2. Media kompos limbah kulit kopi + *Trichoderma Harzianum* + *Pseudomonas Fluorescens* + Rock Phosphate pada perlakuan N4, N5 dan N6 mampu memperbaiki beberapa sifat kimia tanah seperti pH, C dan N pada tanah Alfisol.
3. Media kompos limbah kulit kopi + *Trichoderma Harzianum* + *Pseudomonas Fluorescens* + Rock Phosphate juga mampu menyediakan hara P dalam tanah yang relatif kecil.

5.2 Saran

Kandungan unsur hara pada kompos masih tergolong sedang namun untuk meningkatkan unsur hara dalam kompos maka perlu adanya penambahan dosis mikroba tanah sebagai penambat unsur N dan sebagai pelarut P dan K.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, A. et al. (2001). Pengaruh C-Organik Tanah sebagai Indikator Sumberdaya Alam. Bandung: Yayasan Akatiga.
- Anas, M. 1989. Biologi Tanah: Mikroorganisme sebagai Penyubur Tanah. Jakarta: Pustaka Harapan Jaya.
- Angga, W. 2002. Pemanfaatan Jamur *Trichoderma Harzianum* sebagai Bahan Aktif dan Perombakan Hara sebagai Penjaga Kesuburan Tanah. Jakarta.
- Anom., Edison. 2008. Efek Pemberian *Tricho*-Kompos Jerami Padi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Sawi Hijau (*Brassica juncea L.*). *SAGU* Vol. 7 No. 2: Hal. 7-12.
- Ari Purwanti *et.al* (2009). Penerapan Pertanian Organik untuk Pertumbuhan Tanaman. Yogyakarta: Kanisius.
- Balai Besar Penelitian Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2005. Kategori Tingkat Kandungan C-Organik Tanah. Jawa Timur: Indonesia
- Baluska (1995). Penggulungan Daun, Pertumbuhan Tajuk dan Akar Beberapa Varietas Sawi pada Kondisi Cekaman Air yang Berbeda. *Agrivita* 31(2): 118128.
- Beauchamp. 1997. Agricultural Soil Manipulation: The Use of Bacteria, Manuring and Plowing. In J. D. Van Elsas., J. T. Trevors and E. M. H. Wellington (eds). *Modern Soil Microbiology*. Marcel Dekker, New York. p 643-664.
- Brady, N. C. and R. R. Weil, 2002. *The Nature and Properties of Soils*. New York: 31th ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New York. 511 p.
- Buckman, H. O. and N. C. Brady. 1956. *The Nature and Properties of Soils*. New York: 5th ed. Macmillan, New York.
- Buckman, H. O. and N. C. Brady. 1982. *Pengantar Ilmu Tanah*. Jakarta: Penerbit Bharatara Karya Aksara.
- Chien, S. H. 1990. Reaction of Phosphate Rock with Acid Soils of the Humid Tropic. Malaysia: Paper Presented at Workshop on Phosphate Sources for Acid Soils in the Humid Tropic of Asia, Kuala Lumpur.
- Cook dan Baker. 1974. Fungsi *Trichoderma Harzianum* untuk Kesuburan Tanah. Jakarta: Yayasan John Hi Tech. Idetama Jakarta.

- Crabble dan Barnola. 1996. Pengaruh Panjang Akar dan Tinggi Tanaman Selada. IRR RES. Series 88 : 1 -11.
- Danielson RM, Davey CB. 2002. Non Nutritional Factors Affecting the Growth of *Trichoderma* in Culture. *Soil Biol Chem* 5:495-504.
- Darmawan, J. dan J. S. Baharsjah. 2010. Dasar-dasar Fisiologi Tanaman. SITC. Jakarta.
- Data Statistik., B. P. S. 2003. Data Hasil Produksi Tanaman Kopi. Diakses 19 Agustus 2003.
- Delgado, J. A and R. F. Follet. 2002. Carbon and Nutrient Cycles. *J. Soil and Water Conserv.* Vol 57 No. 6: 455-464.
- Departemen Pertanian, 2008. Pedoman Teknik Reklamasi Lahan Sawah Berbahan Organik Rendah Tahun 2008. Jakarta: Direktorat Pengolahan Lahan. Direktorat Pengelolaan Lahan dan Air.
- Dinas Perkebunan Jawa Timur (Kementrian Pertanian). 2010. Rekapitulasi Luas Areal Tanam, Panen, Produksi, Produktivitas dan Harga Kopi di Jawa Timur. Jawa Timur: Diakses 14 Agustus 2010.
- Ditjenbun (2006). Pedoman Pemanfaatan Limbah dari Pembukaan Lahan. Direktorat Jenderal Perkebunan. Departemen Pertanian.
- Erwiyono, R. Nurkholis & J. B. Baon (2001). Laju Perombakan Kulit Buah Kopi, Jerami dan Cacahan Kayu dengan Perlakuan Mikroorganisme dan Kualitas Kompos yang di Hasilkan. *Pelita Perkebunan*. 17, 64-71.
- Fatan Dwi Putra, 2012. *Animal and Agriculture*. Diponegoro: PT Gramedia Pustaka Utama Diponegoro.
- Fitter dan Hay. 1998. Effects of Varied Nitrogen Stress on Growth and Nutrition in three *Salix* Clones. *Physiologia Plantarum* 51: 423-29.
- Fuyudur Rohmah., Astutik dan Zaenal M. Biochemical Characteristic of *Pseudomonas Fluorescens*. *J Biotechnol Biodiver.* 2:19-26.
- Gradner, et al. 1991. Mineral Nutrition of Structrul Plants. Principles and Perspectives. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Gardner, F. P, B. Pearce dan R. L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Gary, M., R. McAfee Jr., and C. L. Walf (eds). 1974. Glossary of Geology. Washington: Amer. Geolog. Ins. Washington D.C.
- Ginting, W. N. 2003. Pengukuran Rasio Karbon dan Nitrogen Terhadap Pupuk Kandang Untuk Pupuk Organik. Jakarta: UI Press.
- Gunarto, L. dan L. Nurhayati. 1994. Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah-Tanah di Indonesia. Makalah disampaikan pada Seminar Tahunan 1994. Hasil Penelitian Tanaman Pangan, Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor, 29-30 Maret 1994.
- Hadar., Widiastuti, L. 1999. Pengaruh *Trichoderma Harzianum* Terhadap Patogen Tular Tanah. Ilmu Pertanian (Prodi. Hama Penyakit Tanaman). (11) 2 : 35-42.
- Hakim, N. 1986. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Lampung: Universitas Lampung.
- Hanolo, W. 1997. Tanggapan Tanaman Selada dan Sawi Terhadap Dosis dan Cara Pemberian Pupuk Cair Stimulan. Jurnal Agrotropika.
- Hardjowigeno, S. dan Tisdael. et al. 1990. N-Organik dan N-Arganik. Jakarta: Akademi Pressindo.
- Hardjowigeno, S. 1995. Ilmu Kesuburan Tanah. Jakarta: Akademi Pressindo.
- Haryanto. 1995. Sawi dan selada. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Hassink, J. 1994. Effects of Soil Texture on the Size of the Microbial Biomass and on the Amount of C and N Mineralized Per Unit of Microbial Biomass in Dutch Grassland Soil. Soil Biol. Biochem. 26: 1573-1581.
- Isroi (2007). Pengomposan Limbah Kakao. Materi Pelatihan TOT Budidaya Kopi dan Kakao Staf BPTP di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. Jember: 25 – 30 Juni 2007.
- Jones. J. 1991. Penelitian Percobaan Pertumbuhan dan Kandungan Hara Tanaman Sawi. Plant Analysis Handbook. Bandung: hal 623.
- Karida, S. 2000. Bercocok Tanaman Sawi. Jakarta: Gramedia.
- Kelik, W. 2010. Pengaruh Konsentrasi dan Frekuensi Pemberian Pupuk Organik Cair Hasil Perombakan Anaerob Limbah Makanan terhadap Pertumbuhan Sawi (*Brasica juncea* L). Surakarta: [Skripsi Univ. 11 Maret] Surakarta.
- Khasawneh, F. E. and E. C. Doll. 1978. The use of Phosphate Rock for direct Application to Soils. Adv. Agron. 30: 159-205.

- Klepper, D. W. 1991. Sawi. Nitrogen, Pupuk. Malang: Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
- Lakitan, B. 2004. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada Jakarta.
- Lingga, P. 1991. Kotoran Ternak Penyubur Tanah. Jakarta: Penebar Swadaya.
- MC- Clellan dan Gremillon. 1980. Effect of Phosphate Solubilizer on Dry Matter Yield of and Phosphorus Uptake by Soybean. J. Indian: Soil Sci. 30: 105-106.
- Melawati, J. (2002). Reduksi Biologi dari Limbah Pabrik Kopi Menggunakan Cacing Tanah *Eisenia Foetida*. *Buletin Kimia, Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi*, 2, 28-34.
- Novizan dan Hakim. 2005. Manfaat Pupuk Organik untuk Tanah Masam. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Plaster E. J. 2003. Soil Science and Mangement. Delmar Learning Inc. 4th ed United States. 384 p.
- Poerwanto. 2000. Nitrogen Stress in Birch Seedlings I. Growth Technique and Growth. *Physiologia Plantarum* 45: 137-48.
- Prayugo. 2007. Pengaruh Penggenangan dan Pemberian Bahan Organik Terhadap Potensial Redoks, pH, Status Fe, P, dan Al dalam Larutan Tanah Ultisol Kulawi. *J. Agroland* 10 No. (2); 119-125.
- Pujisiswanto dan Pangaribun, 2008. Pengaruh Dosis Kompos Pupuk Kandang Sapi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tomat. Lampung: Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II 2008 Universitas Lampung 17-18 November 2008.
- Pusat Penelitian Tanah. 1984. Kriteria Pengukuran Batas Kesuburan Tanah. Bogor: Pusat Penelitian Bogor.
- Rao, A.V., B. Venkateswarin, and P. Kami. 1994. Isolation of a Phosphate Dissolving Soil Actinomycete. *Curr. Sci.* 51: 1.117-1.118.
- Rock and Related Technology. Latest Developments and Practical Experiences. Malaysia: July 16-20, 1999. Kuala Lumpur. Malaysia.
- Sarif. 1986. *Nutrition and Growth of Birch Seedlings at Varied Relative Phosphorus Addition Rates*. *Physiologia Plantarum* 72: 227-35.

- Sitompul dan Guritno (1995). Keterkaitan Nisbah Tajuk Akar dan Efisiensi Penggunaan Air pada Rumpuk Gajah dan Rumpuk Raja Akibat Penurunan Ketersediaan Air Tanah. *Sumatra: Jurnal Biologi Sumatera* 3(1): 29-35.
- Soepardi, G. 1983. Fungsi Bahan Organik dalam Tanah. Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Standart Nasional Indonesia (SNI). 2004. Standar Mutu Pupuk Organik. Jakarta: 19-7030-2004. Indonesia.
- Stevenson, F.J., 1994. *Humus Chemistry : Genesis, Composition and Reaction*. New York: John Willey and Sons. New York. 597 p.
- Stevenson, F.T. (1982) *Humus Chemistry*. New York: John Wiley and Sons.
- Sundara Rao, W.V.B. and M.K. Sinha. 1963. Phosphate Dissolving Microorganisms in the Soil and Rhizosphere. *Indian Jurnal Agriculture*, 33: 272-278.
- Sutanto, R. 2002. Penerapan Pertanian Organik Permasalahan dan Pengembangannya. Yogyakarta: Kanisius.
- Sutedjo dan Kartasapoetra. 1998. Pupuk dan Cara Pemupukan. Jakarta: Bina Aksara.
- Tindaon, Herman. 2008. Pengaruh Jamur Antagonis *Trichoderma Harzianum* dan Pupuk Organik untuk Mengendalikan Patogen Tular Tanah. Bandung.
- Van Straaten. 1999. Overview of World Phosphate Rock Production. Paper Presented at an International Meeting on Direct Application of Phosphate.
- Vincent, Yamaguchi dan Parman. 2007. Pentingnya Menjaga Keseimbangan Unsur Hara Makro dan Mikro untuk Tanaman Sawi. Makasar.
- Wanda, D. S. 2014. Peningkatan Kecepatan Dekomposisi Limbah Kulit Kopi dengan Penambahan *Trichoderma spp.* sebagai Dekomposer dan *Pseudomonas sp.* Untuk Pengkayaan Kandungan Fosfat. Skripsi. Jember: Program Studi Agroteknologi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember.
- Wibowo R. (2010). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kopi sebagai Media Tanam Alternatif untuk Pertumbuhan Tanaman *Anthurium (Anthurium plowmanii Scoat)*. Malang: Skripsi. Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Widodo. 2007. Jamur *Trichoderma Harzianum* Sebagai Biofungisida. *Jurnal Mikroorganisme Pengendali Hama Penyakit Tumbuhan*. Bandung.

- Widyastuti. 2000. Pengaruh Hara Makro dan Hara Mikro terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung pada Tanah Masam. Bandung: Makalah PTI Permi. 31 Juli – 1 Agustus 2000.
- Wijaya S. 2002. Jamur *Trichoderma Harzianum* sebagai Penguraian Bahan Organik. Jurnal Bahan Organik. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wilbaux R. (1963). *Coffee Processing*. Food and Agriculture Organization of United Nation. Rome.
- Winaryo; Usman & S. Mawardi (1995). Pengaruh Komposisi Bahan Baku dan Lama Pengomposan Terhadap Mutu Kompos. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 11, 26-32.
- Yuwono. 2005. Peningkatan Ketersediaan Hara P terhadap Pertumbuhan Vegetatif pada Tanaman Tomat. Bogor: Tesis. Program Pasca Sarjana. IPB. Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran A. Komposisi Media Potato Dextrose Agar (PDA) dan Media Jagung

Media	Komposisi	Kuantitas
Media Potato Dextrose Agar (PDA)	Kentang	200 g
	Glukosa	20 g
	Agar	15 g
Media Jagung	Beras Jagung	1000 g
	Bimoli	10 ml
	Aquades	1000 ml

Lampiran B. Komposisi Media *Pikovskaya*

Komposisi	Kuantitas
Glukosa	10 g
Ca ₃ (PO ₄) ₂	5 g
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,5 g
KCl	0,2 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,1 g
MnSO ₄	0,002 g
FeSO ₄	0,002 g
Ekstrak khamir	0,5 g
Agar	20 g

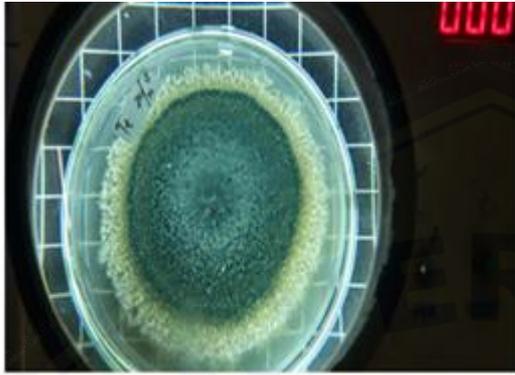
Bahan-bahan di atas dilarutkan dalam aquades sampai volume 1000 ml.

Lampiran C. Komposisi Media *Nitrat*

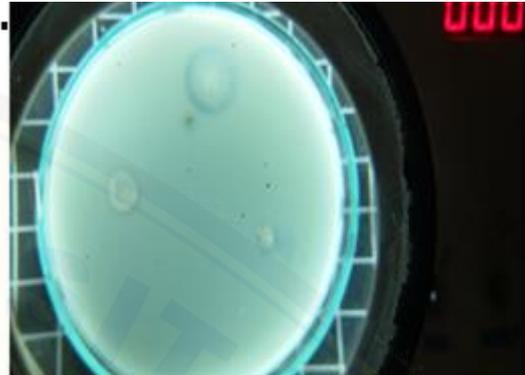
Komposisi	Kuantitas
<i>Nutrient Broth</i> (NB)	8 g
KNO ₃	1 ml

Bahan-bahan di atas dilarutkan dalam aquades sampai volume 1000 ml.

Lampiran D. Peremajaan Mikroorganisme (jamur *Trichoderma harzianum* dan bakteri *Pseudomonas fluorescens*)



Jamur *Trichoderma harzianum*



Bakteri *Pseudomonas fluorescens*

Lampiran E. Kulit Kopi Sebelum dan Sesudah Pengomposan



Kulit Kopi Sebelum Pengomposan



Kulit Kopi Sesudah Pengomposan

Lampiran F. Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah

Parameter tanah	Nilai				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5
N (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,510,75	>0,75
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25
P ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	<15	15-20	21-40	41-60	>60
P ₂ O ₅ Bray (ppm P)	<4	5-7	8-10	11-15	>15
P ₂ O ₅ Olsen (ppm P)	<5	5-10	11-15	16-20	>20
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
KTK/CEC (me/100 g tanah)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
Susunan kation					
Ca (me/100 g tanah)	<2	2-5	6-10	11-20	>20
Mg (me/100 g tanah)	<0,3	0,4-1	1,1-2,0	2,1-8,0	>8
K (me/100 g tanah)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1
Na (me/100 g tanah)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1
Kejenuhan Basa (%)	<20	20-40	41-60	61-80	>80
Kejenuhan Alumunium (%)	<5	5-10	1-20	20-40	>40
Cadangan mineral (%)	<5	5-10	11-20	20-40	>40
Salinitas/DHL (dS/m)	<1	1-2	2-3	3-4	>4
Persentase natrium dapat tukar/ESP (%)	<2	2-3	5-10	10-15	>15

Sumber: Pusat Penelitian Tanah Bogor 1984

Lampiran G. Syarat Mutu Kompos Dari Sampah Organik Domestic (SNI 19 7030-2004)

No	Parameter	Satuan	Minimal	Maximal
1	Kadar Air	%	-	50
2	Suhu	⁰ C		Suhu air tanah
3	Warna			Kehitaman
4	Bau			Berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0.55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	Ph		6.8	7.49
8	Bahan asing	%	*	1.5
	<i>Unsur hara makro</i>			
9	Bahan organik	%	27	58
10	Karbon (C)	%	9,8	32
11	Nitrogen (N)	%	0.40	
12	C/N rasio		10	20
13	P ₂ O ₅ (fosfor)	%	0.10	
14	K ₂ O (kalium)	%	0.20	
	<i>Unsur hara mikro</i>			
15	Arsen	Mg/kg		13
16	Kadmium (cd)	Mg/kg		3
17	Cobalt (Co)	Mg/kg		34
18	Kromium (Cr)	Mg/kg		210
19	Tembaga (Cu)	Mg/kg		100
20	Merkuri (Hg)	Mg/kg		0.8
21	Nikel (Ni)	Mg/kg		62
22	Timbal (Pb)	Mg/kg		150
23	Selenium (Se)	Mg/kg		2
24	Seng (Zn) Unsur Lain	Mg/kg	*	500
25	Kalsium (C _a O)	%	*	25.5
26	Mangan (Mn)	%	*	0.1
	<i>Magnesium</i>			
27	(MgO)	%		0.60
28	Belerang (S)	%		
29	(Natrium) Na	%		
30	Besi (Fe)	%	*	2.00
31	(Alumunium) Al	%	*	2.20
	<i>Bakteri</i>			
32	Fecal Coli	MPN/gr		1000
33	Salmonella sp	MPN/gr		3
34	Uji kecambah			Tidak ditentukan
35	Reduksi berat	%		Tidak ditentukan

* nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

Lampiran H. Data Analisis pH Tanah

H.1 Data pH tanah

Perlakuan	pH			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	5.87	5.71	5.69	17.27	5.76
N1	6.31	6.3	6.34	18.95	6.32
N2	6.4	6.31	6.4	19.11	6.37
N3	6.53	6.38	6.43	19.34	6.45
N4	6.55	6.44	6.59	19.58	6.53
N5	6.8	6.63	6.89	20.32	6.77
N6	6.95	6.85	7	20.80	6.93
Total	45.41	44.62	45.34	135.37	
Rata-rata	6.49	6.37	6.48	6.45	

H.2 Daftar Sidik Ragam pH Tanah

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	0.054638	0.027319	7.925858 tn	19.41	99.42
Perlakuan	6	2.546495	0.424416	123.1324 **	4	7.72
Error (Galat)	12	0.041362	0.003447			
Total	20	2.642495	0.132125			
		CV	: 2.312374			

Keterangan :

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran I. Data Analisis C-Organik

I.1 Data C-Organik (%)

Perlakuan	C-Organik			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	0.98	0.96	1.02	2.96	0.99
N1	1.09	1.21	1.22	3.52	1.17
N2	1.75	1.73	1.81	5.29	1.76
N3	1.78	1.73	1.86	5.37	1.79
N4	2.17	2.34	2.21	6.72	2.24
N5	2.36	2.39	2.60	7.35	2.45
N6	2.90	2.47	2.96	8.34	2.78
Total	13.03	12.83	13.68	39.54	
Rata-rata	1.86	1.83	1.95	1.88	

I.2 Daftar Sidik Ragam C-Organik

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	0.06	0.028194	2.08354 tn	19.41	99.42
Perlakuan	6	7.74	1.290730	95.38611 **	4	7.72
Error (Galat)	12	0.16	0.0135			
Total	20	7.96	0.398157			
		CV	:	8477174		

Keterangan :

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran J. Data Analisis N-Total

J.1 Data N-Total (%)

Perlakuan	N-Total			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	0.07	0.06	0.05	0.18	0.06
N1	0.08	0.09	0.10	0.27	0.09
N2	0.14	0.11	0.11	0.35	0.12
N3	0.13	0.10	0.15	0.39	0.13
N4	0.17	0.17	0.15	0.49	0.16
N5	0.23	0.21	0.19	0.63	0.21
N6	0.23	0.21	0.26	0.71	0.24
Total	1.06	0.96	1.01	3.02	
Rata-rata	0.26	0.24	0.25	0.14	

J.2 Daftar Sidik Ragam N-Total

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	0.00	0.000318	1.034079 tn	19.41	99.42
Perlakuan	6	0.07	0.012011	39.08072 **	4	7.72
Error (Galat)	12	0.00	0.000307			
Total	20	0.08	0.00382			

CV : 4.620377

Keterangan :

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran K. Data Analisis P-Tersedia

K.1 Data P-Tersedia (ppm)

Perlakuan	P-Tersedia			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	3.134671	2.963803	2.570799	8.67	2.89
N1	4.352863	5.011524	2.644595	12.01	4.00
N2	2.78355	3.101983	2.974566	8.86	2.95
N3	3.232972	3.013851	2.789838	9.04	3.01
N4	4.526417	3.432565	4.161228	12.12	4.04
N5	5.013296	5.765429	6.513045	17.29	5.76
N6	6.977897	6.987987	6.977676	20.94	6.98
Total	30.02	30.28	28.63	88.93	
Rata-rata	4.29	4.33	4.09	4.23	

K.2 Daftar Sidik Ragam P-Tersedia

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	0.22	0.11201	0.278721	19.41	99.42
Perlakuan	6	44.76	7.45921	18.5610	4	7.72
Error (Galat)	12	4.82	0.401875			
Total	20	49.80	2.49009			

CV : 30.8056

Keterangan :

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran L. Data Analisis Shoot/Root

L.1 Data Shoot/Root (g)

Perlakuan	Shoot/Root			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	10.46	5.63	5.76	21.85	7.28
N1	4.90	4.33	4.98	14.22	4.74
N2	4.69	4.76	4.20	13.65	4.55
N3	3.86	3.71	3.63	11.20	3.73
N4	3.59	3.60	2.59	9.78	3.26
N5	1.93	2.95	2.57	7.45	2.48
N6	2.03	1.88	2.15	6.06	2.02
Total	31.47	26.87	25.87	84.21	
Rata-rata	4.50	3.84	3.70	4.01	

L.2 Daftar Sidik Ragam Shoot/Root

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	2.547764	1.273882	1.066930 tn	19.41	99.42
Perlakuan	6	55.40	9.233917	7.733794 **	4	7.72
Error (Galat)	12	14.33	1.193970			
Total	20	72.2789011	3.613945			

CV : 54.56591915

Keterangan :

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran M. Data Analisis Berat Basah Tanaman

M.1 Data Berat Basah Tanaman (g)

Perlakuan	Berat Basah Tanaman			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	27.32	46.45	45.47	119.24	39.75
N1	52.11	53.77	52.5	158.38	52.79
N2	52.8	52.75	57.09	162.64	54.21
N3	57.27	57.62	58.02	172.91	57.64
N4	59.89	60.14	63.43	183.46	61.15
N5	80.04	69.57	78.65	228.26	76.09
N6	82.42	87.24	88.66	258.32	86.11
Total	411.85	427.54	443.82	1283.21	
Rata-rata	58.84	61.08	63.40	61.11	

M.2 Daftar Sidik Ragam Berat Basah Tanaman

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	73.014067	36.507033	1.639723	19.41	99.42
Perlakuan	6	4302.97	717.161310	32.211484	4	7.72
Error (Galat)	12	267.17	22.264150			
Total	20	4643.1517	232.157586			

CV : 60.36203

Keterangan :

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran N. Data Analisis Berat Kering Tanaman

N.1 Data Berat Kering Tanaman (g)

Perlakuan	Berat Kering Tanaman			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	1.36	2.14	2.13	5.63	1.88
N1	2.55	2.6	2.54	7.69	2.56
N2	2.58	2.57	2.69	7.84	2.61
N3	2.7	2.71	2.72	8.13	2.71
N4	2.73	3.1	3.83	9.66	3.22
N5	4.65	3.25	3.85	11.75	3.92
N6	4.09	4.5	5.33	13.92	4.64
Total	20.66	20.87	23.09	64.62	
Rata-rata	2.95	2.98	3.30	3.08	

N.2 Daftar Sidik Ragam Berat Kering Tanaman

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	0.517971	0.258986	1.348243	19.41	99.42
Perlakuan	6	15.67	2.611394	13.594546	4	7.72
Error (Galat)	12	2.31	0.192091			
Total	20	18.491429	0.924571			
		CV :	24.985036			

- tn = Tidak nyata
 * = Nyata pada taraf uji 5 %
 ** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran O. Data Analisis Berat Basah Akar

O.1 Data Berat Basah Akar (g)

Perlakuan	Berat Basah Akar			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	11.3	12.08	12.07	35.45	11.82
N1	12.33	12.4	12.32	37.05	12.35
N2	12.37	12.36	12.47	37.20	12.40
N3	12.5	12.54	12.55	37.59	12.53
N4	12.56	12.85	13.5	38.91	12.97
N5	14.46	13.11	13.51	41.08	13.69
N6	14.01	14.45	14.6	43.06	14.35
Total	89.53	89.79	91.02	270.34	
Rata-rata	12.79	12.83	13.00	12.87	

O.2 Daftar Sidik Ragam Berat Basah Akar

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	0.180981	0.090490	0.588486	19.41	99.42
Perlakuan	6	13.81	2.302244	14.972170	4	7.72
Error (Galat)	12	1.85	0.153768			
Total	20	15.83967	0.791983			
		CV :	10.92919			

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran P. Data Analisis Berat Kering Akar

P.1 Data Berat Kering Akar (g)

Perlakuan	Berat Kering Akar			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	0.13	0.38	0.37	0.88	0.29
N1	0.52	0.6	0.51	1.63	0.54
N2	0.55	0.54	0.64	1.73	0.58
N3	0.7	0.73	0.75	2.18	0.73
N4	0.76	0.86	1.48	3.10	1.03
N5	2.41	1.1	1.5	5.01	1.67
N6	2.01	2.4	2.48	6.89	2.30
Total	7.08	6.61	7.73	21.42	
Rata-rata	1.01	0.94	1.10	1.02	

P.2 Daftar Sidik Ragam Berat Kering Akar

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	0.090371	0.045186	0.419024	19.41	99.42
Perlakuan	6	9.27	1.545200	14.329204	4	7.72
Error (Galat)	12	1.29	0.107836			
Total	20	10.6556	0.532780			

CV : 32.51481

- tn = Tidak nyata
- * = Nyata pada taraf uji 5 %
- ** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran Q. Data Analisis Tinggi Tanaman

Q.1 Data Tinggi Tanaman (cm)

Perlakuan	Tinggi Tanaman			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	10.5	12	12.5	35	11.67
N1	12.5	13	14	39.5	13.17
N2	14	12	13	39	13.00
N3	15	14	13.9	42.9	14.30
N4	19	18	17.7	54.7	18.23
N5	21	19	18.5	58.5	19.50
N6	21.5	20	19	60.5	20.17
Total	113.5	108	108.6	330.1	
Rata-rata	16.21429	15.43	15.51	15.72	

Q.2 Daftar Sidik Ragam Tinggi Tanaman

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	2.60	1.300476	1.410276	19.41	99.42
Perlakuan	6	218.23	36.37095	39.44178	4	7.72
Error (Galat)	12	11.07	0.922143			
Total	20	231.89	11.59462			

CV : 24.22066

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran R. Data Analisis Panjang Akar

R.1 Data Panjang Akar (cm)

Perlakuan	Panjang Akar			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	16.2	19.1	19	54.30	18.10
N1	20.3	23.8	23.3	67.40	22.47
N2	23.8	23.5	23.9	71.20	23.73
N3	24	24.4	24.4	72.80	24.27
N4	24.4	24.7	25	74.10	24.70
N5	27.6	25.1	25.3	78.00	26.00
N6	26	27.5	28	81.50	27.17
Total	162.30	168.10	168.90	499.30	
Rata-rata	23.19	24.01	24.13	23.78	

R.2 Daftar Sidik Ragam Panjang Akar

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	3.706667	1.853333	1.455497	19.41	99.42
Perlakuan	6	154.41	25.735238	20.210920	4	7.72
Error (Galat)	12	15.28	1.273333			
Total	20	173.3981	8.669905			
		CV :	23.14195			

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran S. Data Analisis Jumlah Daun

S.1 Data Berat Jumlah Daun (helai)

Perlakuan	Jumlah Daun			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	10	11	10	31	10.33
N1	12	13	11	36	12.00
N2	13	13	12	38	12.67
N3	13	13	14	40	13.33
N4	14	14	15	43	14.33
N5	14	15	16	45	15.00
N6	14	16	16	46	15.33
Total	90	95	94	279	
Rata-rata	12.85714	13.57142857	13.42857	13.28571	

S.2 Daftar Sidik Ragam Jumlah Daun

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	2.00	1.000000	1.636364	19.41	99.42
Perlakuan	6	56.95	9.49206	15.53247	4	7.72
Error (Galat)	12	7.33	0.611111			
Total	20	66.29	3.31429			

CV : 21.44705

tn = Tidak nyata

* = Nyata pada taraf uji 5 %

** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran T. Data Analisis Panjang Daun

T.1 Data Panjang Daun (cm)

Perlakuan	Panjang Daun			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	9.82	9.463636364	9.58	28.86364	9.621212
N1	10.30833	10.76153846	10.03636	31.10624	10.36875
N2	11.32308	12.13076923	11.85833	35.31218	11.77073
N3	12.15385	11.42307692	11.00714	34.58407	11.52802
N4	12.53571	1.789795918	13.12667	27.45218	9.150726
N5	15.25	14.37333333	14.98125	44.60458	14.86819
N6	14.62857	14.875	15.0125	44.51607	14.83869
Total	86.01954	74.81715023	85.60226	246.4389	
Rata-rata	12.28851	10.68816432	12.22889	11.73519	

T.2 Daftar Sidik Ragam Panjang Daun

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	11.52315374	5.761577	0.963587	19.41	99.42
Perlakuan	6	97.52143085	16.25357	2.718305	4	7.72
Error (Galat)	12	71.75164963	5.979304			
Total	20	180.7962342	9.039812			

CV : 71.38062

- tn = Tidak nyata
- * = Nyata pada taraf uji 5 %
- ** = Nyata pada taraf uji 1 %

Lampiran U. Data Analisis Luas Daun

U.1 Data Luas Daun (cm²)

Perlakuan	Luas Daun			Total	Rata-rata
	UL1	UL2	UL3		
N0	44.72973	43.36609337	40.67568	128.7715	42.92383
N1	39.18919	47.2972973	49.63145	136.1179	45.37265
N2	66.15383	85.83367984	69.53378	221.5213	73.84043
N3	85.96674	74.84407484	61.58301	222.3938	74.13127
N4	92.85714	102.992278	125.8559	321.7053	107.2351
N5	164.4788	157.7477477	186.9088	509.1353	169.7118
N6	163.5135	175.0844595	188.3446	526.9426	175.6475
Total	656.8889	687.1656305	722.5332	2066.588	
Rata-rata	93.84127	98.16651865	103.219	98.40894	

U.2 Daftar Sidik Ragam Luas Daun

Sumber Keragaman	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
UL	2	308.4147537	154.2074	1.13794	19.41	99.42
Perlakuan	6	54636.76464	9106.127	67.19673	4	7.72
Error (Galat)	12	1626.173435	135.5145			
Total	20	56571.35283	2828.568			

CV : 117.348

- tn = Tidak nyata
- * = Nyata pada taraf uji 5 %
- ** = Nyata pada taraf uji 1 %