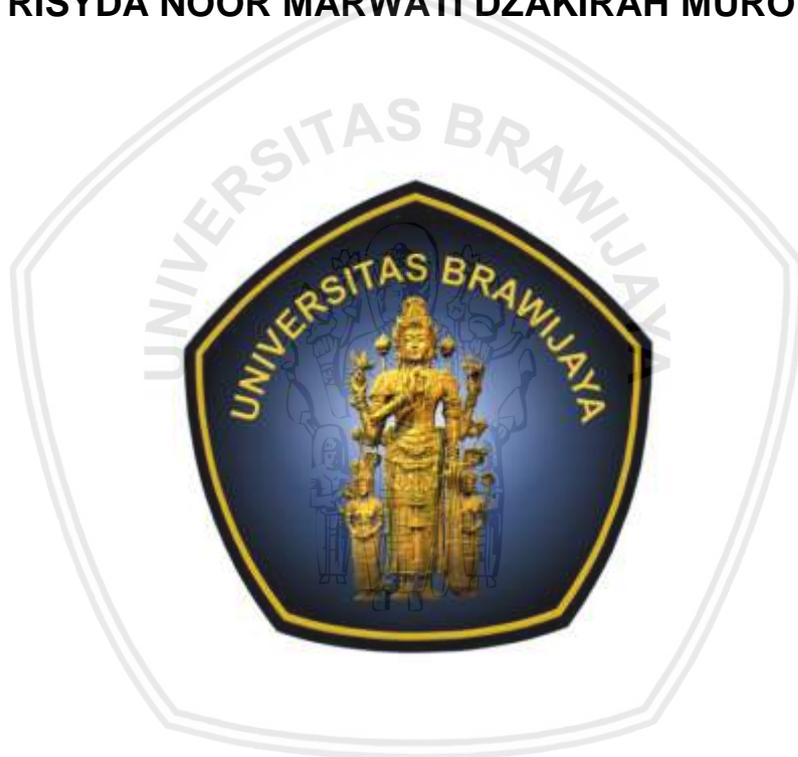


**UJI POTENSI JAMUR *Trichoderma* sp.
SEBAGAI BIOREMEDIATOR FUNGISIDA
BERBAHAN AKTIF MANKOZEB SECARA IN VITRO**

Oleh

RISYDA NOOR MARWATI DZAKIRAH MUROD



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**UJI POTENSI JAMUR *Trichoderma* sp.
SEBAGAI BIOREMEDIATOR FUNGISIDA
BERBAHAN AKTIF MANKOZEB SECARA IN VITRO**



Oleh

RISYDA NOOR MARWATI DZAKIRAH MUROD

155040200111101

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

MALANG

2019

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 15 Agustus 2019

Risyda Noor M.D.M



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Uji Potensi Jamur *Trichoderma* sp. sebagai Bioremediator Fungisida Berbahan Aktif Mankozeb secara In Vitro

Nama Mahasiswa : Risya Noor Marwati Dzakhirah Murod

NIM : 155040200111101

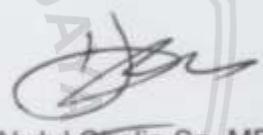
Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

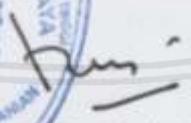
Pembimbing Pendamping II,



Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS
NIP. 195907051986011003

Fery Abdul Choliq Sp., MP., MSc.
NIK. 2015038605231001

Diketahui,
Ketua Jurusan



Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 195510181986012001

Tanggal Persetujuan: 26 JUL 2019

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Lugman Qurata Aini, SP.,MP.,Ph.D
NIP. 197209191998021001

Penguji II

Fery Abdul Chelq Sp.,MP.,MSc.
NIK. 2015038605231001

Penguji III

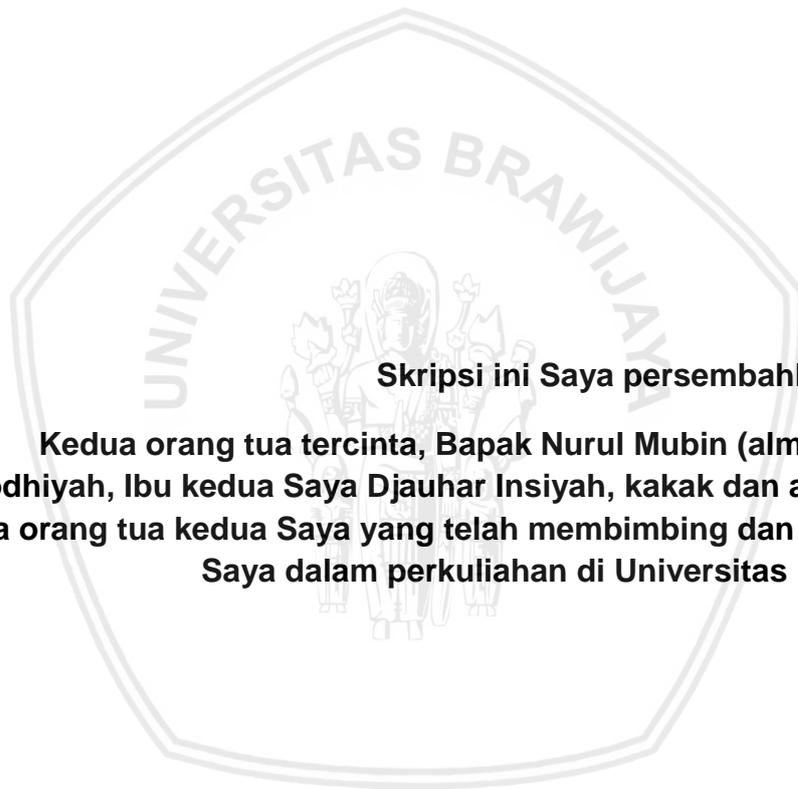
Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.
NIP. 195907051986011003

Penguji IV

Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.
NIP. 195802081982121001

Tanggal Lulus: 01 AUG 2019





**Skripsi ini Saya persembahkan untuk
Kedua orang tua tercinta, Bapak Nurul Mubin (alm), dan Ibu
Rodhiyah, Ibu kedua Saya Djauhar Insiyah, kakak dan adik Saya,
serta orang tua kedua Saya yang telah membimbing dan mengajar
Saya dalam perkuliahan di Universitas Brawijaya**

RINGKASAN

Risyda Noor Marwati Dzakhirah Murod. 155040200111101. Uji Potensi Jamur *Trichoderma* sp. sebagai Bioremediator Fungisida Berbahan Aktif Mankozeb Secara In-Vitro. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. sebagai Dosen pembimbing utama dan Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc. sebagai Dosen pembimbing pendamping.

Salah satu permasalahan sektor pertanian di Indonesia adalah menurunnya kualitas lahan budidaya akibat pengaplikasian pestisida sintetik yang tidak sesuai dengan anjuran. Penggunaan pestisida yang tidak sesuai memberikan dampak buruk terhadap kualitas tanah sehingga mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil pertanian. Jenis pestisida yang umum digunakan petani adalah fungisida dengan bahan aktif mankozeb. Kandungan mankozeb dalam tanah dapat memberikan dampak buruk bagi organisme maupun mikroorganisme menguntungkan sehingga mempengaruhi kondisi tanah. Cara alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi residu pestisida adalah dengan bioremediasi. Pemanfaatan jamur *Trichoderma* sp. untuk bioremediasi residu fungisida belum banyak dilakukan. Sehingga perlu diketahui potensi jamur *Trichoderma* sp. sebagai bioremediator fungisida khususnya fungisida mankozeb.

Penelitian bertempat di Laboratorium Toksikologi dan Laboratorium Pengendalian Hayati Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang mulai bulan Januari sampai dengan Juni 2019. Tahap pelaksanaan penelitian terdiri dari kegiatan identifikasi isolat *Trichoderma* sp.; pengujian biodegradasi fungisida mankozeb oleh *Trichoderma* sp. secara in vitro, dan evaluasi hasil biodegradasi (*bioassay*). Pada uji biodegradasi digunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 ulangan. Pada tahap *bioassay* digunakan rancangan acak lengkap faktorial (RALF) dua faktor dan diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah konsentrasi fungisida dan faktor kedua adalah ada tidaknya penambahan jamur *Trichoderma* sp. Pada uji biodegradasi, 50 ml media *potato dextrose broth* (PDB) ditambahkan beberapa konsentrasi fungisida mankozeb yakni 0 (kontrol), 25, 50, 75, dan 100 ppm. Masing-masing perlakuan ditambahkan dengan *Trichoderma* sp. dengan kerapatan 10^7 konidia/ml. Tiap perlakuan diletakkan pada *rotary shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 10 hari.

Kegiatan evaluasi hasil biodegradasi (*bioassay*) menggunakan modifikasi metode biakan ganda pada media PDA dengan menggunakan jamur *Drechslera* sp. sebagai jamur indikator dan kertas saring steril berdiameter 2 cm yang mengandung filtrat hasil penyaringan media PDB pada uji biodegradasi serta media PDB 50 ml dengan kandungan fungisida mankozeb 0-100 ppm yang telah diinkubasi selama 10 hari. Proses penyaringan dilakukan menggunakan kertas saring halus steril dan penyaringan kedua menggunakan penyaring bakteri. Perlakuan pada *bioassay* ini diinkubasi selama 10 hari. Setelah itu dilakukan pengamatan dan pengukuran diameter jamur *Drechslera* sp.. Variabel yang diamati dalam penelitian adalah biomassa jamur *Trichoderma* sp. pada hasil uji biodegradasi dan diameter jamur *Drechslera* sp. pada evaluasi hasil biodegradasi (*bioassay*).



Hasil identifikasi menunjukkan bahwa isolat yang digunakan adalah *Trichoderma harzianum*. Berdasarkan hasil penelitian jamur *T. harzianum* mampu tumbuh pada media yang mengandung fungisida mankozeb hingga konsentrasi 75 ppm. Selain itu jamur *T. harzianum* memiliki potensi sebagai agen bioremediator fungisida mankozeb sampai batas konsentrasi 75 ppm yang ditandai dengan diameter jamur *Drechslera* sp. yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol.



SUMMARY

Risyda Noor Marwati Dzakhirah Murod. 155040200111101. Potential Test of Fungi *Trichoderma* sp. as Bioremediator Mancozeb Fungicide In-Vitro. Supervised by Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. And Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc.

One of the problems in agricultural sector in Indonesia is the declining quality of cultivated land due to the application of synthetic pesticides that are not in accordance with the recommendations. The use of inappropriate pesticides has a detrimental effect on soil quality, which affects the quality and quantity of agricultural products. The type of pesticide commonly used by farmers is mancozeb fungicide. The mancozeb content in the soil can adversely affect beneficial organisms and microorganisms that affect soil conditions. An alternative way to reduce pesticide residues is by bioremediation. Use of *Trichoderma* sp. for bioremediation fungicide residues have not been widely used. So we need to know the potential of the fungus *Trichoderma* sp. as a fungicide bioremediator especially mancozeb fungicide.

The study took place at the Toxicology Laboratory and Biological Control Laboratory of the Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University Malang, starting from January to June 2019. The implementation phase of the study consisted of identifying *Trichoderma* isolates; biodegradation testing of mancozeb fungicide by *Trichoderma* sp. in vitro, and evaluation of biodegradation results (bioassays). In biodegradation test, complete randomized design with 3 replications was used. In the bioassay stage, two factor factorial complete randomized design (RALF) was used and repeated 3 times. The first factor is the concentration of fungicide and the second factor is the presence or absence of the fungus *Trichoderma* sp. In the biodegradation test, 50 ml of media potato dextrose broth (PDB) were added with several concentrations of mancozeb fungicides, 0 (control), 25, 50, 75, and 100 ppm. Each treatment was added with *Trichoderma* sp. with a density of 10^7 conidia/ml. Each treatment was placed on a rotary shaker at 150 rpm for 10 days.

Bioassay results using a modified double culture method on PDA media with fungi *Drechslera* sp. and filter paper with a diameter of 2 cm containing filtrate from the filtered media of PDB in the biodegradation test and PDB media with the mancozeb fungicide 0-100 ppm which had been incubated for 10 days. The filtration process is done using fine sterile filter paper and the second filtering uses a bacterial filter. This bioassay treatment was incubated for 10 days. After that, observations and measurements of the diameter of the *Drechslera* sp. were carried out. The variables observed in the study were biomass of the *Trichoderma* sp. on the results of biodegradation and diameter of *Drechslera* sp. on bioassay

The results of the identification showed that the isolate used was *Trichoderma harzianum*. Based on the results of research, *T. harzianum* fungi was able to grow on media containing mancozeb fungicide up to a concentration of 75 ppm. Beside that, *T. harzianum* has the potential as a bioremediator agent for mancozeb fungicides to a concentration of 75 ppm which is indicated by the diameter of the fungus *Drechslera* sp. which is not significantly different from the control treatment.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesempatan, rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Potensi Jamur *Trichoderma* sp. sebagai Bioremediator Fungsida Berbahan Aktif Mankozeb”. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan tak ternilai oleh berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan
2. Bapak Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi
3. Bapak Fery Abdul Choliq SP., MP., Msc. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi
4. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan semua kebutuhan hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini
5. dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang berperan dalam suksesnya penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis maupun pada seluruh pembaca.

Malang, 18 Juli 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 18 September 1997 sebagai putri kedua dari tiga bersaudara dari Bapak Nurul Mubin (alm) dan Ibu Rodhiyah.

Penulis menempuh pendidikan dasar di Madrasah Ibtidaiyah Negeri Malang 1 (MIN Malang 1) pada tahun 2003 sampai tahun 2009. Pada tahun 2009 sampai tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan tingkat sekolah menengah pertama di SMP Negeri 8 Malang, kemudian menempuh pendidikan tingkat sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Malang pada tahun 2012 sampai tahun 2015. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti kepanitian acara Gebyar Brawijaya Qur'ani tahun 2015, Musabaqah Tilawatil Qur'an Universitas Brawijaya (MTQ UB) tahun 2016, serta Musabaqah Tilawatil Qur'an Mahasiswa Nasional (MTQMN) XV tahun 2017. Penulis juga terdaftar dalam badan pengurus harian di Himpunan Mahasiswa Perlindungan Tanaman (HIMAPTA) tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis melakukan kegiatan magang kerja selama kurang lebih 2 bulan di Kusuma Agrowisata Kota Batu.

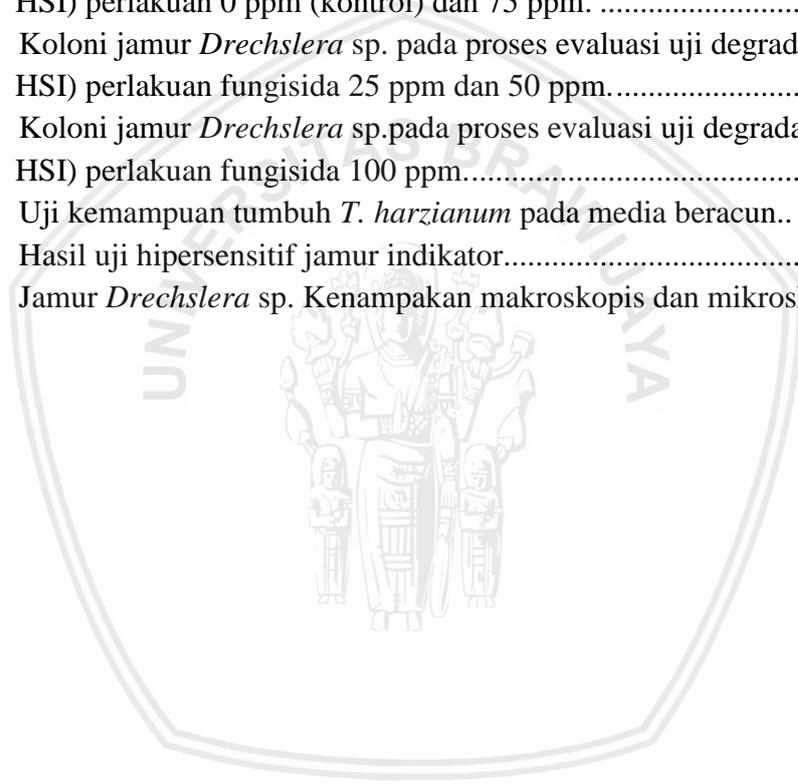
DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
RIWAYAT HIDUP	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Hipotesis Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Bioremediasi	4
2.2 Mankozeb.....	6
2.3 Jamur <i>Trichoderma</i> sp.	8
III. METODOLOGI.....	11
3.1 Tempat dan Waktu	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11
3.3 Metode Penelitian	11
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1 Identifikasi Jamur.....	18
4.2 Biomassa <i>T. harzianum</i> Pada Uji Biodegradasi.....	19
4.3 Evaluasi Hasil Degradasi Fungisida Mankozeb Secara In-Vitro (Bioassay)	20
V. KESIMPULAN DAN SARAN	24
5.1 Kesimpulan	24
5.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN.....	29



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Rumus Struktur Mankozeb (Sumber: Xu, 2000)	6
2.	Proses Degradasi Mankozeb (Biljana,2011)	8
3.	Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis <i>Trichoderma</i> sp	9
4.	Modifikasi uji biakan ganda pada uji degradasi fungsida.....	17
5.	Kenampakan makroskopis koloni <i>T. harzianum</i> 5 HSI(A),7 HSI(B)..	18
6.	Mikroskopis <i>T. harzianum</i> : konidiofor (A); fialid (B); konidia(C).	18
7.	Koloni jamur <i>Drechslera</i> sp. pada proses evaluasi uji degradasi (10 HSI) perlakuan 0 ppm (kontrol) dan 75 ppm.	21
8.	Koloni jamur <i>Drechslera</i> sp. pada proses evaluasi uji degradasi (10 HSI) perlakuan fungsida 25 ppm dan 50 ppm.....	22
9.	Koloni jamur <i>Drechslera</i> sp.pada proses evaluasi uji degradasi (10 HSI) perlakuan fungsida 100 ppm.....	23
10.	Uji kemampuan tumbuh <i>T. harzianum</i> pada media beracun..	29
11.	Hasil uji hipersensitif jamur indikator.....	29
12.	Jamur <i>Drechslera</i> sp. Kenampakan makroskopis dan mikroskopis.	29



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Komposisi media dalam uji kemampuan tumbuh <i>Trichoderma</i> sp.....	13
2.	Perlakuan Uji Biodegradasi	15
3.	Perlakuan filtrat yang digunakan pada tahap bioassay	16
4.	Rerata Biomassa Jamur <i>T. harzianum</i>	19
5.	Rerata Diameter Jamur <i>Drechslera</i> sp. pada bioassay	20
6.	Analisis Ragam Biomassa Jamur <i>T. harzianum</i>	30
7.	Analisis Ragam Evaluasi Hasil Biodegradasi (Bioassay)	30



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Dokumentasi Hasil Uji Pendahuluan	29
2.	Hasil Analisis Ragam	30



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu permasalahan sektor pertanian di Indonesia adalah menurunnya kualitas lahan budidaya. Hal ini karena sebagian besar petani masih mengaplikasikan pestisida sintetik yang tidak sesuai dengan anjuran. Penggunaan pestisida yang tidak sesuai akan memberikan dampak buruk terhadap kualitas tanah sehingga mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil pertanian. Arif (2015) memaparkan bahwa penggunaan pestisida yang dilakukan oleh petani hortikultura pada umumnya tidak lagi memperhatikan dosis/konsentrasi yang dianjurkan sehingga menimbulkan residu dan memberikan dampak negatif seperti tanah menjadi masam dan tidak produktif.

Jenis pestisida yang umum digunakan petani adalah fungisida dengan bahan aktif mankozeb. Terdapat hasil penelitian yang menunjukkan tingginya persentase penggunaan fungisida golongan ditiokarbamat (mankozebe) oleh petani Jawa Barat untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur (Niswah, 2016; Syahri dan Somantri, 2017). Kandungan mankozeb dalam tanah berdampak buruk bagi organisme maupun mikroorganisme menguntungkan yang ada dalam tanah. Pestisida dari jenis insektisida dan fungisida dapat meracuni cacing tanah serta mengurangi spora mikoriza arbuskular, dan jika aplikasinya dikurangi maka kepadatan populasi cacing dapat meningkat (Pelosi *et al.*, 2014; Sari *et al.*, 2014; Pelosi *et al.*, 2013 dalam Tribrata *et al.*, 2015).

Cara alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi residu pestisida adalah dengan melakukan kegiatan bioremediasi. Penerapan bioremediasi memiliki kelebihan berupa ramah lingkungan; efisien; biaya yang murah; dapat dilaksanakan langsung di lapangan, di laboratorium; dll (Puspitasari dan Khaeruddin, 2016). Bioremediasi adalah perombakan kontaminan yang menggunakan beragam mikroorganisme termasuk bakteri, jamur dan actinomycetes (Parte *et al.*, 2017). Mikroorganisme pendegradasi yang akan digunakan oleh peneliti adalah jamur *Trichoderma* sp. karena distribusinya paling luas diantara jamur tanah yang lain; banyak dijumpai hampir pada semua jenis tanah dan pada berbagai habitat, memiliki peran sebagai pengurai; serta mampu mendegradasi senyawa yang

bersifat toksik (Gusnawaty *et al.*, 2014; Herlina, 2009; Estudio and Ambiental, 2010; Pelcastre *et al.*, 2013; Sing *et al.*, 2014).

Mikroorganisme *Trichoderma spp* mampu bertahan, pulih dan beradaptasi pada kondisi yang bersuhu tinggi, berkelembaban rendah, memiliki kandungan polusi pertambangan yang tinggi, serta mampu bertahan pada tanah semiarid yang kandungan bahan organiknya rendah dengan membongkar/merombak kontaminan kimia (Estudio and Ambiental, 2010). Hasil penelitian Pelcastre *et al.* (2013) dan Afify *et al.* (2012) menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma spp.* mampu mendegradasi herbisida berbahan aktif atrazin hingga 89% dalam 40 hari dan juga bermanfaat untuk bioremediasi karbofuran (pestisida karbamat yang berspektrum luas). Setiyo *et al.*(2014) melaporkan bahwa dari uji laboratorium didapatkan hasil mikroba *Bacillus sp.*, *Pseudomomas sp.* *Gigaspora spp.* (Arbuscular mycorrhizal fungi), *Aspergillus sp.*, *Trichoderma sp.*, dan *Rhizobium sp.* aktif mendegradasi residu fungisida berbahan aktif mankozeb, klorotalonil, dimetomorf, dan propineb.

Pemanfaatan jamur *Trichoderma sp.* untuk bioremediasi residu fungisida belum banyak dilakukan di Indonesia, sehingga perlu diketahui potensinya sebagai bioremediator khususnya untuk fungisida berbahan aktif mankozeb.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diajukan pada penelitian ini adalah apakah jamur *Trichoderma sp.* dapat berperan sebagai bioremediator fungisida berbahan aktif mankozeb?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi jamur *Trichoderma sp.* sebagai bioremediator fungisida berbahan aktif mankozeb.

1.4 Hipotesis Penelitian

Jamur *Trichoderma sp.* berpotensi sebagai bioremediator fungisida berbahan aktif mankozeb.

1.5 Manfaat Penelitian

Mengetahui potensi jamur *Trichoderma* sp. sebagai agen bioremediasi dari fungisida berbahan aktif mankozeb sehingga mampu diterapkan sebagai teknologi yang tepat dan ramah lingkungan untuk mengurangi residu bahan aktif mankozeb pada lahan pertanian.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioremediasi

2.1.1 Definisi

Bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan memanfaatkan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran yang terbukti efektif dan murah dari sisi ekonomi untuk membersihkan tanah dan air yang terkontaminasi oleh senyawa-senyawa kimia toksik atau beracun (Munir, 2006). Bioremediasi adalah proses penguraian limbah organik atau anorganik secara biologi dalam kondisi terkendali dengan tujuan mengontrol, atau bahkan mereduksi bahan pencemar dari lingkungan. Bioremediasi terjadi karena enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, yang disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun (Suryani, 2011).

Degradasi senyawa kimia oleh mikroba di lingkungan merupakan proses yang sangat penting untuk mengurangi kadar bahan-bahan berbahaya di lingkungan yang berlangsung melalui suatu reaksi kimia yang cukup kompleks. Senyawa kimia tersebut digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhan dan reproduksi melalui berbagai proses oksidasi. Bioremediasi dapat digunakan untuk menghilangkan polutan pestisida secara permanen di tanah menggunakan mikroorganisme. Mikroorganisme yang digunakan dapat dari golongan jamur ataupun bakteri (Puspitasari dan Khaeruddin, 2016).

2.1.2 Konsep Dasar Bioremediasi

Dalam bioremediasi, bahan cemaran akan ditransformasi oleh mikroorganisme melalui reaksi-reaksi yang berlangsung sebagai bagian dari proses-proses metabolismenya. Bioremediasi akan efektif jika mikroorganisme yang digunakan secara enzimatik mampu memanfaatkan bahan cemaran dan merubahnya menjadi senyawa yang tidak/kurang beracun lagi.

Keefektifan ini terjadi jika kondisi lingkungan memungkinkan mikroorganisme untuk tumbuh dan aktif (Darmayati, 2013).

Efektifnya proses bioremediasi ditentukan oleh beberapa faktor yakni mikroba, nutrisi dan lingkungan. Mikroba memiliki kemampuan untuk mendegradasi, mentransformasi dan menyerap senyawa pencemar. Mikroba yang digunakan dapat berasal dari golongan fungi, bakteri, ataupun mikroalga. Jenis nutrisi yang dibutuhkan bagi mikroba, diantaranya unsur karbon (C), nitrogen (N), posfor (P) dan lain lain. Lingkungan yang berpengaruh antara lain oksigen, suhu, DO, dan pH (Puspitasari dan Khaeruddin, 2016).

Masalah utama yang sering dijumpai dalam aplikasi mikroorganisme untuk bioremediasi adalah menurunnya potensi mikroba. Meskipun dalam percobaan laboratorium mikroba menunjukkan aktivitas degradasi yang tinggi, ternyata tidak menunjukkan hasil yang menggembirakan dalam percobaan di lapangan (*in situ*). Terdapat dua teknik yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kembali keefektifan penggunaan mikroorganisme dalam bioremediasi. Teknik pertama adalah dengan *biostimulation* yaitu teknik penambahan nutrient tertentu dengan tujuan merangsang aktivitas mikroba-mikroba tempatan (*indigenous*). Teknik yang kedua adalah dengan bioaugmentasi yaitu dengan mengintroduksi mikroba tertentu pada daerah yang akan diremediasi. Dalam beberapa hal, teknik bioaugmentasi juga diikuti dengan penambahan nutrient tertentu (Munir , 2006).

2.1.3 Jenis-jenis Bioremediasi

Teknologi bioremediasi ada dua jenis, yaitu *ex-situ* dan *in situ*. Bioremediasi *ex-situ* adalah pengelolaan yang meliputi pemindahan secara fisik bahan-bahan yang terkontaminasi ke suatu lokasi untuk penanganan lebih lanjut. Penggunaan bioreaktor, pengolahan lahan (*landfarming*), pengkomposan dan beberapa bentuk perlakuan lainnya adalah contoh dari teknologi *ex-situ*, sedangkan teknologi *in situ* adalah perlakuan yang langsung diterapkan pada bahan-bahan kontaminan di lokasi tercemar (Vidali, 2011). Pratiwa (2015) memaparkan bahwa ada 2 jenis remediasi tanah, yaitu in-situ (atau on-site) dan ex-situ (atau off-site). Pembersihan on-

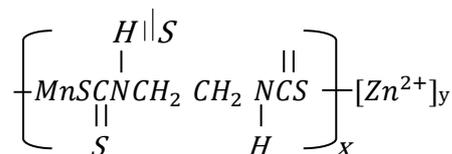
site adalah pembersihan di lokasi. Pembersihan ini lebih murah dan lebih mudah, terdiri dari pembersihan, ventilasi (injection), dan bioremediasi. Sementara pada remediasi ex-situ, tanah tercemar digali dan dipindahkan ke dalam penampungan yang lebih terkontrol. Lalu diberi perlakuan khusus dengan memakai mikroba. Remediasi ex-situ bisa lebih cepat dan mudah dikontrol. Dibanding in-situ, remediasi ex-situ mampu meremediasi jenis kontaminan dan jenis tanah yang lebih beragam. Akan tetapi, pembersihan ex-situ jauh lebih mahal dan rumit.

Ada 4 teknik dasar yang biasa digunakan dalam bioremediasi, yaitu: 1.) Merangsang aktivitas mikroorganisme asli (di lokasi) dengan penambahan gizi, kondisi redoks, optimasi dari pH, dsb; 2.) Inokulasi (penanaman) mikroorganisme dari kejauhan di lokasi, yaitu mikroorganisme yang memiliki kemampuan biotransformasi khusus, 3.) Penerapan *immobilized enzymes*, 4.) Penggunaan tanaman *phytoremediation* untuk menghapus atau mengubah polutan (Pratiwa, 2015).

2.2 Mankozeb

2.2.1 Karakteristik

Mankozeb adalah bahan yang terdiri dari kondensasi unsur mangan (Mn) 20% dengan seng (Zn) 2,5% serta campuran lain yang berasal dari residu pabrik. Bahan aktif ini dapat berupa bubuk berwarna kekuningan yang bebas dari bahan asing tetapi mungkin mengandung stabilisator atau bahan pengolah lainnya (FAO, 1980). Menurut Sembiring (2008) mankozeb merupakan bahan campuran zink dan maneb yang mengandung 16% mangan, 2% zink dan 62% ethylenebisdithio carbamat atau mangan ethylenebisdithio carbamat plus non zink. Rumus struktur mankozeb adalah sebagai berikut:



Gambar1. Rumus struktur mankozeb (Sumber: Xu, 2000)

Mankozeb termasuk dalam golongan fungisida kontak dengan cara kerja menghambat kegiatan enzim yang ada pada jamur dengan menghasilkan

lapisan enzim yang mengandung unsur logam yang berperan dalam pembentukan ATP (Sembiring, 2008). Mankozeb sebagai fungisida ditiokarbamat, bekerja sebagai agen pengkhelat unsur yang dibutuhkan oleh jamur sehingga terjadi penghambatan pertumbuhan, disamping itu fungisida ditiokarbamat dalam tanaman diubah menjadi metabolitnya yaitu isotiosianat yang menginaktivasi enzim karena mengikat gugus SH pada asam amino dalam sel jamur (Cremllyn, 1978 *dalam* Sumardiyono, 2008; Sumardiyono 2008). Fungisida ini tidak larut dalam air, tetapi hanya tercampur saja sehingga ketika disemprot harus sering diaduk atau tangki penyemprot digoyang terlebih dahulu (Sastroutomo, 1992 *dalam* Sembiring, 2008).

2.2.2 Dampak Negatif Penggunaan Mankozeb

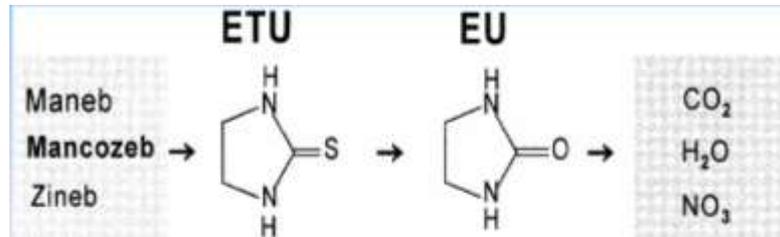
Mankozeb memiliki dampak negatif terhadap lingkungan khususnya pada kualitas tanah. Berdasarkan laporan Niswah (2016) dan Walia *et al.*, (2014) pengaplikasian pestisida secara intensif dengan dosis yang tidak sesuai anjuran memberikan beberapa dampak kerusakan yang besar yakni terhadap mikroflora, proses nitrifikasi, amonifikasi, biomassa mikroba tanah, mineralisasi karbon, dan enzim dalam tanah yang memberikan pengaruh buruk dalam penyerapan nutrisi dan pertumbuhan tanaman.

Pengaplikasian mankozeb dengan konsentrasi diatas 250 ppm dapat mengurangi populasi bakteri dan pada konsentrasi diatas 10 ppm menurunkan populasi jamur tanah (Walia *et al.*, 2014). Hasil penelitian Sari *et al.* (2014) menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis pemberian fungisida mankozeb maka semakin sedikit spora fungi mikoriza arbuskular yang ditemukan. Selain itu Tribrata *et al.*, (2015) melaporkan bahwa adanya residu pestisida mankozeb dan rendahnya serasah tanah menyebabkan kepadatan cacing tanah menurun.

2.2.3 Degradasi Fungisida Berbahan Aktif Mankozeb

Mankozeb merupakan salah satu fungisida ethylenebisdiithiocarbamate (EBDC) yang berpotensi rendah untuk menguap dan mampu terhidrolisis dengan cepat dengan waktu paruh kurang dari 2 hari. Hasil degradasi dari proses hidrolisis mankozeb yang teridentifikasi adalah ethylenethiourea

(ETU), ethyleneurea (EU) dan ethylene bisisothiocyanate sulfide (EBIS). ETU hasil hidrolisis didegradasi oleh mikroorganisme menjadi EU yang selanjutnya akan terdegradasi dan menghasilkan CO₂ (Biljana, 2011). Proses degradasi mankozeb diilustrasikan pada gambar 2.



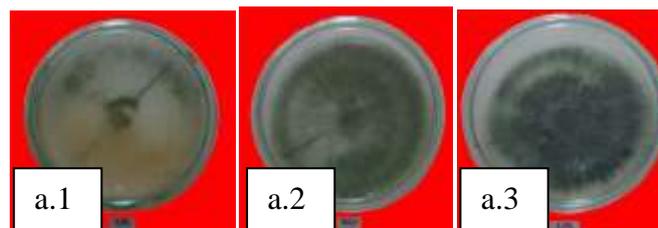
Gambar 2. Proses Degradasi Mankozeb (Biljana,2011)

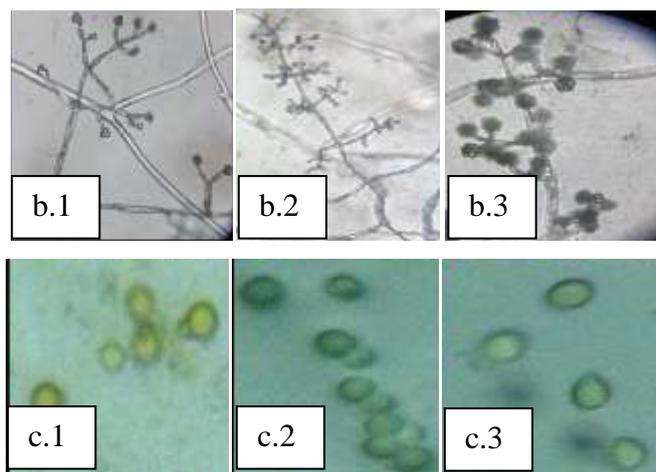
Kandungan mankozeb menurun hingga tidak terdeteksi pada tanah nonsteril dalam 3 bulan (Doneche *et al.*, 1983 dalam Xu, 2000). Estimasi paruh waktu mineralisasi dari 20 dan 10 ppm fungisida berbahan aktif mankozeb 80% berturut turut adalah 50 dan 90 hari sedangkan waktu paruh mankozeb dalam tanah nonsteril dalam kondisi anaerob kurang lebih kurang dari 8 hari (Lyman dan Lacoste, 1975; ARS, 1995 dalam Xu, 2000).

2.3 Jamur *Trichoderma* sp.

2.3.1 Karakteristik *Trichoderma* sp.

Koloni jamur *Trichoderma* sp. secara makroskopis berbentuk bulat, berwarna putih sampai putih kehijauan pada 3 hari setelah inokulasi (HSI) di media PDA dan akan berwarna hijau tua pada 7 HSI. Sedangkan secara mikroskopis *Trichoderma* sp. memiliki konidiofor tegak bercabang/bercabang; fialid bisa pendek-tebal, kecil-lancip, pandek-lebih tebal, panjang-luas, atau pendek-tebal-vertical; serta konidia yang berbentuk oval (Gusnawaty *et al.*, 2014).





Gambar3. Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis *Trichoderma* sp., Koloni jamur *Trichoderma* sp. pada media PDA (a): Koloni *T. hamantum*(a.1), koloni *T. koningii* (a.2), koloni *T. harzianum* (a.3); konidiofor dan fialid jamur *Trichoderma* sp. (b): *T. hamantum* (b.1), *T. koningii* (b.2), *T. harzianum* (b.3); Konidia jamur *Trichoderma* sp. (c): *T. hamantum* (c.1), *T. koningii* (c.2), *T. harzianum* (c.3). (sumber: Gusnawaty *et al.*, 2014)

Cendawan ini dapat berkembang biak dengan cepat pada daerah perakaran tanaman. Pada umumnya jamur *Trichoderma* sp. hidup di tanah yang lembab, asam dan peka terhadap cahaya secara langsung. Pertumbuhan *Trichoderma* sp. yang optimum membutuhkan media dengan pH 4-5. Kemampuan jamur ini dalam menekan jamur patogen lebih berhasil pada tanah masam daripada tanah alkalis. Kelembaban yang dibutuhkan berkisar antara 80-90% (Marianah, 2013).

2.3.2 Manfaat *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. merupakan mikroorganisme tanah bersifat saprofit yang secara alami menyerang cendawan patogen dan menguntungkan bagi tanaman. *Trichoderma* sp. merupakan salah satu jenis cendawan yang banyak dijumpai hampir pada semua jenis tanah dan pada berbagai habitat yang dapat dimanfaatkan sebagai agens hayati pengendali patogen tanah (Gusnawaty, 2014). Selain dapat menekan jamur patogen, *Trichoderma* sp. memiliki banyak manfaat lain diantaranya adalah sebagai organisme pengurai, membantu proses dekomposer dalam pembuatan pupuk bokashi dan kompos, serta dapat juga berlaku sebagai biofungisida yaitu

menghambat pertumbuhan beberapa jamur penyebab penyakit pada tanaman (Marianah, 2013).

2.3.3 *Trichoderma* sp. sebagai Bioremediator

Jamur *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan untuk tumbuh pada media buatan yang mengandung fungisida. Sing *et al.*, (2014) melaporkan bahwa jamur *Trichoderma* sp. dan *Cunninghamella* sp. memiliki kemampuan tumbuh pada media yang mengandung pentaklorofenol (PCP) yang merupakan zat untuk pembuatan fungisida (Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya, 2015). *Trichoderma* spp. dapat bertahan hidup dengan membentuk klamidospora pada kondisi yang tidak menguntungkan dan cukup tahan terhadap fungisida dan herbisida (Berlianet *et al.*, 2013).

Beberapa spesies dari genus ini memproduksi enzim yang mampu merombak senyawa yang bersifat toksik dan dapat membersihkan kontaminan asing di dalam tanah, seperti pestisida organoklorin, dan organofosfor. Pestisida Organoklorin seperti DDT, dieldrin dan endosulfan yang memiliki daya racun tinggi mampu didegradasi oleh spesies dari genus *Trichoderma* (Perez *et al.*, 2009; Sene *et al.*, 2010; Argumedo *et al.*, 2009; dan Llado *et al.*, 2009 dalam Pelcastre *et al.*, 2013). *Trichoderma* sp. juga mampu mendegradasi racun pestisida jenis herbisida berbahan aktif atrazin hingga 89% dalam 40 hari (Pelcastre *et al.*, 2013).

Mikroorganisme *Trichoderma* spp. mampu bertahan, pulih dan beradaptasi pada kondisi yang bersuhu tinggi, berkelembaban rendah, serta memiliki kandungan polusi pertambangan yang tinggi. Mikroorganisme ini mampu bertahan pada tanah semiarid yang kandungan bahan organiknya rendah dengan membongkar/ merombak kontaminan kimia (Estudio and Ambiental, 2010). Kemampuan ini membuktikan bahwa genus *Trichoderma* sesuai untuk digunakan dalam bioremediasi tanah yang terkontaminasi bahan-bahan kimia beracun.

III. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi dan Laboratorium Pengendalian Hayati Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang pada bulan Januari sampai dengan Juni 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah media padat *potato dextrose agar* (PDA), media cair *potato dextrosebroth* (PDB), alkohol 70%, plastik *wrapping*, tisu, fungisida berbahan aktif mankozeb, isolat jamur *Trichoderma* sp. yang didapatkan dari laboratorium mikologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, dan jamur *Drechslera* sp. yang didapatkan di pertanian organik Brenjong, Mojokerto. Alat yang digunakan adalah cawan petri, erlenmeyer, botol kaca, botol media schott, gelas ukur, corong, pisau, pengaduk, jarum ose, bunsen, kertas saring halus, penyaring bakteri steril 0,45 μm , timbangan analitik, *autoclave*, aluminium foil, plastik anti panas, orbital shaker, pipet, kaca preparat, kaca penutup, kompor listrik, mikroskop binokuler, oven dan *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC).

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui dua tahapan yakni persiapan dan pelaksanaan penelitian. Persiapan penelitian terdiri dari kegiatan sterilisasi alat, pembuatan media padat dan cair, isolasi dan pemurnian jamur indikator, serta uji pendahuluan. Tahap pelaksanaan penelitian terdiri dari kegiatan identifikasi isolat *Trichoderma* sp.; pengujian biodegradasi fungisida mankozeb oleh *Trichoderma* sp. secara *in vitro*, evaluasi hasil biodegradasi (*bioassay*) dan yang terakhir analisis data.

Sterilisasi alat. Cawan petri, erlenmeyer, gelas ukur, dan alat-alat yang tahan panas lainnya dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan diikat kemudian disterilkan menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C dan tekanan 1,5 atm selama 60 menit. Sedangkan alat lainnya disterilkan menggunakan alkohol 70% dan dipanaskan dengan pemanas bunsen.

Pembuatan media padat dan cair. Media yang dibuat adalah media PDA dan PDB. Untuk membuat media PDA dibutuhkan 1 liter aquades, 250 gram kentang, 20 gram agar, dan 20 gram *dextrose* dan 1 gram *chloramphenicol*. Kentang dikupas menggunakan pisau dan dicuci menggunakan air mengalir. Kemudian dipotong kotak dengan ukuran ± 1 cm dan direbus dalam 1 liter aquades steril. Setelah mendidih, air rebusan disaring dan ditambahkan aquades steril hingga mencapai volume 1 liter. Kemudian didihkan kembali lalu ditambahkan agar dan *dextrose*. Setelah homogen, media dituang ke dalam botol media ditutup dengan aluminium foil dan plastik *wrap* dan disterilkan menggunakan *autoclave*. *Chloramphenicol* ditambahkan ketika media selesai disterilisasi. Fungsi dari *chloramphenicol* adalah untuk mencegah adanya kontaminasi oleh bakteri pada media yang dibuat. Untuk pembuatan media PDB diperlukan 250 gram kentang, 20 gram *dextrose*, 1 gram *chloramphenicol* dan 1 liter aquades. Tahap selanjutnya sama seperti pada pembuatan media PDA.

Isolasi dan pemurnian jamur indikator . Jamur yang digunakan diisolasi dari sampel daun tanaman tomat di pertanian organik Brenjong Mojokerto. Sampel yang dipilih adalah sampel yang menunjukkan gejala terinfeksi jamur. Daun yang terinfeksi dicuci dengan air mengalir, lalu dipotong dengan ukuran 1x1cm dan direndam dengan NaOCl 2%, alkohol 70%, aquades steril sebanyak dua kali, masing-masing selama 1 menit. Setelah itu ditiriskan pada tisu steril, ditanam pada media PDA dan diinkubasi hingga jamur tumbuh. Kemudian dilakukan pemurnian jamur dengan memindahkannya pada media PDA yang baru untuk perbanyakan dan pemeliharaan. Jamur yang ditemukan kemudian di uji kepekaannya terhadap fungisida mankozeb (dijelaskan pada tahap uji pendahuluan).

Uji Pendahuluan. Uji pendahuluan terdiri dari kegiatan uji kemampuan tumbuh jamur *Trichoderma* sp. pada media yang mengandung fungisida berbahan aktif mankozeb, serta uji kepekaan jamur indikator terhadap fungisida mankozeb. Kegiatan uji kemampuan tumbuh *Trichoderma* sp. ini dilakukan untuk mengetahui batas konsentrasi fungisida yang akan digunakan dalam uji biodegradasi. *Trichoderma* sp. diinokulasi secara aseptis pada media PDB yang telah dicampur dengan fungisida berbahan aktif mankozeb dengan 3 konsentrasi

yang berbeda (tabel 1). Jamur *Trichoderma* sp. diisolasi pada media PDB dalam botol kaca dan diinkubasi selama 10 hari untuk kemudian dilihat pertumbuhannya (gambar lampiran 1).

Tabel 1. Komposisi media dalam uji kemampuan tumbuh *Trichoderma* sp.

Perlakuan	Volume PDB (ml)	Konsentrasi Fungisida Mankozeb
1		100 ppm
2	50	500 ppm
3		1000 ppm

Hasil uji pendahuluan ini menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. dapat tumbuh pada media dengan konsentrasi fungisida mankozeb 100 ppm. Sedangkan pada media dengan konsentrasi 500 dan 1000 ppm tidak terlihat adanya pertumbuhan dari *Trichoderma* sp. Sehingga pada uji biodegradasi konsentrasi fungisida tertinggi yang digunakan adalah 100 ppm.

Kegiatan uji kepekaan jamur indikator terhadap fungisida mankozeb dilakukan untuk mengetahui jamur yang memiliki kepekaan lebih tinggi terhadap fungisida mankozeb sehingga dapat digunakan dalam proses *bioassay*. Caranya dengan menguji tiga jamur yang ditemukan dari hasil isolasi sampel daun tomat terinfeksi pada media PDA (halaman 12), ditumbuhkan pada media PDA yang mengandung fungisida mankozeb dengan konsentrasi 25 ppm. Kemudian diinkubasi selama 10 hari dan diukur diameternya pada 10 HSI (gambar lampiran 2). Setelah 10 HSI, jamur dengan diameter terendah diidentifikasi secara makroskopis maupun mikroskopis (gambar lampiran 3). Dari hasil identifikasi yang mengacu pada Watanabe (2002), jamur yang memiliki diameter terendah tersebut adalah *Drechslera* sp.. Hal ini menunjukkan bahwa *Drechslera* sp. peka terhadap fungisida mankozeb sehingga dapat digunakan sebagai jamur indikator pada proses *bioassay*.

Pembuatan stok kultur. Stok kultur dibuat dengan 2 cara. Cara pertama yakni dibiakkan pada media PDA baru yang lebih tebal agar penyimpanan dapat bertahan lebih lama. Cara pertama digunakan untuk membuat stok jamur *Trichoderma* sp. dan jamur patogen *Drechslera* sp.. Cara yang kedua dibiakkan pada media PDB. Cara ini digunakan untuk membuat stok *Trichoderma* sp. yang akan digunakan pada uji biodegradasi. Sebanyak 1 ose *Trichoderma* sp. dari isolat pada PDA ditambahkan dalam 100 ml media PDB dan dikocok menggunakan

orbital shaker selama 3 hari dengan kecepatan 150 rpm untuk memperbanyak sel-sel jamur.

Pengamatan kerapatan dan viabilitas jamur *Trichoderma* sp. Pengamatan kerapatan spora dilakukan dengan cara menghitung spora dengan menggunakan hemositometer dibawah mikroskop. Stok kultur dalam media PDB diambil sebanyak 1 ml dengan menggunakan pipet tetes, kemudian diteteskan pada hemositometer. Spora dihitung di bawah mikroskop dengan perbesaran 400 kali. Kemudian kerapatan dari spora dihitung dengan menggunakan rumus yang mengacu pada Gabriel dan Riyanto (1989) dalam Herlinda (2006). Didapatkan hasil kerapatan jamur *Trichoderma* sp. yang digunakan dalam uji degradasi fungisida mankozeb adalah 10^7 konidia/ml yakni dari hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C &= \frac{t}{n \times 0,25} \times 10^6 \\ &= \frac{257}{(5 \times 16) \times 0,25} \\ &= \frac{257}{20} \times 10^6 \\ &= 12,85 \times 10^6 \leftrightarrow 1,28 \times 10^7 \text{ konidia/ml} \end{aligned}$$

Keterangan:

- C : Kerapatan spora per ml larutan
 t : jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati
 n : Jumlah kotak sampel
 0,25 : Faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada hemositometer

Sedangkan untuk viabilitas spora diamati dengan cara meneteskan suspensi spora pada media PDB pada kaca preparat dan ditutup dengan gelas penutup. Kemudian diinkubasi selama 24 jam, lalu dihitung jumlah spora-spora yang berkecambah dan tidak berkecambah dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali. Viabilitas yang didapatkan yakni sebesar 71,7% dari perhitungan dengan menggunakan rumus (Gabriel dan Riyanto, 1989 dalam Herlinda, 2006):

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

$$V = \frac{426}{426 + 168} \times 100\% = 71,7\%$$

Keterangan :

- V : Perkecambahan spora (viabilitas)
 g : Jumlah spora berkecambah
 u : Jumlah spora yang tidak berkecambah

Identifikasi isolat *Trichoderma* sp. Identifikasi jamur *Trichoderma* sp. dilakukan dengan pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Identifikasi jamur secara makroskopis dilakukan dengan mengamati bentuk, warna, dan tepian dari koloni yang tumbuh pada media PDA pada cawan petri. Sedangkan identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan meletakkan koloni tunggal dengan sedikit media PDA pada kaca preparat menggunakan jarum ose, kemudian ditutup dengan kaca penutup sambil ditekan secara perlahan dan diputar 90°. Setelah diinkubasi selama 3 hari, selanjutnya preparat diamati bentuk konidiofor, dan konidianya menggunakan mikroskop *compound* dengan perbesaran 400x.

Pengujian biodegradasi mankozeb oleh *Trichoderma* sp. secara *in vitro*. Uji biodegradasi ini terdiri dari dua tahap, pertama adalah uji degradasi lalu dilanjutkan dengan tahap evaluasi (*bioassay*). Kegiatan ini dilakukan dengan menambahkan larutan fungisida dengan beberapa konsentrasi ke dalam 50 ml media PDB dan masing-masing perlakuan ditambahkan 1 ml suspensi jamur dari stok kultur *Trichoderma* sp. (tabel 2). Kemudian diletakkan pada *rotary shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 10 hari. Pada uji ini digunakan rancangan acak lengkap yang diulang sebanyak 3 kali. Sehingga terdapat 15 satuan percobaan. Setelah 10 hari, biomassa *Trichoderma* sp. disaring menggunakan kertas saring halus lalu dilakukan pengukuran biomassa (dijelaskan pada kegiatan pengukuran biomassa *Trichoderma* sp.). Semua tahap dilakukan pada lingkungan aseptis.

Tabel 2. Perlakuan Uji Biodegradasi

Kode	Perlakuan	
	Media	Konsentrasi Fungisida Mankozeb
P0t1		0 ppm (kontrol)
P1t1	PDB 50 ml	25 ppm
P2t1	+	50 ppm
P3t1	1 ml <i>T. harzianum</i>	75 ppm
P4t1		100 ppm

Pengukuran biomassa *Trichoderma* sp.. Biomassa *Trichoderma* sp. yang disaring pada hasil kegiatan uji degradasi di oven selama 24 jam pada suhu 60°C. Kemudian ditimbang berat keringnya menggunakan timbangan analitik serta dikurangi dengan berat kertas saring yang digunakan.

Evaluasi proses degradasi mankozeb oleh *Trichoderma* sp. secara *in vitro* (*bioassay*). Evaluasi proses degradasi/ *bioassay* yang merupakan kelanjutan dari tahap biodegradasi dilakukan dengan modifikasi metode biakan ganda. Sebagai pembandingan, terdapat perlakuan tanpa pemberian *Trichoderma* sp. pada perlakuan dengan 5 konsentrasi fungisida yang berbeda dan dinkubasi selama 10 hari. Sehingga terdapat 10 macam perlakuan yang akan dievaluasi pada tahap *bioassay* ini (tabel 3). Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap faktorial (RALF) yang diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 30 satuan percobaan.

Tabel 3. Perlakuan filtrat yang digunakan pada tahap *bioassay*

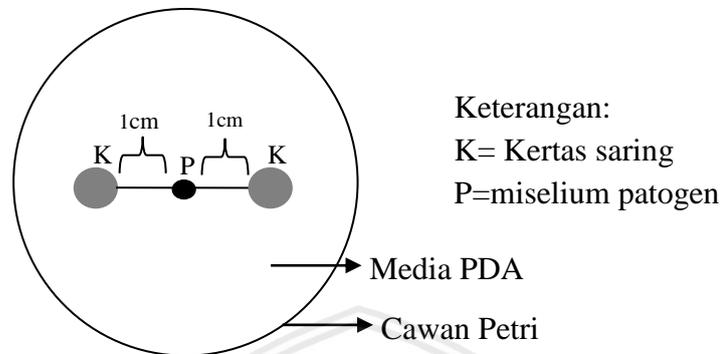
Kode	Perlakuan	
	Media	Konsentrasi Fungisida Mankozeb
P0t0	PDB 50 ml	0 ppm
P1t0		25 ppm
P2t0		50 ppm
P3t0		75 ppm
P4t0		100 ppm
P0t1	PDB 50 ml + 1 ml <i>T. harzianum</i>	0 ppm
P1t1		25 ppm
P2t1		50 ppm
P3t1		75 ppm
P4t1		100 ppm

Keterangan: P0t1, P1t1, P2t1, P3t1, dan P4t1 berasal dari tahap uji biodegradasi

Tahapan kegiatan ini adalah menyaring filtrat hasil penyaringan pertama pada uji biodegradasi untuk memisahkan antara larutan media dengan sel-sel jamur menggunakan penyaring bakteri berukuran 0,45 μm (menghasilkan filtrat 2). Kemudian kertas saring steril dengan ukuran diameter 2 cm direndam ke dalam larutan media yang telah disaring (filtrat 2) selama 1 menit, lalu ditiriskan. Untuk media tanpa pemberian *Trichoderma* sp. kertas saring steril direndam secara langsung pada media selama 1 menit dan ditiriskan.

Kemudian tiap kertas saring diletakkan pada media PDA dalam cawan petri dengan jarak sesuai pada gambar 3. Kemudian jamur patogen *Drechslera* sp. diletakkan di tengah cawan petri yang berisi media PDA dan diletakkan diantara

dua kertas saring dengan jarak masing-masing 1 cm baik disisi kanan maupun kiri (gambar 3), lalu diinkubasi selama 10 hari. Setelah itu dilakukan pengamatan dan pengukuran diameter jamur *Drechslera* sp..



Gambar 4. Modifikasi uji biakan ganda pada uji degradasi fungisida

Analisis Data. Data yang didapatkan dianalisis menggunakan analisis ragam. Analisis data diolah dengan menggunakan Microsoft excel 2007. Apabila terdapat perbedaan yang nyata, maka akan dilakukan analisis lanjutan dengan menggunakan uji DMRT (Duncan multiple range test) pada taraf kesalahan 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

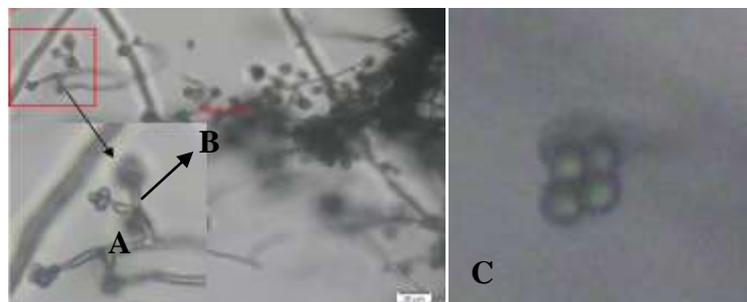
4.1 Identifikasi Jamur

Hasil identifikasi isolat jamur *Trichoderma* sp. yang diperoleh dari koleksi laboratorium mikologi jurusan hama dan penyakit tumbuhan fakultas pertanian Universitas Brawijaya menunjukkan bahwa spesies isolat tersebut adalah *Trichoderma harzianum*. Secara makroskopis, koloni berbentuk bulat, berwarna putih dan hijau muda pada bagian tengah pada 5 HSI, dan berwarna hijau tua pada 7 HSI (Gambar 4). Gusnawaty *et al.* (2014) memaparkan bahwa karakter makroskopis *T. harzianum* adalah berbentuk bulat dan berwarna putih kehijauan pada 3 HSI, hijau muda pada 5 HSI serta hijau tua pada 7 HSI.



Gambar 5. Kenampakan makroskopis koloni *T. harzianum* 5 HSI(A),7 HSI(B)

Secara mikroskopis jamur ini memiliki konidiofor bercabang, fialid pendek tebal dan konidia berbentuk bulat (Gambar 5). Hal ini sesuai dengan karakteristik mikroskopis *T. harzianum* yang memiliki konidiofor tegak bercabang, fialid pendek tebal, dan konidia berbentuk bulat yang menjadi ciri khas dari spesies *T. harzianum* dibandingkan dengan spesies dari genus *Trichoderma* yang lain (Gusnawaty *et al.*, 2014; Rifai, 1969; dan Watanabe, 2002).



Gambar 6. Mikroskopis *T. harzianum*: konidiofor (A); fialid (B); konidia(C).

4.2 Biomassa *T. harzianum* Pada Uji Biodegradasi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi fungisida berpengaruh nyata terhadap biomassa jamur *T. harzianum* (tabel lampiran 1). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa pengaruh nyata pemberian fungisida terjadi pada perlakuan dengan konsentrasi fungisida 75 dan 100 ppm, sedangkan pada pemberian 25 dan 50 ppm menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan kontrol (tabel 4). Hal ini berarti bahwa *T. harzianum* memiliki kemampuan hidup dan tumbuh pada habitat yang mengandung fungisida berbahan aktif mankozeb pada batas tertentu yakni 50 ppm dengan persentase kemampuan tumbuh mencapai 82,7 %.

Penelitian Estudio dan Ambiental (2010) menghasilkan kesimpulan bahwa mikroorganisme *Trichoderma* spp mampu bertahan, pulih dan beradaptasi pada habitat yang mengandung polutan/kontaminan kimia, bertahan pada tanah semiarid yang kandungan bahan organiknya rendah dengan membongkar/merombak kontaminan kimia yang salahsatunya adalah seng dan mangan, bahan dari pestisida berbahan aktif mankozeb. Selain itu Berlian *et al.* (2013) juga melaporkan bahwa beberapa jenis *Trichoderma* spp. dapat bertahan hidup dengan membentuk klamidospora pada kondisi yang tidak menguntungkan dan cukup tahan terhadap fungisida dan herbisida.

Tabel 4. Rerata Biomassa Jamur *T. harzianum*

Media	Perlakuan	Biomassa (gr)
	Konsentrasi Fungisida Mankozeb	
PDB 50 ml + 1 ml <i>T. harzianum</i>	0 ppm(kontrol)	0,29 c
	25 ppm	0,28 c
	50 ppm	0,24 c
	75 ppm	0,17 b
	100 ppm	0,05 a

Biomassa terendah yakni 0,05 gr pada pemberian konsentrasi fungisida 100 ppm menunjukkan bahwa jamur *T. harzianum* teracuni pada pemberian fungisida mankozeb dengan konsentrasi 100 ppm sehingga terjadi pertumbuhan yang sangat lambat. Lestari *et al.* (2018) memaparkan bahwa fungisida mankozeb mempengaruhi jumlah populasi jamur tanah dan mampu mengurangi populasi dari jamur *T. harzianum*.

4.3 Evaluasi Hasil Degradasi Fungisida Mankozeb Secara In-Vitro (Bioassay)

Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan fungisida memberikan pengaruh nyata terhadap penghambatan pertumbuhan patogen *Drechslera* sp. (tabel 5). Perlakuan yang ditambahkan fungisida dengan konsentrasi 25-75 ppm tanpa penambahan *T. harzianum* menghasilkan diameter *Drechslera* sp. yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (tabel 5). Penelitian Naswa *et al.* (2017) mendapatkan hasil bahwa pemberian *Dithane M-45*, *Tilt*, *Score*, *Kavach*, *Contaf*, *Companion* and *Folicur* pada konsentrasi 1, 10, 50, 100, dan 200 ppm, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penghambatan pertumbuhan miselium *Drechslera setariae*. Naresh *et al.* (2009) dalam Kumar *et al.* (2011) juga menemukan adanya penghambatan yang efektif terhadap perkecambahan spora dan pertumbuhan miselium *Drechslera oryzae* akibat adanya kandungan *tricyclazole* dan mankozeb pada beberapa konsentrasi.

Tabel 5. Rerata Diameter Jamur *Drechslera* sp. pada *bioassay*

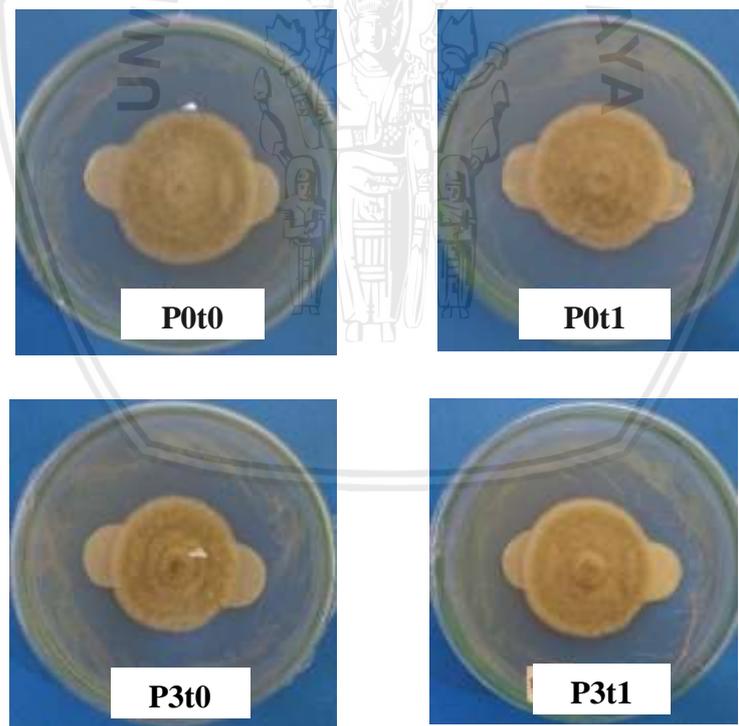
Konsentrasi fungisida mankozeb (ppm)	Rerata diameter <i>Drechslera</i> sp. (cm)		Total
	Media PDB tanpa penambahan <i>T. harzianum</i>	Filtart dari PDB dengan penambahan <i>T. harzianum</i>	
0 (kontrol)	5,07 d	4,8 c	9,87
25	4,67 bc	4,67 bc	9,34
50	4,67 bc	4,63 bc	9,3
75	4,4 a	4,6 b	9
100	4,4 a	4,4 a	8,8
Total	23,21	23,1	46,31

Keterangan: Angka disertai huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antar perlakuan (DMRT 5%)

Pada hasil evaluasi uji degradasi fungisida mankozeb oleh *T. harzianum* menunjukkan bahwa *T. harzianum* memiliki potensi untuk mendegradasi fungisida berbahan aktif mankozeb. Dari hasil analisis uji lanjut dapat diketahui bahwa terdapat proses degradasi fungisida hingga konsentrasi 75 ppm. Hal ini ditinjau dari diameter patogen *Drechslera* sp. pada perlakuan filtrat dari PDB dengan penambahan *T. harzianum* tidak berbeda nyata antara perlakuan kontrol dengan perlakuan yang ditambahkan fungisida mankozeb konsentrasi 25 dan 50 ppm. Pada perlakuan konsentrasi fungisida 75 ppm hasilnya berbeda nyata dengan perlakuan kontrol tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan konsentrasi 25 dan

50 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi proses degradasi yang belum maksimal pada perlakuan konsentrasi 75 ppm. Sesuai dengan hasil penelitian Afify *et al* (2012) bahwa *Trichoderma* spp. berpotensi untuk merombak 200 ppm karbofuran. Karbofuran dan mankozeb termasuk dalam pestisida dengan jenis yang sama yakni karbamat.

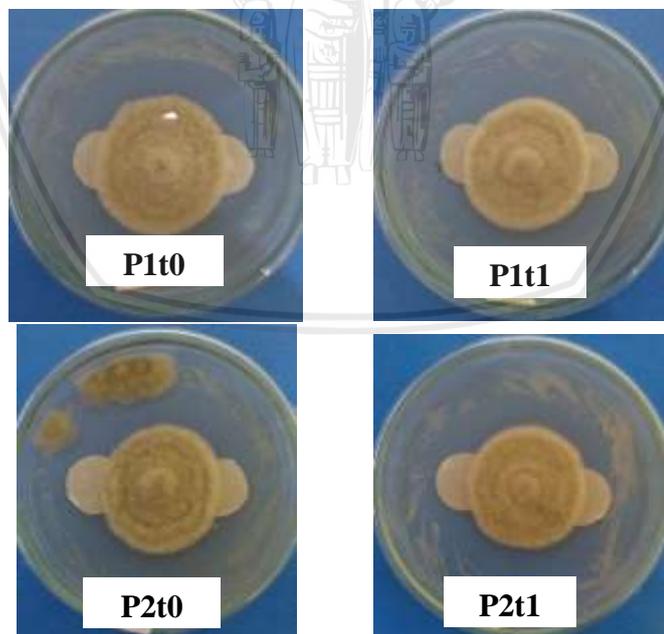
Rerata diameter *Drechslera* sp. pada perlakuan kontrol dan perlakuan dengan pemberian fungisida 75 ppm, dengan dan tanpa pemberian *T. harzianum* sama-sama berbeda nyata. Tetapi rerata diameter *Drechslera* sp. pada perlakuan kontrol menjadi lebih rendah akibat pemberian *T. harzianum*, sedangkan pada perlakuan dengan fungisida 75 ppm dengan adanya penambahan *T. harzianum* rerata diameter *Drechslera* sp. yang dihasilkan lebih besar. Hal ini menunjukkan adanya proses degradasi fungisida oleh jamur *T. harzianum* disertai produksi metabolit primer dan sekunder berupa enzim dan toksin yang mampu menghambat pertumbuhan dari jamur *Drechslera* sp..



Gambar 7. Koloni jamur *Drechslera* sp. pada proses evaluasi uji degradasi (10 HSI) perlakuan kontrol (P0t0: kontrol, tanpa *T. harzianum*, P0t1: kontrol + *T. harzianum*) dan perlakuan dengan fungisida 75 ppm (P3t0: fungisida 75 ppm tanpa *T. harzianum*, P3t1: fungisida 75 ppm + *T. harzianum*).

Menurut El-Katatny *et al.* (2000) dan Pietro *et al.* (1993) dalam Dewi *et al.* (2015), filtrat *Trichoderma* sp. mengandung enzim kitinase dan β -1,3 glukonase yang mampu merusak dinding sel patogen. *T. harzianum* mempunyai kemampuan untuk menghasilkan senyawa antifungi dilihat dari bertambahnya daerah hambat *Fusarium oxysporum* yang diberikan konsentrat senyawa antifungi, mampu menghasilkan beberapa jenis metabolit sekunder yakni koningin yang menunjukkan aktivitas antibiotik *in vitro* terhadap jamur *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora cinnamomi*, dan *Fusarium oxysporum*; serta menghasilkan senyawa folatil (*alkil pyrones*) yang bersifat antijamur yang dapat menghambat perkecambahan dan pertumbuhan miselia *Colletotrichum capsici* (Herlina, 2009; Harni *et al.*, 2017; dan Rajathilagam, 2001 dalam Berlian *et al.*, 2013).

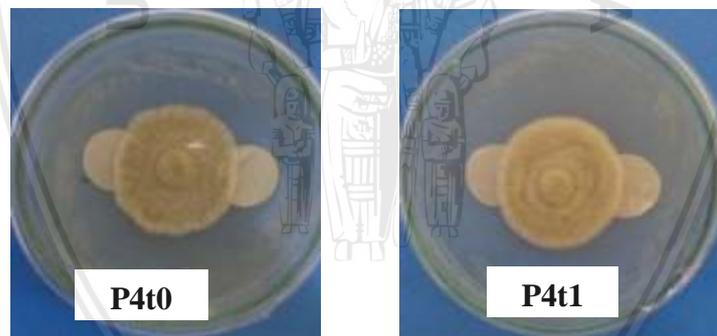
Pada perlakuan dengan pemberian fungisida 25 dan 50 ppm antara perlakuan dengan dan tanpa penambahan *T. harzianum* menunjukkan rerata diameter *Drechslera* sp. tidak berbeda nyata. Hal ini akibat adanya senyawa antifungi atau enzim pada perlakuan pemberian *T. harzianum* dan akibat senyawa toksik dari fungisida pada perlakuan tanpa *T. harzianum* yang mampu menghambat pertum-



Gambar 8. Koloni jamur *Drechslera* sp. pada proses evaluasi uji degradasi (10 HSI) perlakuan fungisida 25 ppm (P1t0: fungisida 25 ppm tanpa *T. harzianum*, P1t1: fungisida 25 ppm + *T. harzianum*) dan 50 ppm (P2t0: fungisida 50 ppm tanpa *T. harzianum*, P2t1: fungisida 50 ppm + *T. harzianum*).

buhan *Drechslera* sp..Terhambatnya partumbuhan patogen *Drechslera* sp. akibat metabolit yang dihasilkan oleh *T. harzianum* didukung oleh pemaparan dari Kumar *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa penyemprotan daun yang terkena *Drechslera oryzae* dengan menggunakan suspensi spora *T. harzianum* mampu mengurangi area yang terinfeksi hingga 4,25 cm². *Trichoderma* sp. juga memiliki aktivitas antagonis terhadap *Drechslera sorokiniana* penyebab penyakit busuk akar pada gandum serta mampu menghasilkan trichodermin yang mampu mengontrol *Helminthosporium* dan *Fusarium* pada gandum (Prasad *et al.*, 1978; & Krisvoschchekova dan mishchenk, 1990 dalam Singh dan Jain, 2011).

Hasil analisis pada perlakuan dengan pemberian fungisida 100 ppm menunjukkan nilai yang paling rendah dan tidak berbeda nyata antara perlakuan dengan pemberian *T. harzianum* maupun tanpa pemberian *T. harzianum* pada konsentrasi tersebut. Hal ini dikarenakan jamur *T. harzianum* baru tumbuh pada 10 HSI yang berarti bahwa toksisitas fungisida masih tinggi pada masing-masing perlakuan sehingga menyebabkan rendahnya pertumbuhan jamur *Drechslera* sp..



Gambar 9. Koloni jamur *Drechslera* sp.pada proses evaluasi uji degradasi (10 HSI) perlakuan fungisida 100 ppm (P4t0: fungisida 100 ppm tanpa *T. harzianum*, P4t1: fungisida 100 ppm + *T. harzianum*).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

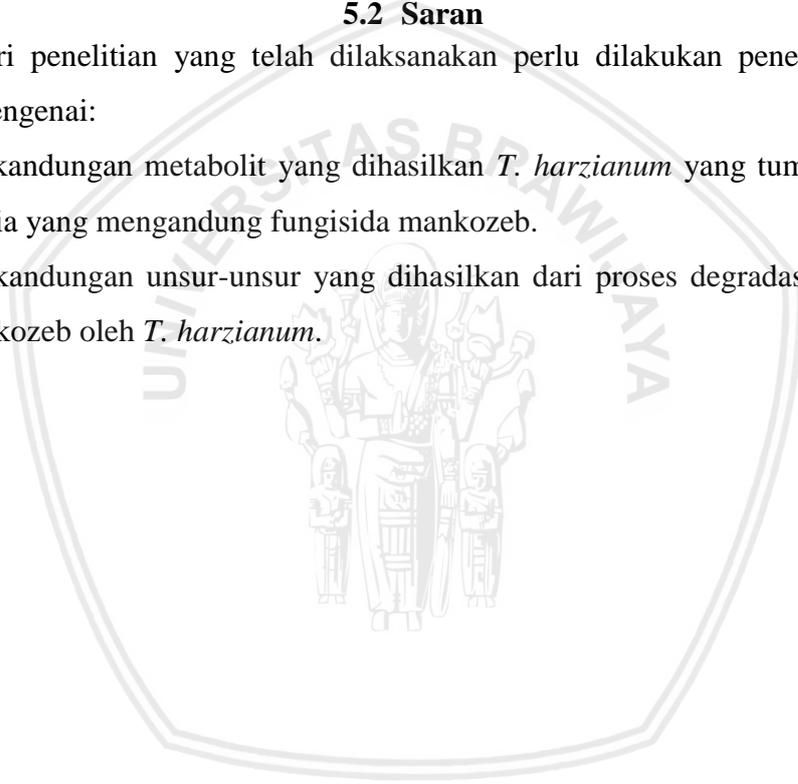
Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa

1. Jamur *T. harzianum* mampu tumbuh pada media yang mengandung fungisida mankozeb hingga konsentrasi 75 ppm.
2. Jamur *T. harzianum* memiliki potensi sebagai agen bioremediator fungisida mankozeb sampai batas konsentrasi 75 ppm. Hal ini ditandai dengan diameter jamur *Drechslera* sp. yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilaksanakan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai:

1. Uji kandungan metabolit yang dihasilkan *T. harzianum* yang tumbuh dalam media yang mengandung fungisida mankozeb.
2. Uji kandungan unsur-unsur yang dihasilkan dari proses degradasi fungisida mankozeb oleh *T. harzianum*.



DAFTAR PUSTAKA

- Afify, A.E.M.R., Abo-El-Seoud, M.A., Ibrahim, G.M, Helal, I.M.M dan Kassem, B.W. (2012). Exposing of *Trichoderma* spp. to Gamma Radiation for Stimulating its Pesticide Biodegradation Activity. *Journal Radiation Sciences and Applications* 5(2).
- Arif, A. 2015. Pengaruh Bahan Kimia Terhadap Penggunaan Pestisida Lingkungan. *JK FIK UINAM* 3(4).
- Berlian, I., Setyawan B., dan Hadi H.. 2013. Mekanisme Antagonis *Trichoderma* sp. terhadap Beberapa Patogen Tular Tanah. *Jurnal Warta Perkaretan* 32(2): 74-82.
- Biljana. 2011. Analysis of Pesticide Degradation Pathways. IPA Cross-border Cooperation Programme. Hungary-Serbia
- Darmayati, Y. 2013. Pengenalan Tentang Bioremediasi untuk Perairan Pantai Tercemar Minyak. *Oseana* 38 (2).
- Dewi, I.P., Maryono, T., Aeny, T.N., dan Ratih, S. 2015. Kemampuan *Trichoderma* sp. dan filtratnya dalam menekan pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* secara in vitro. *Jurnal Agrotek Tropika* 3(1): 130-133
- Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya. 2015. Pentaklorofenol (Pentachlorophenol) [online].<http://www.kelair.bppt.go.id/sib3pop/B3/Pentaklorofenol.htm> (diakses 22 Januari 2019)
- Estudio dan Ambiental, G. 2010. *Trichoderma* spp and its potential in soil bioremediation. European Commission. Drynet Science&Technology Expertise.
- Extension Toxicology Network. 1993. Mancozeb [online].<http://pmep.cce.cornell.edu-/profiles/extoxnet/haloxypop-methylparathion/mancozeb-ext.html> (diakses 9 Januari 2019)
- Gusnawaty, M. Taufiq, L. Triana dan Asniah. 2014. Karakterisasi Morfologis *Trichoderma* Spp. Indigenus Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos* . Vol. 4 (2). Hal 87-93
- Harni, R., Amaria, W., Syafaruddin, dan Mahsunah, A.H. 2017. Potensi Metabolit Sekunder *Trichoderma* spp. untuk Mengendalikan Penyakit Vascular Streak Dieback (VSD) Pada Bibit Kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar* 4(2).

- Herlina, L. 2009. Potensi *Trichoderma harzianum* sebagai Biofungisida pada Tanaman Tomat. BIOSAINTEFIKA 1(1).
- Herlinda, S., Utama, M.D., Pujiastuti, Y., dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media, Serta Virulensinya Terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.) J. HPT Tropika 6(2)
- Kumar, S., Biswas, S.K., Naresh, P. dan Kumas A. 2011. Comparative study of SAAF (carbendazim 12% + mancozeb 63% WP) with biocides against *Drechsleraoryzae* of Paddy. Ann. Pl. Sci 19 (2)
- Lestari, I., Umboh, S.D., dan Pelealu, J. 2018. Tingkat Populasi Jamur Tanah akibat Perlakuan Fungisida Mankozeb di Pertanaman Sayur Kubis (*Brassica oleracea* var. capitata) Kecamatan Modoinding, kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Jurnal Bioslogos 8(1).
- Marianah, L. 2013. Analisa Pemberian *Trichoderma* sp. Terhadap Pertumbuhan Kedelai. Karya Tulis Ilmiah.
- Munir, E. 2006. Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan. USU e-Repository: Medan.
- Nasnwa, R., Godara, S.L., Kakraliya, G.L., dan Choudhary, S. 2017. Efficacy of fungicides against *Drechslera setariae* causing leaf spot disease of pearl millet *Pennisetum glaucum* (L.) In vitro. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 6(4).
- Niswah, L. 2016. Pengetahuan dan Sikap Petani Sayuran di Cipanas Jawa Barat Terhadap Residu Pestisida. Skripsi Departemen Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian. Insitut Pertanian Bogor.
- Parte, S.G., Mohekar, A.D., dan Kharat, A.S. 2017. Microbial Degradation of Pesticide: A Review. African Journal of Microbiology Research 11(24): 992-1012.
- Pelcastre, M.I., Ibarra, J.R.V., Navarrete, A. M., Rosas, J.C., Ramirez, C.A.G.R., dan Sandoval, O.A.A. 2013. Bioremediation Perspectives Using Autochthonous Species of *Trichoderma* sp. for Degradation of Atrazine in Agricultural Soil From The Tulancingo Valley, Hidalgo, Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems 16(2):265.
- Pratiwa, R. 2015. Bioremediasi Dengan Perlakuan Hayati. Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang [online]. <http://www.bbpp-lembang.info/index.php/arsip/artikel/artikel-pertanian/962-bioremediasi-dengan-perlakuan-hayati>(diakses 21 Januari 2019)

- Puspitasari, D.J. dan Khaeruddin. 2016. Kajian Bioremediasi Pada Tanah Tercemar Pestisida. *Jurnal Riset Kimia Kovalen* 2(3):98.
- Rifai, M.A. 1969. A Revision of The Genus *Trichoderma*. *Mycological Papers* 116:56
- Sari, E.M., Suwirman, dan Noli, Z.A. 2014. Pengaruh Penggunaan Fungisida (Dithane M-45) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*L.) dan Kepadatan Spora Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA). *Jurnal Biologi Universitas Andalas* 3(3)
- Singh, O.P. dan Jain, A.K. 2011. *Trichoderma as Biocontrol Agent for Disease management*. Division of Plant Pathology: New Delhi.
- Sembiring, K.W. 2008. Efektivitas Mankozeb dan Metalaxyl dalam Menghambat Pertumbuhan *Cylindrocladium scoparium* Hawle Boedijn et Reitsma Penyebab Penyakit Busuk Daun Teh (*Camelia sinensis*.L) di Laboratorium. Skripsi. Departemen Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Setiyo, Y., Gunam, I.B.W., Sumiyati, dan Manurung, V.M. 2014. Kajian Populasi Mikroba pada Proses Bioremediasi Secara In-Situ di Lahan Budidaya Kentang. Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Denpasar Bali.
- Sing, N.N., Zulkharnain, A., Roslan, H.A., Assim, Z., dan Husaini, A. 2014. Bioremediation of PCP by *Trichoderma* and *Cunninghamella* Strains Isolated from Sawdust. *Braz. Arch. Biol. Technol* 57(6): 818
- Suryani, Y. 2011. Bioremediasi Limbah Merkuri dengan Menggunakan Mikroba pada Lingkungan yang Tercemar. Edisi Juni 5(1-2).
- Syahri dan Somantri, R.U. 2017. Studi Dampak Aplikasi Pestisida Terhadap Residu yang Ditimbulkannya pada Sayuran di Sumatera Selatan. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal, Palembang.
- Tribrata, Y., Siahaan, R., Pelealu, J.J., dan Mambu, S.M. 2015. Kepadatan Cacing Tanah pada Lahan Pertanian Tomat Terpapar Pestisida di Desa Ampreng, Kecamatan Langowan Barat – Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Bioslogos* 5(1).
- Vidali, M. 2011. Bioremediation. An overview. *Pure Appl. Chem.* 73: 1163–1172.
- Walia, A., Mehta, P., Guleria, S., Chauhan, A., dan Shirkot, C.K. 2014. Impact Of Fungicide Mankozeb at Different Application Rates on Soil Microbial Populations, Soil Biological Processes, And Enzyme Activities in Soil. *The scientific World Journal* Volume 2014. Hindawi Publishing Corporation

- Watanabe, T. 2002. Pictorial Atlas of Soil and SeedFungi Morphologies of Cultured fungi and Key to Species (Second Edition). CRC Press:London
- Xu, S. 2000. Environmental Fate Of Mancozeb. Environmental Monitoring & Pest Management. Department Of Pesticide Regulation: Sacramento.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Hasil Uji Pendahuluan



Gambar 10. Uji kemampuan tumbuh *T. harzianum* pada media beracun (10 HSI). PDB + fungisida mankozeb 100 ppm (A), PDB + fungisida mankozeb 500 ppm (B), 1000 ppm (C).



Gambar 11. Hasil uji hipersensitif jamur indikator (10 HSI). Diameter jamur 1 7,5 cm (A), diameter jamur 3,2 cm (B), diameter jamur 1,5 cm (C) (jamur indikator C yang digunakan dalam uji biodegradasi).



Gambar 12. Jamur *Drechslera* sp. Kenampakan makroskopis koloni (A), kenampakan mikroskopis(B).

Lampiran 2. Hasil Analisis Ragam

Tabel 6. Analisis Ragam Biomassa Jamur *T. harzianum*

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	0,12	0,03			
Galat	10	0,01	0,001	22,79**	3,48	5,99
Total	14	0,13				

Keterangan: ** = sangat berbeda nyata

Tabel 7. Analisis Ragam Evaluasi Hasil Biodegradasi (Bioassay)

Sumber Keragaman	JK	db	KT	F Hit	F tab 5%	F tab 1%
Perlakuan	1,1497	9	0,12774	10,08**	2,39	3,46
P (Konsentrasi fungisida)	0,9813	4	0,24533	19,37**	2,87	4,43
t (<i>T.harzianum</i>)	0,0030	1	0,00300	0,24	4,35	8,09
Pt	0,1653	4	0,04133	3,26*	2,87	4,43
Galat	0,2533	20	0,01267			

Keterangan: * = berbeda nyata; ** = sangat berbeda nyata