UJI AKTIVITAS ANTIFUNGI DAN FITOKIMIA METABOLIT SEKUNDER KAPANG ENDOFIT *Trichoderma* sp. TERHADAP KAPANG PATOGEN *Colletotrichum* sp. DAN *Fusarium oxysporum* PADA TANAMAN CABAI

SKRIPSI

Oleh :
ALDILA YUNIA PUTRI
NIM.14620044

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2018

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

UJI AKTIVITAS ANTIFUNGI DAN FITOKIMIA METABOLIT SEKUNDER KAPANG ENDOFIT *Trichoderma* sp. TERHADAP KAPANG PATOGEN *Colletotrichum* sp. DAN *Fusarium oxysporum* PADA TANAMAN CABAI

SKRIPSI

Oleh :
ALDILA YUNIA PUTRI
NIM.14620044

Diajukan Kepada :
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2018

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

UJI AKTIVITAS ANTIFUNGI DAN FITOKIMIA METABOLIT SEKUNDER KAPANG ENDOFIT *Trichoderma* sp. TERHADAP KAPANG PATOGEN *Colletotrichum* sp. DAN *Fusarium oxysporum* PADA TANAMAN CABAI

SKRIPSI

Oleh :

ALDILA YUNIA PUTRI

NIM.14620044

DosenPembimbing I	DosenPembimbing II
Dr. Hj. UlfahUtami, M.Si	**Mujahidin Ahmad, S.Pt. M.Sc**
NIP. 19650509 1990 3 2002	**NIDT. 19860512 20160801 1 060**

Mengetahui,
KetuaJurusan

Romaidi, M.Si. D.Sc
NIP. 19810201 200901 1 019

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

UJI AKTIVITAS ANTIFUNGI DAN FITOKIMIA METABOLIT SEKUNDER KAPANG ENDOFIT *Trichoderma* sp. TERHADAP KAPANG PATOGEN *Colletotrichum* sp. DAN *Fusarium oxysporum* PADA TANAMAN CABAI

SKRIPSI

Oleh :

ALDILA YUNIA PUTRI

NIM.14620044

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal Pengesahan : 21 November 2018

Penguji Utama	**Ir. Liliek Harianie AR. M.P** **NIP.19620901 199803 2 001**	
Ketua Penguji	**Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc.** **NIDT. 19900428 20160801 2 062**	
Sekretaris Penguji	**Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si** **NIP. 19650509 199903 2 002**	
Anggota Penguji	**Mujahidin Ahmad, S.Pt., M.Sc** **NIDT. 19860512 20160801 1 060**	

Mengetahui
Ketua Jurusan Biologi

Romaidi, M.Si. D.Sc.
NIP. 19810201 200901 1 019

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah saya panjatkan segala syukur kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat dan ridhoNya serta hidayah dalam penyelesaian skripsi ini, Shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW

***

Saya persembahkan karya sederhana ini kepada kedua orang tuaku, Ayah Syaiful Kholiq dan Ibu Nunuk Purwantini yang selalu memberi doa, kasih sayang, dukungan, dan motivasi yang tak pernah ternilai dan tergantikan. Terimakasih juga kepada kakakku Agie Botianovi, kakak iparku Ahmad Hidayat, adikku Aldisar Yanuar Putra, serta Keponakanku Dzakwan Jundi Firdaus, Hafidzah Faradillah Ayat dan Hafidzah Zalfasya Ayat yang telah memberi dukungan baik moril maupun materil.

***

Terimakasih tak terhingga kepada seluruh dosen Jurusan Biologi yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan sabar sampai akhir pendidikan ini.

***

Terimakasih juga kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaikan tugas akhir ini.

***

Terimakasih kepada teman-teman yang aku cintai, Telomer ’14, kelas B (Mbak Mif, Diah, Mbak Umi, Mbak Ana, Mbak Zima, Lina, Anita, Rasya, Hendro,Cin, Fatin, Dennis), pasukan khusus (Fajrul, Roddy, Rizqu), Barisan incess (Nila, Nisa, Ema), Micro squad tanpa dosen (Titin, Ely, Inna, Eva, Hari, Rifqy, Nisul, Harits, Yoda, dll) yang telah menemani dalam suka duka dan berjuang bersama selama perkualian hingga masa skripsi ini. Serta sahabatku Dea, Iin, Tria, Nisa, Sasa, Manda, Andrian.

***

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda di bawahini:

Nama : AldilaYuniaPutri

NIM : 14620044

Jurusan : Biologi

Fakultas : SainsdanTeknologi

JudulSkripsi : Uji Aktivitas Antifungi dan Fitokimia Metabolit Sekunder Kapang Endofit *Trichoderma* sp. terhadap Kapang Patogen *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum* Pada Tanaman Cabai

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang,

Yang membuat pernyataan

Aldila Yunia Putri

NIM.14620044

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MOTTO HIDUP

“Tenang itu akan hadir bila pada akhirnya kita memilih untuk berharap hanya pada Allah”

“Manusia hanya bisa berencana, Allah yang menentukan dan Allah Maha Tahu yang terbaik untuk hambaNya”

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Uji Aktivitas Antifungi dan Fitokimia Kapang Endofit *Trichoderma* sp. terhadap Kapang Patogen *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum* pada Tanaman Cabai

Aldila Yunia Putri, Ulfah Utami, Mujahidin Ahmad

ABSTRAK

Pernyakit yang sering menyerang cabai ialah antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp. dan layu fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*. Salah satu alternatif untuk mengurangi patogen tersebut dengan Trichoderma. Antibiosis merupakan salah satu mekanisme yang digunakan untuk menghambat patogen, sehingga adanya peran metabolit sekunder perlu diuji dan dikembangkan sebagai antifungi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metabolit sekunder kapang endofit *Trichoderma* sp. terhadap kapang patogen *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum* serta golongan senyawa yang terkandung di dalamnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dan dekskriptif. Penelitian eksperimen dilakukan dengan menguji metabolit sekunder *Trichoderma* sp. sebagai antifungi. Terdapat dua metode untuk menguji aktivitas antifungi, yaitu uji metabolit sekunder non volatil dan uji metabolit sekunder volatil. Kemudian dilanjutkan menguji golongan senyawa menggunakan uji fitokimia terhadap filtrat (metabolit sekunder) *Trichoderma* sp. Hasil uji aktivitas antifungi menunjukkan hasil signifikan terhadap perlakuan kontrol. Metabolit sekunder non volatil *Trichoderma* sp. menunjukkan penghambatan sebesar 20,58% terhadap *Colletotrichum* sp. dan 13,02% terhadap *Fusarium oxysporum*. Sedangkan uji aktivitas metabolit sekunder volatil *Trichoderma* sp. menunjukkan penghambatan sebesar 41,11% terhadap *Colletotrichum* sp. dan 12,45% terhadap *Fusarium oxysporum*. Selanjutnya untuk uji fitokimia, filtrat kapang endofit *Trichoderma* sp. menunjukkan positif mengandung senyawa golongan alkaloid.

Kata kunci : endofit *Trichoderma* sp., metabolit sekunder, fitokimia, aktivitas antifungi, patogen *Colletotrichum* sp. patogen *Fusarium oxysporum*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Antifungal and Phytochemical Activity Test Of Endophytic Molds *Trichoderma* sp. Againts the Pathogen Mold *Colletotrichum* sp. and *Fusarium oxysporum* in Chili Plants

Aldila Yunia Putri, Ulfah Utami, Mujahidin Ahmad

ABSTRACT

The disease that often attacks chili is anthracnose caused by *Colletotrichum* sp. and fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum*. One alternative to reduce these pathogens with Trichoderma. Antibiosis is one of the mechanisms used to inhibit pathogens. So the role of secondary metabolites needs to be tested and developed as antifungals. This study aims to determine the effect of secondary metabolites of endophytic molds *Trichoderma* sp. against pathogenic molds *Colletotrichum* sp. and *Fusarium oxysporum* and the class of compounds contained therein. The method used in this study is experimental and descriptive. Experimental research was carried out by testing the secondary metabolites of *Trichoderma* sp. as an antifungal. There are two methods for testing antifungal activity, namely testing of non volatile secondary metabolites and testing of volatile secondary metabolites. Then proceed to test the compound group using phytochemical test on the filtrate (secondary metabolite) *Trichoderma* sp. The test results of the activity of antifungal showed significant on the control treatment. Activity secondary metabolites of non volatile *Trichoderma* sp. showed inhibition of 20.58% against *Colletotrichum* sp. and 13.02% of *Fusarium oxysporum*. While testing the activity of volatile secondary metabolites *Trichoderma* sp. showed inhibition of 41.11% against *Colletotrichum* sp. and 12.45% of *Fusarium oxysporum*. Next for the phytochemical test, Trichoderma sp. shows positive compounds containing alkaloid groups.

Keywords: endophytic *Trichoderma* sp., Secondary metabolites, phytochemicals, antifungal activity, pathogen *Colletotrichum* sp. pathogen *Fusarium oxysporum*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

اختبار النشاط المضاد للفطريات والمواد الكيميائية النباتية للقوالب الاندوفيت الترايكوديرما س.ف (Trichoderma sp.) على القوالب المسببات الأمراض كوليتوريوم س.ف (Colletotrichum sp.) و فيوزاريوم أوكسسفوروم (Fusarium oxysporum) في نبات الفلفل

ألديلا يونيا فوتري ، أولفة أوتامي ، مجاهدين أحمد

الملخص البحث

المرض الذي يهاجم غالبا الفلفل هو أنتراكنوز (antraknosa) الذى يسببها كوليتوريجوم س.ف. وذمة الفيوزاريوم التى تسببها فيوزاريوم أوكسسفوروم. واحد من العوامل لتقليل المسببات الأمراض هو مع الترايكوديرما س.ف. المضاد الحيوي هو واحد من الآليات المستخدمة لمنع مسببات الأمراض ، لذلك يحتاج دور المستقلبات الثانوية إلى اختبارها وتطويرها كمضادات للفطريات. يهدف هذا البحث إلى تحديد تأثير المستقلبات الثانوية للفطريات البينية الترايكوديرما س.ف ضد القوالب المسببة للأمراض كوليتوريجوم س.ف و فيوزاريوم أوكسسفوروم وفئة المركبات الموجودة فيه. الطريقة المستخدمة في هذا البحث هي طريقة تجريبية ووصفية. أجري البحث التجريبي من خلال اختبار المستقلبات الثانوية من الترايكوديرما س.ف كمضاد للفطريات. هناك طريقتان لاختبار نشاط مضاد للفطريات ، وهما اختبار المستقلب الثانوي غير المتطاير واختبار المستقلب الثانوي المتطاير. اختبرت المجموعة المركبة باستخدام الاختبارات الكيميائية النباتية على الترشيح (المستقلب الثانوي) للترايكوديرما س.ف. أظهرت نتائج اختبار النشاط المضاد للفطريات نتائجا مهمة على علاج السيطرة. ظهر مستقلب ثانوي غير متطاير للترايكوديرما س.ف التثبيط 20.58٪ على كوليتوريوم س.ف و 13.02 ٪ على فيوزاريوم أوكسسفوروم.دل اختبار نشاط المستقلب الثانوي المتطاير للترايكوديرما س.ف التثبيط 41.11٪ على كوليتوريوم س.ف و 12.45 ٪ على فيوزاريوم أوكسسفوروم . ودل أيضا لاختبار الكيميائي النباتي، الترشيح القوالب الاندوفيت الترايكوديرما س.ف إيجابيا ويحتوي المركب لمجموعة القلويد

الكلمات الرئيسية: الاندوفيت الترايكوديرما س.ف ، المستقلب الثانوي، المواد الكيميائية النباتية، النشاط المضاد للفطريات ، المسببات الأمراض كوليتوريوم س.ف وفيوزاريوم أوكسسفوروم

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil ‘alamin penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang telah melimpahkanNyas ehingga skripsi dengan judul “Uji Aktivitas Antifungi dan Fitokimia Metabolit Sekunder Kapang Endofit *Trichoderma* sp. terhadap Kapang Patogen *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum* pada Tanaman Cabai” ini dapat diselesaikan dengan baik sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan manusia ke jalan kebenaran.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M. Ag selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selalu Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Romaidi, M.Sc. D.Sc. selaku Ketua Jurusan Biologi Universitas Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Dwi Suheriyanto, M.P selaku walidosen yang telah membimbing dan menasehati selama masa pendidikan di Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Mujahidin Ahmad, M.Sc, selaku dosen pembimbing II (Pembimbing Agama). Terima kasih atas bimbingannya dalam menuntun penulisan skripsi ini.
6. Ir. Liliek Harianie, M.P dan Prilya Dewi, M. Sc, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesain skripsi ini.
7. Seluruh dosen, laboran, dan staf administrasi Jurusan Biologi yang telah memberikan kemudahan, terima kasih ilmu dan nasihat selama perkuliahan.
8. Kedua orang tua, Bapak Syaiful Kholiq dan Ibu Nunuk Purwantini, kakak Agie Botianovi, Adik Aldisar Y.P. yang selalu memberikan doa terbaik, semangat, serta motivasi kepada penulis.
9. Semua pihak yang ikut membantu dan memberi dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, dan bagi para pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat dan melimpah kanrahmat dan ridhoNya. Aamiin

Malang, November 2018
Penulis

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGAJUAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN vi
MOTTO vii
ABSTRAK xiii
ABSTRACT ix
الملخص x
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR LAMPIRAN xvi

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 8
1.3 Tujuan 9
1.4 Manfaat 9
1.5 Batasan Masalah 9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Kapang Endofit 12
2.2 *Trichoderma* sp. 14
2.2.1 Klasifikasi *Trichoderma* sp. 15
2.2.2 Morfologi *Trichoderma* sp. 15
2.3 KapangPatogen 16
2.3.1 *Colletotrichum* sp. 16
2.3.2 Fusarium oxysporum 17
2.4 Metabolit Sekunder Fungi 19
2.5 Mekanisme Kerja Antifungi 21
2.6 Uji Aktivitas Antifungi 22
2.7 Uji Fitokimia 24

BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Rancangan Penelitian 26
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 26

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.3 Alat dan Bahan Penelitian 26
3.3.1 Alat Penelitian 26
3.3.2 Bahan Penelitian 27
3.4 Prosedur Penelitian 27
3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan 27
3.4.2 Pembuatan Media 28
3.4.2.1 Pembuatan Media PDA 28
3.4.2.2 Pembuatan Media PDB 28
3.4.3 Peremajaan Kapang Endofit dan Patogen 28
3.4.4 Pembuatan *Stock Culture* dan *Working Culture* 28
3.4.5 Fermentasi Kapang Endofit 29
3.4.6 Uji Aktivitas Antifungi Metabolit Sekunder Kapang Endofit 28
3.4.7 Uji Fitokimia Metabolit Sekunder Kapang Endofit 31
3.5 Analisis Data 33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Aktivitas Antifungi Metabolit Sekunder Non Volatil Kapang Endofit *Trichoderma* sp. terhadap *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum* 34
4.2 Aktivitas Antifungi Metabolit Sekunder Volatil Kapang Endofit *Trichoderma* sp. terhadap *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium Oxysporum* 41
4.3 Kandungan Golongan Senyawa pada Metabolit Sekunder Kapang Endofit *Trichoderma* sp. 47

BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan 50
5.2 Saran 50

DAFTAR PUSTAKA 51
LAMPIRAN 57

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR GAMBAR

2.1 Morfologi *Trichoderma* sp. 14
2.2 Koloni *Colletotrichum capsici* 16
2.3 Penyakit antraknosa pada buah cabai 17
2.4 Koloni *Fusarium oxysporum* 18
4.1 Diameter kapang patogen *Colletotrichum sp.* pada perlakuan uji aktivitas metabolit non volatil 37
4.2 Diameter kapang patogen *Fusarium oxysporum* pada perlakuan uji aktivitas metabolit non volatil 39
4.3 Diamater koloni kapang patogen pada aktivitas antifungi metabolit sekunder volatil 45
4.4 Pengamatan makroskopis Fusarium oxysporum pada perlakuan uji aktivitas metabolit volatil 46
4.5 Pengamatan mikroskopik kapang patogen *Colletotrichum* sp. dalam perlakuan volatilitas (metabolit volatil) 47

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR TABEL

4.1 Hasil uji lanjut DMRT aktivitas antifungi metabolit non volatil *Trichoderma* sp. terhadap kapang patogen *Colletotrichum sp*..... 34
4.2 Hasil uji lanjut DMRT aktivitas antifungi metabolit non volatil *Trichoderma* sp. terhadap kapang patogen *Fusarium oxysporum* 37
4.3 Hasil uji aktivitas antifungi metabolit volatil *Trichoderma* sp terhadap *Colletotrichum* sp.dan *Fusarium oxysporum* 42
4.4 Hasil uji fitokimia metabolit sekunder kapang endofit *Trichoderma* sp. 48

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alur Penelitian 57
Lampiran 2. Tabel Data Hasil Pengamatan 58
Lampiran 3. Hasil Analisis Variansi (ANAVA) dan Uji Lanjut DMRT 5% 60
Lampiran 4. Gambar Hasil Pengamatan 63
Lampiran 5. Perhitungan Pembuatan Konsentrasi Perlakuan 69
Lampiran 6. Alat-Alat Penelitian 70
Lampiran 7. Bahan-Bahan Penelitian 71
Lampiran 8. Foto Kegiatan Penelitian 72

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komoditas hortikultura merupakan komoditas yang memiliki peran penting dalam bidang pangan. Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang banyak digemari oleh masyarakat di Indonesia, terutama pada bagian buahnya yang memiliki rasa pedas. Ashari (1995) menyatakan bahwa cabai rawit dibudidayakan oleh petani karena banyak dibutuhkan masyarakat, baik dalam skala rumah tangga maupun skala industri. Cabai digunakan sebagai bumbu masakan dan campuran bahan pelengkap industri makanan.

Kebutuhan cabai meningkat karena semakin bervariasi dan maraknya jenis makanan yang menggunakan komoditas ini serta terus meningkatnya jumlah penduduk. Angka permintaan yang meningkat tidak diimbangi dengan produksinya. Menurut Kepala Badan Pusat Statistik dan Direktoral Jenderal Hortikultura (2016), menyatakan bahwa pada beberapa daerah, cabai rawit tidak mengalami peningkatan yang signifikan dalam produktifitasnya, bahkan menurun hingaa 42,05% di wilayah timur Indonesia.

Penuruan produksi cabai disebabkan banyak faktor antara lain varietas tanaman cabai, teknik budidaya, kondisi geografis, dan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Keberadaan OPT meliputi hama, penyakit, dan gulma mampu menurunkan produktifitas cabai. Penyakit yang sering terdapat pada cabai adalah penyakit antraknosa (patek) yang disebabkan oleh patogen

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Colletotrichum sp. (Duriat, *et al*, 2007). Lebih dari 90% antraknosa yang menginfeksi cabai diakibatkan oleh jamur *Colletotrichum capsici* (Syukur, 2007). Patogenitas genus Colletotrichum sangat kuat sehingga dapat menurunkan produksi cabai secara kuantitas dan kualitas (Ainy, 2015). Selain *Colletotrichum capsici*, Kapang *Fusarium oxysporum* juga menurunkan produktivitas cabai rawit sebesar 50% (Mahartha, 2013).

Pengendalian penyakit antraknosa yang selama ini dilakukan oleh para petani umumnya menggunakan bahan kimia dengan harapan hasil pertanian akan meningkat (Prijianto, 2009). Pemakaian fungisida sintetik yang intensif berimplikasi pada akumulasi senyawa beracun (toksik) yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan, serta mengakibatkan resistensi pada hama penyakit (Cook, 1985). Allah berfirman dalam QS. Al-A'raf ayat 56 :

وَلَا تُفْسِدُوا۟ فِى ٱلْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَٰحِهَا وَٱدْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ ٱللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ ٱلْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Yang artinya : "Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik"

Tafsir Surat al- A'araf ayat 56 menurut Ibnu Katsir yaitu: "*janganlah kamu membuat kerusakan di bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya*". Allah melarang dari perbuatan yang menimbulkan kerusakan dan hal-hal yang membahayakannya, setelah dilakukan perbaikan atasnya. Karena jika berbagai

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

macam urusan sudah berjalan dengan baik dan setelah itu terjadi perusakan, maka yang terjadi lebih berbahaya bagi umat manusia (Abdullah, 2007).

Berdasarkan penafsiran menurut tafsir Ibnu Katsir, surat Al A'raf ayat 56 di atas menyatakan bahwa Allah SWT melarang manusia berbuat kerusakan di bumi, karena kerusakan tersebut yang dapat membahayakan umat manusia. Terdapat beberapa cara yang dapat menimbulkan kerusakan di bumi. Salah satu bentuk perbuatan yang tersebut ialah dengan penggunaan fungisida sintesik yang dapat menimbulkan kerusakan pada alam. Sehingga perlu dikembangkan suatu alternatif untuk mengurangi penggunaan fungisida sintetik.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi penggunaan fungisida sintetik ialah melakukan pengendalian hayati dengan menggunakan agen biokontrol. Agen biokontrol mampu menekan pertumbuhan fungi patogen (Soenartiningsih, 2014). Pengendalian hayati dapat dilakukan dengan menggunakan makhluk hidup, dengan adanya senyawa aktif yang dihasilkan oleh makhluk hidup tersebut dapat menghambat dan mematikan patogen secara ramah lingkungan. Organisme ini biasa disebut dengan agen biokontrol.

Trichoderma sp. merupakan salah satu agen biokontrol utama yang digunakan pada beberapa penyakit yang berbeda (Harman, 2004). *Trichoderma* sp adalah jamur yang hidup bebas pada tanah dan ekosistem akar. Genus Trichoderma efektif dalam pengendalian penyakit pada beberapa tanaman pertanian (Kubicek *et al*, 2001). Keberadaan fungi dijelaskan sebagaimana dalam QS. Asy syu'ara ayat 7:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

أَوَلَمۡ يَرَوۡاْ إِلَى ٱلۡأَرۡضِ كَمۡ أَنۢبَتۡنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوۡجٖ كَرِيمٍ ۝٧

Yang artinya: "Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik."

Menurut tafsir Al Qurthubi, Allah memperingatkan akan keagungan dan kekuasaanNya, bahwa jika mereka melihat dengan hati dan mata mereka niscaya mereka mengetahui bahwa Allah adalah yang berhak disembah. Kata "*kariim*" artinya baik dan mulia. Adapun asal kata *al karam* dalam bahasa Arab adalah *al fadhl* (keutamaan) (Hifnawi, 2009). Salah satu bentuk keagungan Allah SWT telah menciptakan makhluk hidup dengan perbagai macam jenis, diantaranya fungi. Terdapat fungi yang memiliki sifat baik atau kariim. Contohnya fungi endofit yang dapat menghambat pertumbuhan fungi patogen.

Keberadaan Genus Trichoderma selain pada tanah dan sistem perakaran, juga dapat ditemukan dalam jaringan tumbuhan sebagai endofit. *Trichoderma sp.* ditemukan sebagai fungi endofit dalam buah strawberry (*Fragaria xannassa* var) (Rakhmawati, 2017). Fungi endofit hidup di dalam jaringan tanaman inang tanpa menyebabkan efek negatif pada inang bahkan mempertahankan inangnya dari kondisi abiotik atau biotik yang menyerang (Kumar, 2013). Kapang endofit *Trichoderma* sp. yang ditemukan dalam buah Strawberry memiliki potensi untuk menghambat kapang patogen. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Afifah, 2017; Furi, 2017), fungi endofit *Trichoderma* sp dari buah Strawberry (*Fragaria xannassa* var) mampu menekan fungi patogen penyebab *Spot Leaf* pada tanaman Strawberry sebesar 100% dan *Colletotrichum capsici* sebesar 96% secara in-vitro melalui metode *dual culture*. Dalam penelitian (Sumiartha, 2015), *Trichoderma*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sp. mampu menghambat *Fusarium oxysporum* sebesar 86,05%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungi endofit *Trichoderma* sp tersebut berpotensi baik dalam menghambat fungi patogen.

Terdapat beberapa mekanisme yang digunakan kapang untuk menghambat kapang patogen, yaitu antibiosis, kompetisi, mikoparasit, dan lisis. Tiap mekanisme yang dilakukan oleh *Trichoderma* sp. tidak dapat dilakukan sendiri dalam melakukan penghambatan. Antibiosis mempunyai peran penting dalam proses pengendalian dan hampir selalu terkait dengan mekanisme lainnya seperti kompetisi dan mikoparasitisme (Berlian, 2013). Meskipun mikoparasitisme dianggap sebagai mekanisme antagonisme yang utama, tetapi penelitian lebih lanjut mengungkapkan bahwa metabolit sekunder yang dihasilkan *Trichoderma* sp juga berperan penting dalam aktivitas antijamurnya (Chet *et al*, 2005).

Peranan antijamur yang digunakan sebagai penawar atau penghambat pertumbuhan jamur pathogen terdapat dalam QS. Yasin ayat 36:

سُبْحَٰنَ ٱلَّذِى خَلَقَ ٱلْأَزْوَٰجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنۢبِتُ ٱلْأَرْضُ وَمِنْ أَنفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُونَ ﴿٣٦﴾

Artinya : Maha Suci (Allah) yang telah menciptakan semuanya berpasang-pasangan, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka sendiri, maupun dari apa yang tidak mereka ketahui.

Menurut tafsir Ibnu Katsir QS. Yasin ayat 36 yaitu : *Maha Suci (Allah) yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi*, yakni berupa tumbuh-tumbuhan, buah-buahan, dan tanam-tanaman. *Maupun dari apa yang tidak mereka ketahui*, yaitu berupa

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

makhluk-makhluk lain yang tidak mereka ketahui. Sebagimana Allah SWT berfiman "*Dan segala sesuatu Kami ciptakan berpasang-pasangan supaya kamu mengingat akan kebesaran Allah"* (Az-Zariyat:49), yang artinya seluruh makhluk itu berpasang-pasangan, langit dan bumi, siang dan malam, matahari dan bulan, daratan dan lautan, terang dan gelap, bahkan sampai pada hewan dan juga tumbuhan (Abdullah, 2007).

Allah menciptakan kapang patogen dan menciptakan kapang endofit untuk penghambatnya, Allah juga menciptakan fungi maka akan ada antifungi sebagai pasangannya. Antifungi ini dapat diperoleh melalui metabolit sekunder yang dihasilkan oleh suatu fungi tertentu. Dalam bidang medis atau obat-obatan, pertanian, dan industri makanan, adanya metabolit atau senyawa alami yang dihasilkan oleh makhluk hidup memiliki peran penting.

Produk alami dari aktivitas antibiotik dalam menghambat pertumbuhaan organisme (sel tumor) atau patogen (bakteri, fungi, virus) pada konsentrasi rendah. Organisme yang berbeda akan menghasilkan metabolit yang berbeda, contohnya Bacteriocin dari *Bacillus subtilis*, dan Penisilin dari *penicilum notatum* (Namasivayam, 2014). Mikroba endofit menjanjikan penemuan baru karena senyawa-senyawa bioaktif yang dikandung (Strobel *et al*, 2004). Mikroba endofit mampu menghasilkan senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, terpen, steroid, flavonoid, kuinon, fenol dan lain sebagainya.

Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh fungi dan sudah diaplikasikan untuk tanaman, contohnya: Giberelin. Giberelin ditemukan di Jepang pada abad ke 19 ketika terdapat penyakit jamur *Gibberela fujikuroi* (*Fusarium fujikuroi*) yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menginfeksi padi yang menyebabkan padi tumbuh berlebih. Nama Giberelin merupakan komponen aktif atau metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur yang kini digunakan untuk mempercepat pertumbuhan tanaman yang kerdil dan induksi pembungaan (Hedden, 2015).

Senyawa metabolit sekunder beragam, yang *Trichoderma harziaum* menghasilkan yaitu Harzianopyridone, harzianolide, dan harzianic acid (Vinale, 2012). Alkyl pyrone yang merupakan senyawa antijamur yang dapat menghambat perkecambahan miselia *Colletotrichum capsici* (Howell, 2003). 6-pentyl-α pyranone dan 6-(4-oxopentyl)-2H-pyran-2-one yang diisolasi dari *T. koningii* aktivitas antifungi yang sangat baik terhadap *S. rolfsii* (Ozkale, 2017). *T. koninggi* memproduksi koninginins, *T. viriens* memproduksi viridin (Vinale, 2012)

Struktur molekul antibiotik yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. diidentifikasi menjadi dua tipe utama: metabolit volatil dan berat molekul rendah seperti senyawa aromatik sederhana seperti beberapa poliketida termasuk pyron, isocyanates, butenolides, dan terpen yang mudah menguap, yang semuanya merupakan zat nonpolar dengan tekanan uap yang cukup besar, dan metabolit nonvolatil dengan sifat polar dari berat molekul tinggi yang dapat menginduksi interaksi langsung antara *Trichoderma* sp. dan antagonis dengan cara yang sama seperti gliovirin, peptaibol, dan diketopiperazine seperti gliotoxin (Reino, 2008).

Beberapa penelitian juga menyatakan bahwa metabolit sekunder nonvolatil dan volatil memiliki nilai penghambatan yang berbeda, hal tersebut menunjukkan bahwa karateristik metabolit yang berbeda menghasilkan nilai penghambatan yang berbeda. 5% filtrat metabolit nonvolatil *Trichoderma viridae* mampu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menghambat *Colletotrichum capsici* sebesar 50,79%, sedangkan metabolit volatilnya mampu menghambat *Colletotrichum capsisi* sebesar 25,5% (Krishna, 2016). Sehingga diperlukan uji kepada dua jenis metabolit sekunder tersebut serta eksplorasi kapang *Trichoderma* sp. lain dan pengujian konsentrasi yang lebih tinggi untuk memperoleh nilai hambatan yang lebih besar.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya bahwa kapang endofit *Trichoderma* sp dapat berpotensi menghambat fungi patogen dengan baik namun hingga saat ini belum banyak diketahui mengenai kemampuan metabolit sekunder kapang tersebut dan masih diperlukan penelitian-penelitian mengenai metabolit agar dapat memproduksi senyawa yang efektif menghambat kapang patogen. Oleh karena itu, penelitian lanjutan ini dilakukan untuk mengetahui apakah metabolit sekunder yang dihasilkan oleh kapang endofit *Trichoderma sp.* memiliki potensi sebagai antifungi dan uji fitokimia metabolit sekunder yang dihasilkan oleh kapang endofit agar dapat mengetahui golongan senyawa yang terkandung dalam metabolit tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah metabolit sekunder kapang endofit *Trichoderma sp.* berpengaruh terhadap kapang patogen *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum*?
2. Senyawa golongan apa yang terkandung dalam metabolit sekunder fungi endofit *Trichoderma sp.* yang berpotensi sebagai antifungi?

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh metabolit sekunder kapang endofit *Trichoderma sp.* terhadap kapang patogen *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum.*
2. Untuk mengetahui golongan senyawa yang terkandung dalam metabolit sekunder kapang endofit *Trichoderma sp.*

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang potensi metabolit sekunder kapang endofit yang dapat menghambat pertumbuhan kapang patogen.
2. Mengetahui golongan senyawa yang dapat digunakan dan dikembangkan sebagai antifungi yang berasal dari fermentasi kapang endofit *Trichoderma* sp
3. Memberikan informasi yang dapat dijadikan acuan penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Isolat kapang endofit *Trichoderma* sp. diperoleh dari tanaman stroberi (hasil isolasi Emilia, mahasiswi Biologi angkatan 2012) yang merupakan koleksi isolat Trichoderma Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Fakultas Saintek Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

2. Uji aktivitas antifungi dilakukan secara in-vitro terhadap *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum*. *Colletotrichum* sp. diisolasi dari buah cabai rawit yang terserang patek/antraknosa. *Fusarium oxysporum* diisolasi dari tanaman cabai yang terserang penyakit layu fusarium. Kedua patogen merupakan koleksi Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Saintek Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah diameter koloni *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum*.
4. Metabolit antifungi yang digunakan merupakan metabolit sekunder yang diambil dari hasil fermentasi kapang endofit *Trichoderma* sp. selama 7 hari (sesuai fase stasioner kapang tersebut).
5. Terdapat dua uji aktivitas antifungi metabolit sekunder yang dilakukan, yaitu: uji aktivitas antifungi metabolit non volatil dan volatil.
6. Metabolit sekunder yang digunakan dalam uji aktivitas antifungi non volatil adalah filtrat (media) hasil fermentasi, sedangkan untuk metabolit sekunder volatil menggunakan miselia jamurnya secara langsung.
7. Konsentrasi metabolit sekunder non volatil (filtrat) yang digunakan untuk uji aktivitas antifungi adalah 10%, 20%, dan 30%.
8. Kontrol positif yang digunakan untuk uji aktivitas antifungi adalah fungisida Antracol 70WP berbahan aktif propinep 70%.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

9. Pengamatan makroskopis dan mikroskopis dilakukan pada hasil yang paling tinggi.
10. Pengujian fitokimia menggunakan metabolit sekunder non volatil (filtrat) hasil fermentasi kapang endofit *Trichoderma* sp.
11. Uji fitokimia senyawa aktif terdiri dari steroid/triterpenoid, alkaloid, flavonoid, tanin, dan saponin.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapang Endofit

Allah berfirman dalam QS. Saba ayat 22 :

قُلِ ٱدۡعُواْ ٱلَّذِينَ زَعَمۡتُم مِّن دُونِ ٱللَّهِۖ لَا يَمۡلِكُونَ مِثۡقَالَ ذَرَّةٖ فِي ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَلَا فِي ٱلۡأَرۡضِ وَمَا لَهُمۡ فِيهِمَا مِن شِرۡكٖ وَمَا لَهُۥ مِنۡهُم مِّن ظَهِيرٖ ٢٢

Artinya : *Katakanlah (Muhammad), "Serulah mereka yang kamu anggap (sebagai tuhan) selain Allah! Mereka tidak memiliki (kekuasaan) seberat zarrah pun di langit dan di bumi, dan mereka sama sekali tidak mempunyai peran serta dalam (penciptaan) langit dan bumi dan tidak ada di antara mereka yang menjadi pembantu bagi-Nya."*

Menurut tafsir Al Qurthubi, Arti "*Mereka tidak memiliki (kekuasaan) seberat dzarrah pun di langit dan di bumi*" maksudnya tidak ada bantuan sedikit pun bagi Allah dari mereka atas menciptakan sesuatu. Kata (dzarrah) dalam ayat tersebut merupakan sedikit pun. (Hifnawi, 2009). Makna dzarrah yang memiliki arti sedikit secara emplisit ialah sangat kecil. Di dalam bumi ini banyak hal yang berukuran kecil baik secara kasat mata ataupun perlu alat bantu untuk melihatnya. Salah satu contohnya ialah kapang. Kapang memiliki ukuran mikro atau kecil, tampak jika ditumbuhkan di media dan lebih detail jika dilihat dengan alat bantu.

Kapang adalah organisme eukariotik, bersifat heterotrof, dinding selnya mengandung kitin, tidak berfotosintesis, mensekresikan enzim ekstraseluler ke

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

lingkungan dan memperoleh nutrisi dengan cara absorpsi. Berdasarkan penampakannya, fungi dikelompokkan ke dalam kapang (*mold*), khamir (*yeast*), dan cendawan (*mushroom*) (Gandjar, 2006).

Endofit adalah salah satu mikroorganisme yang berada di jaringan lapisan bawah sel spidermis yang tidak menyebabkan efek negatif bagi inangnya (Gunatilaka, 2006). Studi telah menunjukkan bahwa hampir 300.000 spesies tanaman untuk bertahan hidup di bumi, masing-masing tanaman merupakan inang bagi satu atau lebih endofit. Endofit dapat hidup di bagian tanaman atau bagian bawah tanaman melalui akar, celah akar merupakan salah satu pintu masuk utama untuk mikroorganisme. Baik jamur atau bakteri merupakan mikroba yang umum hidup sebagai endofit, namun yang sering diisolasi adalah jamur (Hardoim, 2015).

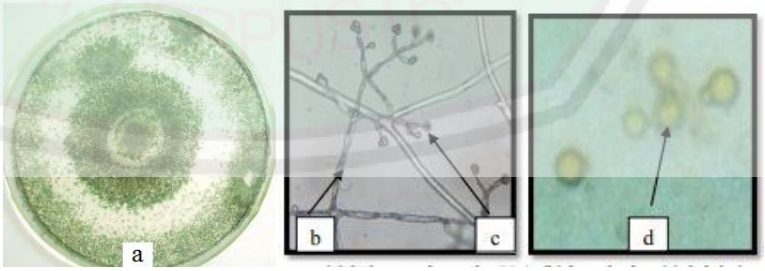
Keberadaan mikroorganisme endofit terdapat di jaringan tanaman seperti bunga, buah, batang, daun, akar, dan biji berfungsi sebagai pelindung bagi tanaman inang dari stres lingkungan dan kompetisi mikroorganisme patogen. Mikroorganisme ini hidup saling menguntungkan dengan tanaman inang, dimana mikroorganisme endofit mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman inang sedangkan pihak mikroorganisme menghasilkan senyawa aktif berupa metabolit sekunder yang menjaga inang dari serangan penyakit (Gunatilaka, 2006). Endofit juga dapat meningkatkan pertumbuhan inang dengan menghasilkan fitohormon tanpa menganggu pengambilan nutrient inang (Strobel, 2004).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.2 *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. merupakan kapang yang dikenal sebagai salah satu agen biokontrol utama yang memiliki pertumbuhan cepat dalam kultur dan spora berwarna hijau (Howell, 2003). *Trichoderma* sp. adalah jamur yang hidup bebas pada tanah dan ekosistem akar. Trichoderma efektif dalam pengendalian penyakit pada beberapa tanaman pertanian (Kubicek *et al*, 2001). *Trichoderma* sp. tergolong Ascomycota yang biasanya tidak menyebabkan penyakit yang memiliki spora filament yang berwarna hijau. Keberadaannya ditemukan pada berbagai kondisi ekologi. Selain sering ditemukan di sistem perakaran ataupun tanah, Trichoderma juga dapat ditemukan sebagai fungi endofit. Dalam penelitian Rakhmawati (2016), kapang genus *Trichoderma* ditemukan sebagai fungi endofit pada buah Stroberi.

Sebagai agen biokontrol, *Trichoderma* sp. memiliki mekanisme yang digunakan dalam pertahanan tanaman inang yang ditempatinya berupa mikoparasitisme, menghasilkan metabolit antimikroba (Kumar, 2013), antibiosis, kompetisi tempat tumbuh dan nutrisi (Berlian, 2013).



Gambar 2.1. Morfologi *Trichoderma* sp. (a) Koloni *Trichoderma* sp secara makroskopik (Ru, 2012), (b) konidiofor, (c) fialid, dan (d) konidia (Gusnawaty, 2014)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.2.1 Klasifikasi *Trichoderma* sp.

Klasifikasi jamur *Trichoderma* sp. adalah sebagai berikut (Semanggun, 2000)

Divisi : Ascomycota

Subdivisi : Pezizomycotina

Kelas : Sordariomycetes

Ordo : Hypocreales

Famili : Hypocreaceae

Genus : Trichoderma

Spesies : *Trichoderma* sp.

2.2.2 Morfologi *Trichoderma* sp.

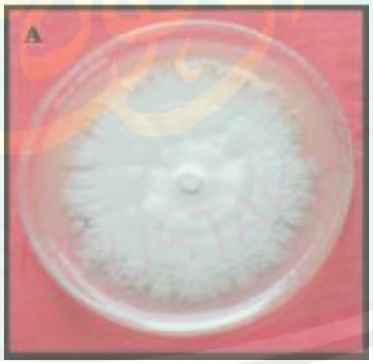
Warna koloni dari *Trichoderma* sp. yang tumbuh pada media PDA bervariasi mulai hijau terang hingga hijau gelap. *Trichoderma haziantum* berwarna hijau gelap mulai dari bagian tengah. *Trichoderma longibrachiatum* berwarna hijau terang atau hijau gelap (Ru, 2012). Bentuk miselia seperti lingkaran, biasanya terdapat 2-3 lingkaran yang membentuk lingkaran konsentris per cawan petri. Miselia pada hari ke-4 rata-rata berukuran 9 cm (Kannangara, 2017). Bentuk koloni bulat, permukaan koloni berserabut halus, tepi koloni rata dan terdapat lingkaran konsentris. Sedangkan secara mikroskopis, *Trichoderma* sp. memiliki ciri-ciri hifa bersekat, bercabang (hyaline), phialid lonjong, konidia berbentuk oval, konidiofor bercabang banyak (Rakhmawati, 2016).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3 Kapang Patogen

2.3.1 *Collectrotrichum* sp.

Genus *Colletotrichum* merupakan genus yang menyebabkan penyakit antraknosa, salah satu spesiesnya ialah *Collectotricum capsici* yang merupakan kapang patogen yang penyebab penyakit antraknosa. Antraknosa berasal dari kata yunani artinya "batu bara" adalah nama penyakit tanaman ditandai dengan lesi yang gelap dan cekung mengandung spora. Antraknosa dapat terjadi pada daun, batang, dan buah pra dan pasca panen (Isaac, 1992). Penyakit ini pada umumnya disebabkan oleh genus Colletotrichum. *Colletotrichum capsici* adalah kapang patogen yang menyebabkan penyakit antraknosa pada buah cabai dalam kondisi tropik dan subtropik (Saxena *et al*, 2016). Kapang ini memiliki ciri-ciri yaitu miselumnya berwarna putih, diameter koloni rata-rata 48,6 mm selama 7 hari tumbuh (Masoodi, 2012).



Gambar 2.2. Koloni *Colletotrichum capsici* (Saxena *et al*, 2016).

Kapang tidak hanya menyerang buah saja tetapi juga menyerang daun, bunga, ranting, dan tanaman semai. Penyakit ini bergejala mati pucuk yang berlanjut ke bagian tanaman sebelah bawah. daun, ranting, dan cabang menjadi kering berwarna coklat kehitam-hitaman (Duriat, dkk. 2007). Pada buah cabai,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

penyakit antraknosa memiliki ciri-ciri antara lain: terdapat warna coklat kehitaman (Than *et al*, 2008).

Gambar 2.3. Penyakit antraknosa pada buah cabai (Than *et al*, 2008)

2.3.1.1 Klasifikasi *Colletotrichum* sp.

Klasifikasi *Colletotrichum capsici* sebagai berikut: (Than *et al*, 2008)

Kingdom : Fungi

Divisi : Ascomycota

Kelas : Sordariomycetes

Ordo : Glomerallales

Famili: Glomerallaceae

Genus : Colletotrichum

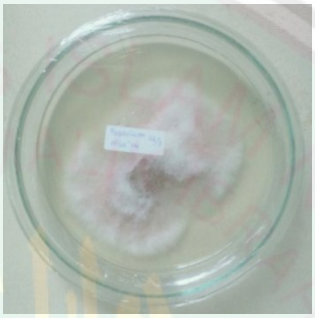
Spesies : *Colletotrichum* sp.

2.3.2 *Fusarium oxysporum*

Fusarium oxysporum merupakan kapang patogen yang ada di tanah dan dapat menyerang tanaman. *Fusarium oxysporum* terdiri dari 120 strain yang dapat hidup pada inang dan menyebabkan penyakit. *Fusarium oxysporum* biasa menyerang pada area pertanaman cabai. Gejala awal dari penyakit layu fusarium

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

adalah pucat tulang-tulang daun, terutama daun bagian atas. Kemudian diikuti menggulungnya daun yang lebih tua karena merunduknya tangkai daun dan akhirnya tanaman menjadi layu keseluruhan (Nurzannah, 2014). Koloni *Fusarium oxysporum* berwarna putih, bagian bawah kemerahmudaan, bentuk bergerigi, permukaan rata atau bergelombang (Ngittu, 2014).



Gambar 2.4 Koloni *Fusarium oxysporum* (Dokumen pribadi, 2018)

2.3.2.1 Klasifikasi *Fusarium oxysporum*

Klasifikasi *Fusarium oxysporum* sebagai berikut: (NCBI Taxonomy, 2013)

Kingdom : Fungi

Divisi : Ascomycota

Kelas : Sordariomycetes

Ordo : Hypocreales

Famili: Nectriaceae

Genus : Fusarium

Spesies : *Fusarium oxysporum*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.4 Metabolit Sekunder Fungi

Metabolit sekunder adalah senyawa organik yang diproduksi oleh organisme yang berbeda dan tidak berkaitan langsung dengan pertumbuhan, perkembangan, atau reproduksi. Walaupun tidak bersifat esensial bagi mikroba, jamur menghasilkan beraneka metabolit sekunder. Metabolit sekunder memiliki berat molekul rendah (<3 kD) yang dihasilkan oleh mikroorganisme dan tumbuhan, berhubungan dengan genera, spesies atau strain (Namasivayam, 2014).

Struktur molekul antibiotik yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. diidentifikasi menjadi dua tipe utama: metabolit volatil dan berat molekul rendah seperti senyawa aromatik sederhana seperti beberapa poliketida termasuk pyron, isocyanates, butenolides, dan terpen yang mudah menguap, yang semuanya merupakan zat nonpolar dengan tekanan uap yang cukup besar, dan metabolit nonvolatil dengan sifat polar dari berat molekul tinggi yang dapat menginduksi interaksi langsung antara *Trichoderma* sp. dan antagonis dengan cara yang sama seperti gliovirin, peptaibol, dan diketopiperazine seperti gliotoxin (Reino, 2008).

Fungi mempunyai fase pertumbuhan layaknya makhluk hidup yang lain, fase pertumbuhan fungi terdiri dari fase lag, akselerasi, eksponensial, deselerasi, stasioner, dan kematian. Pada fase stasioner, fungi menghasilkan banyak metabolit sekunder (Gandjar, 2006). Metabolit sekunder tersebut yang banyak dimanfaatkan sebagai antimikroba, baik antibakteri maupun antifungi. Fungi endofit memiliki aktivitas antimikroba dengan menghasilkan produk alami yang dapat dikembangkan di bidang industri (Pavithra, 2012). Fungi endofit dapat

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

digunakan untuk produksi antibiotik, vitamin, antikanker, dan obat penurunan kolesterol.

Terdapat beberapa jenis metabolit sekunder, diantara lain metabolit yang bersifat toksik terhadap fungi lain, metabolit yang menghambat molekul bioaktif yang dihasilkan fungi lain, metabolit yang mendukung kompetisi nutrisi, metabolit yang terlibat pada interaksi bermanfaat antara fungi dan tanaman (Vinale *et al*, 2014). Beberapa senyawa kimia yang dihasilkan sebagai antimikroba antara lain alkaloid, peptide, steroid, terpenoid, phenol, quinine, dan flavonoid (Zhao, *et al*, 2010). Contoh agen antimikroba yang memiliki aktivitas antifungi ialah cryptocandin cryptocin, ecomucins, pseudomycin, pertaloside, dan pestalopyrone (Yu *et al*, 2010).

2.4.1 Metabolit Sekunder yang Dihasilkan Oleh *Trichoderma* sp.

Terdapat beberapa metabolit sekunder *Trichoderma* sp, yaitu *Lytic enzim* yang dapat mendegradasi dinding sel jamur, alkyl pyrone yang merupakan senyawa antijamur yang dapat menghambat perkecambahan miselia *Colletotrichum capsici* (Howell, 2003). Viridin tergolong senyawa steroid yang diisolasi dari *T. viridae* dan mempunyai kemampuan menghambat perkecambahan spora terhadap beberapa jamur (Chet *et al*, 2005). Gliotoksin yang dihasilkan *Gliocladium viriens* tergolong genus Trichoderma mampu memberikan penghambatan yang baik terhadap *R. solani* (Howell, 2003). Harzianolide yang diproduksi oleh *T. harzianum* dapat menghambat perkecambahan spora *Fusarium oxysporum* (Howell, 2005).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Kultur filtrat *T. harzianum* menghasilkan metabolit baru yang dinamakan asam isoharzianic (iso-HA), sebuah stereoisomer HA. HA dan iso HA dapat diaplikasikan dalam bidang pertanian dan non pertanian, senyawa yang dapat dijadikan biopestisida dan biofertilizer, yaitu meningkatkan perkecambahan biji tomat dan menginduksi pertahanan penyakit (Vinale, 2014).

2.5 Mekanisme Kerja Antifungi

Antifungi adalah antibiotik yang mampu menghambat hingga mematikan pertumbuhan fungi (Mutschler, 1999). Antibotik adalah bahan kimia yang secara alami diproduksi oleh mikroorganisme yang berguna untuk menghambat patogenitas mikroorganisme. Antibiotik yang dihasilkan merupakan metabolit yang dihasilkan dari berbagai mikroorganisme meliputi bakteri, arkea, fungi, protozoa, alga, dan virus.

Antifungi mempunyai dua jenis, yaitu fungisidal dan fungistatik. Fungisidal didefinisikan sebagai suatu senyawa yang dapat membunuh jamur, sedangkan fungistatik dapat menghambat pertumbuhan jamur tanpa mematikannya (Mutschler, 1999). Mekanisme metabolit sekunder sebagai antifungi sebagai berikut:

1. Alkaloid

   Senyawa alkaloid dapat menghambat biosintesis asam nukleat (Kusumaningtyas dkk, 2008).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Flavanoid

   Sebagai antijamur, senyawa ini mendenaturasi protein, menganggu lapisan lipid, dan mengakibatkan kerusakan dinding sel. Zat mudah larut sehingga dapat merusak membran sel fungi serta diikuti keluarnya senyawa intraseluler (Nuria, 2009).

3. Saponin

   Senyawa ini menurunkan tegangan permukaan sehingga naiknya permeabilitas atau kebocoran sel dan senyawa intraseluler keluar. Sel mikroba lisis yaitu dengan menganggu stabilitas membran selnya (Nuria, 2009).

4. Triterpenoid/steroid

   Senyawa ini memiliki fungsi sebagai antijamur dengan cara menghambat pertumbuhan jamur, baik melalui membran sitoplasma maupun menganggu pertumbuhan dan perkembangan spora jamur (Ismaini, 2011).

5. Tanin

   Senyawa ini merusak komponen utama penyusun dinding sel yang terdiri dari kitin, glukan, dan lipid sehingga dapat menghambat pertumbuhan fungi (Nuria, 2009).

2.6 Uji Aktivitas Antifungi

Uji aktivitas antifungi merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui potensi sesuatu zat sebagai antifungi. Di dalam islam, suatu pengujian merupakan salah satu bentuk seruan atau upaya manusia untuk memperhatikan atau mengamati apa yang ada di bumi. Sebagaimana ayat dalam QS. Yunus ayat 101:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

قُلِ ٱنظُرُواْ مَاذَا فِي ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلۡأَرۡضِۚ وَمَا تُغۡنِي ٱلۡأٓيَٰتُ وَٱلنُّذُرُ عَن قَوۡمٖ لَّا يُؤۡمِنُونَ ١٠١

Yang artinya: katakanlah, "perhatikan apa yang ada di langit dan bumi" tidaklah bermanfaat tanda-tanda (kebesaran Allah) dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang yang tidak beriman.

Menurut tafsir Ibnu katsir, Allah memberi pengarahan kepada hamba-hambaNya untuk berpikir tentang nikmat-nikmat-Nya dan dalam apa yang Allah ciptakan di langit dan di bumi dari ayat-ayat yang agung untuk orang-orang yang mempunyai akal. Yang di langit berupa bintang, Allah ciptakan binatang dengan beragam bentuk dan manfaatnya, dll (Abdullah, 2007). Ayat ini menyerukan kepada manusia untuk berpikir dan mengamati segala apa yang ada di bumi. Salah satu bentuk contohnya dengan melakukan suatu uji dalam penelitian.

Uji aktivitas metabolit sekunder fungi merupakan salah satu uji yang dapat dilakukan dengan metode kultur filtrat. Metode ini merupakan pengujian metabolit nonvolatil (tidak mudah menguap) terhadap kapang patogen. Metabolit diperoleh dari filtrat hasil fermentasi kapang. Setelah 14 hari metabolit dipanen, kemudian filtrat disaring dan ditambahkan ke dalam media PDA yang masih hangat. Aktivitas antifungi dilihat berdasarkan persentase penghambatan yang diperoleh dari diameter fungi patogen yang tumbuh di media PDA yang telah diberi tambahan filtrat tersebut Sedangkan untuk pengujian metabolit sekunder volatil (mudah menguap) dilakukan dengan cara memadukan dua cawan yang berisi kapang uji, dengan letak kapang endofit dibagian bawah yang diharapkan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

senyawa metabolit sekundernya menguap ke atas untuk menghambat fungi patogen (Krishna, 2016).

2.7 Uji Fitokimia

Kajian fitokimia menurut Harborne (1987), meliputi aneka ragam senyawa organic yang dibentuk dan disimpan oleh organismenya yaitu struktur kimianya, biosintesisnya, perubahan serta metabolismenya, penyebarannya secara alamiah dan fungsi biologisnya. Analisi fitokimia dilakukan untuk menentukan ciri senyawa aktif penyebab efek racun atau efek yang bermanfaat yang ditujukan oleh ekstrak tumbuhan kasar.

Allah berfirman dalam QS. Ibrahim ayat 32:

ٱللَّهُ ٱلَّذِى خَلَقَ ٱلسَّمَـٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضَ وَأَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجَ بِهِۦ مِنَ ٱلثَّمَرَٰتِ رِزْقًا لَّكُمْ ۖ وَسَخَّرَ لَكُمُ ٱلْفُلْكَ لِتَجْرِىَ فِى ٱلْبَحْرِ بِأَمْرِهِۦ ۖ وَسَخَّرَ لَكُمُ ٱلْأَنْهَـٰرَ ﴿٣٢﴾

Artinya : Allah-lah yang telah menciptakan langit dan bumi dan menurunkan air hujan dari langit kemudian Dia mengeluarkan dengan air hujan itu buh-buahan menjadi rezeki untukmu; dan Dia telah menundukkan bahtera bagimu supaya bahtera itu, berlayar di lautan dengan kehendaknya-Nya, dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu sungai-sungai.

Menurut tafsir Al Qurthubi, QS. Ibrahim ayat 32 yaitu "*Allah telah menciptakan langit dan bumi*" maksdunya menciptakan dan menemukannya tanpa ada contoh sebelumnnya. "*Kemudian Dia mengeluarkan dengan air hujan itu berbagai buah-buahan*" maksudnya pohon yang menghasilkan buah-buahan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

"*Menjadi rezeki untukmu*" maknanya dapat dilihat dalam surah Al baqarah, ayat 22 "*Lalu Dia hasilkan dengan (hujan) itu buah-buahan sebagai rezeki untukmu*" rezeki memiliki makna makanan bagi kalian dan binatang ternak kalian. Dikeluarkannya berupa buah-buahan disebut rezeki sebab semua disiapkan untuk dimiliki dan dapat dimanfaatkan. Itulah rejeki (Hifnawi, 2009).

Berdasarkan ayat tersebut, Allah telah memberikan rezeki dari buah-buahan (tumbuhan) yang ada di bumi bagi manusia. Secara implisit salah satu bentuk rezekinya berupa adanya senyawa-senyawa aktif yang terkandung di dalamnya yang dapat dimanfaatkan oleh manusia. Salah satu manfaatnya sebagai antifungi. Beberapa senyawa kimia yang dihasilkan sebagai antimikroba antara lain alkaloid, peptide, steroid, terpenoid, phenol, quinine, dan flavonoid (Zhao, *et al*, 2010). Senyawa-senyawa ini dapat dikatakan sebagai rezeki karena memiliki banyak manfaat bagi manusia, baik untuk dikonsumsi maupun untuk fungsi lainnya.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian bersifat ekperimental dan deksriptif kualitatif. Penelitian ekperimental menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 5 perlakuan 4 ulangan berupa menguji filtrat (metabolit sekunder) kapang endofit *Trichoderma* sp. terhadap kapang patogen *Collectotricum* sp. dan *Fusarium oxysporum* secara in vitro.

Penelitian deskriptif kualitatif berupa uji fitokimia ekstrak filtrat (metabolit sekunder) kapang endofit *Trichoderma* sp. untuk mengetahui golongan senyawa yang terkandung didalamnya.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai bulan Maret-November tahun 2018, bertempat di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Genetika Jurusan Biologi, Laboratorium Kimia Analisis Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah: untuk uji aktivitas antifungi metabolit sekunder *Trichoderma* sp terhadap kapang patogen ini antara lain cawan petri, tabung reaksi, autoklaf, *Laminar Air Flow* (LAF), jarum ose,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

bunsen, erlenmeyer, *hotplate* dan *stirrer*, timbangan analitik, spatula, gelas beaker, *shaker*, mikropipet 1 ml, blue tip, tube 2 ml, penggaris, gelas ukur 10 ml dan *microcentrifuge*.

Alat-alat untuk uji fitokimia metabolit sekunder kapang endofit *Trichoderma* sp. antara lain tabung reaksi, plet tetes, dan pipet.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah untuk uji aktivitas antifungi antara lain isolat *Trichoderma* sp, isolat *Colletotrichum* sp., isolat *Fusarium oxysporum*, media PDA (*Potatoes Dextrose Agar*), media PDB (*Potatoes Dextrose Broth*), kapas, spirtus, *plastic wrap*, plastik, kain kasa, Streptomicin (antibakteri), kertas label, kertas saring Whatman No. 1, filter stringe 0,2 µm (*milipore*), aluminum foil, parafilm, dan tisu.

Bahan-bahan untuk uji fitokimia metabolit sekunder fungi antara lain: ekstrak filtrat (metabolit sekunder) kapang endofit, etanol 30%, eter, kloroform, amoniak, H_2SO_4, asetat anhidrida, akuades, metanol, pereaksi Dragendorff, pereaksi Mayer, etil asetat, lempeng logam magnesium, asam klorida pekat, dan $FeCl_3$ 1%.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi dilakukan dengan cara dibungkus alat dan bahan sebelum digunakan menggunakan kertas dan plastik ke dalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi (*per square inchi*) selama 15 menit.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.4.2 Pembuatan Media

3.4.2.1 Pembuatan Media PDA

Ditimbang PDA (*Potato Dextrose Agar*) sebanyak 39 gram dan streptomicin 0,2 gram kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 1000 ml dan ditambahkan aquades 1000 ml. Kemudian dipanaskan sampai mendidih di atas *hotplate* dan diaduk dengan *stirrer* hingga homogen. Media yang telah mendidih selanjutnya dilakukan sterilisasi dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C, tekanan 1 atm.

3.4.2.2 Pembuatan Media PDB

PDB (*Potato Dextrose Broth*) masing-masing sebanyak 24 gram dilarutkan dengan 1000 ml aquades dalam gelas ukur 1500 ml. Media tersebut dicampur hingga merata dengan cara pengadukan dan pemanasan menggunakan *hotplate* dan *stirrer*. Media tersebut disterilkan dalam autoklaf pada suhu 21°C, tekanan 1 atm selama 15 menit.

3.4.3 Peremajaan Fungi Endofit dan Patogen

Masing-masing isolat *Trichoderma* sp., *Colletotrichum* sp., dan *Fusarium oxysporum* diinokulasi pada cawan petri yang telah berisi media PDA yang memadat secara aseptis dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang.

3.4.4 Pembuatan *Stock Culture* dan *Working Culture*

Disiapkan masing-masing isolat yang sudah tumbuh pada cawan petri, kemudian inokulasi tiap isolat dari cawan petri ke dalam 2 tabung reaksi yang telah berisi media miring. Diinkubasi selama 4-7 hari pada suhu ruang. Satu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

tabung reaksi digunakan untuk *stock working culture*, dan lainya untuk *working culture*. *Stock culture* disimpan pada suhu 4ºC dalam lemari pendingin.

3.4.5 Fermentasi Fungi Endofit

Diambil tiga potongan koloni fungi endofit *Trichoderma* sp yang telah bersporulasi berukuran ± 1 cm x 1 cm, diinokulasikan ke dalam media *Potato Dextrose Broth* (PDB) sebanyak 100 ml dalam Erlenmeyer 250 ml. difermentasi dengan *rotary shaker* dengan kecapatan 150 rpm, suhu kamar (28°C) (Abada *et al*, 2014). Fermentasi dilakukan selama 7 hari sesuai dengan fase stasioner pada fase pertumbuhan kapang endofit *Trichoderma* sp. (Rakhmawati, 2017).

3.4.6 Uji AktivitasAntifungi Metabolit Sekunder Kapang Endofit

3.4.6.1 Metabolit Sekunder Nonvolatil (Metode Kultur Filtrat)

Hasil fermentasi disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1 kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 12.000 rpm selama 20 menit. Supernatan diambil, lalu difilter dengan filter stringe 0,2 µm (milipore) (Ainy, 2015). Hasil saringan kemudian dipasteuresasi pada suhu 60 ºC selama 30 menit (Harni, 2017). Hasil akhir (filtrat) dimasukkan ke dalam media PDA yang masih cair (suhu 45 ºC) sebanyak 10%, 20%, dan 30%. Setelah media memadat, diinokulasikan fungi patogen pada bagian tengah PDA sebanyak 6 mm dan diinkubasi pada suhu 28°C selama 7 hari (Krisna *et al*, 2016).

Dibuat 5 perlakuan yang terdiri dari:

1. perlakuan 1 filtrat 10%,
2. perlakuan 2 filtrat 20%,
3. perlakuan 3 filtrat 30%,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4. perlakuan 4 kontrol negatif (tanpa diberi filtrat),
5. perlakukan 5 kontrol positif dengan menambahkan fungisida Antracol 70WP berbahan aktif propinep 70%. Tiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali.

Parameter yang diamati berupa diameter kapang patogen dan persentase penghambatannya. Persentase hambat pertumbuhan kapang patogen oleh metabolit sekunder kapang endofit dengan kultur filtrat dihitung menggunakan persamaan (Shentu *et al*, 2014):

$$\text{P } (\%) = \frac{(DK - DP)}{DK} x\ 100\%$$

Keterangan :

P = persentase penghambatan pertumbuhan kapang patogen,

DK= diameter koloni kapang patogen pada perlakuan kontrol

DP= diameter koloni kapang patogen pada perlakuan

3.4.6.2 Metabolit Sekunder Volatil (Uji Volatilitas)

Kapang endofit dan kapang patogen ditumbuhkan masing-masing pada media PDA di cawan petri. Kemudian setelah tiga hari, tutup cawan dipisahkan dari cawan, bagian bawah cawan yang berisi kapang endofit dan patogen disatukan menjadi satu dengan posisi kapang endofit berada di bagian bawah. Cawan direkatkan menggunakan tiga lapisan parafilm. Diinkubasi selama 7 hari pada suhu 25-28°C. Cawan petri yang berisi PDA tanpa kapang endofit sebagai perlakuan kontrol. Dilakukan 3 ulangan dan pengamatan selama 7 hari (Krishna *et al*, 2016). Parameter yang diamati diameter kapang patogen dan persentase penghambatan yang dihitung menggunakan rumus : (Krishna *et al*, 2016)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$\text{P (\%)} = \frac{(DK - DP)}{DK} x\ 100\%$$

Keterangan :

P = persentase penghambatan pertumbuhan kapang patogen

DK = diameter koloni kapang patogen pada perlakuan kontrol

DP = diameter koloni kapang patogen pada perlakuan

3.4.6.3 Pengamatan makroskopis dan mikroskopis

Pengamatan makroskopis dan mikroskopis dilakukan pada perlakuan yang memiliki nilai hambatan paling tinggi. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop. Hasil perkembangan akhir dari kapang patogen diamati secara langsung di bawah mikroskop. Diamati hingga perbesaran 1000x.

3.4.7 Uji Fitokimia Metabolit Sekunder Fungi Endofit *Trichoderma* sp.

Filtrat hasil fermentasi yang menunjukkan aktivitas antifungi dilakukan uji fitokimia untuk mengetahui senyawa metabolit yang dihasilkan (Jannah, 2016) :

1. Uji terpenoid/steroid

Uji steroid dan triterpenoid dilakukan menggunakan 2 ml sampel yang dilarutkan dalam etanol 30% dan dipanaskan. Selanjutnya filtrat yang dihasilkan dibiarkan menguap menyisakan bagian yang diberi penambahan 1 ml eter. Fraksi eter sebanyak 5 tetes diuji dengan 3 tetes asetat anhidrida dan 1 tetes asam sulfat pekat. Hasil positif senyawa steroid ditunjukkan dengan adanya warna hijau, sedangkan senyawa triterpenoid ditandai dengan warna merah atau ungu.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Uji alkaloid

Disiapkan 0,3 ml sampel yang ditambah dengan 1,5 ml kloroform dan 3 tetes ammonia sehingga terpisah menjadi dua fraksi yang salah satu fraksinya adalah kloroform. Fraksi klorofrom ditambahkan 2 tetes asam sulfat untuk direaksikan dengan tiga jenis pereaksi, yaitu reagen Dragendorf, dan Meyer. Hasil uji dinyatakan positif bila pereaksi Dragendrof berbentuk endapan merah hingga jingga, dan endapan putih kekuningan dengan pereaksi Meyer.

3. Uji flavonoid

Uji flavonoid dilakukan dengan mempersiapkan sampel yaitu diencerkan dengan perbandingan 1:2. Sampel sebanyak 0,3 ml dicampurkan dengan 1,5 metanol yang kemudian dipanaskan pada suhu 50 C selama lima menit. Sampel yang telah dipanaskan direaksikan dengan asam sulfat pekat dengan perbandingan 1:1. Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna merah.

4. Uji Tanin

Uji tannin dilakukan dengan mengencerkan sampel dengan perbandingan 1:5 yang kemudian dididihkan selama lima menit. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 tetes sampel ditambah 3 tetes FeCl3 1%. Hasil positif ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi biru tua atau hijau kehitaman.

5. Uji saponin

Uji saponin dilakukan dengan memanaskan sampel yang telah diencerkan dengan perbandingan 1:10 selama lima menit. Selanjutnya dilakukan pengocokan selama 10 detik dan jika terdapat buih stabil selama 10 menit maka ekstrak positif mengandung saponin.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil uji aktivitas antifungi metabolit sekunder nonvolatil dianalisis menggunakan uji F ANOVA (*One Way Anova*) apabila hasil menunjukkan perlakuan berbeda nyata maka dilakukan uji perbandingan berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*), analisis dilakukan pada selang kepercayaan 95% (α=0,05) menggunakan progam SPSS. Sedangkan uji aktivitas antifungi metabolit sekunder volatil dianalisis menggunakan Excel 2010 berdasarkan persentase penghambatan yang didapat. Uji fitokimia dianalisis secara dekskriptif kualitatif.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Aktivitas Antifungi Metabolit Sekunder Nonvolatil Kapang Endofit *Trichoderma* sp. terhadap *Colletotrichum sp.*dan *Fusarium oxysporum*

Berdasarkan hasil pengamatan pada perlakuan uji aktivitas antifungi metabolit sekunder nonvolatil menunjukkan bahwa metabolit sekunder nonvolatil kapang endofit *Trichoderma* sp. memberikan pengaruh terhadap diameter serta penghambatan *Colletotrichum* sp. Hasil tersebut terlampir pada lampiran 2.

Tabel 4.1 Hasil uji lanjut DMRT aktivitas antifungi metabolit nonvolatil *Trichoderma* sp. terhadap *Colletotrichum sp.*

Perlakuan	Rerata Diameter Koloni (cm)	Rerata Penghambatan (%)
0% (K-)	5.075 ± 0.25^{c}	0 ± 0^{a}
10%	4.475 ± 0.19^{b}	11.458 ± 3.84^{b}
20%	4.262 ± 0.12^{b}	16.807 ± 2.45^{b}
30%	$\mathbf{4.150 \pm 0.12^{b}}$	$\mathbf{20.581 \pm 2.51^{b}}$
K+	3.087 ± 0.33^{a}	39.162 ± 6.65^{c}

Keterangan : angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan berdasarkan uji DMRT 5%.

Berdasarkan hasil tabel 4.1 dapat diketahui bahwa metabolit nonvolatil dengan konsentrasi yang berbeda memiliki hasil yang berbeda. Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan maka semakin kecil diameter kapang patogen dan semakin besar penghambatan yang dihasilkan. Namun berdasarkan analisis statistika, perbedaan konsentrasi yang diberikan tersebut memiliki notasi yang sama yang artinya pemberian konsentrasi 10%, 20%, dan 30% tidak signifikan atau tidak berbeda nyata. Sedangkan jika dibandingkan perlakuan kontrol negatif (K-) dan perlakuan kontrol positif (K+) memiliki notasi yang berbeda yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

artinya terdapat perbedaan secara signifikan atau berbeda nyata. Nilai penghambatan yang paling tinggi terhadap *Colletotrichum* sp. yaitu, 20,58% pada konsentrasi metabolit non volatil 30%. Hasil penghambatan tersebut diperoleh dari diameter koloni kapang patogen (gambar 4.1).

Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan Ainy (2015) dalam penelitiannya, yang menunjukkan bahwa filtrat *Trichoderma harzianum* menghambat *Colletotrichum capsici* sebesar 22,2% dan *Colletotrichum annum* sebesar 37,5%. Penelitian Laksmidevi (2010) juga menunjukkan bahwa *Trichoderma reesei* dengan konsentrasi 50% menghambat *Colletotrichum capsici* sebesar 23%. Sedangkan menurut Krishna (2016), filtrat *Trichoderma viridae* dengan konsentrasi 10% menghambat *Colletotrichum capsici* sebesar 66,45% dan *Colletotrichum gleosporides* sebesar 52,52%. Filtrat *Trichoderma harzianum* dengan konsentrasi 10% menghambat *Colletotrichum capsici* hingga 100% dan *Colletotrichum gleosporides* sebesar 42,81%.

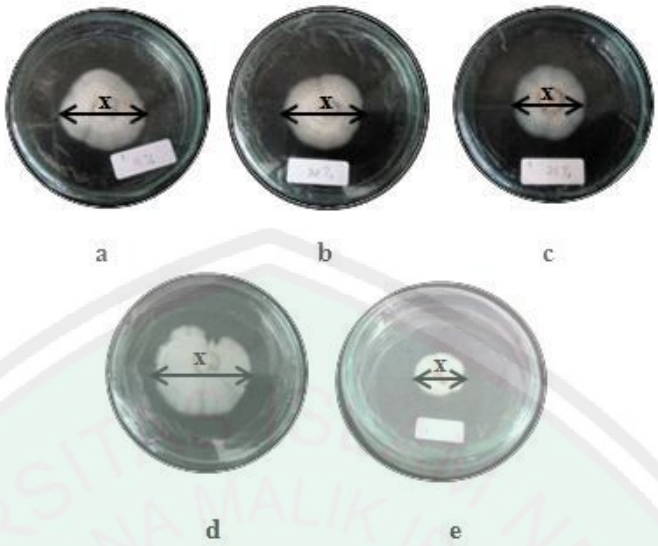
Jika dilakukan pembandingan dengan penelitian Ainy (2015), hasil penelitian ini memiliki nilai penghambatan yang hampir mendekati namun lebih rendah, jika dibandingkan penelitian Laskmidevi (2010), nilai penghambatan memiliki nilai yang lebih tinggi. Sedangkan jika dibandingkan penelitian Krisna (2016), nilai penghambatan berbeda jauh dan berada di bawah. Dapat disimpulkan dari perbandingan tersebut bahwa penghambatan endofit *Trichoderma* sp. yang digunakan dalam penelitian ini terdapat yang lebih tinggi dan lebih rendah dibandingkan penelitian sebelumnya.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Hal tersebut dapat dikarenakan beberapa faktor, yaitu menurut Krishna (2016) menyatakan bahwa setiap organisme *Trichoderma* sp memiliki nilai penghambatan maksimum dan minimum sebagai agen biokintrol, selain itu, kemampuan biokontrol *Trichoderma* sp. bervariasi bergantung patogen dan kondisi kultur. Dewi (2015) juga menambahkan bahwa tidak semua spesies dari Genus Trichoderma mampu menghambat dengan maksimal. Karena pada penelitian ini, spesies kapang endofit *Trichoderma* dan kapang patogen *Colletotrichum* belum diketahui sehingga diduga menjadi salah faktor perbedaan nilai persentase hambatan jika dibandingkan pada penelitian sebelumnya yang sudah diketahui spesiesnya.

Adanya perbedaan secara nyata antara hasil perlakuan (10%,20%, dan 30%) dengan perlakuan kontrol negatif menunjukkan adanya suatu senyawa di dalam metabolit nonvolatil yang menghambat pertumbuhan kapang patogen. Menurut Ainy (2015) penghambatan pertumbuhan ini diduga karena adanya reaksi antibiosis oleh senyawa metabolit sekunder spesies *Trichoderma* yang dicampurkan dalam media. Menurut Itoh (1980), adanya senyawa antibiotik sesquiterpene, yaitu heptelidic acid ditemukan dalam kultur filtrat kapang *Trichoderma viridae*. Heptelidic acid merupakan golongan senyawa terpenoid. Namun dalam penelitian ini tidak terkandung golongan terpenoid, hanya ditemukan golongan alkaloid saja. Sehingga penghambatan yang terjadi karena adanya peran dari golongan senyawa alkaloid. Menurut Zhao (2010), beberapa senyawa kimia yang dihasilkan sebagai antimikroba antara lain alkaloid.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.1 Koloni kapang patogen *Colletotrichum sp.* pada perlakuan uji aktivitas metabolit non volatil *Trichoderma* sp. hari ke-7 (a) 10%, (b) 20%, (c) 30%, (d) K- (e) K+ (x) diameter koloni kapang patogen *Colletotrichum* sp.

Hasil uji aktivitas antifungi metabolit sekunder non volatil *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium oxysporum* memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dari *Colletotrichum* sp. Berdasarkan hasil pengamatan pada perlakuan uji aktivitas antifungi metabolit sekunder non volatil menunjukkan bahwa metabolit sekunder non volatil kapang endofit *Trichoderma* sp. memberikan pengaruh terhadap diameter serta penghambatan *Fusarium oxysporum.* Hasil tersebut terlampir pada lampiran 2.

Tabel 4.2 Hasil uji lanjut DMRT aktivitas antifungi metabolit non volatil *Trichoderma* sp. terhadap kapang patogen *Fusarium oxysporum*

Perlakuan	Rerata Diameter Koloni (cm)	Rerata Penghambatan (%)
0% (K-)	8.062 ± 0.14^{d}	0 ± 0^{a}
10%	7.550 ± 0.10^{c}	6.356 ± 1.31^{b}
20%	7.525 ± 0.21^{b}	6.667 ± 2.72^{b}
30%	$\mathbf{7.012 \pm 0.27^{b}}$	$\mathbf{13.023 \pm 3.37^{c}}$
K+	5.4 ± 0.18^{a}	33.023 ± 2.32^{d}

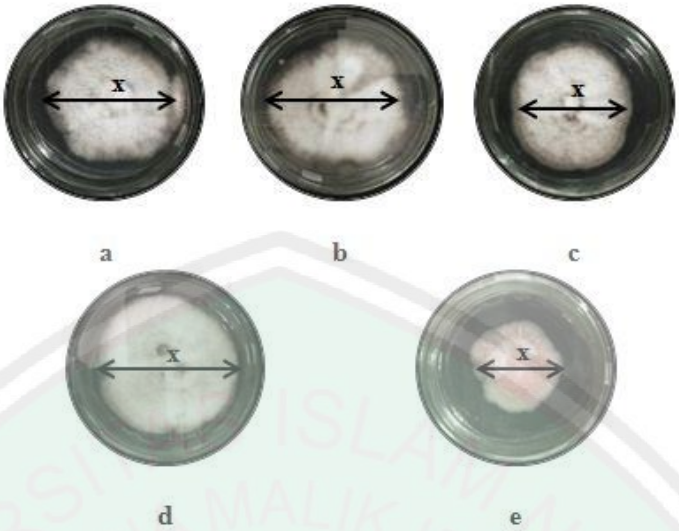
Keterangan : angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan berdasarkan uji DMRT 5%.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Berdasarkan tabel 4.2, semakin tinggi konsentrasi yang diberikan semakin kecil diameter *Fusarium oxysporum* sehingga mengakibatkan semakin besar penghambatan yang diberikan. Berdasarkan uji lanjut DMRT dengan signifikasi 5%, notasi perlakuan metabolit yang diberikan beragam, yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan secara signifikan pada notasi huruf yang berbeda. Dilihat dari hasil penelitian, metabolit non volatil dengan konsentrasi 30% memiliki nilai terbesar dalam menghambat *Fusarium oxysporum* sebesar 13,023%. Hasil tersebut sesuai dengan Krishna (2016), bahwa filtrat *Trichoderma viridae* dengan konsentrasi 10% menghambat *Fusarium oxysporum sebesar* 60,66% dan filtrat *Trichoderma harzianum* dengan konsentrasi 10% menghambat *Fusarium oxysporum* sebesar 42,82%. Dari data tersebut menurut Krisna (2016), menunjukkan bahwa tiap spesies *Trichoderma* sp. memiliki kapasitas masing-masing dalam menghambat patogen.

Adanya pengaruh metabolit nonvolatil *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium oxysporum* menunjukkan bahwa adanya senyawa yang mampu menghambat kapang patogen tersebut. Menurut Howell (2005) menyatakan Harzianolide yang diproduksi oleh *T. harzianum* dapat menghambat perkecambahan spora *Fusarium oxysporum* (Howell, 2005). Namun senyawa tersebut berupa harzianolide (golongan flavonoid) tidak terdapat dalam filtrat metabolit yang telah diuji dengan uji fitokimia. Hal tersebut yang menyebabkan nilai penghambatan tergolongan rendah dibandingkan penelitian sebelumnya.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.2 Koloni kapang patogen *Fusarium oxysporum* pada perlakuan uji aktivitas metabolit nonvolatil hari ke-7 (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) K- (e) K+ (x) diameter koloni hifa kapang patogen *Fusarium oxysporum*

Berdasarkan hasil penelitian, baik pada perlakuan *Colletotrichum* sp maupun *Fusarium oxysporum*, perlakuan yang memiliki penghambatan paling besar ialah filtrat dengan konsentrasi 30%, walaupun konsentrasi tersebut menghasilkan penghambatan lebih rendah dibandingkan dengan kontrol positif. Namun penggunaan filtrat kapang *Trichoderma* sp. memiliki sisi positif, yaitu sifatnya yang lebih alami sehingga ramah lingkungan. Menurut Herliyana (2013), pengendalian hayati menggunakan agen antagonis dapat menekan pertumbuhan dan perkembangan patogen tanpa menimbulkan pencemaran lingkungan dan bersifat tidak membahayakan kehidupan makhluk hidup dan lingkungan. Pemanfaatan *Trichoderma* sp. merupakan pilihan alternatif yang dapat meminimalkan gangguan terhadap keseimbangan biologis disamping menurunkan biaya pengendalian.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Selain itu, dalam ajaran agama islam juga mengajarkan bahwa manusia sebagai khilafah di bumi diserukan untuk melakukan kebaikan-kebaikan bagi bumi, sebagaimana dalam QS. Al-A'raf ayat 56 :

وَلَا تُفْسِدُوا۟ فِى ٱلْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَٰحِهَا وَٱدْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ ٱللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ ٱلْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Yang artinya : "Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepadaNya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik."

Tafsir Surat al- A'araf ayat 56 menurut Ibnu Katsir yaitu: Arti dari lafadz yakni "janganlah kamu membuat kerusakan di bumi". Allah SWT melarang perbuatan yang menimbulkan kerusakan di muka bumi dan hal-hal yang membahayakan kelestariannya sesudah diperbaiki. Sesungguhnya apabila terjadi suatu pengerusakan terhadap segala yang telah dilestarikan, hal tersebut akan membahayakan semua hamba Allah.

Berdasarkan penafsiran menurut tafsir Ibnu Katsir tersebut, bahwa Allah SWT melarang manusia berbuat kerusakan di bumi, baik dengan kemusyikan, maksiat, maupun berbuat merusak alam sekitar yang berdampak pada kelestarian lingkungan. Salah satu bentuk perbuatan merusak alam ialah dengan penggunaan fungisida sintesik yang dapat menimbulkan kerusakan pada alam. Sehingga perlu dikembangkan suatu alternatif untuk mengurangi penggunaan fungisida sintetik. Salah satu alternatif tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan kapang endofit yang memiliki potensi untuk menghambat kapang patogen serta sifatnya yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

alami sehingga dapat mudah didegradasi oleh alam (tidak menimbulkan kerusakan yang berlebih).

Selain penggunaan *Trichoderma* sp. sebagai solusi alternatif ramah lingkungan. Dalam hadits juga disebutkan bahwa segala penyakit pasti ada obatnya.

مَاأَنْزَلَ اللهُ دَاءً إِلاَّ أَ نْزَل لَهُ شِفَاءً

Yang artinya : "Tidaklah Allah menurunkan penyakit kecuali Dia turunkan untuk penyakit itu obatnya." (HR. Al-Bukhari no. 5678)

Berdasarkan hadits tersebut diketahui apabila setiap penyakit yang diberikan Allah pasti ada obatnya, tugas manusia hanyalah berusaha menemukan obat tersebut. Oleh karena itu, penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp. dan penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* yang menyerang tanaman cabai pasti juga ada obatnya tanpa menggunakan pestisida yang jika digunakan dengan jangka waktu yang lama akan merusak lingkungan, yaitu dengan penggunaan agen hayati *Trichoderma* sp.

4.2 Aktivitas Antifungi Metabolit Sekunder Volatil Kapang Endofit *Trichoderma* sp. terhadap *Colletotrichum sp.*dan *Fusarium oxysporum*

Berdasarkan hasil penelitian, metabolit sekunder volatil *Trichoderma* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Colletotrichum sp.* dan *Fusarium oxysporum.* Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel. 4.3 Hasil uji aktivitas antifungi metabolit volatil *Trichoderma* sp terhadap *Colletotrichum sp.*dan *Fusarium oxysporum*

Perlakuan	Rerata diameter (cm)	Rerata penghambatan (%)
Colletotrichum sp.+*Trichoderma* sp.	2,65	41,11± 2,40
Colletotrichum sp.(kontrol)	4,5	
Fusarium oxysporum +*Trichoderma* sp.	6,34	12,45 ± 3,36
Fusarium oxysporum (kontrol)	7,25	

Berdasarkan hasil tersebut, metabolit sekunder volatil *Trichoderma* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Colletotrichum sp.* sebesar 41,11% dan *Fusarium oxysporum* sebesar 12,45%. Hasil tersebut sesuai dengan beberapa penelitian sebelumnya. Menurut (Krishna, 2016), bahwa metabolit volatil *Trichoderma viridae* mampu menghambat *Colletotrichum capsici* sebesar 25,5%. Menurut Lakshmidevi (2010), metabolit volatil *Trichoderma reesei* menghambat *C. capsici* sebesar 30,45% dan *Trichoderma viridae* menghambat *C. capsici* sebesar 8,81%. Menurut penelitian Al ani (2018) menunjukkan bahwa spesies *Trichoderma* sp. menghasilkan beragam nilai penghambatan pada *Fusarium oxysporum*, terdapat *Trichoderma* sp. yang memiliki nilai penghambatan di bawah 10%, diantaranya ialah *T. harzianum*, *T. reesei*, dan *T. brevicompactum*. Sehingga dapat diketahui bahwa metabolit sekunder volatil kapang endofit *Trichoderma* sp. yang digunakan dalam penelitian ini memiliki potensi yang lebih besar sebagai antifungi dibandingkan *T. viridae*, *T. reesei*, *T. harzianum*, dan *T. brevicompactum*.

Adanya penghambatan tersebut disebabkan oleh adanya metabolit sekunder volatil yang dihasilkan *Trichoderma* sp. mampu mempengaruhi pertumbuhan kapang patogen. Reino (2008), telah meninjau banyak metabolit

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sekunder yang mudah menguap yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. berpotensi. Metabolit sekunder volatil menunjukkan peran kunci dalam mikoparasit dari *Trichoderma* dan interaksninya dengan tanaman. Galindo (2004) dan Jelen (2014) menyatakan diantara senyawa antifungi volatil yang diproduksi oleh *Trichoderma* sp. yang paling penting dan terdokumentasi dengan baik adalah 6-pentyl-α-pyron (6-PAP), sebuah polyketide dengan aroma seperti kelapa manis yang mewakili aktivitas antimikroba dan herbisida. Jelen (2014) menyatakan delapan isolat *Trichoderma* sp. diantaranya *T. atrovirid*, *T. citrinoviride*, *T. hamatum*, *T. harzianum*, *T. koningii*, dan *T. viride* diskriining mampu menghasilkan 6-n-pentyl-2H-pyran-satu (6-PAP).

Berdasarkan hasil penelitian, metabolit sekunder volatil *Trichoderma* sp. mampu menghambat *Colletotrichum* sp. sebesar 41,11%. Menurut Howell (2003), senyawa volatil Alkyl pyrone yang merupakan senyawa antijamur yang dapat menghambat perkecambahan miselia *Colletotrichum capsici*. Senyawa pyron yang merupakan senyawa yang paling banyak dihasilkan metabolit volatil yang berperan menghambat pertumbuhan kapang patogen. Alkyl pyron tergolong flavonoid. Menurut Nuria (2009), sebagai antijamur, senyawa ini mendenaturasi protein, menganggu lapisan lipid, dan mengakibatkan kerusakan dinding sel. Sedangkan pada *Fusarium oxysporum*, menurut Jelen (2014), 6-pentyl-α-pyron (6-PAP) merupakan senyawa yang berperan dalam menghambat patogen *Fusarium oxysporum*. 6-PAP memiliki peran dalam melawan kapang patogen dengan mengurangi deoxynivalenol yang diproduksi oleh *Fusarium oxysporum* (Cooney, 2001). Meskipun nilai penghambatan yang diperoleh hanya sebesar

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

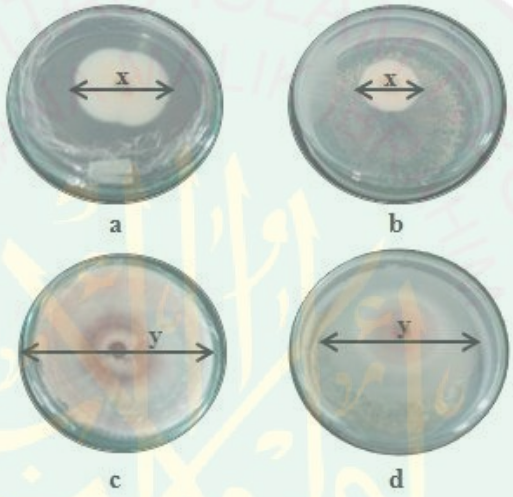
12,45% (lebih kecil dibandingkan *Colletotrichum* sp.) namun mempengaruhi pertumbuhan hifa aerialnya (pada gambar 4.4).

Selain adanya senyawa kimia mudah menguap (volatil) yang menghambat pertumbuhan kapang patogen, adanya mekanisme kompetisi juga mendukung penghambatan ini karena menurut Trigiano (2008), mekanisme antagonis dapat menggunakan satu atau lebih mekanisme untuk menekan patogen dan kinerjanya dapat berbeda terhadap jenis patogen yang lain. Kompetisi sendiri merupakan mekanisme yang terjadi antara dua atau lebih mikroorganisme yang menggunakan atau memperebutkan makanan (karbon dan nitrogen) atau sumber mineral yang sama, maupun menempati habitat atau inang yang sama. Mikroorganisme yang satu dapat mengalahkan mikroorganisme lainnya karena pertumbuhannya lebih cepat sehingga dapat menggunakan secara efisien sumber makanannya. Pada penelitian ini, selain *Trichoderma* sp. menghasilkan senyawa metabolit juga memiliki sifat tumbuh cepat sehingga mampu mengalahkan pertumbuhan patogen.

Jika dibandingkan dengan uji aktivitas metabolit sekunder nonvolatil, penghambatan metabolit volatil lebih tinggi. Hal tersebut disebabkan karena perbedaan karakter senyawa yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. Pada metabolit nonvolatil, senyawa metabolit yang diujikan berupa filtrat hasil fermentasi yang merupakan metabolit sekunder nonvolatil. Menurut Reino (2008), metabolit nonvolatil memiliki sifat larut dengan air. Metabolit nonvolatil dalam penelitian ini mengandung senyawa alkaloid yang menghambat dengan cara menghambat biosintesis nukleat patogen. Sedangkan pada metabolit volatil, metabolit yang digunakan ialah metabolit volatil (menguap) yang dihasilkan oleh *Trichoderma*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sp. dan senyawa yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan metabolit non volatil. Menurut Gupta *et al* (2014), terdapat 479 senyawa metabolit volatil yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. Jelen (2014), menyatakan bahwa senyawa metabolit sekunder volatil *Trichoderma* sp. menghasilkan 6-n-pentyl-2H-pyran-satu (6-PAP) yang menghambat dengan cara mengurangi metabolit yang dikeluarkan oleh kapang patogen.

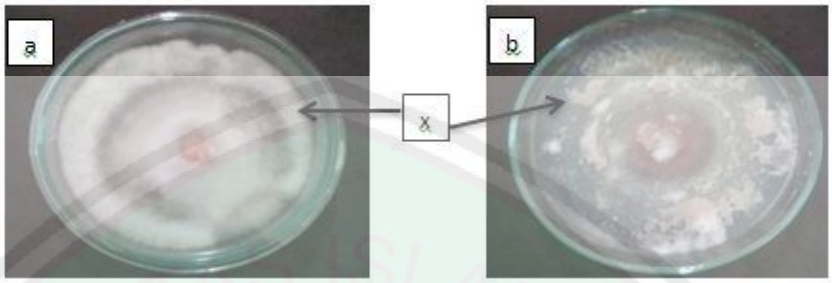


Gambar 4.3 Koloni patogen pada perlakuan aktivitas antifungi metabolit sekunder volatil hari ke-7 (a) *Colletotrichum sp.* (kontrol) (b) *Colletotrichum sp* (perlakuan) (c) *Fusarium oxysporum* (kontrol) (d) *Fusarium oxysporum* (perlakuan) (x) diameter koloni kapang *Colletotrichum* sp. (y) diameter koloni kapang *Fusarium oxysporum.*

Pengamatan secara makroskopik dan mikroskopik dalam penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh perlakuan terhadap keadaan pertumbuhan hifa kapang patogen. Berdasarkan gambar 4.4 diperoleh bahwa secara makroskopik terdapat perbedaan antara hifa aerial kapang patogen (kontrol) dan kapang patogen (perlakuan) secara jelas. Hal tersebut dikarenakan adanya senyawa metabolit volatil *Trichoderma* sp. yang menghambat

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pertumbuhan dari kapang patogen sehingga bentukan hifa aerial pada kapang patogen mengalami perubahan atau abnormal.



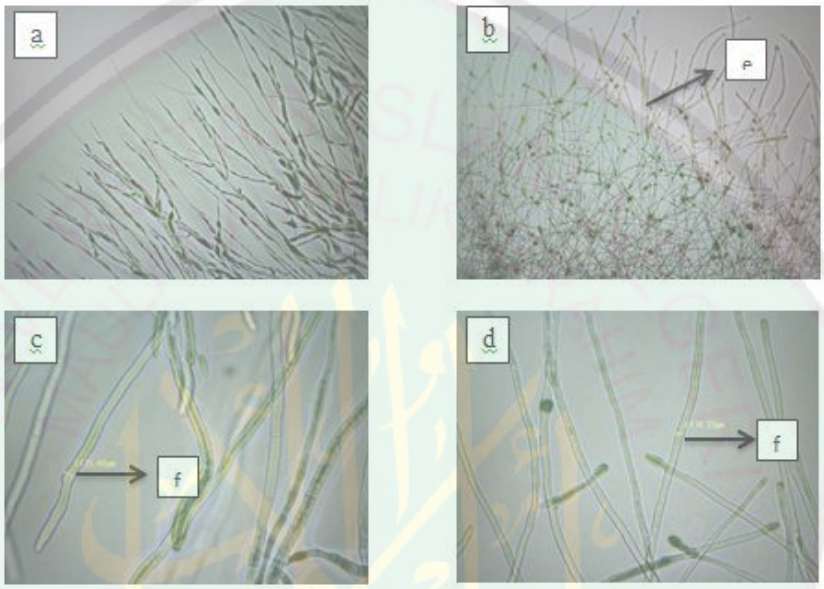
Gambar 4.4 Pengamatan kapang patogen *Fusarium oxsporum* secara makroskopik berdasarkan hasil uji aktivitas metabolit volatil *Trichoderma* sp. pada hari ke-7 (a) *Fusarium oxysporum* (kontrol) (b) *Fusarium oxysporum* perlakuan (x) hifa aerial koloni kapang *Fusarium oxysporum*

Menurut Widyawati (2008) menyatakan senyawa metabolit sekunder yang bersifat antibiotik akan masuk ke dalam sel kapang dan akan menyebabkan mikolisis. Mikolisis adalah hilangnya protoplasma pada struktur dinding sel sehingga enzim tidak larut pada dinding sel kapang. Mikolisis menyebabkan sejumlah gejala, seperti pembengkakan, pemendekan, dan lisisnya dinding sel serta mengakibatkan pertumbuhan abnormal pada hifa.

Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopik, perubahan tersebut ditunjukkan dengan bentuk hifa yang renggang dan melekuk-lekuk (tidak teratur) dan ukuran diameter hifa yang lebih kecil dibandingkan hifa pada kontrol pada *Colletotrichum* sp. Pada gambar 4.5 dapat dilihat pada (gambar b) adanya pertumbuhan abnormal yang ditandai dengan hifa yang tampak renggang tidak beraturan. Sedangkan pada gambar (c) dan (d) terdapat perbedaan ukuran diameter hifa. Pada gambar (d) hifa memiliki ukuran 4,23 µm lebih kecil

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dibandingkan hifa pada gambar (c) memiliki ukuran 5,68 µm. Menurut Rathore *et al* (1992), aktivitas senyawa volatil yang dihasilkan *Trichoderma* sp. dapat mengeringkan sebagian besar hifa patogen sehingga hifa patogen relatif lebih kecil dibandingkan dengan kontrol



Gambar 4.5 Pengamatan mikroskopik kapang patogen *Colletotrichum* sp. pada uji aktivitas antifungi metabolit sekunder volatil *Trichoderma* sp. (a) *Colletotrichum sp.* (kontrol) perbesaran 40x (b) *Colletotrichum sp.* (perlakuan) perbesaran 40x (c) *Colletotrichum sp.* (kontrol) perbesaran 1000x (d) *Colletotrichum sp.* (perlakuan) perbesaran 1000x (e) keseluruhan pertumbuhan abnormal pada hifa (f) diameter hifa *Colletotrichum* sp.

4.3 Kandungan Golongan Senyawa pada Metabolit Sekunder Kapang Endofit *Trichoderma* sp.

Berdasarkan hasil uji fitokimia terhadap filtrat (metabolit sekunder) kapang endofit *Trichoderma* sp yang digunakan sebagai antifungi, diperoleh hasil sebagai berikut (tabel 4.4).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.4 Hasil uji fitokimia filtrat (metabolit sekunder) kapang endofit *Trichoderma* sp.

Fitokimia	**Hasil**	**Keterangan**
Terpenoid/steroid	-	Bening
Alkaloid	+	Endapan putih, endapan jingga
Tanin	-	Kuning
Flavanoid	-	Kuning
Saponin	-	Tidak terdapat buih

Keterangan : tanda (+) menunjukkan bahwa terdapat golongan senyawa tersebut.

Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa filtrat (metabolit sekunder) kapang endofit *Trichoderma* sp. mengandung alkaloid. Hasil tersebut sesuai dengan Narasswati (2017) yang menunjukkan bahwa filtrat *Trichoderma* sp. setelah diuji fitokimia menghasilkan positif terhadap alkaloid ditandai dengan menghasilkan warna jingga terhadap pereaksi Dragendoff dan warna putih terhadap pereaksi Mayer. Menurut Hasanah (2015) mikroba endofit mampu menghasilkan senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, terpen, steroid, flavonoid, kuinon, fenol, dan lain sebagainya. Senyawa-senyawa ini sebagian besar mempunyai potensi yang besar sebagai senyawa bioaktif.

Adanya golongan senyawa alkaloid yang terdeteksi pada metabolit sekunder *Trichoderma* sp. yang mengakibatkan adanya penghambatan pada uji aktivitas metabolit sekunder nonvolatil. Golongan senyawa ini mengakibatkan pertumbuhan dari kapang patogen terhambat, dilihat dari diameter koloni kapang *Colletortichum* sp. dan *Fusarium oxysporum* pada perlakuan dengan penambahan metabolit yang lebih kecil dibandingkan dengan diameter koloni kapang *Colletortichum* sp. dan *Fusarium oxysporum* pada perlakuan kontrol. Hal tersebut juga diperkuat oleh Robinson (1995), yang menyatakan bahwa alkaloid sebagai

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

antimikroba berperan dalam melindungi tumbuhan dari serangan bakteri dan fungi.

Menurut Mutschler (1999), antifungi mempunyai dua jenis, yaitu fungisidal dan fungistatik. Fungisidal didefinisikan sebagai suatu senyawa yang dapat membunuh jamur, sedangkan fungistatik dapat menghambat pertumbuhan jamur tanpa mematikannya. Sehingga dapat diketahui jika jenis antifungi yang dihasilkan oleh metabolit sekunder *Trichoderma* sp. tergolong fungistatik yang berperan menghambat pertumbuhan kapang patogen. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa adanya metabolit sekunder *Trichoderma* sp. mampu menghambat pertumbuhan kapang patogen *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum* baik pada uji aktivitas metabolit sekunder nonvolatil maupun volatil.

Hasanah (2015) menyatakan bahwa senyawa alkaloid merupakan senyawa organik bernitrogen dan bersifat basa, umumnya berasal dari tumbuhan, misalnya turunan piridina, kuinolina, isokuinolina, dan pirola, banyak yang berkhasiat sebagai obat dan hampir semuanya mempunyai kearifan farmakologi yang baik. Mekanisme alkaloid sebagai antifungi menurut Kusumaningtyas (2008) adalah senyawa alkaloid dapat menghambat biosintesis asam nukleat. Sehingga apabila asam nukleatnya terhambat pembentukan protein pun juga terhambat, enzim-enzim maupun struktur sel juga terhambat. Akibatnya pertumbuhan kapang patogen yang diberi metabolit sekunder nonvolatil mengalami penghambatan pertumbuhan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Terdapat aktivitas antifungi metabolit sekunder kapang endofit *Trichoderma* sp terhadap *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum*. Metabolit sekunder (nonvolatil) dari *Trichoderma* sp. mampu menghambat *Colletotrichum* sp. sebesar 20,58% dan *Fusarium oxysporum* sebesar 13,02%. Sedangkan metabolit sekunder (volatil) dari kapang endofit *Trichoderma* sp. mampu menghambat *Colletotrichum* sp. sebesar 41,11% dan *Fusarium oxysporum* sebesar 12,45%.
2. Filtrat (metabolit sekunder) kapang endofit *Trichoderma* sp. mengandung golongan senyawa alkaloid.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya sebaiknya isolat *Trichoderma* sp. diidentifikasi hingga spesies agar dapat mempermudah penelitian selanjutnya dan perlu dilakukan pengembangan dan optimasi untuk mengisolasi senyawa aktif *Trichoderma* sp. agar didapatkan senyawa aktif lebih potensial dan dapat digunakan, baik dalam bidang pertanian maupun industri serta perlu dilakukan eksplorasi kapang endofit lainnya.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR PUSTAKA

Abada, K.A, Barakat F.M, Abou N.M, and El-Gammal Y.H. 2014. Effect of volatile and non volatile compounds of Trichoderma sp. on Botrytis fabae the causative agent of faba bean chocolate spot. *American Journal of Life Science*. Vol 2. No. 6.

Abdullah. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 3*. Diterjemahkan oleh Ghoffar, M. Abdul. Jakarta : Pustaka Imam Asy-syafi.

Afifah, Zahroul. 2017. Uji Antagonis Mikroba Endofit *Trichoderma* sp. dan Bacillus cereus terhdapa Patogen *Colletotrichum capsici* Penyebab Penyakit Antraknosa Pada Cabai Rawit (*Capcicum frustescens*). *Skripsi*. UIN Maliki Malang.

Al-ani, Laith Khalil Tawfeeq. 2018. Antagonistic of Some Trichoderma Againts Fusarium oxysporum sp. f. cubense Tropical Race 4 (FocTR4). The *Eurasia Proceeding of Science Engineering & Mathematics*. Vol 2.

Ainy, Erny., Ratnayani, dan Susilawati. 2015. Uji Aktifitas Antagonis *Trichoderma harzianum* 11035 terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan Colletotrichum TCK1 Penyebab Antraknosa pada Tanaman Cabai. *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*.

Ashari, S. 1995. *Hortikultura Aspek Budidaya*, Cetakan I. Jakarta: UI Press.

Badan Pusat Statistik dan Direktoral Jenderal Hortikultura tahun 2016.

Berlian, Intan, dkk. 2013. Mekanisme Antagonisme *Trichoderma* Spp.Terhadap Beberapa Patogen Tular Tanah. *Warta Perkaretan*, 32(2)

Chet, I., N. Benhamou, and S. Haran., 2005. Mycoparasitism and lytic enzymes. *In* Harman, G. E. and C. P. Kubicek (Eds),*Trichoderma* and *Gliocladium* enzymes biological control and commercial applications. Volume 2.

Cook, R.J. (1985). Biological Control of Plant Pathogen: Theory to Application. *Phytopatology* (75): 25-29

Duriat, A.S., N.Gunaeni., dan A.W.Wulandari. 2007. *Penyakit Penting Pada Tanaman Cabai dan Pengendaliannya*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung.

Furi, Titi Nurkusuma. 2017. Uji Antagonis Fungi Endofit *Trichoderma* sp. dan *Mucor* sp. Terhadap Fungi Pathogen Bercak Daun (leaf Spot) Pada Tanaman Strawberry (*Fragaria x ananassa*). *Skripsi*. UIN Maliki Malang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Galindo E., Flores C., Larralde-Corona P., Corkidi-Blanco G., Rocha-Valadez J. A., Serrano-Carreo'n L. 2004. Production of 6-pentyl-alpha-pyrone by *Trichoderma harzianum* cultured in unbaffled and baffled shake flasks. *Biochem. Eng. J.* 18

Gandjar, Indrawati, Wellyzar, dan Ariyanti.. 2006. *Mikologi: Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

Gunatilaka, 2006. Natural products from plantassociated microorganisms: Distribution, structural diversity, bioactivity, and implication of their occurrence, *J Nat Prod*, Vol. 69.

Gusnawaty, Taufik, Triana, dan Asniah. Karakterisasi Morfologis Trichoderma Spp. Indigenus Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos*. Vol.4 No. 2.

Harborne, J.B. 1987. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Penerbit ITB. Bandung.

Hardoim, L.S Van Overbeek, G. Berg, A.M Pirttila, S. Compant, A. Campisano, M. Doring, A. Sessitsch, 2015. The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophyes, *Microbiol Mol Biol* Rev., Vol. 79.

Harman, G. E. (2004b). *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology* Vol. 2.

Harni, Rita., Widi Amaria, Syafaruddin, dan Anis Herliyati. 2017. Potensi Metabolit Sekunder Trichoderma spp. Untuk Mengendalikan Penyakit Vascular Streak Diebak (VSD) Pada Bibit Kakao. *Journal of Industrial and Beverage Crops*. Volume 4.

Hedden, Peter dan Valerie Sponsed. 2015. A Century of Gibberelin Research. *J. Plant Growth Regul*. Vol 34.

Herliyana E., Jamilah, R., Taniwiryono, Firmansyah M. 2013. Uji In-vitro Pengendalian Hayati oleh Trichoderma sp. terhadap Ganoderma yang Menyerang Sengon. *Jurnal Silvikultur Tropika*. Vol. 4

Hifnawi, Muhammad Ibrahim dan Utsman. 2009. *Tafsir Al Qurthubi*. Diterjemahkan oleh Fathurrahman Abdul Hamid, Dudi dan Affandi. Jakarta: Pustaka Azzam.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Howell, C. R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Disease* 87 (1)

Howell, C. R. 2005. The role of antibiosis in biocontrol. In Harman, G. E. and C. P. Kubicek (Eds). *Trichoderma* and *Gliocladium* enzymes biological control and commercial applications Vol 2. Taylor and Francis, London.

Isaac, S., 1992. *Fungal Plant Interaction*. London: Chapman and Hall Press.

Itoh, Y, Kodama, Furuya, Takahashi, Haneishi, Takiguchi, dan Arai. 1980. A new sesquiterpen antibiotic, heptelidic acidproducing organism, fermentation, isolation, and characterization. *J. Antibiotic (Tokyo)*. Vol 33 (5).

Ismaini, L. 2011. Aktivitas Antifungi Ekstrak (*Centella asiatica* (L.) Urban terhadap Fungi Patogen pada Daun Anggrek (*Bulbophyllum flavidiflorum* Carr). *Jurnal Penelitian Sains*. Vol 14 No 1.

Jannah, Hayatul. 2016. Potensi Senyawa Fitokimia Filtrat Media Pertumbuhan Jamur Tiram Merah Muda (*Pleurotus flabellatus*) sebagai Antioksidan dan Antimikroba. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.

Jelen, Henry, Lidia B. Jerzy C. Katarzyna R., Judyta S. 2014. Foration of 6-n-pentyl-2H-pyran-1-one (6-PAP) and other volatiles by different Trichoderma spesies. *Mycological Progress*. Volume 13.

Kannangara, Sagarika. Dharmarathna, dan Jayarathna. 2017 Isolation, Identification and Characterization of Trichoderma Species as a Potential Biocontrol Agent against Ceratocystis paradoxa. *The Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 12 No.1.

Kusumaningtyas, E., L. Sukmawati Dan E. Astuti. 2008. Penentuan golongan bercak senyawa aktif dari ekstrak n-heksan Alpinia galanga terhadap *Candida albicans* dengan bioautografi dan kromatografi lapis tipis. *JITV* 13(4): 323-328

Kubicek, C.P. 2001. Trichoderma: from genes to biocontrol. *J. Plant Path*. 83: 11-23.

Kumar, dan Kaushik. 2013. Metabolites of endophytic fungi as novel source of biofungicide: a review. *Phytochem*. Rev. 11-507

Kumar, J, Bhardwaj Nitish. 2017. Characterization of Volatile Secondary from *Trichoderma asperellum*. *Journal of Applied and Natural Science*. Vol 9.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Krishna et al, 2016. *In vitro* antifungal activity of *Trichoderma* strains on pathogenic fungi inciting hot pepper *(Capsicum annuum L.). Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2016, 8(4).

Laskhmidevi, N. and Ajith P.S. 2010. Effect of Volatile and Non-volatile compound from Trichoderma sp. against Colletotrichum capsici incitant of Antracnose on Bell peppers. *Nature and Science*. Vol 8 (9).

Malinda, Soekarno, dan Yuliani. 2015. Penghambatan *Fusarium oxysporum* oleh kultur filtrat bakteri endofit dari tanaman kedelai secara in vitro. *Jurnal fitopatologi Indonesia*. Vol 11 no. 6.

Mahartha, Komang A., Khamdan K., Gusti N.A. 2013. Uji Efektivitas Rizobakteri sebagai Agen Antagonis terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. capsici Penyebab Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.). E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika* Vol. 2 No. 3

Masoodi, et al. 2012. Cultural, Morphological and pathogenic variability colletotrichum capsici causing die0back and fruit rot of chili. *Asian journal of plant pathology*.

Mutschler, E., 1999, *Dinamika Obat : Buku Ajar Farmakologi dan Toksikologi*, diterjemahkan oleh Widianto, M.B., dan Ranti, A.S., Edisi Kelima, Penerbit ITB, Bandung.

Namasivayam, Karthick Raja dan Prakash. 2014. Screening of Bioactive Compound by Gc-Mc from *Fusarium venenatum*. *International Journal of PhamTech Research*. Vol. 6. N0. 6.

Narasswati, Nungki, Oktavia, Nencci, Eryanti, Nugroho, Yuana. 2017. Potensi Metabolit Sekunder dari *Trichoderma* sp. LBKURCC22 Tanah Gambut Sekunder Sebagai Antibiotik. *Chimica et Natura Acta*. Vol. 5

NCBI. 2013. http://eol.org/pages/187980/hierarchy_entries/57331216/names (akses online)

Ngittu, Yolan. Dkk. Identifikasi Genus Jamur Fusarium Yang Menginfeksi Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Di Danau Tondano. *Jurnal ilmiah Farmasi*. Vol. 3. No. 3.

Nuria, cut. 2009. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) terhadap bakteri *staphylococcus aureus* , *Escherechia coli* dan *Salmonela typhi*. *Jurnal uji antibakteri* , 5 (2), h 10-12.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Nurzannah, Sri Endah., Lisnawita, dan Bakti. 2014. Potensi Jamur Endofit Asal Cabai Sebagai Agens Hayati Untuk Mengendalikan Layu Fusarium (*Fusarium Oxysporum*) Pada Cabai Dan Interaksinya. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. Vol. 2. No.3.

Ozkale, Evrim. 2017. Screening of Secondary Metabolites and inhibitory of Native Trichoderma harzianum strain against to various fungi and bacteria. *International Journal of Natural Products Research*. ISSN : 2249-0353.

Pavithra, L. Sathish, K. Ananda. 2012. Antimicrobial and Enzyme Activity of Endophytic Fungi Isolated from Tulsi. *JPBMS*, Vol.16.

Pebrianto, Catur Agus. 2009. Potensi *Trichoderma* sp. Sebagai Bahan Antibakterial dan Imunistimulasi Pada Udang Vaname, Litopenaeus vannamei. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Prijianto, T.B. 2009. Analisis faktor risiko keracunan pertisida organofosfat pada keluarga petani hortikultura di kecamatan Ngablak, kabupaten Magelang. *Thesis*. Semarang: Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Rakhmawati, Emilia. 2017. Isolasi dan Identifikasi Fungi Endofit dari Buah Daun Strawberry (*Fragaria x ananassa*) Sebagai Penghasil Senyawa Antioksidan. *Skripsi*. UIN Maliki Malang.

Rathore, V.R.S, Mathur, K. Hodha, B.C. 1992. Activity of volatile and non volatile substance produced by Trichoderma viridae on ginger rhizome rot pathogen. *Indian Phytopathology*. Vol. 45.

Reino J. L., Guerrero R. F., Herna'ndez-Gala'n R., Collado I. G. (2008). Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. Phytochem. Rev. 7

Ru, Zhang dan Wang Di. 2012. *Trichoderma* spp. From rhizozphere soil and their antagonism against *Fusarium sambucinum*. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(18).

Saxena et al, 2016. Chilli Anthracnose: The Epidemiology and Management. *Frontiers in Microbiology*. Volume 7.

Semanggun. 2000. *Penyakit-penyakit Tanaman Pangan di Indonesia*. Yogjakarta. UGM Press

Shentu, et al. 2014. Antifungal activity of metabolites of the endophytic fungus *Trichoderma brevicompactum* from garlic. *Brazilian Journal of Microbiology* 45, 1.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Soenartiningsih, Nurasiah, dan Saenong. 2014. Efektivitas Trichoderma sp. dan Gliocladium sp. sebagai Agen Biokontrol Hayati Penyakit Busuk Pelepah Daun pada Jagung. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* Vol. 33 NO. 2.

Sumiartha, I ketut dkk. 2015. Pengendalian Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annuum* L.) dengan Kompos dan Pupuk Kandang yang dikombinasikan dengan *Trichoderma* sp. di Rumah Kaca. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. Vol. 4 No.2.

Strobel el al. 2004. Natural Products From Endophytic Microorganisms. *Journal of Natural Product*. Vol 67.

Syukur, M., Sujipriati, S., Koswara, J., & Widodo. 2007. Pewarisan Ketahanan Cabai (*Capsicum annum* L.) terhadap Antraknosa yang Disebabkan oleh *Colletotrichum acutatum*. Bul. Agronomi, 35, 112-117. IPB.

Than et al, 2008. Chili anthranose disease caused by Colletotrichum species. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*. 9 (10)

Vinale et al, 2014. Trichoderma Secondary Metabolites Active on Plants and Fungal Pathogens. *The Open Mycology Journal*. Volume 8.

Widyawati, A. (2008). Bacillussp. Asal Rhiosfer Kedelai yang Berpotensi Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Dan Biokontrol Fungi Patoogen Akar. Tesistidak diterbitkan. Institut Pertanian Bogor.

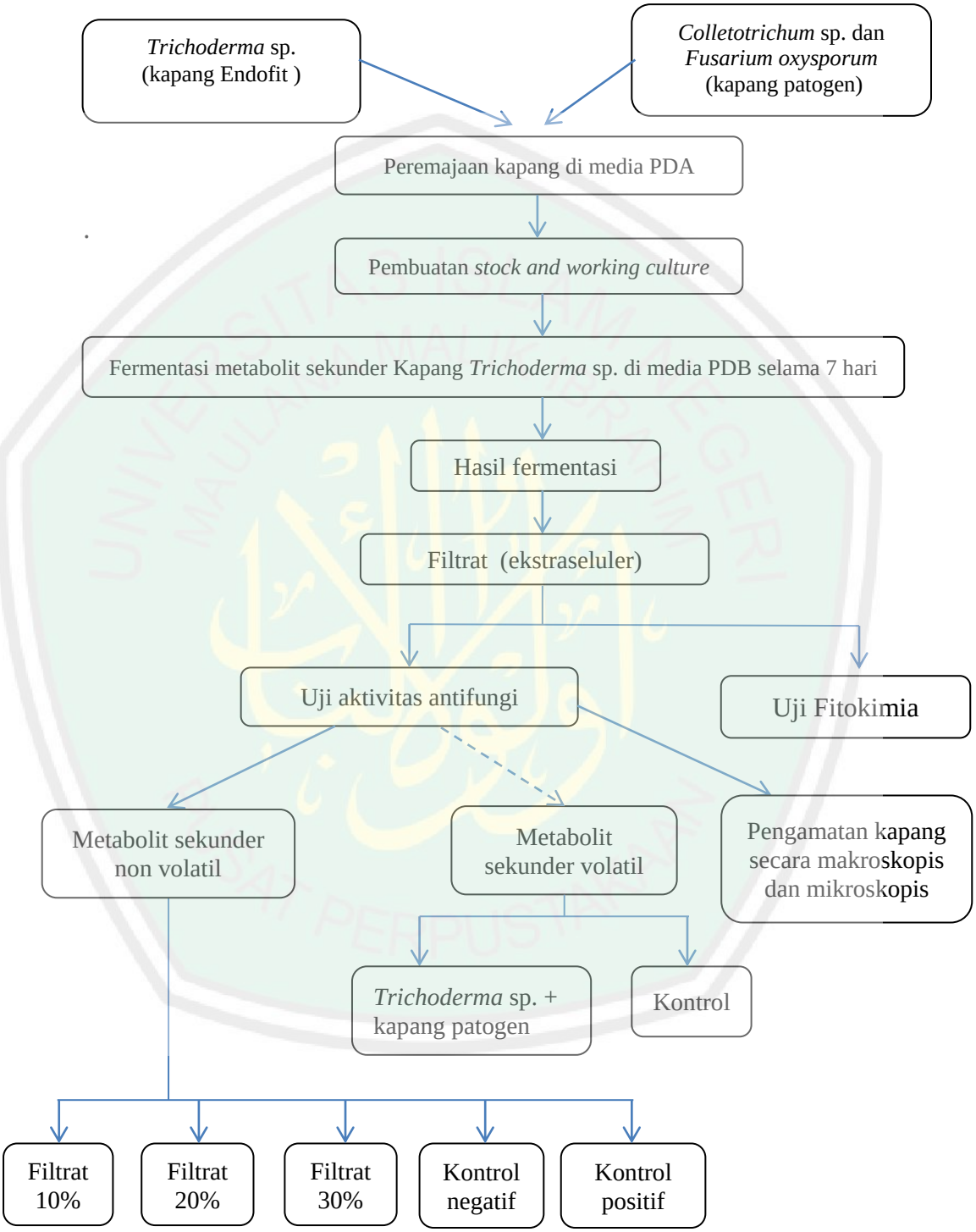
Yu, L. Zhang, L. Li, C. Zheng, L. Guo, W. Li, P. Sun, L. Qin. 2010. Recent developments and future prospects of antimicrobial metabolites produced endophytes. *Microbiological research*. Vol. 165.

Zhao, L. Zhou, J. Wang, T. Shan, L. Zhong, X. Liu, and X. Gao. 2010. Endophytic fungi for producing bioactive compounds originally from their host plants.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN

Lampiran 1. Alur Penelitian



CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 2. Tabel Data Hasil Pengamatan

1. Tabel hasil uji aktivitas antifungi metabolit sekunder (nonvolatil) *Trichoderma* sp. terhadap *Collectotrichum* sp

❖ Diameter kapang patogen (cm)

Perlakuan	U1	U2	U3	U4	Rerata	SD
0%	5.35	5.25	4.70	5.00	5.08	0.25
10%	4.20	4.50	4.45	4.75	4.48	0.20
20%	4.05	4.30	4.35	4.35	4.26	0.12
30%	4.05	4.00	4.25	4.30	4.15	0.13
k+	3.15	3.05	2.60	3.55	3.09	0.34

❖ Persentase penghambatan (%)

Perlakuan	U1	U2	U3	U4	rerata	SD
0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10%	17.24	11.33	12.32	6.40	11.46	3.85
20%	20.20	15.27	14.29	14.29	16.81	2.45
30%	20.20	21.18	16.26	15.27	20.58	2.51
k+	37.93	39.90	48.77	30.05	39.16	6.66

Contoh perhitungan persentase penghambatan :

- Persentase hambatan pada konsentrasi 10% (U1)
- $= \frac{DK-DP}{DK}\ x\ 100\% = \frac{5{,}08-4{,}20}{5{,}08} x\ 100\% = 17{,}24\%$

2. Tabel hasil uji aktivitas antifungi metabolit sekunder (volatil) *Trichoderma* sp. terhadap *Collectotrichum* sp

	U1	U2	U3	Kontrol	SD
Diameter (cm)	2.80	2.60	2.55	4.50	0.11
Penghambatan (%)	37.78	42.22	43.33	0	2.40

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Tabel hasil uji aktivitas antifungi metabolit sekunder (nonvolatil) *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium oxysporum*

❖ Diameter kapang patogen

	U1	U2	U3	U4	Rerata	SD
0%	7.85	8.20	8.20	8.00	8.06	0.15
10%	7.65	7.65	7.40	7.50	7.55	0.11
20%	7.45	7.20	7.70	7.75	7.53	0.22
30%	7.25	6.55	7.10	7.15	7.01	0.27
k+	5.70	5.20	5.40	5.30	5.40	0.19

❖ Persentase penghambatan kapang patogen (%)

Perlakuan	U1	U2	U3	U4	Rerata	SD
0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10%	5.12	5.12	8.22	6.98	6.36	1.32
20%	7.60	10.70	4.50	3.88	6.67	2.72
30%	10.08	18.76	11.94	11.32	13.02	3.38
k+	29.30	35.50	33.02	34.26	33.02	2.32

4. Tabel hasil uji aktivitas antifungi metabolit sekunder (volatil) *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium oxysporum*

	U1	U2	U3	Kontrol	SD
Diameter (cm)	6.15	6.69	6.20	7.25	0.24
Penghambatan (%)	15.17	7.72	14.48	0.00	3.36

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 3. Hasil Analisis Variansi (ANAVA) dan Uji Lanjut DMRT 5%

❖ *Collectotrichum* sp.

1. Uji normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		diameter	persentase
N		20	20
Normal Parameters[a]	Mean	4.2100	17.0443
	Std. Deviation	.70068	13.61829
Most Extreme Differences	Absolute	.182	.181
	Positive	.089	.181
	Negative	-.182	-.105
Kolmogorov-Smirnov Z		.815	.808
Asymp. Sig. (2-tailed)		.520	.532

a. Test distribution is Normal.

2. Uji homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
diameter	.863	4	15	.508
persentase	2.021	4	15	.143

3. Tabel Anova

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
diameter	Between Groups	8.339	4	2.085	31.628	.000
	Within Groups	.989	15	.066		
	Total	9.328	19			
persentase	Between Groups	3237.836	4	809.459	42.475	.000
	Within Groups	285.860	15	19.057		
	Total	3523.696	19			

4. Uji Lanjut (DMRT)

diameter

Duncan

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
k+	4	3.0875		
30%	4		4.1500	
20%	4		4.2625	
10%	4		4.4750	
k-	4			5.0750
Sig.		1.000	.109	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

persentase

Duncan

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
k-	4	.0000		
10%	4		11.8227	
20%	4		16.0099	
30%	4		18.2266	
k+	4			39.1626
Sig.		1.000	.067	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

❖ *Fusarium oxysporum*

1. Uji normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		diameter	persentase
N		20	20
Normal Parameters[a]	Mean	7.1100	11.8140
	Std. Deviation	.96212	11.90382
Most Extreme Differences	Absolute	.246	.246
	Positive	.129	.246
	Negative	-.246	-.160
Kolmogorov-Smirnov Z		1.099	1.099
Asymp. Sig. (2-tailed)		.178	.178

a. Test distribution is Normal.

2. Uji homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
diameter	.893	4	15	.492
persentase	2.918	4	15	.057

3. Tabel Anova

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
diameter	Between Groups	16.827	4	4.207	82.890	.000
	Within Groups	.761	15	.051		
	Total	17.588	19			
persentase	Between Groups	2588.575	4	647.144	93.569	.000
	Within Groups	103.744	15	6.916		
	Total	2692.319	19			

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4. Uji Lanjut (DMRT)

persentase

Duncan

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
k-	4	.0000			
10%	4		6.3566		
20%	4		6.6667		
30%	4			13.0233	
k+	4				33.0233
Sig.		1.000	.870	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

diameter

Duncan

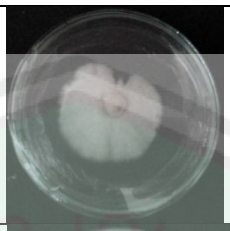
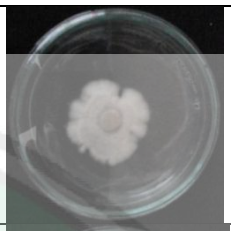
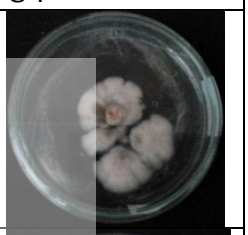
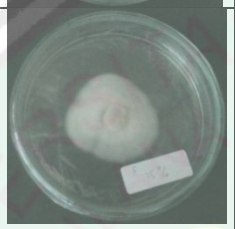
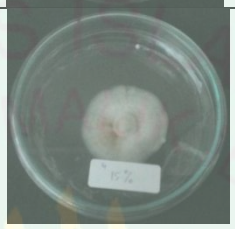
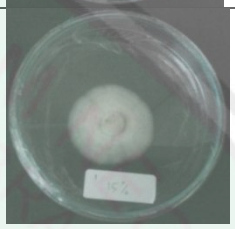
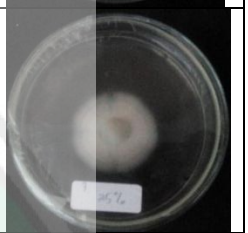
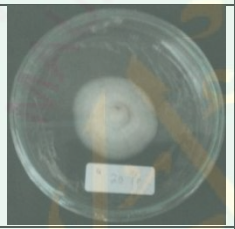
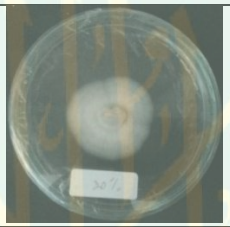
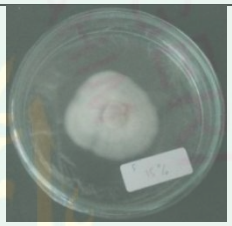
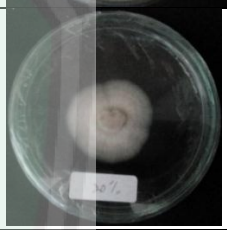
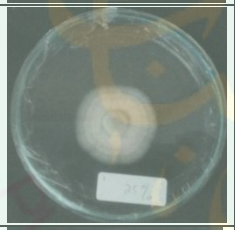
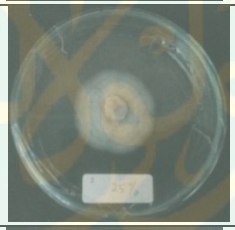
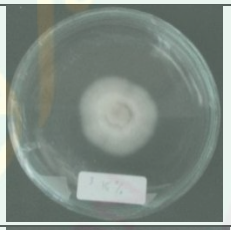
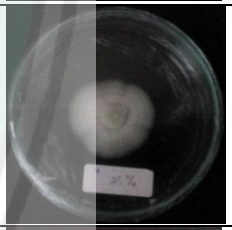
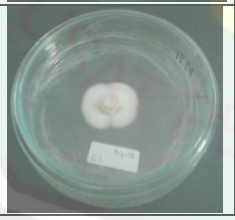
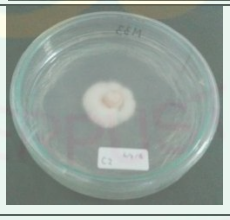
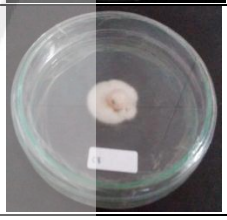
perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
k+	4	5.4000			
30%	4		7.0125		
20%	4			7.5250	
10%	4			7.5500	
k-	4				8.0625
Sig.		1.000	1.000	.877	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

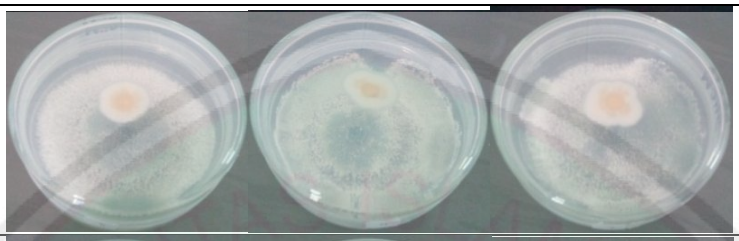
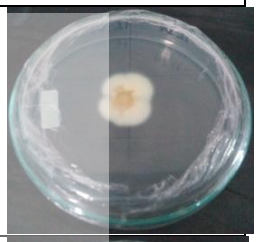
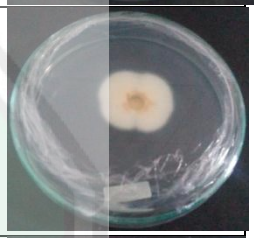
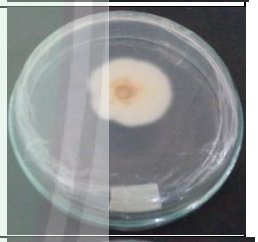
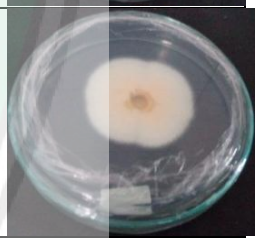
Lampiran 4. Gambar Hasil Pengamatan

❖ Uji aktivitas antifungi metabolit sekunder (nonvolatil) *Trichoderma* sp. terhadap *Collectotrichum* sp.

Perlakuan	U1	U2	U3	U4
0% (K-)				
10%				
20%				
30%				
K+				

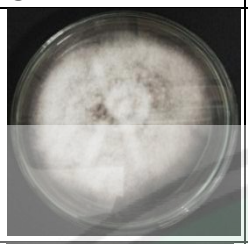
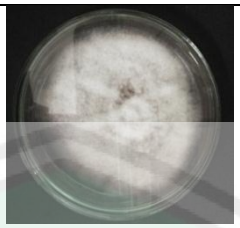
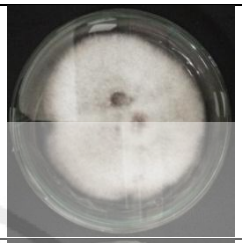
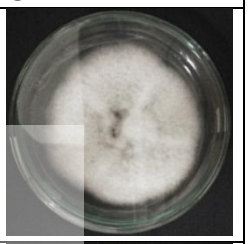
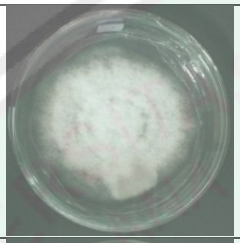
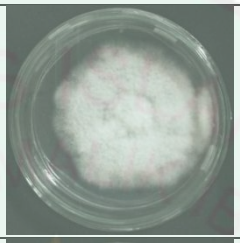
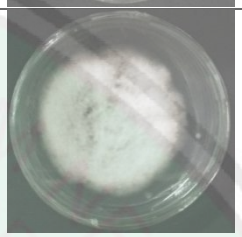
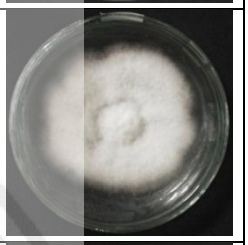
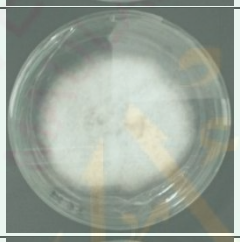
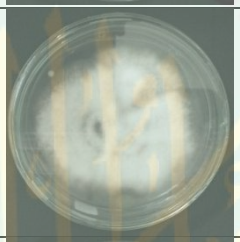
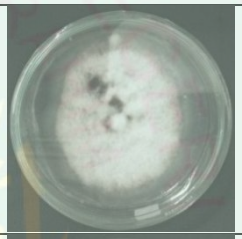
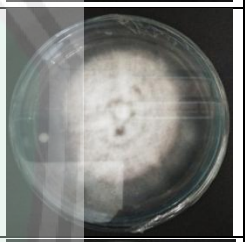
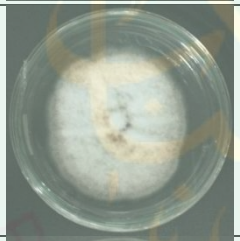
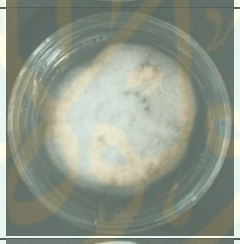
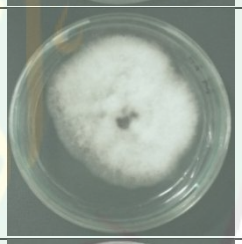
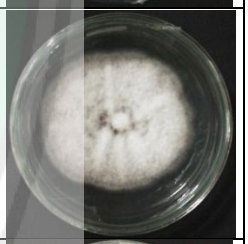
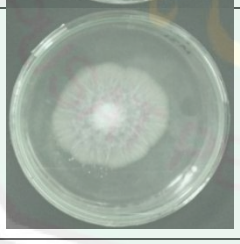
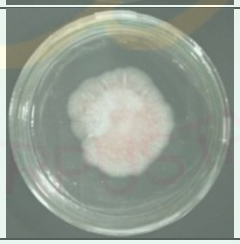
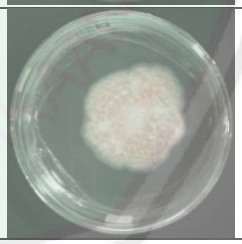
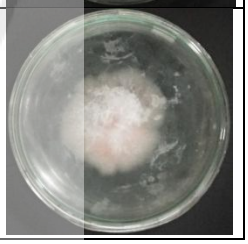
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

❖ Uji aktivitas antifungi metabolit sekunder (volatil) *Trichoderma* sp. terhadap *Collectotrichum* sp.

Pengamatan hari ke-	Perlakuan	Kontrol
Hari ke-4		
Hari ke-5		
Hari ke-6		
Hari ke-7		

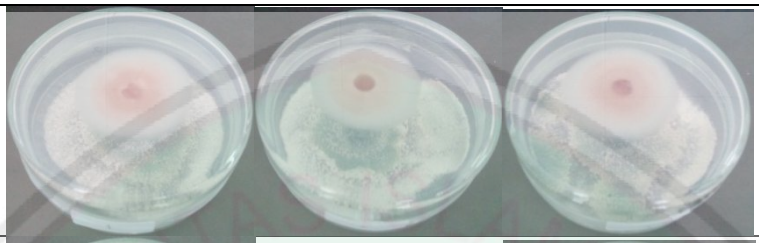
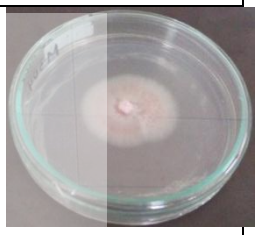
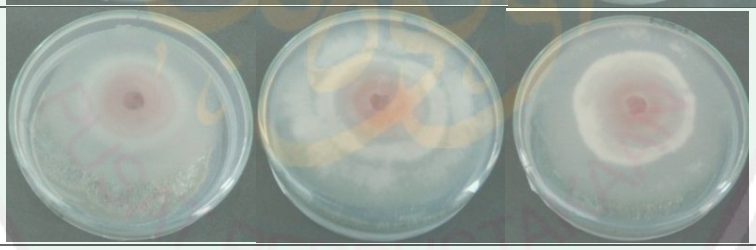
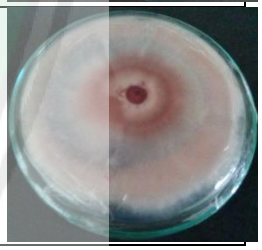
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

❖ Uji aktivitas antifungi metabolit sekunder (nonvolatil) *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium oxysporum*

Perlakuan	U1	U2	U3	U4
0% (K-)				
10%				
20%				
30%				
K+				

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

❖ Uji aktivitas antifungi metabolit sekunder (volatil) *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium oxysporum*

Pengamatan hari ke-	Perlakuan	Kontrol
Hari ke-4		
Hari ke-5		
Hari ke-6		
Hari ke-7		

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Hasil uji fitokimia

No	Uji	Hasil	Keterangan
1	Uji Terpenoid/steroid		Tidak terdapat warna merah dan ungu (-)
2	Uji Alkaloid		Terdapat warna jingga pada pereaksi Dragendoff dan terdapat endapan putih pada pereaksi Meyer (+)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3	Uji Flavanoid		Tidak terdapat warna merah (-)
4	Uji Tanin		Tidak terdapat warna biru kehitaman (-)
5	Uji Saponin		Tidak terdapat buih stabil selama 10 menit (-)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 5. Perhitungan Pembuatan Konsentrasi Perlakuan

1. Perhitungan konsentrasi 10%

   Filtrat 10% = $\frac{10}{100} x\ 10\ ml = 1\ ml$

   Media PDA 90% = $\frac{90}{100} x\ 10\ ml = 9\ ml$

2. Perhitungan konsentrasi 20%

   Filrat 20% = $\frac{20}{100} x\ 10\ ml = 2\ ml$

   Media PDA 80% = $\frac{80}{100} x\ 10\ ml = 8\ ml$

3. Perhitungan konsentrasi 30%

   Filtrat 30% = $\frac{30}{100} x\ 10\ ml = 3\ ml$

   Media PDA 70% = $\frac{70}{100} x\ 10\ ml = 7\ ml$

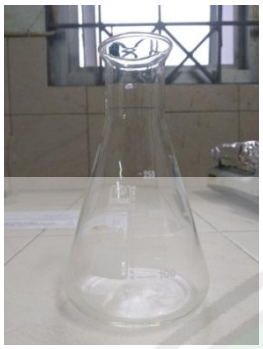
4. Perhitungan propineb 70%

   Propineb dilarutkan dalam akuades steril

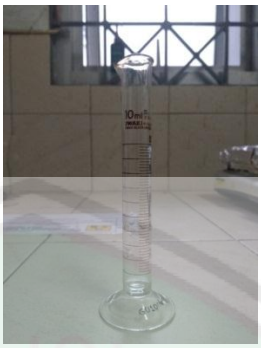
   - Takaran 1sdm untuk 1 liter = 5 gr untuk 1 liter
   - Yang dibutuhkan ialah 10 ml sehingga massa yang dibutuhkan adalah 0,05 gr
   - Untuk mencapai konsentrasi 20%, dilarutkan dengan air = 3 ml ppropineb 70|% dilarutkan dengan 7 ml akuades

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 6. Alat-Alat Penelitian



Erlenmeyer



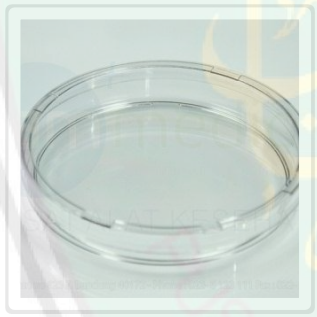
Gelas ukur

Beaker glass

Laminar Air Flow

Autoklaf

Timbangan analitik



Cawan petri

Microsentrifuge

Shaker

Penggaris

Blue tip

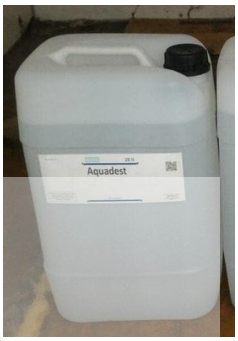
Mikropipet 1000µl

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

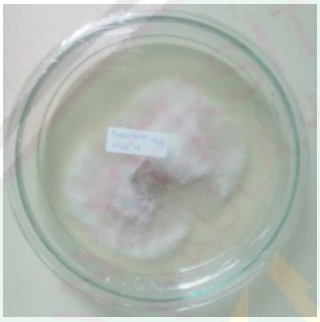
Lampiran 7. Bahan-Bahan Penelitian

PDA

PDB

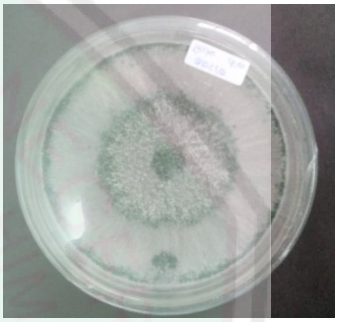


Akuades



Fusarium oxysporum

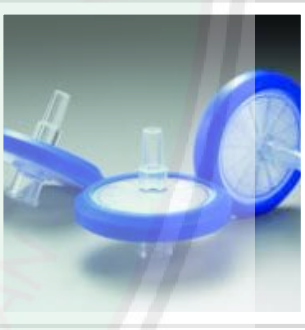
Colletotrichum sp.



Trichoderma sp.

Antracol (fungisida)

Streptomicin (antibakteri)



Milipore

Parafilm

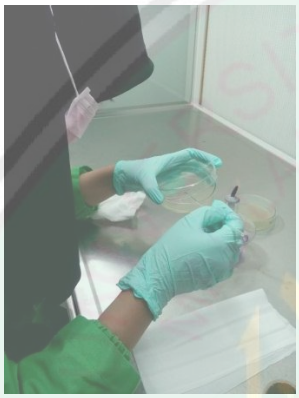
Kertas saring whatman no. 1

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

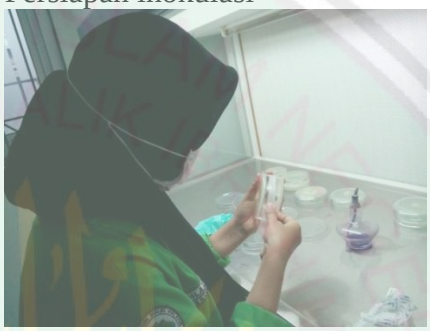
Lampiran 8. Foto Kegiatan Penelitian

Proses inokulasi

Persiapan inokulasi



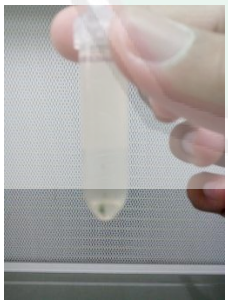
Inokulasi kapang



Pemasangan parafilm wrap

Perlakuan uji metabolit volatile

Hasil fermentasi kapang



Hasil sentrifugasi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KEMENTRIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama :Aldila Yunia Putri
NIM : 14620044
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil / Genap TA
Pembimbing : Dr. Ulfah Utami, M.Si
Judul Skripsi : Uji Aktivitas Antifungi Metabolit Sekunder Kapang Endofit *Trichoderma* sp. Terhadap Kapang Patogen *Colletotrichum* sp. Dan *Fusarium oxysporum* pada Tanaman Cabai

No	Tanggal	Uraian Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	20 Januari 2018	Pengajuan Judul Skripsi	1.
2.	31 Januari 2018	ACC Judul Skripsi	2.
3.	12 Maret 2018	Konsultasi BAB I, II, dan III	3.
4.	16 Maret 2018	Revisi I BAB I, II, dan III	4.
5.	10 April 2018	Revisi II BAB I, II, dan III	5.
6.	11 April 2018	Revisi III BAB I, II, dan III	6.
7.	11 April 2018	ACC BAB I, II, dan III	7.
8.	2 November 2018	Konsultasi BAB IV dan BAB V	8.
9.	5 November 2018	Revisi I BAB IVdan BAB V	9.
10.	6 November 2018	ACC Skripsi	11.

Malang, 6November 2018

Pembimbing Skripsi,

Dr. Ulfah Utami, M.Si
NIP. 19650509 1990 3 2002

Ketua Jurusan,

Romaidi, M.Si. D. Sc
NIP. 19810201 200901 1 019

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KEMENTRIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama :Aldila Yunia Putri
NIM : 14620044
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil / Genap TA
Pembimbing : Dr. Ulfah Utami, M.Si
Judul Skripsi : Uji Aktivitas Antifungi Metabolit Sekunder Kapang Endofit *Trichoderma* sp. Terhadap Kapang Patogen *Colletotrichum* sp. Dan *Fusarium oxysporum* pada Tanaman Cabai

No	Tanggal	Uraian Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	12 Maret 2018	Judul Skripsi	1.
2.	10 April 2018	Konsultasi integrasi BAB I,II, dan III	2.
3.	11 April 2018	Revisi integrasi	3.
4.	11 April 2018	ACC BAB I,II, dan III	4.
5.	4 November 2018	Konsultasi integrasi ayat BAB IV, V	5.
6.	5 November 2018	Revisi integrasi	6.
7.	6 November 2018	ACC BAB IV, V	7.
8.			8.
9.			9.
10.			10.
11.			11.

Malang, 6November 2018

Pembimbing Skripsi,

Mujahidin Ahmad, S.Pt, M.Sc
NIP. 19860512 20160801 1 060

Ketua Jurusan,

Romaidi, M.Si. D. Sc
NIP. 19810201 200901 1 019

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG