

**PENGARUH MASA INKUBASI BIAKAN
Trichoderma sp TERHADAP KERAPATAN SPORA
DAN VIABILITASNYA DALAM MENGHAMBAT
PERKEMBANGAN *Phytophthora palmivora* Butl.**

**EFFECT OF INCUBATION PERIOD OF THE
Trichoderma sp TO DENSITY OF SPORES AND IT'S
VIABILITY TO INHIBITING THE DEVELOPMENT
OF *Phytophthora palmivora* Butl.**

TESIS

NI NYOMAN ANA ANDARI



**PROGRAM STUDI ILMU – ILMU PERTANIAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS TADULAKO
PALU
2019**

**PENGARUH MASA INKUBASI BIAKAN
Trichoderma sp TERHADAP KERAPATAN SPORA
DAN VIABILITASNYA DALAM MENGHAMBAT
PERKEMBANGAN *Phytophthora palmivora* Butl.**

**EFFECT OF INCUBATION PERIOD OF THE
Trichoderma sp TO DENSITY OF SPORES AND IT'S
VIABILITY TO INHIBITING THE DEVELOPMENT
OF *Phytophthora palmivora* Butl.**

Oleh :

NI NYOMAN ANA ANDARI

E 202 15 030

Untuk memenuhi salah satu syarat
Guna memperoleh gelar Magister Pertanian
Pada Program Studi Ilmu-Ilmu Pertanian



**PROGRAM STUDI ILMU – ILMU PERTANIAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS TADULAKO
PALU
2019**

PENGESAHAN

PENGARUH MASA INKUBASI BIAKAN *Trichoderma* sp. TERHADAP KERAPATAN SPORA DAN VIABILITASNYA DALAM MENGHAMBAT PERKEMBANGAN *Phytophthora palmivora* Butl.

Oleh
Ni Nyoman Ana Andari
Nomor Stambuk : E20215030

TESIS

Untuk Memenuhi Salah satu Syarat
Guna Memperoleh Gelar Magister Pertanian
Program Studi Magister Ilmu Pertanian,

Telah disetujui oleh Tim Pembimbing pada tanggal
Seperti tertera di bawah ini,

Palu, 24 Mei 2019

(Dr. Ir. Mohammad Yunus, M.P.)
Ketua Tim Pembimbing

(Dr. Asrul, S.P., M.P.)
Anggota Tim Pembimbing

Mengetahui,

(Prof. Dr. Ir. H. Alam Anshary, M.Si.)
Direktur Pascasarjana
Universitas Tadulako

(Prof. Dr. Shakhuddin, M.Si.)
Koordinator Program Studi
Magister Ilmu Pertanian

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, (tesis) ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister dan/atau doktor), baik di Universitas Tadulako maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis in tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palu, April 2019
Yang Membuat Pernyataan,



NI NYOMAN ANA ANDARI

No. Stb : E 202 15 030

ABSTRAK

NI NYOMAN ANA ANDARI (E 202 15 030). Pengaruh Masa Inkubasi Biakan *Trichoderma* sp terhadap Kerapatan Spora dan Viabilitasnya dalam Menghambat Perkembangan *Phytophthora palmivora* Butl. Dibimbing oleh Mohammad Yunus dan Asrul (2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh masa inkubasi biakan *Trichoderma* sp dalam menghambat perkembangan *P. palmivora* baik secara in vivo dan in vitro serta mengetahui kerapatan spora dan viabilitas spora yang dihasilkan oleh setiap masa inkubasi biakan *Trichoderma* yang di ujikan. Penelitian ini dilakukan di laboratorium UPT Proteksi Tanaman Perkebunan Dinas Perkebunan dan Peternakan Provinsi Sulawesi Tengah, pada bulan Juni sampai Oktober 2017. Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 7 perlakuan, tiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Variabel pengamatan dalam penelitian ini meliputi kerapatan spora, viabilitas *Trichoderma* sp dan daya hambat *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masa inkubasi biakan *Trichoderma* sp 7 hari menghasilkan kerapatan spora tertinggi $8,12 \times 10^8$ dan viabilitas spora 100% yang digolongkan baik. Pengamatan hari ke 4 menunjukkan bahwa masa inkubasi biakan *Trichoderma* sp 7 hari menghasilkan persentase daya hambat *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* sebesar 100% pada petridish. Serta menghambat perkembangan luas bercak yang ditimbulkan oleh *P. palmivora* pada buah kakao sebesar $8,29 \text{ mm}^2$. Dengan demikian maka biakan *Trichoderma* sp masa inkubasi 7 hari efektif dan efisien dalam menghambat perkembangan *P. palmivora*.

Kata kunci : masa inkubasi, *Trichoderma* sp., *Phytophthora palmivora*

ABSTRACT

NI NYOMAN ANA ANDARI (E 202 15 030). Effect of Incubation Period of the *Trichoderma* sp to the Density of Spores and It's Viability to Inhibiting the development of *Phytophthora palmivora* Butl. Under the Supervisions of (I) Mohammad Yunus and (II) Asrul (2019).

This research aims to determine the effect of incubation period of the *Trichoderma* sp to inhibit the development of *P. palmivora* in vivo and in vitro, and to identify the density of spores and it's viability produced by each incubation period of the *Trichoderma* sp tested. This research was conducted in laboratorium of UPT Plantation Protection Department of Plantation and Livestock of Central Sulawesi Province. On June to October 2017. This research was arranged using Complete Randomized Design (CRD) with 7 of treatments. Each treatment was repeated 4 times. Observation variables were spores density, viability of *Trichoderma* sp and inhibition of *Trichoderma* sp to the development of *P. palmivora*. The result of this research shows that incubation period of the *Trichoderma* sp for 7 days produces the highest density of spores 8.12×10^8 and viability spores 100% which is classified as good. Observation of day 4 shows percentage inhibition *Trichoderma* sp to the development of *P. palmivora* was 100% on petridish. Furthermore, inhibit development of spots caused by *P. palmivora* on cocoa was 8.29 mm^2 . Therefore *Trichoderma* sp which was incubated for 7 days effective and efficient in inhibiting the development of *P. palmivora*.

Keywords : incubation period, *Trichoderma* sp., *Phytophthora palmivora*

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, kesehatan, kekuatan dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian serta penyusunan tesis ini yang juga merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Magister Ilmu-Ilmu Pertanian, Program Pascasarjana Universitas Tadulako, Palu. Seluruh rangkaian kegiatan dalam penulisan ini dapat penulis lakukan berdasarkan kemampuan yang jauh dari kata sempurna.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada Pembimbing Utama Bapak Dr. Ir. Mohammad Yunus, MP dan Pembimbing Anggota Dr. Asrul, SP.MP yang disela-sela rutinitasnya meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan nasihat, arahan dan saran bagi penulis.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Mahfudz, MP., Rektor Universitas Tadulako.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Alam Anshary, M.Si., Direktur Program Pascasarjana Universitas Tadulako.
3. Bapak Prof. Dr. Shahabuddin, M.Si., Koordinator Program Studi Magister Ilmu-Ilmu Pertanian Universitas Tadulako.
4. Ibu Dr. Ir. Hafsah, M.Sc., Bapak dan Ibu Dosen serta staf Program Studi Ilmu-Ilmu Pertanian Universitas Tadulako yang telah memberikan materi dan kemudahan dalam pengurusan seluruh administrasi.
5. Dosen Tim Penguji Tesis yang telah memberikan saran-saran untuk perbaikan tesis ini.

6. Bapak Kepala UPT dan Kepala Seksi UPT Proteksi Tanaman Perkebunan Dinas Perkebunan dan Peternakan yang telah memberikan izin dan dukungan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan ini.
7. Bapak dan Ibu staf PNS dan teman-teman honorer UPT Proteksi Tanaman Perkebunan yang selalu mendoakan, membantu, memberikan nasihat dan saran untuk penulis.
8. Teman-teman se-angkatan yang telah banyak membantu selama study. Serta kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi dan partisipasi selama ini.

Dengan segala kerendahan hati, penulis mempersembahkan karya ini sebagai wujud tanggung jawab, cinta dan ungkapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada orang tua tercinta I Wayan Suada (Alm) dan Ni Nengah Murni, Kakak, Keluarga dan Sahabat terkasih atas dukungan doa, kasih sayang yang tulus serta nasihat dan semangat bagi penulis selama menjalani semua kisah jatuh bangun dalam hidup.

Akhirnya harapan penulis, semoga penelitian ini dapat diterima dan bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan khususnya bidang pertanian dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dalam penyempurnaannya.

Palu, April 2019

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Kegunaan Penelitian	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS	
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Kajian Pustaka	8
2.2.1 Tanaman Kakao (<i>Theobroma cacao</i>)	8
2.2.2 Jamur <i>Trichoderma</i> sp	9
2.2.3 Penyakit Busuk Buah Kakao	12
2.2.4 Agens Pengendalian Hayati	14
2.2.5 Masa Inkubasi, Kerapatan Spora dan Viabilitas	15
2.3 Kerangka Pemikiran	17
2.4 Hipotesis	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	20
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	20
3.3 Sampel dan teknik Pengumpulan Sampel	20
3.4 Operasionalisasi Variabel	21
3.5 Jenis dan Sumber Data	26

3.6	Teknik Pengumpulan Data	26
3.7	Bahan dan Alat	27
3.8	Teknik Analisis Data	27

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1	Hasil	28
1.1.1	Kerapatan Spora dan Viabilitas Jamur <i>Trichoderma</i> sp	28
1.1.2	Uji Antagonis <i>Trichoderma</i> sp Terhadap <i>P. palmivora</i> di Petridish	29
1.1.3	Uji Daya Hambat <i>Trichoderma</i> sp Terhadap Luas Bercak yang ditimbulkan <i>P. palmivora</i> pada Buah Kakao	31
1.2	Pembahasan	32
1.2.1	Kerapatan Spora dan Viabilitas Jamur <i>Trichoderma</i> sp	32
1.2.2	Uji Antagonis <i>Trichoderma</i> sp Terhadap <i>P. palmivora</i> di Petridish	34
1.2.3	Uji Daya Hambat <i>Trichoderma</i> sp Terhadap Luas Bercak yang ditimbulkan <i>P. palmivora</i> pada Buah Kakao	38

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	41

DAFTAR RUJUKAN

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Rata-rata kerapatan spora dan viabilitas spora <i>Trichoderma</i> sp pada masa inkubasi berbeda	29
Tabel 2. Rata-rata persentase daya hambat (%) <i>Trichoderma</i> sp terhadap perkembangan <i>P. palmivora</i> pada petridish	30
Tabel 3. Rata-rata daya hambat <i>Trichoderma</i> sp terhadap luas bercak yang ditimbulkan <i>P. palmivora</i> pada buah kakao	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Morfologi Koloni <i>Trichoderma</i> sp pada Media PDA	11
Gambar 2. Gejala Busuk Buah Kakao (1) Koloni <i>P. palmivora</i> (2) dan Sporangium <i>P.palmivora</i> (3)	12
Gambar 3. Skema Kerangka Pemikiran	18
Gambar 4. Metode Peletakan Inokulum pada Petridish	24
Gambar 5. Daya Hambat <i>Trichoderma</i> sp pada Petridish	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Data kerapatan spora dan viabilitas jamur <i>Trichoderma</i> sp	48
1a. Rata-rata kerapatan spora dan viabilitas jamur <i>Trichoderma</i> sp pada masa inkubasi berbeda	48
1b. Sidik ragam kerapatan spora jamur <i>Trichoderma</i> sp	48
2. Data persentase hambatan jamur <i>Trichoderma</i> sp terhadap perkembangan <i>P. palmivora</i> pada petridish	49
2a. Rata-rata persentase hambatan jamur <i>Trichoderma</i> sp terhadap Perkembangan <i>P. palmivora</i> pada petridish	49
2b. Sidik ragam persentase hambatan jamur <i>Trichoderma</i> sp terhadap Perkembangan <i>P. palmivora</i> pada petridish pengamatan 2 HSI	49
2c. Sidik ragam persentase hambatan jamur <i>Trichoderma</i> sp terhadap Perkembangan <i>P. palmivora</i> pada petridish pengamatan 3 HSI	50
2d. Sidik ragam persentase hambatan jamur <i>Trichoderma</i> sp terhadap Perkembangan <i>P. palmivora</i> pada petridish pengamatan 4 HSI	50
2e. Sidik ragam persentase hambatan jamur <i>Trichoderma</i> sp terhadap Perkembangan <i>P. palmivora</i> pada petridish pengamatan 5 HSI	50
2f. Sidik ragam persentase hambatan jamur <i>Trichoderma</i> sp terhadap Perkembangan <i>P. palmivora</i> pada petridish pengamatan 6 HSI	51
2g. Sidik ragam persentase hambatan jamur <i>Trichoderma</i> sp terhadap Perkembangan <i>P. palmivora</i> pada petridish pengamatan 7 HSI	51
3. Data luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao	52
3a. Rata-rata daya hambat <i>Trichoderma</i> sp terhadap luas bercak yang ditimbulkan <i>P. palmivora</i> pada buah kakao	52
3b. Sidik ragam luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao pengamatan 4 HSI	52
3c. Sidik ragam luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao pengamatan 5 HSI	53

3d. Sidik ragam luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao pengamatan 6 HSI	53
3e. Sidik ragam luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao pengamatan 7 HSI	53
4. Data luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao hasil Transformasi $\sqrt{x} + 0,5$	54
4a. Rata-rata luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao hasil Transformasi $\sqrt{x} + 0,5$	54
4b. Sidik ragam luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao pengamatan 4 HSI hasil Transformasi $\sqrt{x} + 0,5$	54
4c. Sidik ragam luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao pengamatan 5 HSI hasil Transformasi $\sqrt{x} + 0,5$	55
4d. Sidik ragam luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao pengamatan 6 HSI hasil Transformasi $\sqrt{x} + 0,5$	55
4e. Sidik ragam luas bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao pengamatan 7 HSI hasil Transformasi $\sqrt{x} + 0,5$	55

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao*) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang cocok ditanam di daerah tropis, seperti Indonesia. Kakao juga merupakan salah satu komoditi perkebunan yang banyak diusahakan oleh masyarakat Indonesia termasuk Sulawesi Tengah. Budidaya kakao menghadapi banyak kendala, antara lain serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang dapat menurunkan produksi tanaman.

BPS (2015), mencatat bahwa terjadi penurunan produksi kakao di Indonesia dari tahun 2012–2014 secara berturut–turut yaitu 740,51 ribu ton, 720,86 ribu ton dan 709,33 ribu ton. Sedangkan untuk Sulawesi Tengah dari tahun 2012–2013 mengalami peningkatan produksi dari 114,36 ribu ton menjadi 149,07 ribu ton, tetapi mengalami penurunan produksi di tahun 2014 menjadi 146,84 ribu ton.

Rendahnya produksi dan produktivitas kakao erat hubungannya dengan berbagai faktor yang terlibat dalam proses budidaya itu sendiri. salah satu penyebabnya yaitu adanya serangan penyakit tanaman. Salah satu penyakit yang dapat menyebabkan kehilangan hasil pada tanaman kakao adalah busuk buah kakao yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora palmivora* Butl. (Sukamto, 2003).

Sukamto (2003), mengungkapkan intensitas serangan *P. palmivora* dapat mencapai 85% pada daerah yang mempunyai curah hujan yang tinggi, dan

menimbulkan kerugian 20–40% bahkan menyebabkan kematian pohon kakao tersebut sebesar 10% per tahun. Pada umumnya besarnya kerugian akibat penyakit ini mencapai 20–30% dan kematian tanaman 10% per tahun (ICCO, 2015).

Jamur *P. palmivora* bersumber dari tanah, batang yang sakit kanker batang, buah yang sakit dan tumbuhan inang lainnya. Jamur ini bertahan dalam tanah dan terbawa oleh percikan air hujan pada buah–buah yang dekat dengan tanah. Dan dari buah yang telah terinfeksi dan menghasilkan banyak sporangium, kemudian terbawa oleh serangga dan angin sehingga dapat mencapai buah–buah yang tinggi (Semangun, 2000).

Pengendalian hama dan penyakit merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam mengusahakan suatu tanaman. Cara pengendalian yang paling tepat mungkin akan berbeda antara satu daerah dengan daerah yang lain, atau antara petani yang satu dengan petani yang lain, bahkan juga tergantung pada cuaca, tempat, dan lahan pertaniannya, keadaan serta jenis maupun tipe tanaman, cara bercocok tanam, nilai hasil tanaman dan lain sebagainya (Semangun, 2000).

Tingginya potensi kerugian yang disebabkan oleh penyakit busuk buah pada tanaman kakao maka perlu suatu teknologi pengendalian *P. palmivora* yang ramah lingkungan. Namun demikian, pengendalian secara terpadu di perkebunan rakyat belum berkembang. Petani lebih menyukai menggunakan fungisida untuk mengendalikan penyakit busuk buah kakao karena aplikasinya yang praktis dan hasilnya dapat dilihat dengan cepat (Semangun, 2000).

Salah satu upaya pengendalian terhadap serangan *P. palmivora* yang saat ini mulai dikembangkan adalah memanfaatkan mikroorganisme yang bersifat antagonis terhadap patogen penyebab penyakit dan menguntungkan bagi tanaman serta aman terhadap lingkungan (Semangun, 2000).

Penggunaan agens hayati kini mulai dikembangkan untuk mengurangi penggunaan fungisida sintetik dalam mengendalikan patogen. Selain itu pemanfaatan agensia dari jenis jamur dan bakteri sebagai agensia pengendalian hayati mempunyai prospek yang cukup menjanjikan karena selain mudah diperoleh, agensia ini dapat mencegah timbulnya ledakan OPT sekunder, produk tanaman yang dihasilkan bebas dari residu pestisida, terdapat disekitar pertanaman sehingga dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap pestisida sintesis, aman bagi manusia serta ramah lingkungan.

Menurut Novizan (2002), teknik pengendalian dengan memanfaatkan agen hayati yang bersifat antagonis seperti *Trichoderma* sp. Selain bersifat hiperparasit terhadap jamur patogen tular tanah, jamur antagonis ini juga bersifat dekomposer yang dapat mempercepat proses pembuatan kompos. Potensi jamur *Trichoderma* sp. saat ini banyak diteliti dan dikembangkan sebagai agens pengendali jamur patogen yang bersifat tular tanah. Penggunaan *Trichoderma* sp. sudah sering digunakan untuk pengendalian busuk buah kakao. Beberapa penelitian sudah pernah dilakukan untuk menguji efektifitas jamur *Trichoderma* sp. dalam menekan perkembangan *P. palmivora*. Aeny dkk (2011), mengungkapkan isolat *Trichoderma* sp. yang diuji menunjukkan potensi penghambatan yang cukup baik terhadap pertumbuhan *P. palmivora* secara in vitro.

Hartal *dkk* (2010), mengungkapkan bahwa pemberian agen antagonis untuk pengendalian penyakit layu fusarium pada tanaman krisan mengakibatkan masa inkubasi penyakit menjadi lebih lambat. Berkaitan dengan pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan maka teknik pengendalian dengan memanfaatkan antagonis, baik itu jamur maupun bakteri kini banyak digunakan. Penggunaan antagonis ini muncul akibat dampak negatif yang ditimbulkan oleh penggunaan fungisida untuk pengendalian penyakit, baik terhadap manusia, lingkungan dan produk tanaman.

Efektifitas jamur *Trichoderma* sp. sebagai agens pengendali hayati pada tanaman ditentukan oleh spora jamur *Trichoderma* sp. itu sendiri. Masa inkubasi biakan juga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkecambahan spora karena berhubungan dengan ketersediaan nutrient/nutrisi untuk pertumbuhan. Robinson (1978), mengungkapkan spora akan berkecambah jika tersedia nutrient yang sesuai untuk pertumbuhannya. Selanjutnya hasil penelitian Tarman (2006), menyebutkan bahwa lama masa inkubasi jamur *Trichoderma* sp. memberikan pengaruh yang baik dalam menekan perkembangan jamur *Fusarium* sp. penyebab penyakit layu tanaman tomat. Hasil penelitian Noya (2009), tentang uji patogenitas biakan *Beauveria bassiana* dengan masa inkubasi berbeda menyatakan bahwa semakin lama masa inkubasi biakan *Beauveria bassiana* patogenitasnya makin rendah terhadap imago *Cylas formicarius*.

Trichoderma sp. merupakan jamur antagonis yang sangat penting untuk pengendalian hayati. Selain itu *Trichoderma* sp. sebagai jamur antagonis mudah dibiakkan massal dan mudah disimpan dalam waktu lama. Berdasarkan hal

tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh masa inkubasi biakan jamur *Trichoderma* sp. terhadap kerapatan spora dan viabilitasnya dalam menghambat perkembangan *P. palmivora*.

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Apakah masa inkubasi biakan jamur *Trichoderma* sp. berpengaruh terhadap kerapatan spora yang dihasilkan?
- 2) Apakah masa inkubasi biakan jamur *Trichoderma* sp. berpengaruh terhadap viabilitasnya?
- 3) Bagaimana efektifitas atau daya hambat jamur *Trichoderma* sp. dalam menghambat perkembangan jamur *P. palmivora* secara in vitro dan in vivo?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

- 1) Mengetahui kerapatan spora yang dihasilkan jamur *Trichoderma* sp. berdasarkan masa inkubasi yang diujikan.
- 2) Mengetahui viabilitas jamur *Trichoderma* sp. berdasarkan masa inkubasinya.
- 3) Mengetahui efektifitas atau daya hambat jamur *Trichoderma* sp. terhadap perkembangan jamur *P. palmivora* baik secara in vitro dan in vivo berdasarkan masa inkubasinya.

1.4 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini di harapkan dapat memberikan informasi tentang masa inkubasi biakan jamur *Trichoderma* sp. terkait dengan kerapatan spora dan viabilitasnya serta efektifitas jamur *Trichoderma* sp. dalam menghambat perkembangan jamur *P. palmivora* secara in vitro dan in vivo.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS

2.1 Penelitian Terdahulu

Trichoderma sp. merupakan salah satu jamur antagonis yang telah banyak diuji coba untuk pengendalian penyakit tanaman. Penelitian tentang penggunaan jamur antagonis untuk menekan perkembangan *P. palmivora* sudah banyak dilakukan diantaranya yaitu penggunaan serasah kulit buah kakao oleh Efendi *dkk* (2014), mengemukakan bahwa daya antagonis jamur saprofit terhadap *P. palmivora* (in-vitro) tertinggi oleh *Trichoderma* sp. 2 sebesar 69,17% dan terendah oleh *Chepalosporium* sp 16,66%. Dan jamur saprofit yang mampu menekan perkembangan *P. palmivora* dalam kompos kulit kakao adalah *Trichoderma* sp. 2 dengan kerapatan spora $0,53 \times 10^4$.

Umrah *dkk* (2009), mengungkapkan penggunaan beberapa isolat jamur *Trichoderma* sp. dari beberapa wilayah juga menunjukkan kemampuan *Trichoderma* sp. dalam menekan perkembangan *P. palmivora* pada buah kakao yakni *Trichoderma* sp. T-G (koleksi Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan Untad, Palu) diketahui mempunyai daya antagonis tertinggi terhadap *P. palmivora* secara in vitro. Selanjutnya *Trichoderma* sp. T-E (koleksi Laboratorium Mikrobiologi Pusat Ilmu Hayati ITB, Bandung) dan *Trichoderma koningii* T-D (koleksi Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember).

Selanjutnya Asrul (2009), mengemukakan bahwa pemberian *Trichoderma* sp. dalam bentuk tablet sebanyak 4 butir, efektif dan efisien dalam menghambat luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao dengan daya hambat mencapai 99,99%.

Sjam *dkk* (2014), mengungkapkan terdapat dua genus cendawan yang diperoleh dari ekstrak tanaman nenas yakni *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp yang diaplikasikan secara bersamaan dalam bentuk formula cair memperlihatkan kemampuan sinergistik dan berpotensi menekan laju intensitas serangan penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *P. palmivora* di pertanaman kakao.

Isolat *Trichoderma* sp. yang berasal dari jahe, bawang merah, pisang dan nenas mempunyai kesesuaian atau menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan terhadap beberapa patogen tanaman. Dan isolat jahe mempunyai daya hambat dan mortalitas tinggi terhadap semua spesies jamur dan nematoda patogen yang di uji (Soesanto *dkk*, 2013).

2.2 Kajian Pustaka

2.2.1 Tanaman Kakao (*Theobroma cacao*)

Tanaman kakao merupakan tanaman tahunan yang termasuk dalam salah satu komoditi perkebunan yang banyak di budidayakan oleh masyarakat termasuk Sulawesi Tengah. Pada dasarnya tanaman kakao dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian vegetatif yang meliputi akar, batang serta daun dan bagian generatif meliputi bunga dan buah.

Menurut Tjitrosoepomo (1988), dalam Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (2004), klasifikasi dari tanaman kakao ini yaitu termasuk dalam Divisio : Spermatophyta, Subdivisio : Angiospermae, Kelas : Dicotyledoneae, Ordo : Malvales, Famili : Sterculiaceae, Genus : *Theobroma*, Spesies : *Theobroma cacao* L.

Tanaman kakao dahulunya diberi nama "Arborea cacavifera americana" juga sering disebut dengan nama "Amygdalus similis guamalensis" yang akhirnya oleh LINIEUS diberi nama *Theobroma cacao* L., termasuk ke dalam salah satu anggota genus *Theobroma* dari familia Sterculiaceae yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat (Ferayanti, 2014).

Usaha budidaya kakao umumnya dilakukan oleh para petani, kendati pun ada beberapa perkebunan swasta yang saat ini mulai mencoba untuk mengusahakannya. Tanaman kakao memiliki usia produksi hingga 30 tahun. Bagian tanaman yang dimanfaatkan dari tanaman ini adalah bijinya. Biji kakao adalah bahan baku utama dalam proses pembuatan pasta kakao. Di antara tanaman perkebunan lainnya, tanaman kakao merupakan tanaman yang paling membutuhkan perawatan yang ekstra. Banyak hama dan penyakit yang bisa menyerang tanaman ini, apalagi jika tidak dibudidayakan sesuai dengan syarat tumbuhnya (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2004).

2.2.2 Jamur *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. merupakan sejenis cendawan / fungi yang termasuk kelas Ascomycetes. Jamur *Trichoderma* sp. merupakan salah satu jamur saprofit tanah yang hidup bebas dan memiliki interaksi yang tinggi dalam sistem perakaran,

tanah dan di filosfir. *Trichoderma* sp. mampu mengendalikan penyakit tanaman karena memiliki beberapa mekanisme antagonis seperti kompetisi, mikroparasit dan antibiosis. Selain itu *Trichoderma* sp. juga dapat menghasilkan toksin, enzim serta mampu menghambat atau mendegradasi enzim yang sangat penting bagi jamur patogen tanaman (Herman *dkk*, 2004).

Warna koloni *Trichoderma* sp. dipengaruhi oleh pigmentasi dan jumlah produksi koloni. Umumnya koloni berwarna hijau dan ada pula yang berwarna agak kuning atau hijau muda. *Trichoderma* sp. umumnya hidup sebagai saprofit di tanah atau sisa-sisa kayu lapuk, mudah dikenali karena pertumbuhannya yang cepat dan warnanya agak mencolok (Herman *dkk*, 2004).

Trichoderma harzianum termasuk agensia pengendali hayati karena hifa jamur ini melilit atau membelit di sekeliling atau menyerang hifa jamur patogen tanaman. Koloni jamur ini berwarna hijau tua dengan diameter pertumbuhan lebih dari 9 cm. Konidiumnya berukuran 2,8–3,2 x 2,5-2,8 μm berbentuk bulat, agak bulat sampai bulat telur pendek. Jamur antagonis *Trichoderma koningii* dalam mekanisme antagonisnya membentuk senyawa dengan sifat mikostatis dan juga senyawa anti jamur, meskipun belum dapat diidentifikasi. Diameter koloninya mencapai 3-5 cm, konidiumnya berdinding lembut, agak kasar berbentuk silinder pendek dengan bagian dasar terpotong dan berukuran 3-4,8 x 1,9-2,8 μm . *Trichoderma viride* memiliki koloni jamur mencapai diameter 4,5-7,5 cm dalam lima hari pada suhu 20°C. Konidiumnya hampir bulat, dengan diameter 3,6-4,5 μm (Direktorat Perlindungan Perkebunan, 2004).



Gambar 1. Morfologi koloni *Trichoderma* sp. pada media PDA (Ward, 2018)

Koloni *Trichoderma* sp. pada media agar pada awalnya terlihat putih selanjutnya miselium akan berubah menjadi kehijau – hijauan lalu terlihat sebagian besar berwarna hijau ada ditengah koloni dikelilingi miselium yang masih berwarna putih dan pada akhirnya seluruh medium akan berwarna hijau. *Trichoderma* sp. adalah salah satu agens hayati yang telah banyak dilaporkan. *Trichoderma* sp. merupakan jamur antagonis yang mampu menghambat perkembangan patogen melalui proses mikroparasitisme, antibiosis dan kompetisi (Soesanto, 2013).

Soesanto (2013), mengungkapkan jamur *Trichoderma* sp. mampu menurunkan intensitas penyakit layu antara 60-30%. Mekanisme penghambatannya dapat dalam bentuk antibiosis misalnya terhadap *Verticillium alboartrum*. Strain *Trichoderma harzianum* mampu menghasilkan enzim β -1,3 glukonase, kitinase dan protease yang digunakan untuk memarasit hifa dan sklerotium patogen serta menyerang dan melisiskan dinding sel patogen.

2.2.3 Penyakit Busuk Buah Kakao

Penyakit busuk buah kakao disebabkan oleh jamur *P. palmivora* yang dapat menyerang buah muda (pentil) sampai buah masak. Gejala serangan yang ditimbulkan yaitu terdapat bercak – bercak cokelat kehitaman pada buah, biasanya dimulai dari pangkal, tengah atau ujung buah. Apabila keadaan kebun lembab, maka bercak tersebut akan meluas dengan cepat ke seluruh permukaan buah, sehingga menjadi busuk, kehitaman dan apabila ditekan terasa lembek dan basah (Susanto, 2006).



Gambar 2. Gejala Busuk Buah Kakao (1), Koloni *P. palmivora* (2) dan Sporangium *P. palmivora* (3) (Prasetyo, 2015).

Penyakit busuk buah kakao dapat menimbulkan kerugian hasil mencapai 40%, terutama pada daerah yang curah hujannya tinggi. Buah kakao yang terserang mengalami perubahan warna menjadi cokelat kehitaman, mulai dari ujung buah atau pangkal buah dekat tangkai. Namun ada pula yang dimulai dari tengah buah. Hal ini disebabkan oleh adanya pembusukan jaringan pada buah

yang terserang oleh patogen. Bila keadaan lingkungan mendukung perkembangan penyakit ini, maka akan cepat menyebar ke seluruh bagian buah sehingga buah menjadi berwarna hitam (Susanto, 2006).

Pada permukaan buah yang memiliki kelembapan cukup tinggi akan terbentuk sporangiofor (tangkai sporangium) dan sporangium (organ perkembangan pada jamur). Pembentukan sporangium sangat dipengaruhi oleh cahaya. Pada intensitas cahaya yang tinggi akan terbentuk sporangium yang jumlahnya cukup banyak. Selanjutnya spora tersebut tersebar ke tempat lain (buah atau ranting) disekitar tempat terbentuknya spora dan menyebabkan infeksi atau serangan baru (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2004).

Suwarto dan Octavianty (2010), menjelaskan gejala infeksi *P. palmivora* pada buah adalah terjadinya bercak berwarna kelabu kehitaman. Biasanya bercak tersebut terdapat pada ujung buah. Bercak mengandung air, kemudian menjadi warna hitam. Bagian buah menjadi busuk dan biji pun ikut membusuk.

Lingkungan yang lembab merupakan kondisi yang sangat mendukung untuk penyebaran penyakit ini. Perkembangan bercak coklat cukup cepat, sehingga dalam waktu beberapa hari seluruh permukaan buah menjadi busuk, basah dan berwarna coklat kehitaman. Jika kondisi lembab, pada permukaan buah akan muncul serbuk berwarna putih. Serbuk ini adalah spora *P. palmivora* yang seringkali bercampur dengan jamur sekunder / jamur lain (Astuti, 2015).

2.2.4 Agens Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati terhadap patogen merupakan penghancuran sebagian atau seluruh populasi patogen yang dilakukan oleh organisme lain. Beberapa tahun belakangan ini, manusia telah mencoba memanfaatkan agen biologi alami dan mengembangkan strategi pengendalian hayati yang saat ini dapat digunakan secara efektif untuk mengatasi beberapa jenis penyakit tumbuhan (Nurhayati, 2011).

Tujuan pengendalian penyakit secara hayati tidak lain adalah mengurangi laju perkembangan penyakit melalui penurunan daya hidup patogen pada tanaman, menurunkan jumlah propagul yang diproduksi serta mengurangi penyebaran inokulum, mengurangi infeksi patogen pada tanaman serta mengurangi serangan yang berat oleh patogen (Nurhayati, 2011).

Pengendalian hayati akhir-akhir ini banyak mendapat perhatian. Pengendalian penyakit tanaman dengan menggunakan agens pengendali hayati muncul karena kekhawatiran masyarakat akibat penggunaan pestisida kimia sintesis. Adanya kekhawatiran tersebut membuat pengendalian hayati menjadi salah satu pilihan cara mengendalikan patogen tanaman yang harus dipertimbangkan (Alif, 2010).

Pengendalian Hayati (*Biological Control*) adalah pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) oleh musuh alami atau agensia pengendali hayati. Tetapi bisa juga disebut mengendalikan hama dan penyakit tanaman dengan cara biologi, yaitu memanfaatkan musuh-musuh alami. Dalam hal ini yang dimanfaatkan yaitu musuh alami, sedangkan yang menggunakan atau

memanfaatkan adalah manusia. Jadi jelas ada campur tangan manusia dalam setiap pengendalian hayati (Marwoto, 2014).

Pengendalian hayati penyakit tumbuhan yaitu kegiatan yang dapat mengurangi kepadatan inokulum atau menekan aktifitas patogen/parasit dalam menimbulkan penyakit, baik dalam kondisi dorman atau aktif yang dilakukan oleh salah satu atau lebih organisme dan terlaksana secara alami atau melalui manipulasi lingkungan, inang (tumbuhan), agens antagonis atau melalui introduksi masal dari satu atau lebih agens antagonis (Agrios, 2005).

Pengendalian hayati termasuk dalam komponen Pengelolaan Hama dan Penyakit Terpadu (PHPT). Agens pengendali hayati secara umum memiliki mekanisme penghambatan terhadap patogen melalui antibiotik yang dihasilkannya, kompetisi terhadap nutrisi atau parasitisme langsung terhadap patogen. Agens Pengendali Hayati (APH) tidak memberi peluang pada patogen untuk mencapai populasi yang cukup tinggi hingga dapat menyebabkan tingkat keparahan penyakit yang tinggi (Agrios, 2005).

2.2.5 Masa Inkubasi, Kerapatan Spora dan Viabilitas

Masa inkubasi biakan merupakan waktu yang diperlukan suatu isolat sejak inokulasi sampai mencapai batas pertumbuhan atau perkembangannya. Semakin lama masa inkubasi biakan makin menurun jumlah spora yang di hasilkan dengan demikian patogenitas menjadi rendah (Noya, 2009). Sedangkan masa inkubasi patogen adalah waktu yang diperlukan suatu patogen sejak inokulasi sampai menunjukkan gejala serangan. Semakin lama masa inkubasi patogen pada suatu klon tertentu maka semakin kecil kejadian penyakit pada klon tersebut (Sastra,

2012). Masa inkubasi patogen adalah waktu yang diperlukan patogen untuk memperbanyak diri dalam tanaman sejak patogen tersebut diinokulasikan hingga gejala pada tanaman muncul (Bos, 1990).

Masa inkubasi juga berpengaruh terhadap antifungi yang dihasilkan suatu biakan. Semakin lama waktu inkubasi, maka semakin banyak senyawa antifungi yang dihasilkan dan akan berhenti pada batas waktu tertentu (Arifin *dkk*, 2008).

Kerapatan spora adalah banyaknya spora yang dihasilkan suatu biakan dalam masa perkembangannya. Kerapatan spora yang baik untuk *Trichoderma/Gliocladium* (siap aplikasi tabor) 1×10^6 spora/g dan untuk *Beauveria/Metarhizium brontispa* (disemprotkan) adalah 1×10^8 spora/g (BBPPTP Medan, 2015).

Viabilitas spora merupakan kemampuan spora untuk berkecambah dan membentuk hifa miselium untuk pertumbuhan dan perkembangannya (Said, 2007). Viabilitas sangat dipengaruhi oleh umur biakan, faktor lingkungan (kandungan air, suhu, cahaya matahari dan lain-lain) dan kesuburan media biakan. Viabilitas spora digolongkan baik bila $>80-100\%$, sedang $>70-85\%$ dan kurang $<55-70\%$ (Ramli, 2004).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur diantaranya nutrisi, media, kondisi fisik seperti suhu, oksigen, pH dan lingkungan. Salah satu nutrisi yang paling dibutuhkan bagi pertumbuhan jamur adalah karbohidrat. Menurut Riyanto (2010) dalam Octavia dan Wantini (2017), sumber karbon yang umumnya digunakan oleh jamur adalah karbohidrat (polisakarida, disakarida dan monosakarida). Karbohidrat adalah sumber nutrisi yang paling penting bagi

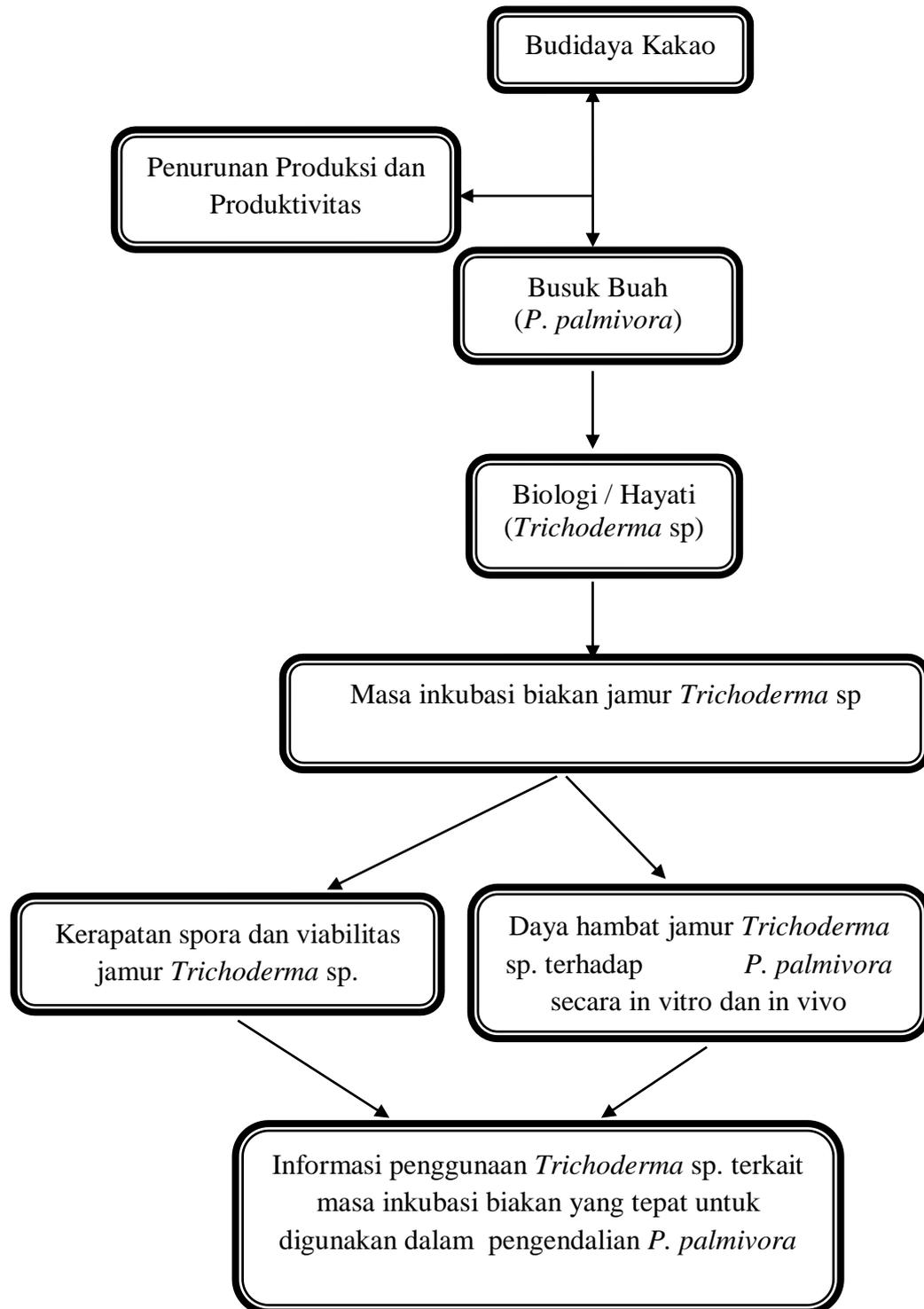
pertumbuhan jamur dan harus tersedia dalam jumlah yang lebih besar dari nutrisi lainnya.

2.3 Kerangka Pemikiran

Kakao merupakan jenis tanaman perkebunan yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia termasuk Sulawesi Tengah. Salah satu kendala dalam budidayanya yaitu terdapat serangan penyakit busuk buah yang disebabkan oleh jamur *P. palmivora* dan menyebabkan penurunan produksi dan produktifitas kakao.

Teknologi pengendalian yang telah banyak dilakukan saat ini yaitu pengendalian biologi/hayati dan salah satunya yaitu penggunaan jamur *Trichoderma* sp. Pengendalian menggunakan *Trichoderma* sp. menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* sp ini efektif dalam menekan pertumbuhan jamur *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah masa inkubasi biakan jamur *Trichoderma* sp. pada media PDA berpengaruh terhadap kerapatan spora dan viabilitas yang dihasilkan serta efektifitasnya dalam menghambat perkembangan penyakit busuk buah kakao baik secara in vitro dan in vivo. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi terkait dengan penggunaan *Trichoderma* sp. untuk pengendalian *P. palmivora*.



Gambar 3. Skema Kerangka Pemikiran

2.4 Hipotesis

- 1) Masa inkubasi biakan *Trichoderma* sp. menghasilkan kerapatan spora yang berbeda.
- 2) Masa inkubasi biakan *Trichoderma* sp. menghasilkan viabilitas spora *Trichoderma* sp. yang berbeda.
- 3) Masa inkubasi biakan *Trichoderma* sp. menghasilkan persentase hambatan yang berbeda terhadap perkembangan jamur *P. palmivora* baik secara in vitro dan in vivo.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen atau percobaan yaitu salah satu jenis penelitian dimana keadaan/kondisi penelitian diketahui dan dapat dikuasai dan sebisa mungkin mengurangi/menghilangkan faktor pengganggu sehingga memungkinkan pengaruh perlakuan yang dicoba itu terlihat jelas.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium UPT Proteksi Tanaman Perkebunan pada Dinas Perkebunan Daerah Provinsi Sulawesi Tengah dan waktu pelaksanaannya yaitu bulan Juni sampai Oktober 2017.

3.3 Sampel dan Teknik Pengumpulan Sampel

Sampel penelitian terdiri dari biakan jamur *Trichoderma* sp. yang telah diperbanyak dan diinkubasi sesuai dengan perlakuan yang diujikan yaitu :

T₃ : biakan *Trichoderma* sp. dengan masa inkubasi 3 hari

T₅ : biakan *Trichoderma* sp. dengan masa inkubasi 5 hari

T₇ : biakan *Trichoderma* sp. dengan masa inkubasi 7 hari

T₉ : biakan *Trichoderma* sp. dengan masa inkubasi 9 hari

T₁₁ : biakan *Trichoderma* sp. dengan masa inkubasi 11 hari

T₁₃ : biakan *Trichoderma* sp. dengan masa inkubasi 13 hari

T₁₅ : biakan *Trichoderma* sp. dengan masa inkubasi 15 hari

Sampel jamur *Trichoderma* sp. diperoleh dari koleksi jamur milik UPT Proteksi Tanaman Perkebunan Dinas Perkebunan Provinsi Sulawesi Tengah. Jamur *Trichoderma* sp. yang diperoleh tersebut kemudian di kembangkan dan ditumbuhkan pada media PDA dan jamur dalam media inilah kemudian diinkubasi sesuai perlakuan untuk selanjutnya digunakan dalam penelitian.

Inokulum jamur *P. palmivora* diperoleh dengan cara mengambil buah kakao yang terinfeksi busuk buah di lapangan kemudian di bawa ke laboratorium. Buah kakao tersebut kemudian dicuci dengan aquades. Selanjutnya mengambil setengah bagian buah yang terinfeksi dan setengah bagian buah yang sehat kemudian diletakkan di media PDA sehingga diperoleh inokulum jamur. Setelah itu inokulum tersebut dibiakkan kembali pada media PDA baru dan dimurnikan sampai diperoleh inokulum *P. palmivora* yang digunakan dalam penelitian.

3.4 Operasionalisasi Variabel

➤ Kerapatan Spora dan Viabilitas Jamur *Trichoderma* sp.

Pada tahapan ini terlebih dahulu dilakukan pembuatan media PDA. Selanjutnya pada media yang tersedia dalam cawan petri kemudian diinokulasi dengan jamur *Trichoderma* sp. dan diinkubasi sesuai dengan perlakuan yang diujikan. Percobaan ini disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan masing-masing perlakuan di ulang sebanyak 3 kali. Pengamatan dalam percobaan ini yaitu :

- a. Menghitung kerapatan spora pada masing–masing masa inkubasi biakan jamur *Trichoderma* sp. menggunakan rumus (BBPPTP Ambon, 2014)

$$C = \frac{x}{L x t x d} \times 10^3$$

Keterangan :

- C = kerapatan spora per ml larutan
 x = jumlah spora yang dihitung
 L = luas kotak hitung ($0,04 \times 5 = 0,2 \text{ mm}^2$)
 t = kedalaman bidang hitung (0,1 mm)
 d = faktor pengenceran
 10^3 = volume suspense yang diambil ($1 \text{ ml} = 10^3 \text{ mm}^3$)

- b. Pengamatan viabilitas spora yaitu menyiapkan media PDA dan tuang dalam petridish 9 cm biarkan sampai padat. Potong media PDA menggunakan bor gabus diameter 1 cm. Letakkan potongan media PDA diatas gelas benda (deg glass). Tiap gelas benda berisi 3 (tiga) potongan media PDA sebagai ulangan. Teteskan suspense spora yang akan diuji sebanyak satu tetes dengan menggunakan jarum injeksi 1 ml. Letakkan gelas benda tersebut kedalam petridish dan diisi dengan gulungan kapas yang telah dibasahi dengan aquades sebanyak 5 tetes, kemdian diinkubasikan selama 24 jam pada suhu kamar. Amati menggunakan mikroskop pada perbesaran 400x. Hitung banyaknya spora yang berkecambah dan yang tidak berkecambah. Menghitung daya kecambah atau viabilitas spora biakan *Trichoderma* sp. yang diujikan dengan menggunakan rumus (BBPPTP Ambon, 2014).

$$V = \frac{g}{(g+u)} \times 100 \%$$

Keterangan :

V = perkecambahan spora (viabilitas)
 g = jumlah spora yang berkecambah
 u = jumlah spora yang tidak berkecambah

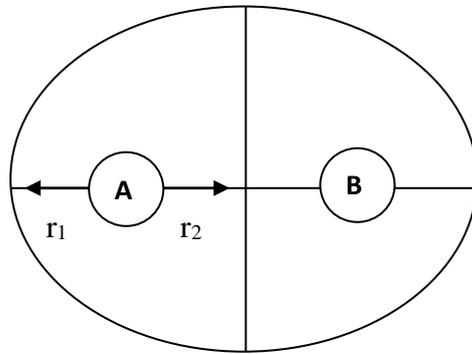
➤ **Uji daya Hambat Jamur *Trichoderma* sp.**

a. Pada Media PDA

Tahapan pengujian pada media PDA dilakukan dengan menyiapkan medium PDA terlebih dahulu. Kemudian inokulum jamur *P. Palmivora* yang akan digunakan dalam penelitian ini ditumbuhkan dalam medium tersebut sampai *P. palmivora* tumbuh memenuhi seluruh permukaan medium PDA.

Inokulum *P. palmivora* diambil dan diletakkan ke dalam cawan petri dengan medium PDA yang baru dan dalam waktu bersamaan diletakkan pula jamur *Trichoderma* sp. yang telah diinkubasi sesuai dengan perlakuan yang diujikandengan metode kultur ganda (*dual culture*). Perlakuan pada masing–masing percobaan disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dimana masa inkubasi jamur *Trichoderma* sp. sebagai perlakuan dan percobaan ini diulang sebanyak 4 kali. Kontrol dibuat tanpa perlakuan *Trichoderma* sp. Parameter pengamatan dalam percobaan ini yaitu data persentase daya hambat *Trichoderma* sp. yang diperoleh menggunakan rumus Dharmaputra dkk, (1999) dalam Amaria dkk, (2015).

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



Gambar 4. Metode peletakan inokulum pada petridish.

Keterangan :

P = Persentase hambatan

A = Jamur Patogen (*P. palmivora*)

B = Jamur antagonis (*Trichoderma* sp.)

r_1 = Jari-jari koloni patogen yang tumbuh menjauhi jamur antagonis

r_2 = Jari-jari koloni patogen yang tumbuh mendekati jamur antagonis

b. Pada Buah Kakao

Tahapan pengujian efektifitas masa inkubasi biakan jamur *Trichoderma* sp. terhadap perkembangan jamur *P. palmivora* pada buah kakao yaitu biakan jamur *Trichoderma* sp. yang telah diinkubasi sesuai perlakuan yang diujikandan yang telah dihitung jumlah spora dan viabilitas yang dihasilkan serta menyiapkan inokulum jamur *P. palmivora*.

Tahapan selanjutnya yaitu mengambil buah kakao sehat dari pohon, kemudian di sterilkan menggunakan alkohol 70% dan dicuci kembali menggunakan aquades kemudian ditiriskan pada tissue hingga

kering. Setelah itu dilakukan penyemprotan jamur *Trichoderma* sp pada buah tersebut sesuai dengan perlakuan. Penyemprotan dilakukan 1 (satu) hari setelah dilakukan infeksi *P. palmivora* pada buah kakao. Infeksi pada buah dilakukan dengan cara melubangi buah kakao dengan kedalaman 5 mm dan diameter 5 mm menggunakan cork borer (bor gabus). Selanjutnya diinokulasi dengan biakan murni *P. palmivora* berukuran diameter 5 mm dan diletakkan dalam wadah untuk menjaga kelembaban selama inkubasi dalam suhu ruang. Kontrol dibuat tanpa *Trichoderma* sp. (Aeny, 2011). Pengamatan dilakukan satu hari setelah inokulasi sampai 7 hari setelah inokulasi. Percobaan ini didesain dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 8 perlakuan dan diulang sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 32 percobaan. Parameter pengamatan dalam percobaan ini yaitu :

- Besarnya luas bercak / gejala serangan *P. palmivora* yang muncul pada buah kakao. Luas bercak akan dihitung dengan rumus yang dikembangkan oleh Rubiyo *dkk* (2010) :

$$L = 3,14 \times ((p + l) / 4)^2$$

Keterangan :

L = luas bercak
p = panjang bercak
l = lebar bercak

3.5 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yakni data yang diperoleh langsung dari hasil pengamatan yang meliputi :

- Data kerapatan spora dan viabilitas spora biakan *Trichoderma* sp. yang dihasilkan berdasarkan masa inkubasinya pada media PDA.
- Data daya hambat atau efektifitas *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan *P. pamivora* pada media PDA.
- Data luas bercak *P. pamivora* pada buah kakao.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Data kerapatan spora dan viabilitas biakan jamur *Trichoderma* sp. dihitung masing–masing berdasarkan lama masa inkubasi biakan jamur *Trichoderma* sp. Data uji daya hambat atau efektifitas jamur *Trichoderma* sp. terhadap perkembangan *P. Palmivora* pada media PDA dilakukan dengan mengamati dan menghitung jari–jari koloni patogen yang mendekati dan menjauhi jamur antagonis sampai hari ke 7 setelah inokulasi dan untuk data daya hambat jamur *Trichoderma* sp. terhadap perkembangan jamur *P. palmivora* pada buah kakao dilakukan dengan cara menghitung luas bercak/besarnya gejala serangan jamur *P. palmivora* yang muncul pada buah setelah inokulasi sampai 7 hari.

3.7 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu *Trichoderma* sp. yang diinkubasi sesuai kebutuhan penelitian, jamur *P. palmivora*, buah kakao sehat dan buah kakao yang terserang *P. palmivora*, PDA, aquades, alkohol 70% dan tissue.

Alat yang digunakan yaitu Laminar Air Flow, cawan petri, bunsen, korekapi, jarum ose, oven, autoclave, hot plate, mikroskop, cork borer (bor gabur), deg glass, cover glass, hemocytometer, tabung reaksi, rak tabung, vortex, mikro pipet, jarum injeksi (disposable syren) ukuran 10 ml dan 1 ml, kertas label, kamera dan alat tulis menulis.

3.8 Teknik Analisis Data

Data kerapatan spora, viabilitas dan persentase penghambat yang diperoleh dalam uji antagonis biakan *Trichoderma* sp. terhadap perkembangan/pertumbuhan *P. palmivora* pada cawan petri dan pada buah kakao kemudian dianalisis dengan sidik ragam dan jika berbeda nyata akan dilanjutkan dengan uji BNJ taraf nyata 5%.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Kerapatan Spora dan Viabilitas Jamur *Trichoderma* sp.

Sidik ragam kerapatan spora jamur *Trichoderma* sp. dapat dilihat pada tabel lampiran 1b. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa masa inkubasi berpengaruh sangat nyata pada uji $BNJ_{0,05}$ terhadap kerapatan spora yang dihasilkan oleh biakan *Trichoderma* sp. Pengamatan kerapatan spora yang dilakukan menunjukkan bahwa perlakuan T_3 berbeda nyata dengan perlakuan T_5 , T_7 , T_9 , T_{11} , T_{13} dan T_{15} . Perlakuan T_5 berbeda nyata dengan perlakuan T_7 , namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan T_9 , T_{11} , T_{13} dan T_{15} . Kerapatan spora tertinggi terdapat pada perlakuan T_7 yaitu $8,12 \times 10^8$ dan terendah yaitu pada perlakuan T_3 yaitu $1,27 \times 10^8$ (tabel 1).

Pengamatan viabilitas jamur *Trichoderma* sp. menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dari perlakuan T_3 , T_5 , T_7 , T_9 , T_{11} , T_{13} dan T_{15} yakni 100% sehingga tidak dilakukan uji lanjut (tabel 1).

Tabel 1. Rata-rata kerapatan spora dan viabilitas spora *Trichoderma* sp. pada masa inkubasi yang berbeda

Masa Inkubasi	Kerapatan Spora	Viabilitas (%)
T₃ (3 hari)	1,27 x 10 ⁸ a	100
T₅ (5 hari)	5,67 x 10 ⁸ b	100
T₇ (7 hari)	8,12 x 10 ⁸ c	100
T₉ (9 hari)	7,57 x 10 ⁸ bc	100
T₁₁ (11 hari)	7,48 x 10 ⁸ bc	100
T₁₃ (13 hari)	7,23 x 10 ⁸ bc	100
T₁₅ (15 hari)	6,27 x 10 ⁸ bc	100
BNJ_{0,05}	1,95 x 10⁸	-

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNJ_{0,05}

4.1.2 Uji Antagonis *Trichoderma* sp terhadap *P. palmivora* di Petridish

Hasil pengamatan rata-rata persentase hambatan jamur *Trichoderma* sp. terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish dari pengamatan 2 HSI hingga 7 HSI dapat dilihat pada tabel lampiran 2a dan sidik ragam tabel lampiran 2b, 2c, 2d, 2e, 2f dan 2g. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi jamur *Trichoderma* sp. tidak berpengaruh nyata dalam menghambat pertumbuhan *P. palmivora* pada pengamatan 2 HSI dan 3 HSI. Berpengaruh sangat nyata pada uji BNJ_{0,05} pengamatan 4 HSI dan 5 HIS serta berpengaruh nyata pada pengamatan 6 HSI dan 7 HIS. Jamur *Trichoderma* sp. mampu menghambat perkembangan *P. palmivora* hingga 100% pada pengamatan hari ke 4 HSI perlakuan T₇.

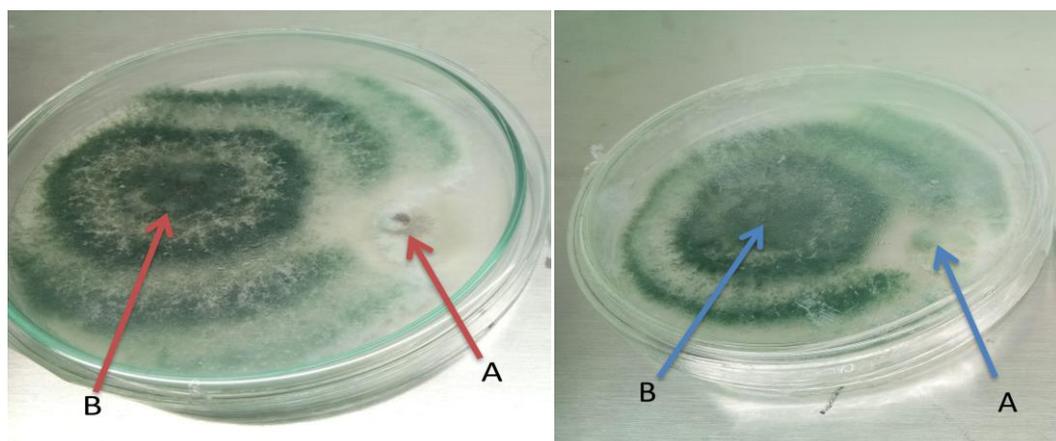
Hasil uji BNJ_{0,05} pada pengamatan 4 HSI menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara perlakuan T₅, T₇, T₉, T₁₁, T₁₃ dan T₁₅. Perlakuan T₃ tidak berbeda nyata dengan perlakuan T₉ dan T₁₅ namun berbeda nyata dengan perlakuan T₅, T₇, T₁₁ dan T₁₃. Pada pengamatan 5 HSI, 6 HSI menunjukkan

bahwa tidak terdapat perbedaan nyata antara perlakuan T₅, T₇, T₉, T₁₁, T₁₃ dan T₁₅ tetapi berbeda nyata dengan perlakuan T₃. Selanjutnya pada pengamatan 7 HSI menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata antara semua perlakuan yang diujikan (tabel 2).

Tabel 2. Rata-rata persentase daya hambat (%) *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish

Masa Inkubasi	Persentase daya hambat (%)					
	2 HSI	3 HSI	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
T ₃ (3 hari)	38,89	52,22	61,24 a	69,05 a	87,50 a	96,39 a
T ₅ (5 hari)	38,89	73,89	96,08 b	100,00 b	100,00 b	100,00 a
T ₇ (7 hari)	55,56	88,33	100,00 b	100,00 b	100,00 b	100,00 a
T ₉ (9 hari)	50,00	63,89	85,39 ab	100,00 b	100,00 b	100,00 a
T ₁₁ (11 hari)	50,00	73,33	93,47 b	100,00 b	100,00 b	100,00 a
T ₁₃ (13 hari)	22,22	64,45	95,69 b	100,00 b	100,00 b	100,00 a
T ₁₅ (15 hari)	16,67	32,27	83,28 ab	100,00 b	100,00 b	100,00 a
BNJ_{0,05}	-	-	26,24	24,30	11,62	3,76

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNJ_{0,05}
HSI (Hari Setelah Inokulasi)



Gambar 5. Daya hambat *Trichoderma* sp. pada petridish.
A (*P. palmivora*) B (*Trichoderma* sp.)

4.1.3 Uji Daya Hambat *Trichoderma* sp Terhadap Luas Bercak yang Ditimbulkan *P. palmivora* pada Buah Kakao

Tabel 3. Rata-rata daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap luas bercak yang ditimbulkan *P. palmivora* pada buah kakao

Masa Inkubasi	Luas bercak (mm ²)			
	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
T₀ (kontrol)	24,63 (4,71) b	66,09 (7,90) b	131,39 (11,32) b	239,96 (15,41)b
T₃ (3 hari)	7,95 (2,38) ab	14,52 (3,04) ab	28,75 (4,14) ab	77,03 (8,67) ab
T₅ (5 hari)	5,54 (2,05) ab	40,82 (4,80) ab	86,06 (6,79) ab	171,21 (9,53) ab
T₇ (7 hari)	0,00 (0,71) a	0,00 (0,71) a	0,79 (1,01) a	8,29 (1,98) a
T₉ (9 hari)	0,00 (0,71) a	0,00 (0,71) a	0,79 (1,01) a	11,04 (2,20) a
T₁₁ (11 hari)	0,00 (0,71) a	0,00 (0,71) a	14,82 (3,54) ab	12,61 (3,22) a
T₁₃ (13 hari)	0,00 (0,71) a	4,81 (1,94) a	21,24 (3,59) ab	61,72 (5,90) ab
T₁₅ (15 hari)	3,63 (1,73) ab	11,28 (3,11) ab	33,80 (5,19) ab	67,56 (7,17) ab
BNJ_{0,05}	18,59 (2,81)	56,68 (5,40)	112,47 (8,33)	222,27 (11,52)

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNJ_{0,05}

HSI (Hari Setelah Inokulasi)

Angka dalam kurung () hasil Transformasi $\sqrt{x} + 0,5$

Analisis sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao pengamatan 4 HSI sampai 6 HSI disajikan dalam tabel lampiran 3b, 3c, dan 3d. Dan analisis sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao hasil transformasi $\sqrt{x} + 0,5$ pengamatan 4 HSI sampai 6 HSI disajikan dalam tabel lampiran 4b, 4c dan 4d. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa masa inkubasi biakan *Trichoderma* sp. berpengaruh nyata pada uji BNJ_{0,05} terhadap luas bercak yang dihasilkan oleh *P. palmivora* pada buah kakao.

Analisis sidik ragam $BNJ_{0,05}$ menunjukkan bahwa pada pengamatan 4 dan 5 HSI perlakuan T_0 berbeda nyata dengan perlakuan T_7 , T_9 , T_{11} dan T_{13} namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan T_3 , T_5 dan T_{15} . Pengamatan 6 HSI menunjukkan bahwa perlakuan T_7 dan T_9 berbeda nyata dengan perlakuan T_0 namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan T_3 , T_5 , T_{11} , T_{13} dan T_{15} . Dan pada pengamatan 7 HSI menunjukkan bahwa perlakuan T_7 , T_9 dan T_{11} berbeda nyata dengan T_0 namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan T_3 , T_5 , T_{13} dan T_{15} .

4.2 Pembahasan

4.2.1 Kerapatan Spora dan Viabilitas Jamur *Trichoderma* sp.

Kerapatan spora yang dihasilkan jamur *Trichoderma* sp. pada masa inkubasi hari ke 3 yaitu $1,27 \times 10^8$ mengalami peningkatan hingga masa inkubasi hari ke 7 yakni mencapai $8,12 \times 10^8$. Penurunan jumlah spora terjadi pada masa inkubasi hari ke 9 dan seterusnya. Penurunan jumlah spora yang dihasilkan oleh jamur *Trichoderma* sp. di diduga karena berkurangnya jumlah nutrisi yang terdapat pada media tumbuhnya dalam uji kali ini yaitu media PDA dalam petridish.

Menurut Taborsky (1997), penurunan kualitas spora dan virulensi *Beauveria bassiana* dapat terjadi selama proses subkultur in vitro. Subkultur lebih dari 5 (lima) generasi secara nyata dapat menurunkan kerapatan spora jamur entomopatogenik, seperti *Metarhizium anisopliae*. Selanjutnya Rosalind (2000) menyebutkan bahwa kurangnya asupan protein dari media biakan dapat menurunkan kemampuan spora berkecambah. Semakin lama masa inkubasi suatu

biakan akan menyebabkan berkurangnya jumlah spora yang dihasilkan (Noya, 2009).

Urulal *dkk* (2012), menyebutkan terjadinya penurunan kerapatan spora juga diduga karena jumlah nutrisi atau makanan dalam bentuk unsur kimia pada media yang berguna untuk proses pertumbuhan dan perkembangan jamur, sehingga semakin lama proses penyimpanan berlangsung dapat berpengaruh terhadap jumlah spora yang ada dalam formulasi.

Pengamatan viabilitas jamur *Trichoderma* sp. masa inkubasi 3 sampai 15 hari menunjukkan bahwa kemampuan tumbuh jamur ini masih baik yaitu 100%. Hal ini menunjukkan bahwa biakan jamur *Trichoderma* sp. ini masih baik untuk digunakan untuk pengendalian patogen. Menurut Ramli (2004), viabilitas spora digolongkan baik bila <80-100%, sedang <70-85% dan kurang >55-70%. Selanjutnya Robinson (1978), mengatakan bahwa spora akan berkecambah jika tersedia nutrisi yang sesuai untuk pertumbuhannya. Viabilitas spora dapat menurun apabila selama subkultur terjadi penurunan sumber karbon, seperti glukosa, glukosamin, khitin, pati nitrogen untuk hifa tumbuh (Tanada dan Kaya, 1993).

Komposisi PDA salah satunya adalah ekstrak kentang yang merupakan sumber karbohidrat. Karbohidrat merupakan nutrisi paling besar yang dibutuhkan oleh jamur. Spora dalam perkecambahannya, berkembang menjadi tabung kecambah dengan memanfaatkan suplai protein, karbohidrat dan lemak.

Fungsi karbohidrat adalah sebagai sumber energi dan membentuk struktur sel. Sumber karbon berguna sebagai energi bagi jamur dalam membentuk sel-sel. Selama proses pertumbuhannya, jamur memerlukan sumber nutrisi dalam bentuk senyawa sederhana agar dapat dengan mudah diserap oleh miselium.

Riyanto (2010) dalam Cahyaningsih (2017), menyatakan bahwa sumber karbon yang umum digunakan oleh jamur adalah karbohidrat (polisakarida, disakarida dan monosakarida), asam organik, asam amino dan lignin. Selanjutnya Handiyanto dkk (2013), menyatakan bahwa ketersediaan nutrisi yang tepat dapat meningkatkan kecepatan pertumbuhan miselium jamur. Jamur dapat tumbuh dengan baik pada media yang memiliki kandungan karbohidrat.

4.2.2 Uji Antagonis *Trichoderma* sp terhadap *P. palmivora* di Petridish

Pengamatan uji antagonis jamur *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan dan perkembangan jamur *P. palmivora* dilakukan mulai 1 HSI sampai 7 HSI. Pada pengamatan 1 HSI belum terlihat pertumbuhan dari jamur *P. palmivora* sehingga belum dapat diketahui kemampuan *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan jamur *P. palmivora*. Pengamatan 2 HSI menunjukkan bahwa kemampuan *Trichoderma* sp. dalam menghambat perkembangan *P. palmivora* telah mencapai 50,00% pada perlakuan 9 dan 11 hari serta 55,56% pada perlakuan umur biakan 7 hari. Berdasarkan hasil uji antagonis pada petridish, diketahui bahwa jamur *Trichoderma* sp. mampu menghambat perkembangan *P. palmivora* sampai 100% pada hari ke 4 HSI umur biakan *Trichoderma* sp 7 hari.

Hasil rata-rata persentase daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish (tabel 2), umur biakan 7 hari mampu menghambat pertumbuhan *P. palmivora* 55,56% pada pengamatan hari ke 2 dan mencapai 100% pada pengamatan hari ke 4 dan sudah memenuhi petridish yang digunakan dalam uji. Dan persentase daya hambat terendah terdapat pada perlakuan *Trichoderma* sp. umur biakan 3 hari yaitu pada pengamatan 7 hari setelah inokulasi kemampuan penghambatan mencapai 96,39%. Hal ini menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* sp. mampu menekan pertumbuhan jamur *P. palmivora* sehingga terdesak dan menutupi ruang tumbuh pada media PDA dalam petridish. Purwantisari dan Hastuti (2009), menyatakan bahwa jamur yang dapat tumbuh dengan cepat mampu menguasai ruang media uji dan akhirnya dapat menekan pertumbuhan jamur lawannya.

Pertumbuhan *Trichoderma* sp. yang cepat menyebabkan *P. palmivora* tidak dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan persentase daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish mencapai 100% pengamatan hari ke empat setelah inokulasi pada perlakuan *Trihoderma* sp. umur biakan 7 hari. Sehingga pada hari selanjutnya *Trichoderma* sp. sudah memenuhi seluruh permukaan petridish.

Hasil uji antagonis yang dilakukan sesuai dengan penelitian Kaunang *dkk* (2018), dimana *Trichoderma* sp. dapat menekan pertumbuhan dan perkembangan *P. palmivora* penyebab penyakit gugur buah kelapa dengan rata-rata persentase hambatan 100% pada hari ke lima setelah inokulasi pada media PDA.

Kemampuan *Trichoderma* sp. dalam menghambat perkembangan *P. palmivora* ini diduga karena kemampuan *Trichoderma* sp. dalam pertumbuhan dan penguasaan ruang lebih cepat dibandingkan dengan jamur *P. palmivora*. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan oleh Sudarma dan Suprpta (2011), bahwa mekanisme penghambatan jamur *Trichoderma* sp. terhadap jamur patogen yaitu dengan kompetisi hara dan ruang tumbuh, mikroparasitisme serta antibiosis dengan menghasilkan antibiotik.

Cikita (2016) dalam Kaunang *dkk* (2018), menyatakan bahwa pertumbuhan jamur patogen yang terhambat diduga karena adanya penghambatan pertumbuhan *P. palmivora* oleh *Trichoderma* sp. melalui mikoparasitisme, antibiosis dan kompetisi.

Kecepatan pertumbuhan yang tinggi dari *Trichoderma* sp. merupakan salah satu faktor penting yang menentukan potensi sebagai agen hayati. Karena dengan kemampuan pertumbuhan yang tinggi mampu berkompetisi dengan patogen dalam hal pengambilan makanan dan penguasaan ruang yang pada akhirnya dapat menekan pertumbuhan jamur patogen.

Kemampuan *Trichoderma* sp. memang sudah banyak diteliti yang menunjukkan adanya mekanisme kerja dari enzim seperti β -1-3 glucanases dan β -1-4 glucanases. *Trichoderma* sp. juga mampu menghasilkan zat antibiosis, dapat memacu perkembangan ketahanan (induced resistance) dan kemampuannya berkompetisi ruang dan nutrisi dibanding patogen (Harman, 2006).

Menurut Herlina (2009), masa inkubasi berpengaruh terhadap aktifitas senyawa antifungi yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum*, karena masa inkubasi mempengaruhi banyaknya zat antifungi yang terbentuk.

Mekanisme penghambatan pertumbuhan dan perkembangan *Fusarium* sp. oleh *Trichoderma* sp. adalah melalui kompetisi, parasitisme dan antibiosis. *Trichoderma* sp. dapat memparasit miselium cendawan patogen dengan cara menembus dinding sel dan masuk ke dalam sel untuk mengambil zat makanan, sehingga cendawan patogen akan mati (Papavizas, 1985).

Purwantisari dan Evendi (2015), menyatakan bahwa jamur antagonis *Trichoderma viride* mampu tumbuh memenuhi cawan petri pada saat mulai masa inkubasi sehingga berpotensi menghambat pertumbuhan koloni patogen *Fusarium moniliforme* dan *Alternaria solani* secara in vitro.

Jamur *Trichoderma* sp. asal batang dan daun tanaman kakao mampu menghambat pertumbuhan *P. palmivora* sebesar 90% dan *Trichoderma* sp. asal kulit buah kakao mampu menghambat pertumbuhan *P. palmivora* sebesar 80% pada cawan petri. Hal ini menunjukkan bahwa jamur endofit tersebut memiliki pertumbuhan yang cepat pada media PDA, sehingga lebih unggul dalam penguasaan ruang dan nutrisi yang terdapat pada media tumbuh PDA. Indrawangsa *dkk*, 2017.

Sifat antagonis muncul dikarenakan adanya persaingan yang terjadi antara dua jenis jamur yang ditumbuhkan berdampingan. Persaingan ini terjadi akibat

adanya kebutuhan yang sama dari masing-masing jamur, yaitu kebutuhan tempat dan nutrisi dari media yang digunakan untuk tumbuh Melysa *dkk*, 2013.

Menurut Djafaruddin (2000), faktor penting yang menentukan aktivitas mikroorganisme antagonis untuk mengendalikan patogen adalah memiliki kecepatan pertumbuhan yang cepat, sehingga mampu berkompetisi dengan patogen dalam hal penguasaan ruang dan makanan yang pada akhirnya dapat menekan pertumbuhan patogen.

Mikroorganisme antagonis dapat menggunakan satu atau lebih mekanisme untuk mempengaruhi patogen tanaman dan dapat berbeda terhadap jenis patogen yang lain (Trigiano *dkk*, 2008). Mekanisme penghambatan pertumbuhan patogen terutama disebabkan oleh senyawa antifungi yang kontak dengan dinding sel patogen sehingga menyebabkan lisis pada dinding sel (Arifin *dkk*, 2008).

4.2.3 Uji Daya Hambat *Trichoderma* sp Terhadap Luas Bercak yang Ditimbulkan *P. palmivora* pada Buah Kakao

Pengamatan *Trichoderma* sp. dalam menghambat perkembangan luas bercak pada buah kakao yang disebabkan oleh jamur *P. palmivora* menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* sp. dengan umur biakan 7 hari mampu menghambat perkembangan luas bercak pada buah kakao tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini dapat dilihat dari rendahnya luas bercak yang terdapat pada buah kakao yakni 8,29 mm. Dan luas bercak tertinggi terdapat pada kontrol yaitu 239,96 mm.

Hasil pengamatan yang dilakukan diketahui luas bercak yang timbul pada buah kakao mengalami peningkatan dari pengamatan hari ke 4 HSI sampai dengan pengamatan hari ke 7 HSI. Pada perlakuan umur biakan 7 dan 9 hari menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. mampu menekan pertumbuhan *P. palmivora* sp sampai pengamatan hari ke 5 HSI. Dan *P. palmivora* mulai menimbulkan bercak pada buah kakao setelah 6 HSI yaitu 0,79 mm dan pengamatan hari ke 7 HSI 8,29 mm. Dibandingkan dengan kontrol *P. palmivora* mulai menimbulkan gejala bercak pada buah kakao pada pengamatan hari ke 4 HSI yaitu 24,63 mm dan selanjutnya terus meningkat sampai 239,96 mm pada pengamatan 7 HSI (tabel 3).

Hal ini diduga karena kemampuan jamur *Trichoderma* sp. dalam menghambat perkembangan *P. palmivora* untuk menginfeksi buah kakao masih baik, yang ditunjukkan dengan kerapatan spora dan viabilitas yang dihasilkan masih tinggi. Hartal *dkk* (2010), mengungkapkan bahwa pemberian *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp efektif dalam menekan persentase penyakit layu Fusarium pada tanaman krisan yaitu 3,12% pada minggu ke 8 HSI dibandingkan kontrol yaitu sebesar 87,07%. Menurut Efendi *dkk* (2014), jamur saprofit hanya mampu menghambat perkembangan bercak pada awal inokulasi. Selanjutnya menurut Hanafiah (2005), jamur saprofit menyerap makanannya dari organisme yang telah mati bukan jaringan yang masih hidup.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Masa inkubasi biakan *Trichoderma* sp. berpengaruh nyata terhadap kerapatan spora yang dihasilkan. Kerapatan spora yang tertinggi terdapat pada biakan umur 7 hari dan terendah pada biakan umur 3 hari.
2. Masa inkubasi biakan tidak berpengaruh nyata terhadap viabilitas *Trichoderma* sp., semua perlakuan menghasilkan viabilitas yang sama yaitu 100%.
3. Masa inkubasi biakan *Trichoderma* sp. berpengaruh nyata terhadap kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan *P. palmivora*. Persentase hambatan tertinggi dan tercepat terdapat pada perlakuan umur biakan 7 hari pengamatan 4 HSI pada petridish. Sedangkan untuk pengamatan penekanan perkembangan luas bercak pada buah kakao perlakuan terbaik adalah umur biakan 7 hari karena luas bercak yang ditimbulkan oleh *P. palmivora* paling rendah yaitu 8,29 mm. Dengan demikian maka *Trichoderma* sp. masa inkubasi 7 hari efektif dan efisien dalam menghambat perkembangan *P. palmivora*.

5.2 Saran

Penggunaan jamur *Trichoderma* sp. untuk pengendalian penyakit busuk buah kakao diharapkan dapat menjadi alternatif pengendalian hayati yang dilakukan oleh petani kakao secara mandiri. Dan diharapkan adanya penelitian selanjutnya tentang penggunaan jamur *Trichoderma* sp. di lahan yang lebih luas.

DAFTAR RUJUKAN

- Aeny, T. N., S. Juariyah dan T. Maryono. 2011. Potensi Antagonis Beberapa Isolat *Trichoderma* Terhadap *Phytophthora palmivora* Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-IV. Hotel Marcopolo, Bandar Lampung, 29-30 November 2011.
- Agrios, G.N., 2005, Plant Pathology, Fifth edition, Academic press.
- Alif. 2010. Agens Hayati. Melalui <http://tanimulya.blog.com/agens-hayati> diakses tanggal 01 Mei 2016.
- Amaria, W., R. Harni dan Samsudin. 2015. Evaluasi Jamur Antagonis dalam Menghambat Pertumbuhan *Rigidoporus microporus* Penyebab Penyakit Jamur Akar Putih pada Tanaman Karet. Jurnal TIDP 2 (1) : 51-60.
- Arifin Y., N. Ekowati dan Purnomowati. 2008. Kemampuan *Gliocladium* sp AKK-1 dalam Memproduksi Antifungi pada Beberapa Jenis Media Fermentasi dan Uji Aktifitasnya Terhadap *Rhizoctonia solani* dan *Pythium* sp. Jurnal Embrio1 (1) : 8-14.
- Asrul, 2009. Uji Daya Hambat Jamur Antagonis *Trichoderma* sp dalam Formulasi Kering Berbentuk Tablet Terhadap Luas Bercak *Phytophthora palmivora* pada Buah Kakao. Jurnal Agribisnis 10 (1) : 21-27.
- Astuti, Y., 2015. Buku Saku Hama dan Penyakit Penting pada Tanaman Kakao. Direktorat Perlindungan Perkebunan. Direktorat Jenderal Perkebunan. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- BBPPTP Ambon. 2014. Petunjuk Teknis Uji Banding Antar Laboratorium Pengujian Mutu APH. Kementerian Pertanian. Direktorat Jenderal Perkebunan. Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan. Ambon.
- BBPPTP Medan. 2015. Teknik Uji Mutu Agens Pengendali Hayati (APH) di Laboratorium. Direktorat Jenderal Perkebunan. Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan. Medan.
- Bos, L. 1990. Pengantar Virologi Tumbuhan. Triharso, Penerjemah. Yogyakarta: Gadjahmada University Press. Terjemahan dari: Introduction to Plant Virology.
- BPS. 2015. Produksi Tanaman Perkebunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman, Indonesia (000 ha) 2012 – 2014. Melalui <http://www.bps.go.id> diakses tanggal 28 Desember 2016.

- Cahyaningsih, F., 2017. Pertumbuhan Bibit F₀ Jamur Tiram dan Jamur Merang pada Ubi Singkong Sebagai Media Alternatif. Universitas Muhammadiyah. Surakarta.
- Darmono, T.W., 1994. Kemampuan Beberapa Isolat *Trichoderma* sp dalam Menekan Inokulum *Phytophthora* sp di dalam Jaringan Buah Kakao. Menara Perkebunan 62 (2) : 25-29.
- Djafaruddin. 2000. Dasar-dasar Pengendalian Penyakit Tanaman. Penerbit Bumi Aksara. Jakarta.
- Direktorat Perlindungan Perkebunan, 2004. Musuh Alami, Hama dan Penyakit Tanaman Kakao. Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan Departemen Pertanian. Jakarta.
- 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. Jurnal HPT 2 (3): 121-130.
- Ferayanti, F., 2014. Kajian Efektifitas *Trichoderma* sp dalam Pengendalian Penyakit Busuk Buah Kakao (*Phytophthora palmivora*) di Kabupaten Aceh Timur. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Aceh.
- Hanafiah, K.A. 2005. Biologi Tanah. Ekologi dan Mikrobiologi Tanah. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Handiyanto, S., Hastuti U.S., Prabaningtyas. 2013. Pengaruh Medium Air Cucian Beras Terhadap Kecepatan Pertumbuhan Miselium Biakan Murni Jamur Tiram Putih. Seminar Nasional X Biologi Sains Lingkungan Pembelajaran. Surakarta.
- Harman, G.E. 2006. *Overview of Mechanisms and Uses of Trichoderma spp.*. Phytopatol. 96 : 190-194.
- Hartal, Misnawaty dan I. Budi. 2010. Efektivitas *Trichoderma* sp dan *Gliocladium* sp dalam Pengendalian Layu Fusarium pada Tanaman Krisan. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia 12 (1) : 7-12.
- Herlina, L. 2009. Potensi *Trichoderma harzianum* sebagai Biofungisida pada Tanaman Tomat. Biosaintifika 1 (1) : 62-69.
- Herlinda, S., M. D. Utama. Y. Pujiastuti dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media Serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.). Jurnal HPT Tropika 6 (2) : 70-78.

- Herman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I. and Lorito, M. 2004. *Trichoderma Species Opportunistic, Avirulent Plant Symbionts*. *Nature Reviews Microbiology*. 2 : 43-56.
- ICCO (International Cocoa Organization). 2015. Pest and Disease. Melalui <http://www.icco.org/about-cocoa/pest-a-disease> diakses tanggal 01 Mei 2016.
- Indrawangsa, G.D., I.M. Sudarma dan I.D.P. Singarsa. Uji Daya Hambat Jamur Endofit Terhadap *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao Secara in Vitro. *Jurnal Agroeko teknologi Tropika* 6 (3) : 229-238.
- Kaunang, R. A., Berty H. A., dan V.B Montong. 2018. Uji Antagonisme *Trichoderma* spp terhadap *Phytophthora palmivora* Penyebab Penyakit Gugur Buah Kelapa. Universitas Samratulangi. Manado.
- Marwoto, O., 2014. Pengendalian Hayati. Melalui <http://agrikencanaperkasa.com> diakses tanggal 28 Desember 2016.
- Melysa, N., Fajrin, Suharjono, M.E.D. Astuti. 2013. Potensi *Trichoderma* sp Sebagai Agen Pengendali *Fusarium* sp. Patogen Tanamn Strowberi (*Fragaria* sp). Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika, Tlekung, Kota Batu.
- Novizan. R. 2002. Petunjuk Pemupukan yang Efektif. Agro Media Pustaka. Jakarta
- Noya, S. H., 2009. Uji Patogenitas Biakan *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Dengan Masa Inkubasi Berbeda Terhadap Imago *Cylas formicarius* (Coleoptera : Cucurlionidae) di Laboratorium. *Jurnal Agroforestri* 4 (1) : 50-54.
- Nurhayati. 2011. Penggunaan Jamur dan Bakteri dalam Pengendalian Penyakit Tanaman Secara Hayati yang Ramah Lingkungan. Prosiding Semirata, Bidang Ilmu – Ilmu Pertanian BKS-PTN Wilayah Barat : 316-321.
- Octavia, A dan S. Wantini. 2017. Perbandingan Pertumbuhan Jamur *Aspergillus flavus* pada Media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan Media Alternatif dari Singkong (*Manihot esculenta* Crantz). *Jurnal Analis Kesehatan* 6 : 2 (625-631).
- Papavizas. G.C. 1985. *Trichoderma and Gliocladium*. Biology, Ecology and Potential for Biocontrol. *Ann. Rev. Phytopatology* 23 : 23-54

- Prasetyo. J. 2015. Penyakit Busuk Buah Tanaman Kakao. <https://klinikprotektan.wordpress.com/penyakit-busuk-buah-tanaman-kakao>. diakses tanggal 22 April 2019.
- Purwantisari, S. dan Hastuti R.B. 2009. Uji Antagonisme Jamur Patogen *Phytophthora infestans* Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang dengan Menggunakan *Trichoderma* spp. Isolat Lokal. Universitas Diponegoro. Semarang. Jurnal Bioma 11 (1) : 24-32.
- Purwantisari, S dan A. Evendi. 2015. *The Potential Test of Fungal Antagonist Trichoderma viridae to Inhibit the Growth of Pathogenic Fungi Fusarium moniliforme and Alternaria solani* In-Vitro. Jurnal Sains dan Matematika 23 (3) : 73-77.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2004. Panduan Lengkap Budidaya Kakao. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Ramli, N., 2004. Petunjuk Teknis pada Berbagai Kegiatan Laboratorium, Laboratorium Lapangan. Balai Pengembangan Proteksi Tanaman Perkebunan Sumatera Utara. Medan.
- Robinson, P. M., 1978. *Practical Fungal Physiology*. John Willey and Sons Chichester.
- Rosalind, R. 2000. *The Effect Of Certain Nutrients on Conidial Germination of Beauveria bassiana and Paecilomyces jamosoroseus*. USDA. Agricultural Research Service, Tektran.
- Rubiyo, Purwantara A., dan Sudarsono. 2010. Ketahanan 35 Klon Kakao Terhadap Infeksi *Phytophthora palmivora* Butl. Berdasarkan Uji Detached Pod. Jurnal Litri 16 (4) :172-178.
- Said, S.D., 2007. Spore Production Or Biocotrol Agent *Trichoderma harzianum* : Effect Of C/N Ratio and Glucose Concentration. Rekayasa Kimia dan Lingkungan 6 (1) : 35-45.
- Sastra, D. R., 2012. Masa Inkubasi Bakteri Patogenik *Ralstonia solanacearum* RAS 3 pada Beberapa Klon Kentang. Jurnal Agronomi 8 (1) : 63-67.
- Semangun, H., 2000. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sjam, S., A. Rosmana. M.D. Rahim. V.S. Dewi dan U. Surapati. 2014. Isolasi Mikroba dari Ekstrak Buah Nenas dan Aplikasinya Terhadap Penyakit Busuk Buah *Phytophthora palmivora*. Pelita Perkebunan 30 (1) : 47-54.

- Soesanto, L., 2013. Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Soesanto, L., E. Mugiastuti, R. Frahayuniati dan R. S. Dewi. 2013. Uji Kesesuaian Empat Isolat *Trichoderma* spp dan Daya Hambat In Vitro Terhadap Beberapa Patogen Tanaman. Jurnal HPT Tropika 13 (2) : 117-123.
- Sudarma, I.M dan Suprpta, D.N. 2011. Potensi Jamur Antagonis Yang Berasal Dari Habitat Tanaman Pisang Dengan dan Tanpa Gejala Layu Fusarium untuk Mengendalikan *Fusarium oxysporum* sp. *cubense* Secara In Vitro. The Excellence Research. Universitas Udayana.
- Sukamto, S., 2003. Pengendalian Secara Hayati Penyakit Busuk Buah Kakao dengan Jamur Antagonis *Trichoderma harzium*. Seminar Ilmiah dan Kongre Nasional PFI XVI Bandung, 6-8 Agustus 2003.
- Sunarti, D dan R. Yoza. 2010. Kemampuan *Trichoderma* dan *Penicilium* dalam Menghambat Pertumbuhan Cendawan Penyebab Penyakit Busuk Akar Durian (*Phytophthora palmivora*) Secara In Vitro. Seminar Nasional Program dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara. Solok, 10 November 2010.
- Susanto, F.X., 2006. Tanaman Kakao, Budidaya dan Pengolahan Hasil. Kanisius. Yogyakarta.
- Suwarto dan Y. Octaviany. 2010. Budidaya 12 Tanaman Perkebunan Unggulan. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Taborsky, V. 1997. *Small Scale Processing of Microbial Pesticides*. Prague, Czechoslovakia. University of Agriculture.
- Tanada, Y dan H.K. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. New York. Academic Press.
- Tarman, P.E., 2006. Pengaruh Masa Inkubasi Jamur Antagonis *Trichoderma harzianum* Terhadap Daya Hambat Perkembangan Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Tanaman Tomat Secara In Vitro. Jurnal Hortikultura 1-9.
- Trigiano, R.N., M.T. Windham dan A.S. Windham. 2008. *Plant Pathology : Concepts and Laboratory Exercises* (p. 558). Second Edition. New York : CRC Press.
- Umrah. T. Anggraeni, R.R. Esyanti dan I.N.P. Aryantha. 2009. Antagonis dan Efektifitas *Trichoderma* sp dalam menekan Perkembangan *Phytophthora palmivora* pada Buah Kakao. Jurnal Agroland 16 (1) : 9-16.

- Uruilal, C., A.M. Kalay, E. Kaya dan A. Siregar. 2012. Pemanfaatan Kompos Sagu, Sekam dan Dedak Sebagai Media Perbanyak Agens Hayati *Trichoderma harzianum* Rifai. *Agrologia* 1 (1):21-30.
- Ward. J., 2018. *Trichoderma* sp. <https://www.bustmold.com/resources/mold-library/trichoderma>. diakses tanggal 22 April 2019.
- Widiastuti, H., N. Sukarno. L. K. Darusman. D. H. Goenadi. S. Smith dan E. Guhardja. 2005. Penggunaan Spora Cendawan *Mikoriza arbuskula* Sebagai Inokulum untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Serapan Hara Bibit Kelapa Sawit. *Menara Perkebunan* 73 (1) : 26-34.

Lampiran 1. Data kerapatan spora dan viabilitas jamur *Trichoderma* sp

1a. Rata-rata kerapatan spora dan viabilitas jamur *Trichoderma* sp pada masa inkubasi berbeda

Masa Inkubasi	Kerapatan Spora	Viabilitas (%)
T₃ (3 hari)	1,27 x 10 ⁸	100
T₅ (5 hari)	5,67 x 10 ⁸	100
T₇ (7 hari)	8,12 x 10 ⁸	100
T₉ (9 hari)	7,57 x 10 ⁸	100
T₁₁ (11 hari)	7,48 x 10 ⁸	100
T₁₃ (13 hari)	7,23 x 10 ⁸	100
T₁₅ (15 hari)	6,27 x 10 ⁸	100

1b. Sidik ragam kerapatan spora jamur *Trichoderma* sp

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	6	9,863 x 10 ¹⁷	1,643 x 10 ¹⁷	20,12**	2,85	4,46
Galat	14	1,143 x 10 ¹⁷	8,169 x 10 ¹⁵			
Total	20	1,100 x 10 ¹⁸				

Keterangan : KK = 2,07

**) berpengaruh sangat nyata pada pada taraf 1%

Lampiran 2. Data persentase hambatan jamur *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish.

2a. Rata-rata persentase hambatan jamur *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish.

Masa Inkubasi	Pengamatan (%)					
	2 HSI	3 HSI	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
T ₃ (3 hari)	38,89	52,22	61,24	69,05	87,50	96,39
T ₅ (5 hari)	38,89	73,89	96,08	100,00	100,00	100,00
T ₇ (7 hari)	55,56	88,33	100,00	100,00	100,00	100,00
T ₉ (9 hari)	50,00	63,89	85,39	100,00	100,00	100,00
T ₁₁ (11 hari)	50,00	73,33	93,47	100,00	100,00	100,00
T ₁₃ (13 hari)	22,22	64,45	95,69	100,00	100,00	100,00
T ₁₅ (15 hari)	16,67	32,27	83,28	100,00	100,00	100,00
Total	272,22	448,33	615,16	667,53	687,50	696,39

2b. Sidik ragam persentase hambatan jamur *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish pengamatan 2 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	6	3888,78	648,13	0,89 ^{tn}	2,85	4,46
Galat	14	10185,04	727,50			
Total	20	14073,81				

Keterangan : Kk = 9,91%
^{tn}) tidak nyata

2c. Sidik ragam persentase hambatan jamur *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish pengamatan 3 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	6	5777,67	962,94	2,60 ^{tn}	2,85	4,46
Galat	14	5175,90	369,71			
Total	20	10953,56				

Keterangan : Kk = 4,29

^{tn}) tidak nyata

2d. Sidik ragam persentase hambatan jamur *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish pengamatan 4 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	6	3129,98	521,66	5,89**	2,85	4,46
Galat	14	1239,49	88,54			
Total	20	43669,47				

Keterangan : Kk = 1,53

***) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%

2e. Sidik ragam persentase hambatan jamur *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish pengamatan 5 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	6	2429,38	404,90	5,33**	2,85	4,46
Galat	14	1062,86	75,92			
Total	20	3492,24				

Keterangan : Kk = 1,31

***) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%

2f. Sidik ragam persentase hambatan jamur *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish pengamatan 6 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	6	401,79	66,96	3,86**	2,85	4,46
Galat	14	243,03	17,36			
Total	20	644,81				

Keterangan : Kk = 0,61

**) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%

2g. Sidik ragam persentase hambatan jamur *Trichoderma* sp terhadap perkembangan *P. palmivora* pada petridish pengamatan 7 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	6	33,57	5,60	3,07*	2,85	4,46
Galat	14	25,50	1,82			
Total	20	59,07				

Keterangan : Kk = 0,19

*) berpengaruh nyata pada taraf 5%

Lampiran 3. Data luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao.

3a. Rata-rata daya hambat *Trichoderma* sp terhadap luas bercak yang ditimbulkan *P. palmivora* pada buah kakao.

Perlakuan	Pengamatan			
	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
T₀ (kontrol)	24,63	66,09	131,39	239,96
T₃ (3 hari)	7,95	14,52	28,75	77,03
T₅ (5 hari)	5,54	40,82	86,06	172,21
T₇ (7 hari)	0,00	0,00	0,79	8,29
T₉ (9 hari)	0,00	0,00	0,79	11,04
T₁₁ (11 hari)	0,00	0,00	14,82	12,61
T₁₃ (13 hari)	0,00	4,81	21,24	61,72
T₁₅ (15 hari)	3,63	11,28	33,80	67,56
Total	41,75	137,52	317,63	650,42

3b. Sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao pengamatan 4 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	1983,16	283,31	4,49**	2,43	3,50
Galat	24	1514,52	63,10			
Total	31	3497,68				

Keterangan : Kk = 19,03

**) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%

3c. Sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao pengamatan 5 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	16124,41	2303,49	3,93**	2,43	3,50
Galat	24	14079,31	586,64			
Total	31	30203,72				

Keterangan : Kk = 17,61

***) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%

3d. Sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao pengamatan 6 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	58795,93	8399,42	3,64**	2,43	3,50
Galat	24	5542,90	2310,12			
Total	31	114238,83				

Keterangan : Kk = 15,13

***) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%

3e. Sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao pengamatan 7 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	196058,75	28008,39	3,02*	2,43	3,50
Galat	24	216538,95	9022,46			
Total	31	412597,70				

Keterangan : Kk = 14,60

*) berpengaruh nyata pada taraf 5%

Lampiran 4. Data luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao Transformasi $\sqrt{x + 0,5}$.

4a. Rata-rata luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao Transformasi $\sqrt{x+0,5}$

Perlakuan	Pengamatan			
	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
T₀ (kontrol)	4,71	7,90	11,32	15,41
T₃ (3 hari)	2,23	3,40	4,14	8,67
T₅ (5 hari)	2,05	4,80	6,79	9,53
T₇ (7 hari)	0,71	0,71	1,01	1,98
T₉ (9 hari)	0,71	0,71	1,01	2,20
T₁₁ (11 hari)	0,71	0,71	3,54	3,22
T₁₃ (13 hari)	0,71	1,94	3,59	5,90
T₁₅ (15 hari)	1,73	3,11	5,19	7,17
Total	13,70	22,90	36,57	54,09

4b. Sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao pengamatan 4 HSI hasil Transformasi $\sqrt{x + 0,5}$.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	54,46	7,78	5,39**	2,43	3,50
Galat	24	34,66	1,44			
Total	31	89,12				

Keterangan : Kk = 8,77

***) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%

4c. Sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao pengamatan 5 HSI hasil Transformasi $\sqrt{x + 0,5}$.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	175,88	25,13	4,71**	2,43	3,50
Galat	24	127,95	5,33			
Total	31	303,83				

Keterangan : Kk = 10,08

***) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%

4d. Sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao pengamatan 6 HSI hasil Transformasi $\sqrt{x + 0,5}$.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	313,81	44,83	3,54**	2,43	3,50
Galat	24	303,91	12,66			
Total	31	617,72				

Keterangan : Kk = 9,73

***) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%

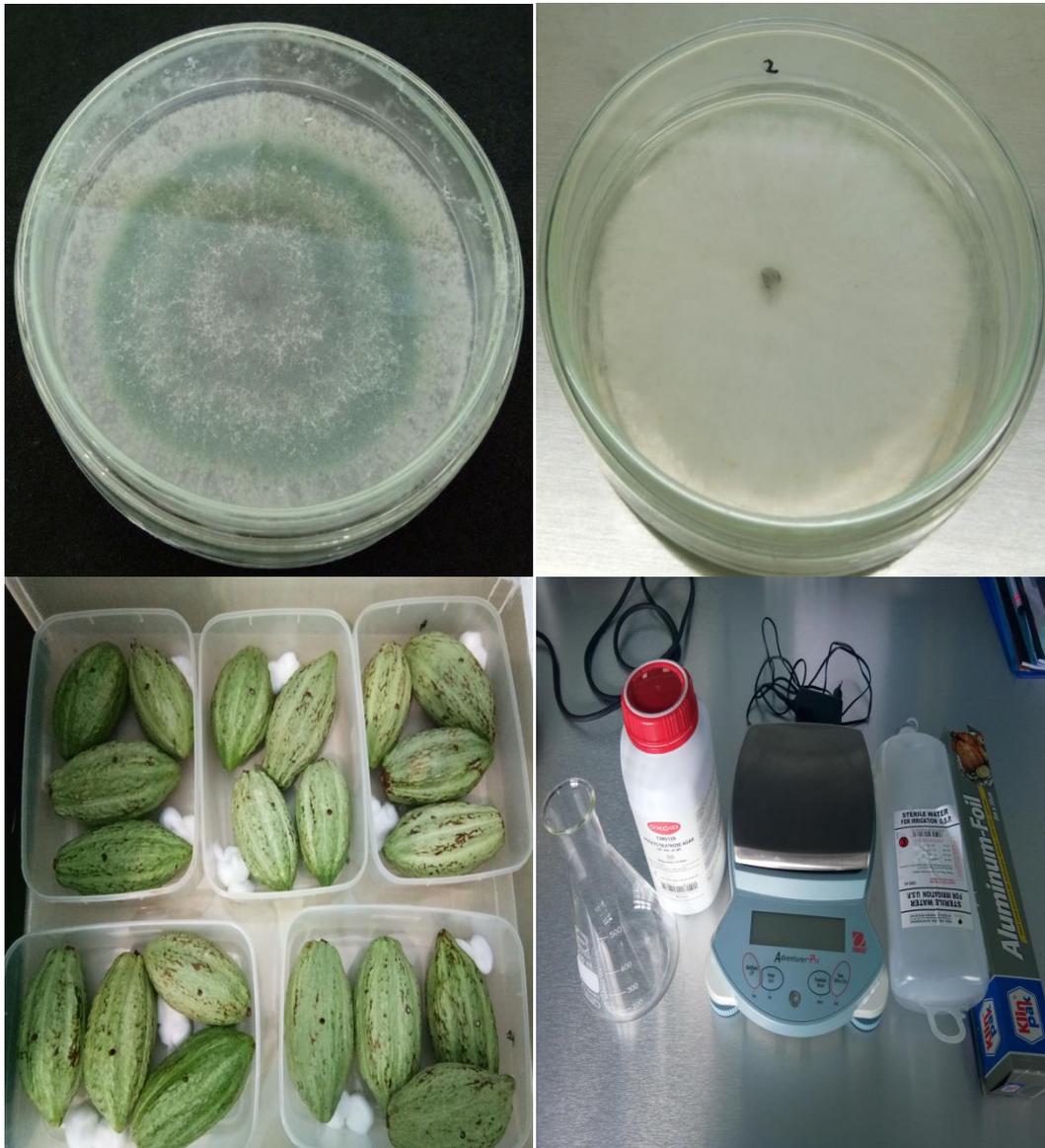
4e. Sidik ragam luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao pengamatan 7 HSI hasil Transformasi $\sqrt{x + 0,5}$.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	7	572,97	81,85	3,38*	2,43	3,50
Galat	24	582,04	24,25			
Total	31	1155,01				

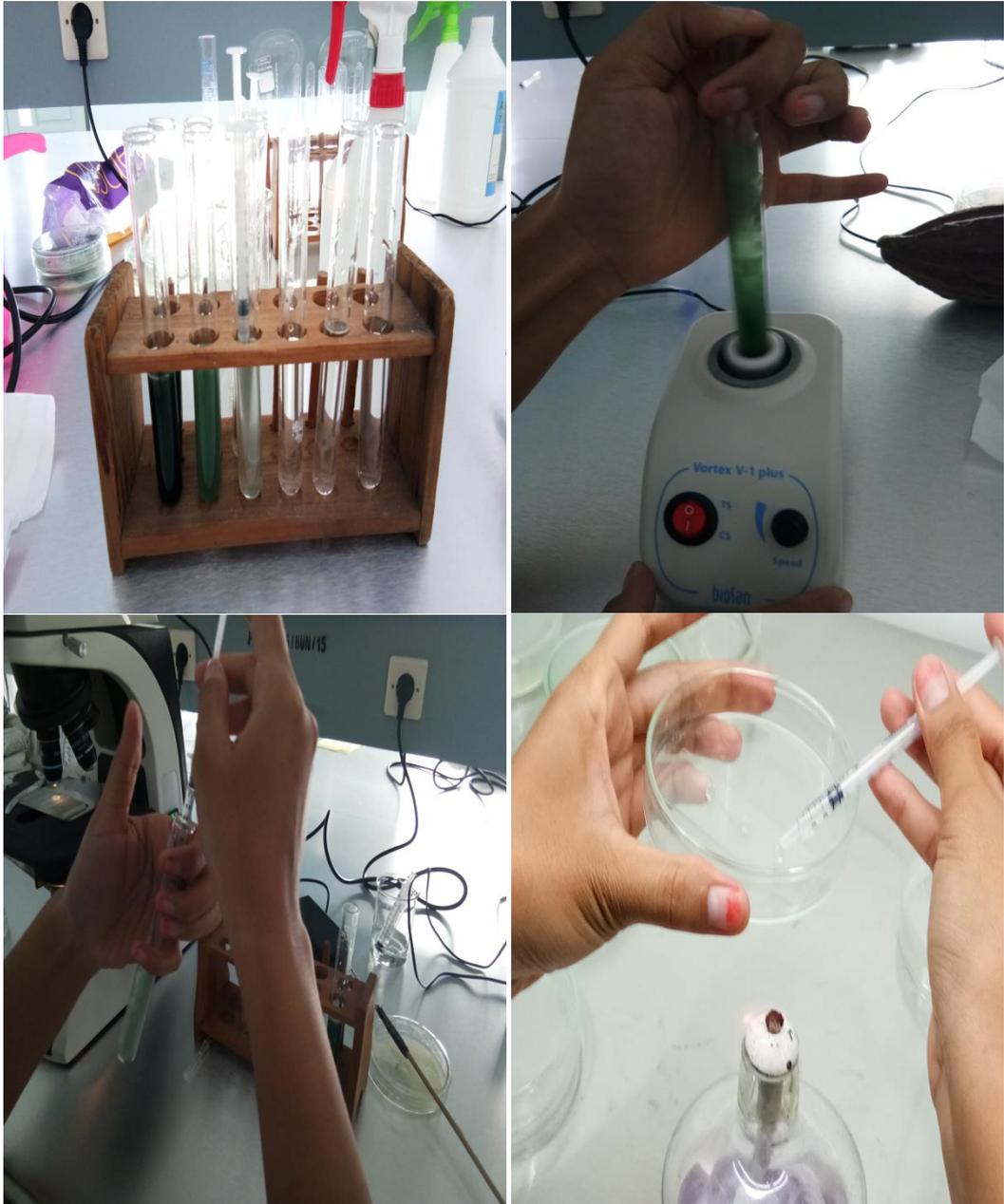
Keterangan : Kk = 9,11

*) berpengaruh nyata pada taraf 5%

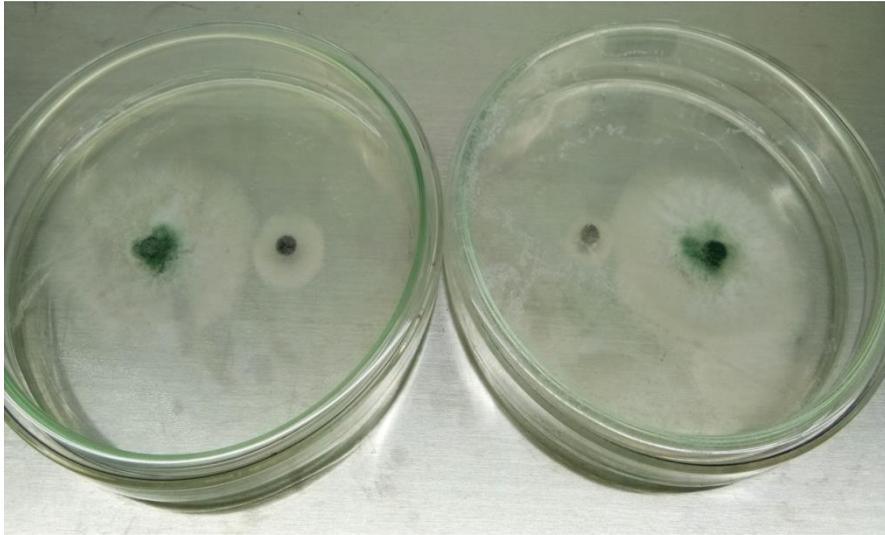
DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1. Alat dan Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian.



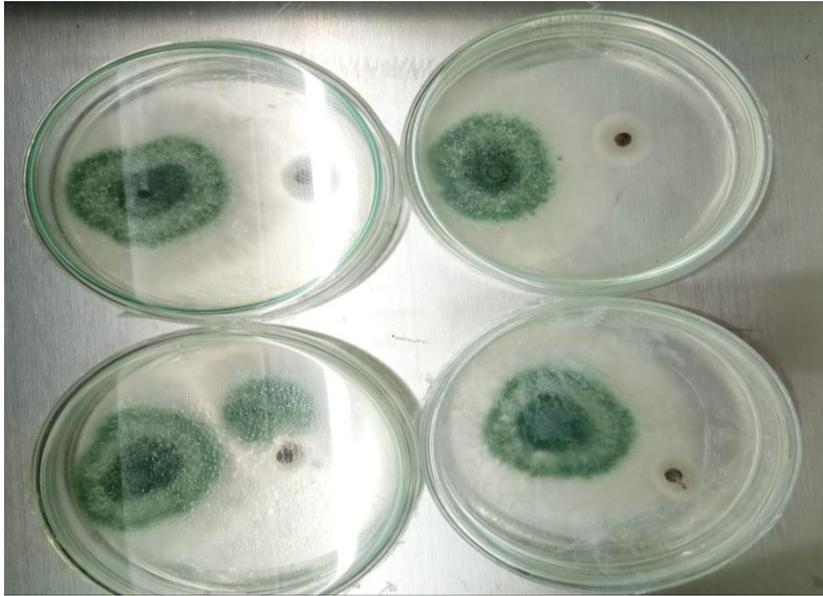
Gambar 2. Tahapan Pengamatan Kerapatan Spora dan Viabilitas.



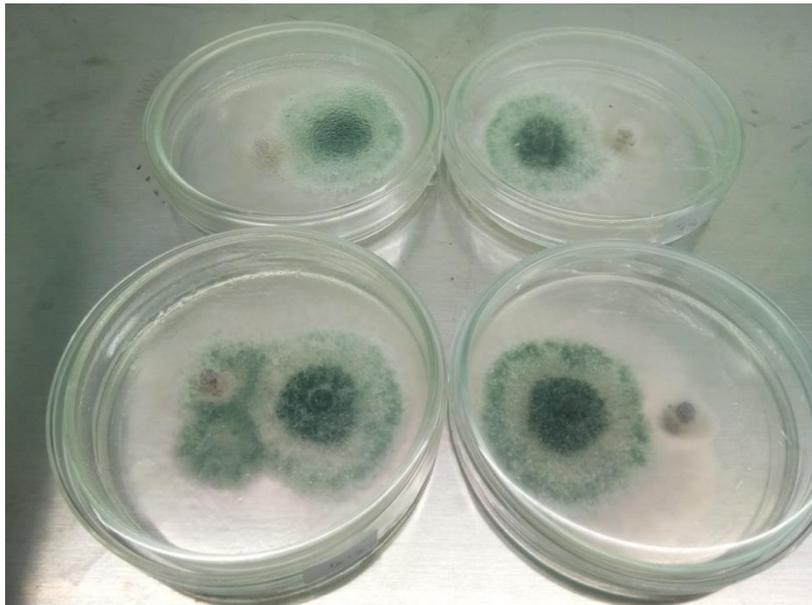
Gambar 3. Teknik Peletakan Sampel Uji Antagonis Pada Petridish.



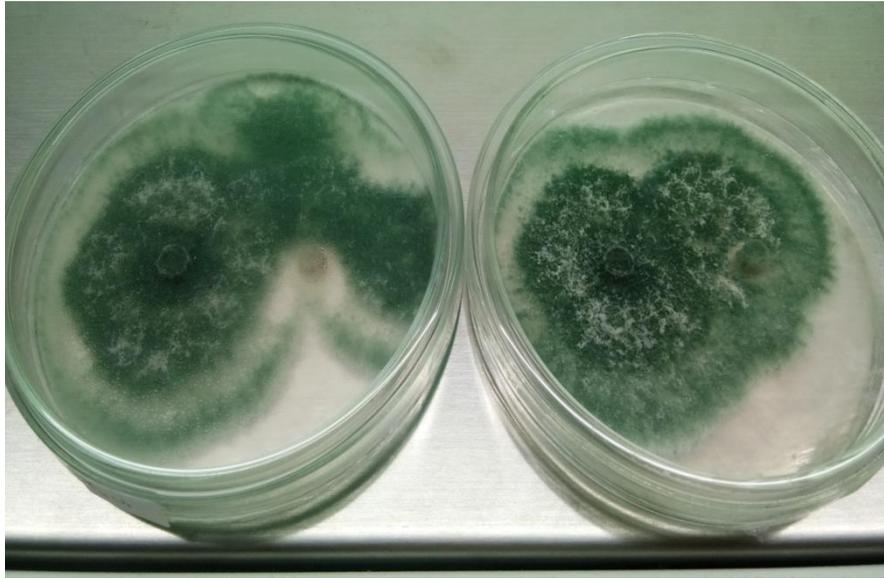
Gambar 4. Salah Satu Sampel Pengamatan Uji Antagonis Pada Buah Kakao.



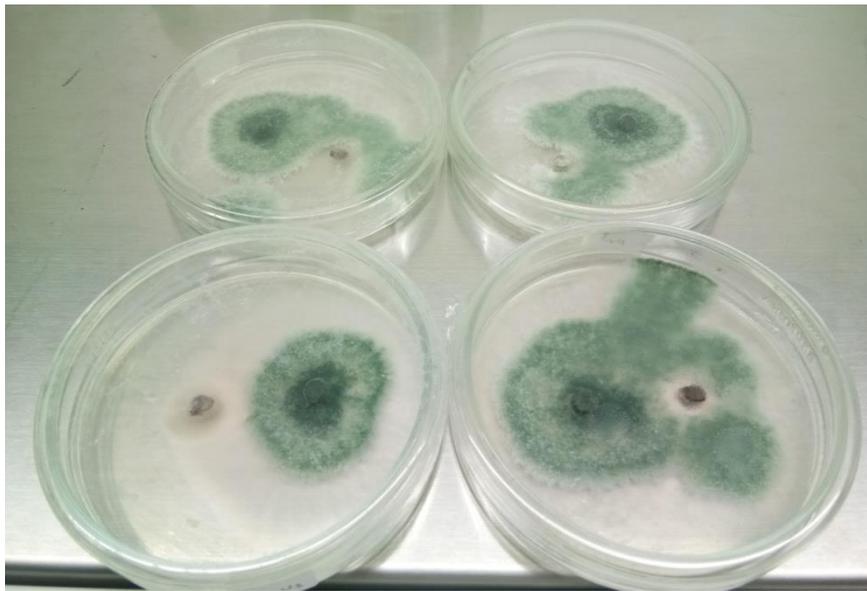
Gambar 5. Hasil Pengamatan 3 HSA pada Perlakuan Masa Inkubasi 3 Hari



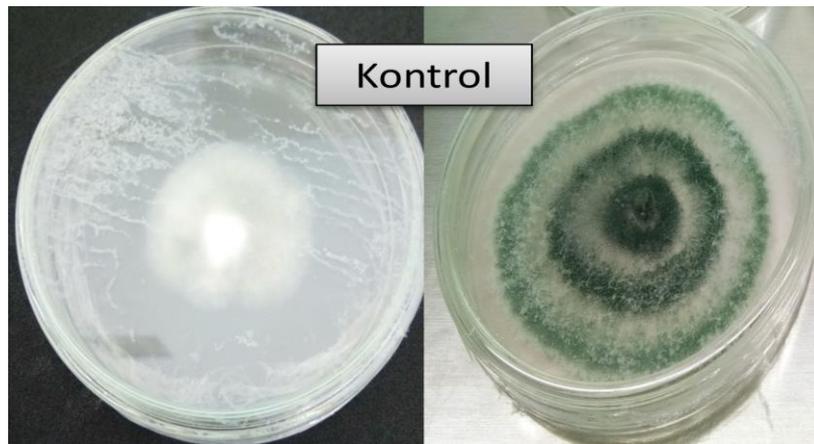
Gambar 6. Pengamatan 3 HSA pada Perlakuan Masa inkubasi 5 hari.



Gambar 7. Hasil Pengamatan 4 HSA pada Masa inkubasi 7 Hari.



Gambar 8. Hasil Pengamatan 3 HSA pada Masa Inkubasi 13 Hari.



Gambar 9. Pengamatan 2 HSI *Phytophthora palmivora* (kiri) *Trichoderma* sp (kanan)



Gambar 10. Pengamatan 7 HSI.



Gambar 11. Pengamatan Viabilitas *Trichoderma* sp di Bawah Mikroskop.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Balinggi pada tanggal 20 Agustus 1988 dan oleh orang tua Penulis di beri nama **Ni Nyoman Ana Andari**. Penulis pertama kali menginjakkan kaki di bangku pendidikan di Sekolah Dasar pada tahun 1995 dan terdaftar di SD Negeri Inpres IV Balinggi. Setelah tamat dari SD, Penulis melanjutkan ke SLTP dan terdaftar di SLTP Swastyastu Tolai pada tahun 2001.

Setelah tamat dari SLTP, Penulis melanjutkan ke SMA dan terdaftar sebagai siswi di SMA Bala Keselamatan Palu pada tahun 2004. Pada waktu kelas 2, Penulis mengambil jurusan IPA. Setelah tamat dari SMA, Penulis melanjutkan ke Perguruan Tinggi pada tahun 2007 dan terdaftar di Universitas Tadulako Palu pada Fakultas Pertanian dan mengambil jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Menyelesaikan studi di S1-Pertanian pada tahun 2012. Pada tahun 2015 Penulis melanjutkan studi S2 dan terdaftar pada Program Studi Magister Ilmu-Ilmu Pertanian Pascasarjana Universitas Tadulako Palu.