



**UJI EFEKTIFITAS JAMUR ANTAGONIS *Trichoderma harzianum*  
ISOLAT SULAWESI TERHADAP BUSUK BUAH KAKAO (*Phytophthora  
palmivora*)**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan program (S1) pada Program Studi Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh

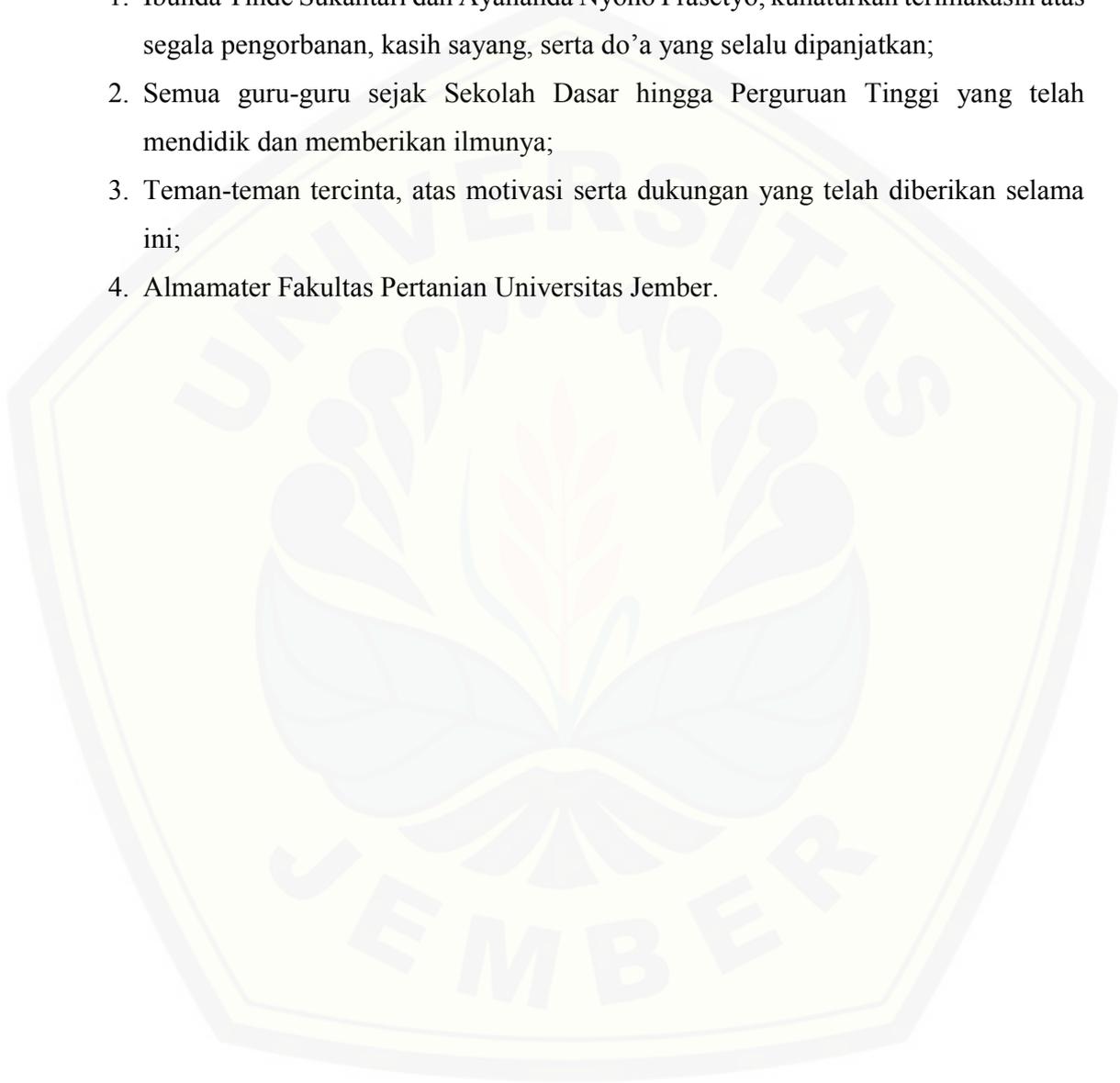
**Susesti Oktaviana  
NIM 121510501123**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**

## PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Tinde Sukantari dan Ayahanda Nyono Prasetyo, kuhaturkan terimakasih atas segala pengorbanan, kasih sayang, serta do'a yang selalu dipanjatkan;
2. Semua guru-guru sejak Sekolah Dasar hingga Perguruan Tinggi yang telah mendidik dan memberikan ilmunya;
3. Teman-teman tercinta, atas motivasi serta dukungan yang telah diberikan selama ini;
4. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.



**MOTTO**

*“Tak ada yang lebih tinggi dari pada-Ku, yang ada disini semua terikat pada-Ku  
bagaikan rangkaian mutiara pada seutas tali.”*

(Bhagawad Gita [VII]: 7)

*“ Ketahuilah, Aku ini adalah benih abadi dari semua mahluk, Aku adalah akal  
dari kaum intelektual, Aku adalah cemerlangnya sinar cahaya.”*

(Bhagawad Gita [VII]: 11)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Susesti Oktaviana

NIM : 121510501123

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul **Uji Efektifitas Jamur Antagonis *Trichoderma harzianum* Isolat Sulawesi Terhadap Busuk Buah Kakao (*Phytophthora palmivora*)** 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 saya junjung 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, 22 Juni 2016  
Yang menyatakan,

Susesti Oktaviana  
NIM. 121510501123

**SKRIPSI**

**UJI EFEKTIFITAS JAMUR ANTAGONIS *Trichoderma harzianum*  
ISOLAT SULAWESI TERHADAP BUSUK BUAH KAKAO (*Phytophthora  
palmivora*)**

Oleh

**Susesti Okaviana  
NIM. 121510501123**

**Pembimbing:**

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Abdul majid, MP.  
NIP : 196709061992031004

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Endang Sulistyowati, MP.  
NIP : 111000200

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul **Uji Efektifitas Jamur Antagonis *Trichoderma harzianum* isolate Sulawesi Terhadap Busuk Buah Kakao (*Phytophthora palmivora*)** telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 22 Juni 2016

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

**Ir. Abdul Majid, MP.**  
NIP. 196709061992031004

Dosen Penguji I,

**Ir. Hartadi, MS.**  
NIP. 19530821978031001

Dosen Pembimbing Anggota,

**Ir. Endang Sulistyowati, MP.**  
NIP. 111000200

Dosen penguji II,

**Hardian Susilo Addy, SP., MP., Ph.D.**  
NIP. 198011092005011001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Pertanian,

**Dr. Ir. Jani Januar, M.T.**  
NIP. 195901021988031002

## RINGKASAN

**Uji Efektifitas Jamur Antagonis *Trichoderma harzianum* Isolat Sulawesi Terhadap Busuk Buah Kakao (*Phytophthora palmivora*);** Susesti Oktaviana; 121510501123; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember.

Indonesia merupakan wilayah penghasil kakao terbesar nomor 3 setelah pantai Gading dan Ghana, sebesar 70% produksinya berasal dari Sulawesi. Namun, akhir-akhir ini produksinya menurun karena Busuk Buah Kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*. Pengendalian yang dilakukan dengan memanfaatkan Agen Pengendali Hayati yaitu jamur antagonis *Trichoderma harzianum* sebagai biofungisida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *T. harzianum* isolat Sulawesi mampu berperan sebagai antagonis terhadap *P. palmivora*, mengetahui keefektifan *T. harzianum* isolat Sulawesi terhadap penyebab penyakit busuk buah kakao, dan mencari konsentrasi optimal *T. harzianum* yang efektif terhadap *P. palmivora*.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2015 sampai dengan Januari 2016 di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Penelitian yang dilakukan terdiri dari uji antagonis *T. harzianum* secara *in vitro* dan uji efektivitas *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* secara *in vivo* pada buah kakao klon TSH 858 dan ICCRI 03 dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan. Analisis data menggunakan analisis ragam yang dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Perlakuan konsentrasi spora adalah sebagai berikut: Kontrol (P0), *T. harzianum* isolat Sulawesi  $10^8$  spora/ml (P1), *T. harzianum* isolat Sulawesi  $10^9$  spora/ml (P2), *T. harzianum* isolat Sulawesi  $10^{10}$  spora/ml (P3), *T. harzianum* isolat Sulawesi  $10^{11}$  spora/ml (P4,) *T. harzianum* isolat Jember  $10^8$  spora/ml (P5), *T. harzianum* isolat Banyuwangi  $10^8$  spora/ml (P6).

Hasil uji antagonis *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* secara *in vitro* menunjukkan bahwa miselium *T. harzianum* mampu memenuhi petri pada 5 Hari Setelah Inokulasi sedangkan miselium *P. palmivora* mampu memenuhi petri pada

7 Hari Setelah Inokulasi, dari pertumbuhan tersebut daya hambat *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* sebesar 77,46 % pada 9 Hari Setelah Inokulasi. Data masa inkubasi dan luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao klon TSH 858 dan ICCRI 03 menunjukkan bahwa masa inkubasi *P. palmivora* pada buah kakao klon TSH 858 justru lebih panjang namun, luas bercak *P. palmivora* yang terjadi justru lebih besar. Hal tersebut dikarenakan buah kakao memiliki struktur ketahanan yang terekspresi dalam dua tahap yaitu prapenetrasi dan pascapenetrasi. Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi yang efektif adalah *T. harzianum* isolat Sulawesi dengan konsentrasi spora  $10^{11}$  spora/ml pada buah kakao klon ICCRI 03 dengan nilai efikasi sebesar 49,76 % dan 43,95 % pada buah kakao klon TSH 858.

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa *T. harzianum* isolat Sulawesi dengan konsentrasi spora  $10^{11}$  spora/ml merupakan konsentrasi paling efektif dalam menekan pertumbuhan *P. palmivora* sehingga disarankan pemakaian Agen Pengendali Hayati menggunakan asli daerah dimana penyakit yang dimaksud ditemukan.

## Summary

**Effectiveness Test of *Trichoderma harzianum* Antagonist Fungi Isolate Sulawesi to Cocoa Pod Rot (*Phytophthora palmivora*);** Susesti Oktaviana; 121510501123; Study Program of Agrotechnology: Faculty of Agriculture: University of Jember.

Indonesia is the third country with the biggest cocoa crop after *Côte d'Ivoire* and Ghana, 70% of the product comes from Sulawesi. Lately the production decreases due to pod rot disease which is caused by *Phytophthora palmivora*. The control in overcoming this problem is done by using Natural Controller Agent, that is *Trichoderma harzianum* antagonist fungi as bio-fungicide. This study was aimed to find out that *T. harzianum* Sulawesi isolate is able to be antagonist for *P. palmivora*, and to know the effectiveness of *T. harzianum* Sulawesi isolate to control of cocoa pod rot, and to looking for the optimum concentration of *T. harzianum* which is effective to *P. palmivora*.

This study was conducted in November 2015 to Januari 2016 at Plant Protection, Coffee and Cocoa Research Institute Indonesian Laboratory. The study consisted of *T. harzianum* antagonist test in vitro and effectiveness test of *T. harzianum* to *P. palmivora* in vivo to cocoa TSH 858 clone and ICCRI 03. The study was arrange in Randomized Block Design with 7 treatments and 4 replication. The data were analyzed by using variance analysis which was continued with *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Spore concentration treatment which was done are: Control (P0), *T. harzianum* Sulawesi isolate  $10^8$ spores/ml (P1), *T. harzianum* Sulawesi isolate  $10^9$ spores/ml (P2), *T. harzianum* Sulawesi isolate  $10^{10}$ spores/ml (P3), *T. harzianum* Sulawesi isolate  $10^{11}$ spores/ml (P4), *T. harzianum* Jember isolate  $10^8$ spores/ml (P5), and *T. harzianum* Banyuwangi isolate  $10^8$ spores/ml (P6).

The result of *T. harzianum* antagonist test to *P. palmivora* in vitro showed that mycelium of *T. harzianum* could fill petri 5 days after inoculation. Whereas, mycelium of *P. palmivora* could fill petri 7 days after inoculation. From those

growth, the value of blocking capacity of *T. harzianum* to *P. palmivora* was 77.46% in 9 days after inoculation. The data of incubation period and spot size of *P. palmivora* in cocoa TSH 858 clone and ICCRI 03 showed that the incubation period of *P. palmivora* in cocoa TSH 858 clone was longer than in ICCRI 03, yet the spot size of *P. palmivora* was bigger than in ICCRI 03. It was because cacao has resistance structure expressed in two phases, those are pre-penetration and post-penetration. The result of effectiveness test showed that the effective concentration treatment was *T. harzianum* Sulawesi isolate with spore concentration  $10^{11}$  spores/ml in cocoa ICCRI 03 clone with efficacy value 49.76% and 43.95% in cocoa TSH 858 clone.

Based on the result and discussion, it can be concluded that *T. harzianum* Sulawesi isolate with spore concentration  $10^{11}$  spores/ml was the most effective concentration to control the growth of *P. palmivora*. Therefore, the use of Natural Controller Agent should use the original one where the intended bug was found.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, serta hidayah-Nya atas terselesaikannya Karya Ilmiah Tertulis yang berjudul **Uji Efektivitas Jamur Antagonis *Trichoderma harzianum* Isolat Sulawesi Terhadap Busuk Buah Kakao (*Phytophthora palmivora*)** ini dengan baik.

Penyelesaian Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada :

1. Ir. Abdul Majid, MP. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU), Ir. Endang Sulistyowati, M.P selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA), dan Ir. Hartadi, MS. selaku Dosen Penguji I, dan Hardian Susilo Addy, SP., MP., Ph.D. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasinya selama penyusunan skripsi ini.
2. Ir. Raden Soedradjat, MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama masa studi.
3. Ibunda Tinde Sukantari dan Ayahanda Nyono Prasetyo yang senantiasa ikhlas memberikan semangat, do'a, saran dan dukungan baik moril, tenaga, maupun materil demi terselesaikannya skripsi ini.
4. Wahyu Fajar Prastyen yang senantiasa memberikan dukungan baik moril, tenaga maupun waktu demi kelancaran terselesainya skripsi ini.
5. Septa Silvia Budi Rahardjo, Nur Dina Febri Wulandari, Nur Hidayatullah, serta Ludfi Tegar Ramadhan yang selalu memberikan dukungan berupa tenaga demi terselesainya skripsi ini.
6. Ilham Roby, Rukmini Anitasari, Lailatul Khomariah, serta Moh. Zakariyah yang telah memberikan dukungan berupa moril demi terselesainya skripsi ini.
7. Teman- teman Agroteknologi kelas D angkatan 2012 yang senantiasa membantu selama penelitian dan memberikan semangat demi terselesaikannya skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut serta membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Karya Ilmiah Tertulis ini masih sangat jauh dari sempurna, oleh karena itu segala bentuk kritik dan saran untuk perbaikan karya ilmiah ini sangat penulis harapkan.

Jember, 22 Juni 2016

Penulis



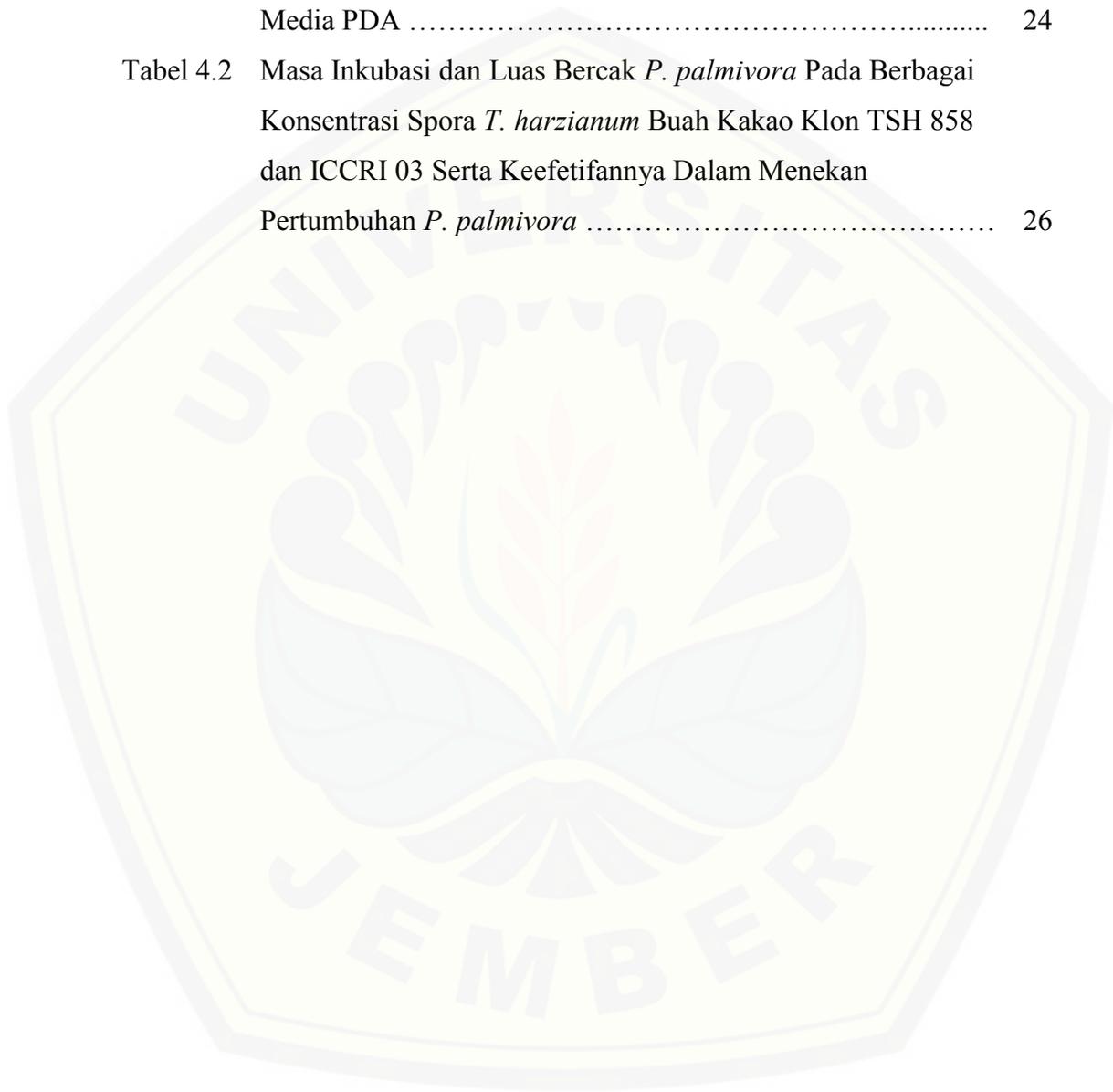
**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Tanaman Kakao .....	4
2.2 <i>Phytophthora palmivora</i> , Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao .....	5
2.3 <i>Trichoderma Harzianum</i> .....	8
2.4 Cara Mengukur Pertumbuhan Koloni .....	11
2.5 Hipotesis .....	11
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	12
3.2 Alat dan bahan .....	12
3.3 Rancangan percobaan.....	12

3.4 Pelaksanaan penelitian .....	14
3.4.1. Tahap Persiapan .....	14
3.4.2 Tahap Pelaksanaan .....	16
3.5 Variabel Pengamatan .....	17
3.6 Analisis Data .....	18
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>19</b>
4.1 Uji Antagonis <i>In Vitro</i> .....	19
4.1.1 Pertumbuhan Jamur <i>T. harzianum</i> .....	19
4.1.2 Pertumbuhan Jamur <i>P. palmivora</i> .....	21
4.1.3 Daya Hambat <i>T. harzianum</i> Terhadap <i>P. palmivora</i> ...	22
4.2 Uji Efektivitas <i>T. harzianum</i> Terhadap <i>P. palmivora</i> Pada Buah Kakao Secara <i>In Vivo</i> .....	25
4.2.1 Masa Inkubasi <i>P. palmivora</i> Pada Buah .....	25
4.2.2 Perkembangan Luas bercak <i>P. palmivora</i> .....	27
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>32</b>
5.1 Kesimpulan .....	32
5.2 Saran .....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>38</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 4.1 Daya Hambat <i>T. harzianum</i> Terhadap <i>P. palmivora</i> Pada Media PDA .....	24
Tabel 4.2 Masa Inkubasi dan Luas Bercak <i>P. palmivora</i> Pada Berbagai Konsentrasi Spora <i>T. harzianum</i> Buah Kakao Klon TSH 858 dan ICCRI 03 Serta Keefetifannya Dalam Menekan Pertumbuhan <i>P. palmivora</i> .....	26



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Gejala Busuk Buah Kakao .....	7
Gambar 2.2 <i>Trichoderma harzianum</i> .....	10
Gambar 3.1 <i>Lay Out</i> Percobaan .....	13
Gambar 4.1 Biakan Tunggal Isolat <i>T. harzianum</i> pada Uji Antagonis <i>In Vitro</i> Hari ke-3, dan ke-5 Setelah Inokulasi .....	19
Gambar 4.2 Morfologi Jamur <i>T. harzianum</i> Secara Mikroskopis .....	20
Gambar 4.3 Pertumbuhan Jamur <i>T. harzianum</i> Isolat Sulawesi, Jember dan Banyuwangi .....	21
Gambar 4.4 Perkembangan Jamur <i>P. palmivora</i> pada Hari ke-3 dan ke-5 Setelah Inokulasi .....	21
Gambar 4.5 Morfologi <i>P. palmivora</i> Secara Mikroskopis .....	22
Gambar 4.6 Pertumbuhan Koloni Jamur <i>T. harzianum</i> dan <i>P. palmivora</i> pada Hari ke-3 dan ke-5 Setelah Inokulasi .....	23
Gambar 4.7 Bercak <i>P. palmivora</i> pada Buah Kakao Klon ICCRI 03 .....	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1: Hasil Pengamatan Daya Hambat <i>T. harzianum</i> Terhadap <i>P. palmivora</i> pada 9 Hari Setelah Inokulasi .....	38
Lampiran 2: Hasil Pengamatan Masa Inkubasi <i>P. palmivora</i> Pada Buah Kakao Klon TSH 858 Dengan Berbagai Konsentrasi Spora <i>T. harzianum</i> .....	39
Lampiran 3: Hasil pengamatan Masa Inkubasi <i>P. palmivora</i> Pada Buah Kakao Klon ICCRI 03 Dengan Berbagai Konsentrasi Spora <i>T. harzianum</i> .....	41
Lampiran 4: Hasil Pengamatan Luas Bercak <i>P. palmivora</i> Pada Buah Kakao Klon TSH 858 Dengan Berbagai Konsentrasi <i>T. harzianum</i> , 8 Hari Setelah Aplikasi .....	43
Lampiran 5: Hasil Pengamatan Luas Bercak <i>P. palmivora</i> Pada Buah Kakao Klon TSH 858 Dengan Berbagai Konsentrasi <i>T. harzianum</i> , 9 Hari Setelah Aplikasi .....	45
Lampiran 6: Hasil Efektivitas <i>T. harzianum</i> terhadap <i>P. palmivora</i> Pada Buah Kakao Klon TSH 858 Secara <i>In Vivo</i> Dengan Berbagai Konsentrasi Spora <i>T. harzianum</i> , 8 Hari Setelah Aplikasi ....	47
Lampiran 7: Hasil Efektivitas <i>T. harzianum</i> terhadap <i>P. palmivora</i> Pada Buah Kakao Klon TSH 858 Secara <i>In Vivo</i> Dengan Berbagai Konsentrasi Spora <i>T. harzianum</i> , 8 Hari Setelah Aplikasi ....	49
Lampiran 8: Dokumentasi Penelitian .....	51

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara penghasil kakao terbesar nomor 3 di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana, maka tidak heran apabila kakao merupakan tanaman perkebunan yang menjadi andalan di Indonesia setelah karet dan kelapa sawit. Selain dapat menyerap tenaga kerja, juga menjadi sumber pendapatan dan devisa terbesar negara. Jumlah lahan kakao dengan luas 1,4 juta Ha pada tahun 2008 dapat menyumbang devisa negara sebesar US\$ 1,8 Miliar. Mengingat perannya yang sangat penting tersebut, maka perlu adanya peningkatan baik dalam hal produktivitas maupun kualitas dari kakao itu sendiri (Afriyeni dkk, 2013).

Selama 5 tahun terakhir luas kebun kakao di Indonesia terus meningkat. Beberapa wilayah pengembangan lahan perkebunan kakao di Indonesia yang potensial adalah Kalimantan Timur, Sulawesi Tenggara, Maluku dan Papua. Pada tahun 2009, total luas perkebunan kakao di Indonesia sebesar 1.592.982 ha. 92,7% didominasi oleh perkebunan rakyat dan 60% (953.691 ha) merupakan perkebunan kakao yang terletak di pulau Sulawesi (Indonesian Commercial Newsletter, 2010).

Secara nasional produksi kakao dalam negeri mencapai 700.000 ton/tahun yang disumbangkan paling banyak oleh Sulawesi sekitar 70% (Maulana dan Permana, 2016). Namun, peningkatan produktivitas serta kualitas dari kakao selama ini banyak mengalami kendala, antara lain adanya serangan hama dan penyakit pada tanaman kakao. Salah satu penyakit penting pada tanaman kakao yang dapat menurunkan produktivitas dan kualitas kakao adalah penyakit busuk buah kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*. Penyakit tersebut bisa menurunkan produksi kakao hingga 32,6 – 99%. Serangan penyakit busuk buah kakao yang disebabkan oleh *P. palmivora* distribusinya telah meluas. Keragaman patogeniknya menjadi ancaman terhadap penurunan produksi kakao (Umrah dkk, 2009). Tingkat serangan *P. palmivora* di Sulawesi bisa mencapai 65%, yang menurunkan produksi kebun rakyat hingga 50% (Agrina, 2012).

Pengendalian yang umum dilakukan selama ini adalah dengan menggunakan fungisida sintetik. Banyak penelitian yang sudah menunjukkan bahwa penggunaan

bahan-bahan kimia sintetik dengan tidak bijaksana berdampak negatif pada lingkungan. Usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak-dampak negatif tersebut dapat dicari teknologi alternatif, salah satunya yaitu dengan menggunakan Agens Pengendali Hayati. Agens Pengendali Hayati yang digunakan adalah *Trichoderma harzianum* yang dimanfaatkan sebagai biofungisida. Menurut Alfizar dkk, (2013), Agensia Hayati yang baik adalah Agensia yang berasal dari daerah dimana penyakit yang dimaksud ditemukan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan *T. harzianum* indigenus Sulawesi yang dimanfaatkan sebagai biofungisida terhadap patogen khususnya terhadap *P. palmivora* dengan uji secara invivo dimana uji ini perlu dilakukan untuk mendapatkan sumberdaya hayati yang berpotensi, *T. harzianum* indigenus Sulawesi akan diuji keefektifannya, *T. harzianum* indigenus Jember dan Banyuwangi sebagai pembanding.

Berdasarkan hasil penelitian Sukamto dkk, (1997) yang menggunakan *T. harzianum* indigenus Jember, cukup efektif dalam mengendalikan *P. palmivora* secara in vitro. Sulistyowati dkk, (2015), menyebutkan bahwa jamur *T. harzianum* isolat Banyuwangi dengan konsentrasi spora  $10^8$ ,  $10^9$ ,  $10^{10}$  yang efektif menekan *P. palmivora* adalah konsentrasi spora  $10^8$ . Berdasarkan penelitian Sulistyowati dkk, (2015), maka dalam penelitian ini menggunakan *T. harzianum* dengan konsentrasi spora  $10^8$ ,  $10^9$ ,  $10^{10}$ ,  $10^{11}$ .

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah *T. harzianum* isolat Sulawesi mampu berperan sebagai antagonis terhadap *P. palmivora* dalam uji antagonis?
2. Apakah *T. harzianum* isolat Sulawesi efektif dalam mengendalikan penyebab penyakit busuk buah kakao (*P. palmivora*)?
3. Berapakah konsentrasi spora optimal *T. Harzianum* isolat Sulawesi yang efektif terhadap *P. palmivora*?

### 1.3 Tujuan

Dari rumusan masalah diatas, adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bahwa *T. harzianum* isolat Sulawesi mampu berperan sebagai antagonis terhadap *P. palmivora*.
2. Mengetahui keefektifan isolat *T. harzianum* isolat Sulawesi terhadap penyebab penyakit busuk buah kakao (*P. palmivora*).
3. Mencari konsentrasi spora optimal *T. harzianum* isolat Sulawesi yang efektif terhadap *P. palmivora*.

### 1.4 Manfaat

Memberikan informasi mengenai keefektifitasan *T. harzianum* isolat Sulawesi yang dibandingkan dengan *T. harzianum* isolat Jember dan Banyuwangi. Serta memberikan alternatif pengendalian penyakit busuk buah yang ramah lingkungan menggunakan Agensia Hayati *T. harzianum*.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kakao

Kakao memiliki bentuk dan warna buah yang bermacam-macam, tergantung pada kultivarnya. Kulit kakao ada yang halus dan ada yang kasar dengan 10 alur secara berselang. Di dalam kulit buah terdapat biji yang tersusun dalam 5 baris mengelilingi poros buah, jumlahnya sekitar 20-50 biji/buah. Biji kakao dibungkus dengan kulit biji (*pulp*), ada yang tipis dan ada yang tebal, *pulp* mengandung zat yang dapat menghambat perkecambahan. Biji kakao bersifat rekalsitran dan tidak memiliki masa dorman jadi, meskipun terbungkus oleh daging buah terkadang biji juga bisa berkecambah. Apabila buah terlambat dipanen, daging buahnya telah mengering (Wahyudi dkk, 2008).

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (2010), kakao dibagi menjadi tiga kelompok besar yaitu *Criollo*, *Forastero*, dan *Trinitario*. Kebanyakan perkebunan besar di Indonesia menggunakan kakao jenis *Criollo*. Sifat dari kakao jenis *Criollo* adalah pertumbuhannya kurang kuat, daya hasil lebih rendah dibandingkan dengan *Forastero*, serta relatif mudah terserang hama dan penyakit. Kakao *Forastero* dikenal sebagai kakao Lindak sedangkan *Trinitario* merupakan kakao hibrida, persilangan dari *Forastero* dan *Criollo*.

#### 2.1.1 Kakao klon TSH 858

Kakao klon TSH 858 merupakan klon penghasil biji yang berwarna ungu yang produktivitasnya mencapai 1,76 ton/ha. Klon kakao ini bersifat tidak kompatibel menyerbuk sendiri. Memiliki berat kering perbijinya sekitar 1.15 g, kadar lemak 56%. Moderat tahan terhadap penyakit busuk buah, rentan terhadap penyakit VSD, dan rentan terhadap hama penggerek buah kakao (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2013). Berdasarkan hasil penelitian Rubiyo dkk, (2010), klon TSH858 merupakan salah satu klon dari 35 klon yang diuji terhadap penyakit busuk buah. Klon tersebut disimpulkan memiliki respon ketahanan selain dari ICCRI 1, ICCRI 03 dan TSH 858 itu sendiri.

Menurut Peraturan Menteri Pertanian nomor: 09/Permentan/OT.140/1/2013 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Kebun Induk dan Kebun Entres Kakao, kakao klon TSH 858 merupakan klon kakao yang dianjurkan di Indonesia. Klon tersebut merupakan klon hasil pengembangan tahun 1980'an yang memiliki potensi produksi tinggi.

## **2.1.2 Kakao klon ICCRI 03**

Klon kakao ICCRI 03 merupakan hasil seleksi individu populasi hibrida di Jawa Timur dan Jawa Tengah, klon ini memiliki buah berwarna merah, daya hasil 2.299/kg/ha/tahun, berat biji kering 1.28 g/bk, tahan terhadap *Helopeltis* sp. dan penyakit busuk buah *P. palmivora*, serta agak tahan terhadap penyakit pembuluh kayu VSD (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2010).

Deskripsi klon kakao ICCRI 03 menurut Keputusan Menteri Pertanian nomor: 530/Kpts/SR.120/9/2006 tentang pelepasan varietas kakao klon kw30 sebagai varietas/klon unggul dengan nama ICCRI 03, tahan terhadap hama *Helopeltis* sp. dan penyakit busuk buah

## **2.2 *Phytophthora palmivora*, Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao**

*P. palmivora* adalah cendawan yang menyebabkan penyakit pada tanaman kakao. Cendawan ini tergolong penting dalam budidaya tanaman kakao karena dapat menyebabkan busuk pada buah. Serangannya bisa menurunkan produksi kakao bahkan kualitas kakao itu sendiri. Tidak hanya buah yang membusuk namun biji dalam buah juga membusuk sehingga biji kakao tidak bisa dimanfaatkan. Penurunan produksi kakao dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar sebab serangannya dapat mencapai 85% ketika musim hujan dan menurunkan produksi sekitar 40% (Suharjo dan Aeny, 2011).

### **2.2.1 Ekologi *P. palmivora***

*P. palmivora* akan membentuk spora apabila bercak coklat pada buah sudah merata yang ditandai dengan adanya serbuk berwarna putih. Perkembangannya akan sangat baik pada kondisi lingkungan dengan suhu 27,5° C – 30° C dan spora

akan tumbuh dengan sangat cepat. Selain itu, kondisi lingkungan yang lembab juga menjadi salah satu faktor cendawan berkembang biak dengan sangat cepat. Awal serangan bisa terjadi dimana saja namun, pada umumnya serangan yang menunjukkan gejala dimulai dari pangkal atau ujung buah yang akan meluas (Keren, 2011).

Masa inkubasi *P. palmivora* berbeda-beda bergantung pada klon yang diuji, semakin tahan klon tersebut terhadap penyakit busuk buah maka inkubasi *P. palmivora* juga akan semakin lama karena *P. palmivora* tidak bisa mempenetrasi dan masuk dalam jaringan buah sebab buah yang tahan memiliki cara untuk mempertahankan diri. Masa inkubasi *P. palmivora* pada klon TSH 858 rata-rata 3 hari dan untuk klon GC 7 rata-rata 2 hari, lebih cepat dibandingkan dengan TSH 858 (Alhadi, Tanpa tahun). Sedangkan klon SR-61 inkubasinya lebih lambat, yaitu rata-rata 8 hari dan SR-45 rata-rata 5 hari (Hafsah dkk, 2015).

### **2.2.2 Gejala serangan**

Gejala serangan *P. palmivora* yang diketahui sejauh ini adalah adanya busuk pada bawah atau pangkal buah yang dapat menyebar keseluruh buah dengan kondisi yang mendukung. Selain pada buah juga diketahui gejala serangan dari *P. palmivora* pada daun namun karakteristiknya belum diketahui. Gejala pada buah tidak hanya terjadi pada buah masak saja namun juga bisa terjadi pada buah yang masih kecil. Awal serangan *P. palmivora* adalah pada ujung buah atau dekat dengan tangkai buah yang kemudian dalam kondisi yang mendukung bisa menyebar keseluruh bagian buah. Buah akan menjadi benar-benar busuk setelah 2-3 minggu serangan yang ditandai dengan berwarna hitam. Buah yang telah berwarna hitam tersebut apabila diamati maka akan terlihat serbuk-serbuk putih seperti tepung dimana serbuk putih tersebut adalah jamur sekunder yang membentuk spora. Tidak hanya dibagian luar, *P. palmivora* dapat masuk ke dalam buah yang dapat menyebabkan busuk pada biji. Apabila serangan *P. palmivora* terjadi pada buah yang menjelang masak, biji kakao masih bisa diambil untuk dimanfaatkan (Sriwati dan Muarif, 2012).



Gambar 1: a). gejala busuk buah yang muncul dari ujung buah, dan b). biji kakao membusuk akibat serangan *P. palmivora*. Sumber: [www.google.com](http://www.google.com).

### 2.2.3 Biologi *P. palmivora*

*P. palmivora* adalah spesies heterotalik yang mempunyai tipe kawin A1 dan A2 sehingga interaksi keduanya bisa menghasilkan spora seksual yang berbeda dengan kedua induknya. Kedua tipe kawin yang dimiliki oleh *P. palmivora* ternyata dapat membahayakan karena dalam suatu waktu interaksi keduanya bisa menghasilkan keturunan yang lebih virulen. Fenomena tersebut tidak hanya akan terjadi pada spesies yang sama namun juga bisa jadi dari spesies yang berbeda. Spesies di dalam genus *Phytophthora* menunjukkan terdapat banyak variasi genetik dalam karakternya baik secara makroskopis maupun mikroskopis (Motulo dkk, 2007).

### 2.2.4 Penyebaran penyakit

*P. palmivora* diketahui cara penyebarannya bisa melalui butiran tanah, oleh bahan organik yang terangkut oleh air atau oleh serangga sehingga dapat mencapai buah dipohon yang letaknya tinggi. Penyebaran penyakit juga dibantu oleh angin kedaun, cabang dan buah. Penyakit akan semakin parah apabila curah hujan dan kelembapan kebun tinggi. Apabila curah hujan rendah, aktivitas miselium dan meluasnya patogen akan melambat. Cuaca kering bisa menyebabkan pohon yang terserang bisa bertahan lebih lama karena melambatnya laju perluasan *P. palmivora* (OPT Hortikultura, 2011).

### 2.2.5 Pengendalian

Banyak cara pengendalian yang dapat dilakukan pada penyakit busuk buah, salah satunya adalah pemanfaatan Agens Pengendali Hayati yaitu *T. harzianum* yang terbukti dapat menghambat pertumbuhan *P. palmivora*. Penggunaan Agens Pengendali Hayati dilakukan dengan cara melakukan penyemprotan pada buah yang sehat dengan dosis 200g/l dan interval penyemprotan dilakukan selama dua minggu sekali (Pusat Penelitian Kopi dan Kakako Indonesia, 2015).

## 2.3 *Trichoderma harzianum*

### 2.3.1 Potensi dan Mekanisme Antagonis *T. harzianum*

*T. harzianum* merupakan jamur yang berperan sebagai antagonis terhadap jamur penyebab penyakit. Berperan sebagai pengendalian penyakit tanaman secara biologis dimana aplikasi secara umumnya adalah dengan mengadakan inokulasi pada bagian tanaman yang akan diuji (Rukmana dan Saputra, 2005). Sifat dan mekanisme kerja antagonis *T. harzianum* yang dimaksudkan adalah: antibiosis, lisis, kompetisi dan mikoparasit. Sifat baik dan efisiennya *T. harzianum* untuk pengendalian secara hayati adalah dapat ditemukan pada berbagai tempat, cepat dan dapat tumbuh diberbagai substrat, kisaran parasitismenya terhadap patogen tumbuhan sangat luas, jarang ia bersifat patogen pada tumbuhan tingkat tinggi, dapat bekerja sebagai mikoparasit/hiperparasit, berkemampuan tinggi dalam kompetisi makanan, ruang, dapat menghasilkan antibiotik atau metabolit, sistem kerja enzim yang memungkinkan merusak pada berbagai jamur patogen (Djafarudin, 2000).

Menurut Berlian dkk, (2013), metabolit yang dihasilkan *Trichoderma* adalah metabolit sekunder, beberapa metabolit tersebut adalah:

- a. *Lytic Activity*. Kemampuan *Trichoderma* untuk mendegradasi sel jamur inang karena adanya kitinase, glukanase dan protease. Ketiga enzim tersebut digunakan *Trichoderma* untuk mempenetrasi masuk kedalam sel jamur inang kemudian sel jamur inang akan mengalami vakuolasi, lisis dan akhirnya hancur. Setelah berhasil mempenetrasi kedalam sel jamur inang maka *Trichoderma* akan menggunakan isi hifa inangnya sebagai sumber makanan.

- b. *Alkyl Pyrones*. Metabolit sekunder ini merupakan antibiotik yang dihasilkan oleh *Trichoderma* yang bersifat anti jamur sehingga dapat menghambat perkecambahan jamur lainnya.
- c. *Isonitriles*. Metabolit sekunder ini juga merupakan antibiotik yang dihasilkan oleh *Trichoderma*, produksinya bergantung pada masing-masing kemampuan spesiesnya, yang tergolong senyawa *isonitriles* adalah *isonitrin* A-D dan *isonitrinic acids* E dan F. *Isonitrin* A efektif mengendalikan bakteri sedangkan *isonitrin* D efektif dalam mengendalikan jamur.
- d. *Polyketides*. Salah satu antibiotik yang tergolong dalam senyawa ini adalah *harzianolide* yang fungsinya dapat menghambat jamur patogen. Selain itu juga dapat menghambat pertumbuhan spora dan klamidospora.
- e. *Peptaibols*. Salah satu antibiotik yang tergolong senyawa ini adalah *peptide trichopolyns* A dan B yang dapat menghambat perkembangan jamur dan bakteri gram positif.
- f. *Diketopiperazines*. Metabolit sekunder tersebut merupakan salah satu antibiotik yang disebut dengan gliotoksin dan diketahui kerjanya adalah menghambat pertumbuhan miselia, pembentukan spora, dan motilitas zoospora dari *Phytophthora*.
- g. *Sesquiterpenes*. Metabolit ini sudah terbukti memiliki aktifitas antibiotik terhadap beberapa jenis bakteri anaerob dan jamur.
- h. *Steroids*. Salah satu antibiotik yang termasuk senyawa tersebut adalah viridian yang diketahui dapat menghambat perkecambahan spora jamur.

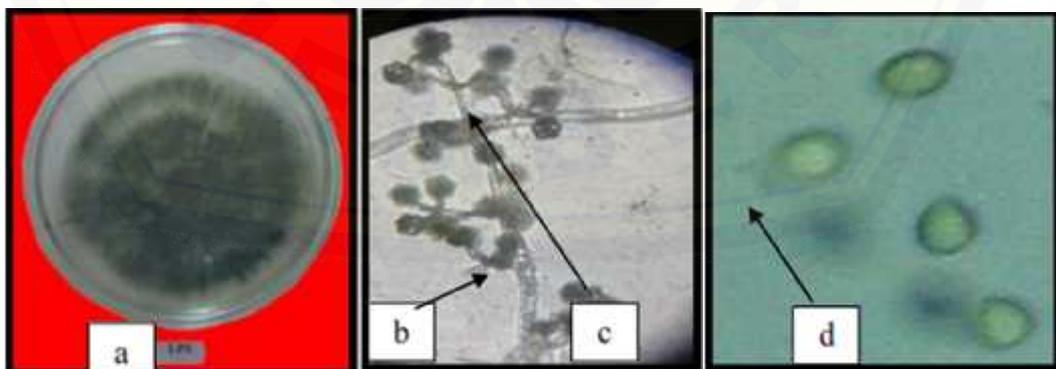
*T. harzianum* adalah jenis jamur yang dapat digunakan sebagai biofungisida yang bisa didapatkan dengan mudah dari perakaran tanaman. Dewasa ini sudah banyak diketahui bahwa *T. harzianum* dapat diandalkan untuk mengendalikan beberapa penyakit tanaman yang disebabkan oleh cendawan. Kemampuan antagonisnya yang teruji efektif saat ini sudah mulai banyak digunakan oleh para petani dan mulai banyak dibiakkan (Uruihal dkk, 2012).

Berdasarkan penelitian Chamzurni dkk, (2013), *T. harzianum* memang terbukti cukup efektif dalam mengendalikan penyakit tanaman. kemampuan antagonismenya mampu menekan penyakit tanaman hingga 80%, juga mampu

mempertahankan persentase bunga menjadi buah sebanyak 71.4% serta juga terbukti dapat meningkatkan produksi tanaman karena diketahui *T. harzianum* mampu berinteraksi dengan akar tanaman sehingga meningkatkan hormon stimulator.

### 2.3.2 Morfologi *T. harzianum*

*Trichoderma* spp. memiliki konidiofor yang bercabang-cabang teratur, tidak membentuk berkas, konidiofor jorong, bersel satu, dalam kelompok-kelompok kecil terminal, kelompok konidium berwarna hijau biru. *Trichoderma* spp. juga berbentuk oval, memiliki sterigma atau phialid tunggal atau berkelompok (Ismail dan Tenrirawe, Tanpa tahun). *Trichoderma* spp. pada media agar miseliumnya akan terlihat berwarna putih namun lama-kelamaan akan berwarna hijau dan seluruh media akan dipenuhi dengan miseliumnya yang melingkar dan berwarna hijau (Ismail dan Tenrirawe, Tanpa tahun). Konidiofor dapat bercabang menyerupai piramida, yaitu pada bagian bawah cabang lateral yang berulang-ulang, sedangkan kearah ujung percabangan menjadi bertambah pendek. Fialid tampak langsing dan panjang terutama apeks dari cabang dan berukuran  $(2,8 - 3,2) \mu\text{m} \times (2,5 - 2,8) \mu\text{m}$  dan berdinding halus. Klamidospora umumnya ditemukan dalam miselia dari koloni yang sudah tua, terletak interkalar kadang terminal, umumnya bulat, berwarna hialin, dan berdinding halus (Ismail dan Tenrirawe, Tanpa tahun).



Gambar 2. *Trichoderma harzianum*, a). koloni pada media PDA, b). konidiofor, c). fialid, d). konidia. Sumber: Gusnawaty *et al*, 2014.

### 2.3.3 Ekologi *T. harzianum*

*T. harzianum* merupakan jamur yang banyak ditemui pada semua jenis tanah dan habitat. Mampu beradaptasi pada berbagai macam suhu lingkungan. Biasanya sering dijumpai di sekitar perakaran tanaman karena *T. harzianum* merupakan jamur yang memanfaatkan bahan organik untuk kelangsungan hidupnya, sehingga dia juga banyak ditemui pada tempat-tempat yang mengandung banyak bahan organik karena *T. harzianum* berperan juga sebagai dekomposer. Suhu optimum untuk pertumbuhan *T. harzianum* adalah pada 15° C – 31° C, tetapi pertumbuhan terbaik rata-rata pada suhu 30° C dan untuk suhu maksimum 30° C- 36° C. Jamur *T. harzianum* membutuhkan sumber C dan N yang dapat dipenuhi oleh monosakarida dan disakarida, polysakardia kompleks, purin, pirimidin dan asam amino, tanin dan catechin, aldehyd dan asam-asam organik terutama yang mempunyai rantai panjang asam lemak, matanol, metilamin dan format (Widyanti, 2014).

### 2.4 Cara Mengukur Pertumbuhan Koloni

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Sarana Pertanian Department Pertanian, 2003 mengatakan bahwa mengukur pertumbuhan diameter koloni cendawan pada petri bisa dilakukan dengan cara mengukur diameter koloni melalui pusat potongan biakan cendawan yang diinokulasikan. Bila pertumbuhan koloni cendawan tidak simetris maka pengukuran dilakukan pada dua atau lebih garis tengah kemudian dirata-ratakan.

### 2.5 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas dapat ditulis hipotesis sebagai berikut:

2. *T. harzianum* isolat Sulawesi mampu berperan sebagai antagonis terhadap *P. palmivora*.
3. *T. harzianum* isolat Sulawesi efektif dalam mengendalikan penyakit busuk buah kakao.
4. Konsentrasi spora optimal *T. harzianum* yang efektif untuk mengendalikan *P. palmivora* adalah  $10^{10}$  spora/ml yang setara dengan 200 g biakan padat/ l

### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dengan judul “Uji Efektivitas Jamur Antagonis *Trichoderma harzianum* Isolat Sulawesi terhadap Busuk Buah Kakao (*Phytophthora palmivora*)” dilaksanakan mulai November 2015 sampai Januari 2016 di Laboratorium Penyakit Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan adalah petridish, beaker glass, scalpel, pinset, pipet, sikat, lap kain, alat semprot, bunsen, jarum ose, laminar airflow, autoclave, box kayu, bak/ember, pisau/cutter, alat tulis, hemasitometer, tabung reaksi, mikroskop binokuler, cover glass, timbangan/neraca, gunting pangkas, dan papan kayu.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah media agar, beras jagung, clorox, kain kasa, spons, sabun cuci, spidol, mika bening (warna), alkohol, biakan padat/spora *T. harzianum*, isolat *T. harzianum* (isolat Sulawesi, Jember, dan Banyuwangi), PDA, kapas, koran, aluminium foil, karet gelang, isolasi, air steril, plastik, buah kakao klon TSH 858 dan moderat ICCRI 03, buah kakao yang terserang *P. palmivora*.

#### 3.3 Rancangan Percobaan

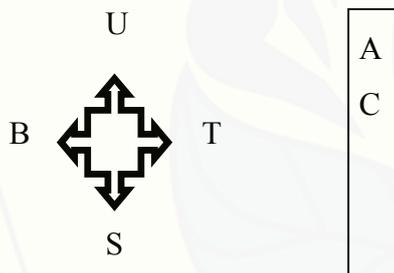
Uji antagonis secara *in vitro*, menggunakan isolat *T. harzianum* dan *P. palmivora* untuk biakan ganda. Uji antagonis dilakukan dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan, masing-masing ulangan menggunakan 3 petri. Perlakuan untuk uji antagonis secara *in vitro* adalah sebagai berikut:

- A. *Trichoderma* isolat Sulawesi (1)
- B. *Trichoderma* isolat Jember (2)
- C. *Trichoderma* isolat Banyuwangi (3)
- D. Kontrol (4)

Uji efektivitas secara *in vivo* menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), rancangan ini menggunakan 7 perlakuan dengan 4 ulangan. Setiap plot terdiri dari 5 buah kakao, buah kakao yang digunakan adalah klon kakao yang rentan (TSH 858) dan yang mempunyai ketahanan moderat (ICCRI 03). Perlakuan konsentrasi spora *T. harzianum* adalah sebagai berikut:

1. Kontrol (P0)
2. *T. harzianum* isolat Sulawesi  $10^8$  spora/ml (P1)
3. *T. harzianum* isolat Sulawesi  $10^9$  spora/ml (P2)
4. *T. harzianum* isolat Sulawesi  $10^{10}$  spora/ml (P3)
5. *T. harzianum* isolat Sulawesi  $10^{11}$  spora/ml (P4)
6. *T. harzianum* isolat Jember  $10^8$  spora/ml (P5)
7. *T. harzianum* isolat Banyuwangi  $10^8$  spora/ml (P6)

Sehingga diperoleh layout rancangan percobaan pada Gambar 1.



UL 4	UL 2	UL 1	UL 3
P0	P4	P1	P5
P5	P6	P0	P2
P1	P0	P4	P6
P2	P5	P3	P0
P4	P1	P5	P3
P3	P2	P6	P1
P6	P3	P2	P4

Gambar 1. *Lay Out* Percobaan.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Tahap persiapan

##### 1. Sterilisasi kotak kayu dan spons untuk uji biassay keefektifan *T. harzianum*.

Membersihkan kotak dan spons terlebih dahulu sebelum memulai aplikasi *T. harzianum* pada buah kakao yang sehat. Memisahkan kotak dan spons, kemudian menyemprotnya dengan clorox secara merata, mengelapnya dengan kain lap sampai bersih dan kering (EshaFlora, Tanpa tahun). Mencuci spons, menyiramnya dengan air terlebih dahulu kemudian menyikat seluruh bagiannya dengan menggunakan sabun cuci yang telah diencerkan terlebih dahulu kemudian membilasnya dengan air bersih. Menyiram spons yang telah dicuci dengan clorox 10%. Mengeringkan spons dibawah terik matahari atau bisa dengan menggunakan blower didalam ruangan, spons akan kering kurang lebih 2 hari.

##### 2. Perbanyakkan *P. palmivora*

Perbanyakkan *P. palmivora* dilakukan dengan mengambil buah yang sehat dari lapang kemudian melukai buah dan menginokulasi patogen menggunakan buah yang terserang *P. palmivora* (Hafsah dan Zuyasna, 2013). Menutup pada daerah luka yang sudah diinokulasi dengan *P. palmivora* dengan kapas lembab kemudian menginkubasinya dalam ember dan menutup rapat dengan plastik. Suhu inkubasi 28° C selama 7-8 hari. Buah yang terserang *P. palmivora* akan membusuk dan pada permukaannya tumbuh miselium jamur berwarna putih seperti kapas (Keren, 2011).

##### 3. Membuat media PDA

Membuat media PDA memanfaatkan kentang. 1l air membutuhkan 200 g kentang, 20 g dextrose, dan 19 g agar. Mengupas kentang yang sudah ditimbang 200 g kemudian memotong nya bentuk dadu. Kemudian, memasukkan kentang yang sudah dipotong ke dalam 1l air. Memanaskan air tersebut hingga mendidih selama 1 jam menggunakan *hot plate* dengan suhu 250° C. Menyaring air yang sudah mendidih tersebut kemudian memanaskannya kembali di atas *hot plate* dengan suhu 250° C dan menambahkan agar. Menunggu hingga agar larut yang ditandai dengan cairan menjadi bening, setelah bening barulah menambahkan

dextrose, kurang lebih selama 5 menit kemudian, memindahkan larutan tersebut ke dalam erlenmeyer, menutup rapat dengan aluminium foil. Mensterilisasi media dengan autoclave selama 30 menit (Pratama dkk, 2013).

4. Persiapan suspensi *T. harzianum* sesuai konsentrasi.

Untuk membuat suspensi *T. harzianum* dengan konsentrasi spora  $10^8$ ,  $10^9$ ,  $10^{10}$ , dan  $10^{11}$  adalah dengan menimbang *T. harzianum* isolat Sulawesi 100 g, 150 g, 200 g, 250 g serta *T. harzianum* isolat Banyuwangi dan Jember masing-masing 100 g. Membungkus *T. harzianum* yang sudah ditimbang dengan kain saring kemudian memasukkan masing-masing isolat dalam ember yang sudah berisi air sebanyak 1l. Memeras *T. harzianum* dalam kain saring sehingga mendapatkan suspensi *T. harzianum*. Untuk memastikan kepadatan spora *T. harzianum* dilakukan penghitungan spora dibawah mikroskop menggunakan hemasitometer (Syahnen dkk., Tanpa tahun).

5. Menghitung kerapatan spora *T. harzianum*

Penentuan kerapatan spora dilakukan dengan meneteskan 1 ml suspensi dari perlakuan ke hemasitomer kemudian menghitungnya dengan menggunakan mikroskop binokuler perbesaran 400 kali. Menurut Herlinda (2006), menghitung kerapatan spora dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{t}{(n \times 0,25)} \times 10^6$$

Keterangan:

C : kerapatan spora per ml larutan

t : jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati

n : jumlah kotak sampel (5 kotak besar x 16 kotak kecil)

0,25 : faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada hemasitometer.

#### 6. Pengambilan buah kakao klon TSH 858 dan klon moderat ICCRI 03

Pengambilan dilakukan dengan menggunakan gunting cutter dengan cara memotong pangkal buah. Meminimalisir gesekan yang terjadi antar buah dapat dilakukan dengan membungkus buah yang sudah dipetik dengan daun dan memasukkan kedalam bak penampungan. Buah yang dipetik sebanyak 120 buah/klon (Yuono, 2012).

#### 3.4.2 Tahap pelaksanaan

##### 1. Uji Antagonis *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* secara *in vitro*

Melakukan uji antagonis dengan cara membiakkan isolat *Trichoderma* dan *P. palmivora* dalam media agar, meletakkan isolat *Trichoderma* maupun *P. palmivora* 3 cm dari pinggir petridish secara berlawanan sehingga jarak kedua isolat tersebut kurang lebih 3 cm apabila diletakkan pada petri dengan panjang 9 cm. Menginkubasinya pada suhu ruang hingga kontrol *P. palmivora* mencapai tepi petri. Melakukan pengamatan pertambahan diameter masing-masing jamur setiap hari hingga kontrol mencapai tepi petri, selanjutnya menghitung daya hambat *P. palmivora* oleh *T. harzianum* (Pratama dkk, 2013).

##### 2. Aplikasi *T. harzianum* pada buah

Melakukan aplikasi dengan mencuci buah kakao yang berasal dari lahan menggunakan air mengalir kemudian merendam dalam clorox. Setelah itu, merendam (*dipping*) buah kakao kedalam suspensi *Trichoderma* sampai permukaan buah terbasahi. Setelah kering angin, menginokulasi buah dengan potongan buah kakao yang sudah terinfeksi BBK ukuran 0,5 x 0,5 cm lalu menutup dengan menggunakan kapas basah dan menutup kotak kayu dengan plastik (Christita dkk, 2014). Menginkubasi buah-buah kakao tersebut dalam kotak kayu selama 7-8 hari dengan suhu 27° C - 29° C. Melaksanakan pengamatan H+2 setelah aplikasi dan mengamati setiap hari terhadap perkembangan luas bercak *P. palmivora* hingga perlakuan kontrol sudah penuh dengan bercak. Melakukan aplikasi tersebut pada buah kakao klon TSH 858 dan moderat ICCRI 03.

### 3.5 Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati pada penelitian ini yaitu:

#### 1. Daya hambat *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* secara *in vitro*

Menghitung persentase penghambatan *T. harzianum* terhadap pertumbuhan *P. palmivora* setelah miselium *P. palmivora* mencapai tepi petri. Berdasarkan Aini dkk, (2013), menghitung persentase penghambatan *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* dengan mengukur jari-jari koloni *P. palmivora* pada kontrol ( $r_1$ ) dan jari-jari *P. palmivora* yang berhadapan dengan *T. harzianum* ( $r_2$ ). Persentase penghambatan koloni *P. palmivora* dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\%$$

keterangan:

- I = persentase penghambatan
- $r_1$  = jari-jari koloni *P. palmivora* pada kontrol
- $r_2$  = jari-jari koloni *P. palmivora* pada perlakuan

#### 2. Masa inkubasi *P. palmivora*

Melakukan pengamatan setiap hari dan mencatat timbulnya bercak *P. palmivora* pada buah (pada hari ke-). Pengamatan masa inkubasi *P. palmivora* bertujuan untuk mengetahui seberapa lama *P. palmivora* menembus dan masuk dalam jaringan buah (Alhadi, Tanpa tahun).

#### 3. Uji efektivitas *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* pada buah kakao secara *in vivo*

Melakukan pengamatan H+1 setelah aplikasi, setiap hari hingga perlakuan kontrol sudah penuh dengan bercak busuk buah. Pengamatan dilakukan dengan menghitung luas bercak. Cara menghitungnya yaitu dengan mengukur bercak secara membujur dan melintang kemudian menghitung luasnya dengan rumus yang berdasarkan Pratama dan Sari, 2015 sebagai berikut:

$$I = \frac{(d_1 + d_2) \times \pi}{4}$$

Keterangan:

I : luas bercak *P. palmivora*

$\pi$  : konstanta (3.14)

$d_1$ : diameter bercak *P. palmivora* melintang

$d_2$ : diameter bercak *P. palmivora* membujur

Dari luas bercak kemudian menghitung keefektifan *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* dengan rumus ABBOT menurut Ciba Geigi (1981) dalam Pratama dan Sukamto (2012) adalah sebagai berikut:

$$Ef = \frac{(Ca - Ta)}{Ca} \times 100 \%$$

Keterangan:

Ef: Keefektifan biofungisida *T. harzianum*

Ca: Luas bercak kontrol

Ta: Luas bercak pada perlakuan

berdasarkan rumus ABBOT, nilai efikasi dikategorikan sebagai berikut:

$E = \geq 70\%$  sangat baik

$E = 50-69\%$  baik

$E = 30-49\%$  kurang baik

$E = \leq 30\%$  tidak baik

### 3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Analisis Ragam (ANOVA), bila menunjukkan hasil yang berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95%.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Jamur *T. harzianum* mampu menghambat pertumbuhan jamur *P. palmivora* pada uji antagonis secara *in vitro* sebesar 77,46 % pada hari ke-9 setelah inokulasi.
2. Jamur *T. harzianum* efektif dalam mengendalikan *P. palmivora* pada uji efektivitas secara *in vivo* dengan nilai efikasi sebesar 49,76 % pada buah kakao klon ICCRI 03 dan 43,95 % pada buah kakao klon TSH 858.
3. Konsentrasi spora *T. harzianum* isolat Sulawesi  $10^{11}$  efektif dalam mengendalikan *P. palmivora*.

### 5.2 Saran

Dari hasil dan pembahasan serta kesimpulan diatas dapat disarankan bahwa penggunaan *T. harzianum* sebagai Agen Pengendali Hayati penyakit tanaman kakao lebih baik menggunakan yang asli daerah dimana penyakit yang dimaksud ditemukan karena lebih efektif dibandingkan dengan *T. harzianum* yang ditemukan dari daerah lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrieni, Y, N. Nasir, Periadnadi dan Jumjunidang. 2013. Jenis-jenis jamur pada pembusukan buah kakao (*Theobroma cacao*, L.) di Sumatera Barat. *Biologi Universitas Andalas*, 2(2): 124-129.
- Agrina. 2012. Liputan khusus: langkah jitu kendalikan busuk buah. <http://www.agrina-online.com/redesign2.php?rid=19&aid=3406>. Diakses pada tanggal 18 April 2016.
- Aini, F.N, S. Sukamto, D. Wahyuni, R.G Suhesti dan Q. Ayunin. 2013. Penghambatan pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* oleh *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*. *Pelita Perkebunan*, 29(1): 44-52.
- Alfizar, Marlina, dan F. Susanti. 2013. Kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap beberapa jamur patogen *in vitro*. *Florateg*, 8(1): 45-51.
- Alhadi, R. Tanpa tahun. Toleransi beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap infeksi *Phytophthora palmivora* Bult. *E-journal*, 1(1): 79-86.
- Amaria, W, R. Harni dan Samsudin. 2015. Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *TDIP*, 1(1): 51-60.
- Anonim. 2015. I. Pendahuluan. <http://www.bio.unsoed.ac.id/sites/default/files/B1J009005-6.pdf.com>. Diakses pada tanggal 01 Januari 2015.
- Berlian, I, B. Setyawan, dan H. Hadi. 2013. Mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap beberapa patogen tular tanah. *Warta Perkebunan*, 32(2): 74-82.
- Chamzuri, T, H. Oktarina dan K. Hanum. 2013. Keefektifan *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma virens* untuk mengendalikan *Rhizoctonia solani* Kuhn pada bibit cabai (*Capcicum annum* L.). *Agrista*, 17(1): 12-17.
- Christita, M, S.M. Wisyastuti dan H. Djoyobisono. 2014. Pengendalian hayati penyebab penyakit rebah semai *Fusarium subglutinans* dengan *Trichoderma harzianum*. *Pemuliaan tanaman hutan*, 8(1): 43-55.
- Djafrudin. 2000. *Dasar-dasar pengendalian penyakit tanaman*. Jakarta: Bumi Aksara.

- Direktorat Jenderal Bina Sarana Pertanian Departemen Pertanian. 2003. *Pedoman pengujian pestisida berbahan aktif majemuk*. Jember: Koperasi Pegawai Negeri Ditjen BSP.
- Efendi, S, L. Sulistyowati dan A. Cholil. 2014. Potensi jamur antagonis dari serasah kulit buah kakao untuk menekan perkembangan *Phytophthora palmivora* (Phytiales: Phythiaceae) pada buah dan kompos kulit kakao. *Hama dan Penyakit Tanaman*, 2(3): 121-130.
- EshaFlora. Tanpa tahun. Cara Sterilisasi alat-alat dan media kultur jaringan. <http://www.eshaflora.com/index.php/43-cara-sterilisasi-alat-alat-dan-media-kultur-jaringan.html>. Diakses pada tanggal 08 April 2016.
- Fety, S. Khotimah, dan Mukarlina. 2015. Uji antagonis jamur rhizosfer isolat lokal terhadap *Phytophthora* sp. yang diisolasi dari batang langsung (*Lansium domesticum* Corr.). *Protobiont*, 4(1): 218-225.
- Gunam, I.B.W, W.R Aryanta dan I.B.N.S Darma. 2011. Produksi selulase kasar dari kapang *Trichoderma viride* dengan perlakuan konsentrasi substrat ampas tebu dan lama fermentasi. *Biologi*, 15(2): 29-33
- Gusnawaty, H.S, M. Taufik, L. Triana dan Asniah. 2014. Karakterisasi morfologis *Trichoderma* spp. indigenus Sulawesi Tenggara. *Agroteknos*, 4(2): 87-93.
- Hafsah, S dan Zuyasna, 2013. Uji patogenisitas beberapaisolat penyakit busuk buah kakao asal daerah Aceh dan evaluasi efektivitas metode inokulasi. *Agrista*, 17(1): 42-48.
- Hafsah, S, Zuyasna, Firdaus. 2015. Penapisan genotipe kakao tahan penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*) di Aceh Besar. *Florateg*, 10(1): 79-86.
- Herlinda, S, M.D Utama, Y. Pujiastuti dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan viabilitas spora *Beauveria bassiana* (bals.) akibat subkultur dan pengayakan media, serta virulensinya terhadap larva *Plutella xylostella* (Linn.). *HPT Tropika*, 6(2): 70 - 78.
- Indonesian Commercial Newsletter. 2010. Laporan market intelligence: perkembangan agribisnis kakao di Indonesia. <http://www.datacon.co.id/agri-2010kakao.html.com>. Diakses pada tanggal 18 April 2016.
- Ismal, N dan A. Tenrirawe. Tanpa tahun. Potensi agens hayati *Trichoderma* spp. sebagai agens pengendali hayati. *Seminar Regional Inovasi Teknologi Pertanian*. Hal: 177 – 189.

- Keren, B.J. 2011. Biologi penyakit busuk buah kakao (*Phytophthora palmivora*) dan teknik pengendaliannya. <http://buljugakeren.blogspot.co.id/2011/09/biologi-penyakit-phytophthora-palmivora.com>. Diakses pada tanggal 12 November 2015.
- Keputusan Menteri Pertanian nomor: 530/Kpts/SR.120/9/2006. Tanpa tahun. Pelepasan varietas kakao klon kw30 sebagai varietas/klon unggul dengan nama ICCRI 03. <http://perundangan.pertanian.go.id/admin/file/SK-530-06.pdf.com>. Diakses pada tanggal 02 September 2015.
- Kurniawan, A.C. 2013. Ketahanan Kakao (*Theobroma cacao* L) terhadap penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*). Makalah Seminar Umum. <http://www.elisa.ugm.ac.id/user/archive.com>. Diakses pada tanggal 01 Januari 2016.
- Maulana, A.G dan A. Permana. 2016. Atasi impor kakao, pemerintah didesak remajakan tanaman. <http://www.m.bisnis.com/industri/read/20150313/99/411481/atasi-impor-pemerintah-didesak-remajakan-tanaman.com>. Diakses pada tanggal 18 April 2016
- Motulo, H.F.J, M.S Sinaga, A. Hartana, G. Suastika dan H. Aswidinor. 2007. Karakter morfologi dan molekuler isolat *phytophthora palmivora* asal kelapa dan kakao. *Littri*, 13(3): 111-118.
- Mukarlina, S. Khotimah dan R. Rianti. 2010. Uji antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium* spp. penyebab penyakit layu pada tanaman cabai (*Capcicum annum*) secara *in vitro*. *Fitomedika*, 7(2): 80-85.
- OPT Hortikultura. 2011. *Phytophthora palmivora* (busuk buah). <http://www.labscorner.org/opt/kb/index.php?comp=home.detail.91>. Diakses pada tanggal 03 September 2015.
- Peraturan Menteri Pertanian nomor: 09/Permentan/OT.140/1/2013. 2013. Pedoman teknis pembangunan kebun induk dan kebun entres kakao. [http://perundangan.pertanian.go.id/admin/file/Permentan%209-2013%20\(fix\).pdf.com](http://perundangan.pertanian.go.id/admin/file/Permentan%209-2013%20(fix).pdf.com). Diakses pada tanggal 03 September 2015.
- Pratama, S.W dan S. Sukamto. 2012. Pendampingan pengujian lapangan agen hayati *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* spp., dan *Streptomyces* spp. untuk pengendalian penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*) dan penyakit pembuluh kayu

(*Vascular Streak Dieback*) *Oncobasidium theobromae*. Laporan akhir Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Hasil kerjasama dengan PTPN XII.

Pratama, S.W, S. Sukamto, I.N Asyiah dan Y.V Ervina. 2013. Penghambatan pertumbuhan jamur patogen *Phytophthora palmivora* oleh *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis*. *Pelita perkebunan*, 29(2): 120-127.

Pratama, S.W. dan N.P. Sari. 2015. Aplikasi kapur dan urea serta pengaruhnya terhadap perkembangan *Phytophthora palmivora*. *Pelita Perkebunan*, 3(1): 41-48.

Pratiwi, D. 2012. Pengaruh kepadatan spora jamur *Trichoderma viridae* terhadap pertumbuhan bakteri *Ralstonia solanacearum*. [Skripsi S1]. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas jember.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2010. *Buku pintar budidaya kakao*. Jakarta: Agro Media Pustaka.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2013. Bahan tanam kakao. [Http://Iccri.Net/Bahan-Tanam-Kakao/.com](http://Iccri.Net/Bahan-Tanam-Kakao/.com). Diakses pada tanggal 03 September 2015.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2015. *Kakao: sejarah, botani, proses produksi, pengelolaan, dan perdagangan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Rubiyo dan W. Amaria. 2013. Ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit busuh buah (*Phytophthora palmivora* Butl.). *Perspektif*, 12(1): 23-36.

Rukmana, R dan S. Saputra. 2005. *Penyakit tanaman dan teknik pengendalian*. Yogyakarta: Kanisius.

Sriwati, R dan R. Muarif. 2012. Characteristic symptoms of *Phytophthora palmivora* on cocoa leaves. *Natural*, 12(2): 30-34.

Soesanto, L. 2008. *Pengantar pengendalian hayati penyakit tanaman: edisi kedua*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

Suharjo, R dan T.N Aeny. 2011. Eksplorasi potensi gulma siam (*Chromolaena odorata*) sebagai biofungisida pengendali *Phytophthora palmivora* yang diisolasi dari buah kakao. *HPT Tropika*, 11(2): 201-209

- Sukamto, S, H. Semangun dan A. Harsono. 1997. Identifikasi beberapa isolat jamur dan sifat antagonisnya terhadap *Phytophthora palmivora* pada kakao. *Pelita Perkebunan*, 13(3): 148-160.
- Sulistiyowati, E, E. Korlina, D.P Handayani, D.S Rahayu dan F. Nur'aini. 2015. Induksi ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD) dan busuk buah kakao (*P. palmivora*) melalui aplikasi jamur *Trichoderma* sebagai endofitik. Laporan Akhir Hasil Kegiatan Puslit Koka dengan Badan Peneliti dan Pengembangan Pertanian.
- Syahnen, D.D.N Sirait, S.E.B Pinem. Tanpa tahun. Teknik uji mutu agens pengendali hayati (APH) di laboratorium. [http://www.ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptmedan/tinymcpuk/file/UJI\\_APH.pdf.com](http://www.ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptmedan/tinymcpuk/file/UJI_APH.pdf.com). Diakses pada tanggal 08 April 2016.
- Umrah, T. Anggraeni, R.R Esyanti dan I.N.P Aryantha. 2009. Antagonisitas dan efektivitas *Trichoderma* sp. dalam menekan perkembangan *Phytophthora palmivora* pada buah kakao. *Agroland*, 16(1): 9-16.
- Uruilal, C, A.M Kalay, E. Kaya dan A. Siregar. 2012. Pemanfaatan kompos ela sagu, sekam dan dedak sebagai media perbanyak agens hayati *Trichoderma harzianum* Rifai. *Agrologia*, 1(1): 21-30.
- Widyanti, A. 2014. Viabilitas dan efektivitas formulasi biofungisida *Trichoderma harzianum* pada berbagai waktu penyimpanan untuk mengendalikan penyakit lanas pada tanaman tembakau (*Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*). [Skripsi S1]. Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
- Wikipedia. 2015. *Trichoderma*. <https://id.wikipedia.org/wiki/Trichoderma.com>. Diakses pada tanggal 17 Desember 2015.
- Yuono, T. 2012. Teknik panen buah kakao yang baik. <http://alamtani.com/panen-buah-kakao.html>. Diakses pada tanggal 05 Maret 2016.
- Zulfani, R. 2015. Penentuan kadar glukosa pada buah kakao menggunakan serat optik dan pengaruhnya terhadap kadar glukosa darah dalam tubuh. <http://www.pmbpasca.ipb.ac.id/id/registerform/arsip/15010482/sinopsis.pdf.com>. Diakses pada tanggal 17 Desember 2015.

LAMPIRAN

**Lampiran 1. Daya Hambat *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* pada 9 Hari Setelah Inokulasi.**

**A. Hasil Pengamatan**

Isolat	Ulangan				Jumlah	Rerata
	I	II	III	IV		
Sulawesi	75,12	78,51	78,70	74,70	307,05	76,76
Jember	77,72	76,11	77,96	78,06	309,86	77,46
Banyuwangi	75,45	78,51	76,48	77,68	308,13	77,03
Jumlah	228,30	233,14	233,14	230,45	925,05	231,26
Rerata	76,10	77,71	77,71	76,81	308,35	77,08

**b. Perhitungan Anova**

sk	db	jk	kt	f. hitung	f. tabel	
					5%	1%
Replikasi	3	5,50	1,83	0,67	5,14	10,92
Varietas	2	1	0,50	0,18		
Error	6	16,21	2,70			
Total	11	22,72				
CV	2,13			Tidak signifikan		

**Lampiran 2. Masa Inkubasi *P. palmivora* Pada Buah Kakao Klon TSH 858 Dengan Berbagai Konsentrasi Spora *T. harzianum*.**

**a. Hasil pengamatan**

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rerata
	I	II	III	IV		
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,2	2,6	2,4	2,2	9,4	2,35
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	2,4	2,8	2,4	2,4	10	2,5
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	2,2	2,2	2,2	2	8,6	2,15
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	5,2	5,4	2,6	2,6	15,8	3,95
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,2	3	2	2	9,2	2,3
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,2	2,4	2,8	2,2	9,6	2,4
Kontrol	2,2	2,2	3,2	2	9,6	2,4
Jumlah	18,6	20,6	17,6	15,4	72,2	18,05
Rerata	2.65	2.94	2.51	2.2	10.31	2.57

**b. Perhitungan Anova**

sk	db	jk	kt	f. hitung	f. tabel	
					5%	1%
Replikasi	3	2	0,66	1,63	2,66	4,01
Varietas	6	9,05	1,50	3,68		
Error	18	7,36	0,40			
Total	27	18,42				
CV	24,80			signifikan		

**c. Uji Lanjut Duncan**

Perlakuan	Rata-rata	Notasi UJD 5%	Nilai UJD 5%	SSR (5%;dbE;p)	Jarak p
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	3,95	a			
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	2,5	b	0,94	2,97	2
Kontrol	2,4	b	0,99	3,12	3
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,4	b	1,02	3,21	4
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,35	b	1,04	3,27	5
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,3	b	1,06	3,32	6
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	2,15	b	1,07	3,35	7

**Lampiran 3. Masa Inkubasi *P. palmivora* Pada Buah Kakao Klon ICCRI 03 Dengan Berbagai Konsentrasi Spora *T. harzianum*.**

**a. Hasil pengamatan**

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rerata
	I	II	III	IV		
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	1,8	0,8	2,4	3,6	8,6	2,15
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	1,8	2,2	0,4	3,8	8,2	2,05
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	3	1,4	2	3	9,4	2,35
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	0,6	2	2	1,6	6,2	1,55
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	2	1,8	2	2,8	8,6	2,15
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,8	2,6	2,8	4	12,2	3,05
Kontrol	3,8	3,8	4,6	3,4	15,6	3,9
Jumlah	12	10,8	11,6	18,8	53,2	13,3
Rerata	2,25	2,08	2,31	3,17	9,82	2,45

**b. Perhitungan Anova**

sk	db	jk	kt	f. hitung	f. tabel	
					5%	1%
Replikasi	3	5,86	1,95	3,56	2,66	4,01
Varietas	6	82,46	13,74	25,06		
Error	18	9,87	0,54			
Total	27	98,2				
CV	30,13			signifikan		

**c. Uji Lanjut Duncan**

Perlakuan	Rata-rata	Notasi UJD 5%	Nilai UJD 5%	SSR (5%;dbE;p)	Jarak p
Kontrol	3,9	a			
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	3,05	b	1,09	2,97	2
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	2,35	bc	1,15	3,12	3
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,15	bc	1,18	3,21	4
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,15	bc	1,21	3,27	5
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	2,05	bc	1,22	3,32	6
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	1,55	c	1,24	3,35	7

**Lampiran 4. Luas Bercak *P. palmivora* Pada Buah Kakao Klon TSH 858 Dengan Berbagai Konsentrasi Spora *T. harzianum*, 8 Hari Setelah Aplikasi.**

**a. Hasil pengamatan**

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rerata
	I	II	III	IV		
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	279,47	208,47	235,09	238,21	961,24	240,31
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	203,54	206,37	194,40	210,87	815,18	203,79
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	211,57	215,53	203,71	181,20	812,03	203,00
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	57,83	95,54	129,87	206,02	489,28	122,32
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	253,23	219,74	217,13	219,70	909,82	227,45
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	266,63	221,41	228,57	258,43	975,05	243,76
Kontrol	164,71	233,53	226,48	226,98	851,72	212,93
Jumlah	1437,01	1400,61	1435,28	1541,44	5814,35	1453,58
Rerata	205,28	200,08	205,04	220,20	220,20	207,65

**b. Perhitungan Anova**

sk	db	jk	kt	f. hitung	f. tabel	
					5%	1%
Replikasi	3	1590,67	530,22	0,49	2,66	4,01
Varietas	6	40434,18	6739,03	6,29		
Error	18	19268,11	1070,45			
Total	27	61292,97				
CV	15,75			signifikan		

**c. Uji Lanjut Duncan**

Perlakuan	Rata-rata	Notasi UJD 5%	Nilai UJD 5%	SSR (5%;dbE;p)	Jarak p
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	243,76	a			
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	240,31	ab	48,58	2,97	2
Kontrol	227,45	b	51,03	3,12	3
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	212,45	c	52,51	3,21	4
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	203,79	c	53,49	3,27	5
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	203,00	c	54,31	3,32	6
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	122,32	d	54,80	3,35	7

**Lampiran 5. Luas Bercak *P. palmivora* Pada Buah Kakao Klon ICCRI 03 Dengan Berbagai Konsentrasi Spora *T. harzianum*, 10 Hari Setelah Aplikasi.**

**a. Hasil Pengamatan**

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rerata
	I	II	III	IV		
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	149,05	84,02	212,81	277,03	722,93	180,73
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	114,80	180,72	55,19	283,11	633,84	158,46
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	119,85	97,31	78,43	241,94	537,54	134,38
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	33,92	155,04	142,64	89,81	421,44	105,36
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	180,67	116,42	159,98	116,02	573,10	143,27
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	208,61	147,60	229,84	271,56	857,63	214,40
Kontrol	253,44	266,07	155,59	238,94	914,04	228,51
Jumlah	1060,38	1047,20	1034,51	1518,43	4660,55	1165,13
Rerata	151,48	149,60	147,78	216,91	665,79	166,44

**b. Perhitungan Anova**

sk	db	jk	kt	f. hitung	f. tabel	
					5%	1%
Replikasi	3	23823,39	7941,129	2,05	2,66	4,01
Varietas	6	46866,39	7811,06	2,02		
Error	18	69531,85	3862,88			
Total	27	140221,6				
CV	37,34			Tidak signifikan		

**c. Uji Lanjut Duncan**

Perlakuan	Rata-rata	Notasi UJD 5%	Nilai UJD 5%	SSR (5%;dbE;p)	Jarak p
Kontrol	228,51	a			
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	214,4	a	46,14	2,97	2
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	180,73	ab	48,47	3,12	3
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	158,46	b	49,87	3,21	4
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	143,27	bc	50,80	3,27	5
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	134,38	bc	51,58	3,32	6
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	105,36	c	52,05	3,35	7

**Lampiran 6. Efektivitas *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* Pada Buah Kakao Klon TSH 858 Secara *In Vivo* Dengan Berbagai Konsentrasi Spora *T. harzianum*, 8 Hari Setelah Aplikasi.**

**a. Hasil Pengamatan**

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rerata
	I	II	III	IV		
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	0	10,73	0	0	10,73	2,68
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	-23,56	11,62	14,16	7,09	9,32	2,33
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	-28,44	7,70	10,05	20,17	9,48	2,37
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	64,88	59,08	42,65	9,23	175,86	43,96
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	0	5,90	4,12	3,20	13,23	3,30
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	0	5,18	0	0	5,18	1,29
Kontrol						
Jumlah	12,87	100,24	70,99	39,71	223,83	55,95
Rerata	2,14	16,70	11,83	6,61	37,30	9,32

**b. Perhitungan Anova**

sk	db	jk	kt	f. hitung	f. tabel	
					5%	1%
Replikasi	3	718,00	239,33	1,00	2,90	4,56
Varietas	5	5768,05	1153,61	4,86		
Error	15	3555,13	237,00			
Total	23	10041,2				
CV	1,65					signifikan

**c. Uji Lanjut Duncan**

Perlakuan	Rata-rata	Notasi UJD 5%	Nilai UJD 5%	SSR (5%;dbE;p)	Jarak p
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	43,95	a			
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	3,3	b	11,58	3,01	2
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	2,68	b	12,16	3,16	3
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	2,37	b	12,50	3,25	4
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	2,33	b	12,73	3,31	5
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	1,29	b	12,16	3,93	6

**Lampiran 7. Efektivitas *T. harzianum* terhadap *P. palmivora* Pada Buah Kakao Klon ICCRI 03 Secara *In Vivo* Dengan Berbagai Konsentrasi Spora *T. harzianum*, 9 Hari Setelah Aplikasi.**

**a. Hasil Pengamatan**

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rerata
	I	II	III	IV		
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	41,18	68,42	-36,77	-15,94	56,88	14,22
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>9</sup> spora/ml	54,70	32,07	64,52	-18,48	132,81	33,20
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	52,71	63,42	49,59	-1,25	164,46	41,11
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	86,61	41,72	8,32	62,41	199,07	49,76
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	28,71	56,24	-2,82	51,44	133,57	33,39
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	17,68	44,52	-47,72	-13,65	0,83	0,20
Kontrol						
Jumlah	281,60	306,41	35,11	64,51	687,65	171,91
Rerata	46,93	51,06	5,85	10,75	114,60	28,65

**b. Perhitungan Anova**

sk	db	jk	kt	f. hitung	f. tabel	
					5%	1%
Replikasi	3	10062,11	3354,037	3,60	2,90	4,56
Varietas	5	6646,87	1329,375	1,42		
Error	15	13969,91	931,32			
Total	23	30678,9				
CV	1,06					signifikan

**c. Uji Lanjut Duncan**

Perlakuan	Rata-rata	Notasi UJD 5%	Nilai UJD 5%	SSR (5%;dbE;p)	Jarak p
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>11</sup> spora/ml	49,76	a			
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>10</sup> spora/ml	41,11	a	22,94	3,01	2
<i>T. harzianum</i> isolat Jember 10 <sup>8</sup> spora/ml	33,39	ab	24,10	3,16	3
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesu 10 <sup>9</sup> spora/ml	33,2	ab	24,79	3,25	4
<i>T. harzianum</i> isolat Sulawesi 10 <sup>8</sup> spora/ml	14,22	bc	25,25	3,31	5
<i>T. harzianum</i> isolat Banyuwangi 10 <sup>8</sup> spora/ml	0,2	c	25,63	3,16	6

Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Pemberian Garis Tengah pada Petri.



Gambar 2. Plating Media PDA kedalam Petri.



Gambar 3. Inokulasi Jamur kedalam Petri



Gambar 4. Wrapping Petri yang Sudah Diinokulasi Jamur Baik Antagonis Maupun Patogen.



Gambar 5. Penimbangan Biakan Padat *T. harzianum* Sesuai Konsentrasi.



Gambar 6. Pembuatan Suspensi *T. harzianum* Sesuai Konsentrasi.



Gambar 7. Penghitungan Kerapatan Spora *T. harzianum*.



Gambar 8. Perendaman Buah Kakao dalam Suspensi *T. harzianum*.



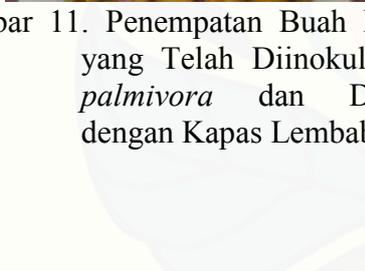
Gambar 9. Pemotongan Buah Kakao Busuk Sebagai Bahan Inokulasi *P. palmivora* dalam Uji Efektifitas Buah.



Gambar 10. Inokulasi *P. palmivora* pada Buah Kakao yang Telah Dilukai.



Gambar 11. Penempatan Buah Kakao yang Telah Diinokulasi *P. palmivora* dan Ditutup dengan Kapas Lembab.



Gambar 12. Penutupan Kotak Kayu dengan Plastik.

