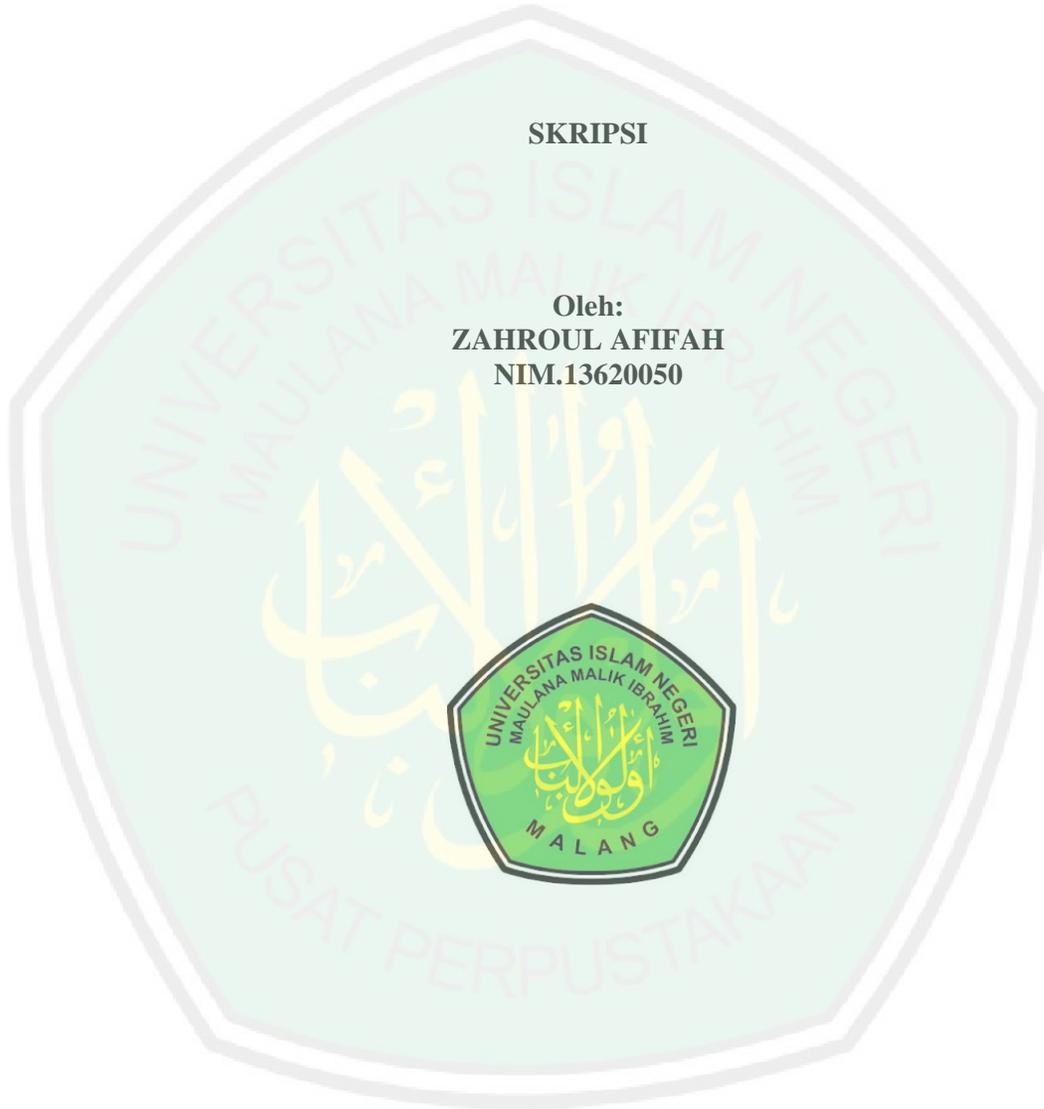


**UJI ANTAGONIS MIKROBA ENDOFIT *Trichoderma* sp. DAN *Bacillus cereus* TERHADAP PATOGEN *Colletotrichum capsici* PENYEBAB PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*)**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**ZAHROUL AFIFAH**  
**NIM.13620050**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2017**

**UJI ANTAGONIS MIKROBA ENDOFIT *Trichoderma sp.* DAN *Bacillus cereus* TERHADAP PATOGEN *Colletotrichum gloeosporioides* PENYEBAB PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*)**

**SKRIPSI**

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

**Oleh:  
ZAHROUL AFIFAH  
NIM.13620050**

**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2017**

**UJI ANTAGONIS MIKROBA ENDOFIT *Trichoderma sp.* DAN *Bacillus cereus* TERHADAP PATOGEN *Colletotrichum capsici* PENYEBAB PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*)**

SKRIPSI

Oleh:  
**ZAHROUL AFIFAH**  
NIM.13620050

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:  
Tanggal 2 November 2017

Pembimbing I

Dr. Ulfah Utami, M.Si  
NIP. 19650509 199903 2 002

Pembimbing II

Mujahidin Ahmad, M.Sc  
NIDT. 1986 05122016 080 11060

Mengetahui  
Ketua Jurusan Biologi



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

**UJI ANTAGONIS MIKROBA ENDOFIT *Trichoderma sp.* DAN *Bacillus cereus* TERHADAP PATOGEN *Colletotrichum gloeosporioides* PENYEBAB PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*)**

SKRIPSI

Oleh:  
**ZAHROUL AFIFAH**  
NIM.13620050

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 19 Desember 2017

Penguji Utama	Ir. Liliek Harianie, M.P	
Ketua Penguji	Prilya Dewi Fitriyani, M.Sc	
Sekretaris Penguji	Dr. Ulfah utami, M.Si	
Anggota Penguji	Mujahidin Ahmad, M.Sc	

Mengetahui  
Ketua Jurusan Biologi



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

**PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zahroul Afifah

Nim : 13620050

Jurusan : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Uji Antagonis Mikroba Endofit *Trichoderma* sp. dan *Bacillus cereus* Terhadap Patogen *Colletotrichum capsici* Penyebab Penyakit Antraknosa Pada Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

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, 28 Desember 2017

Yang membuat pernyataan



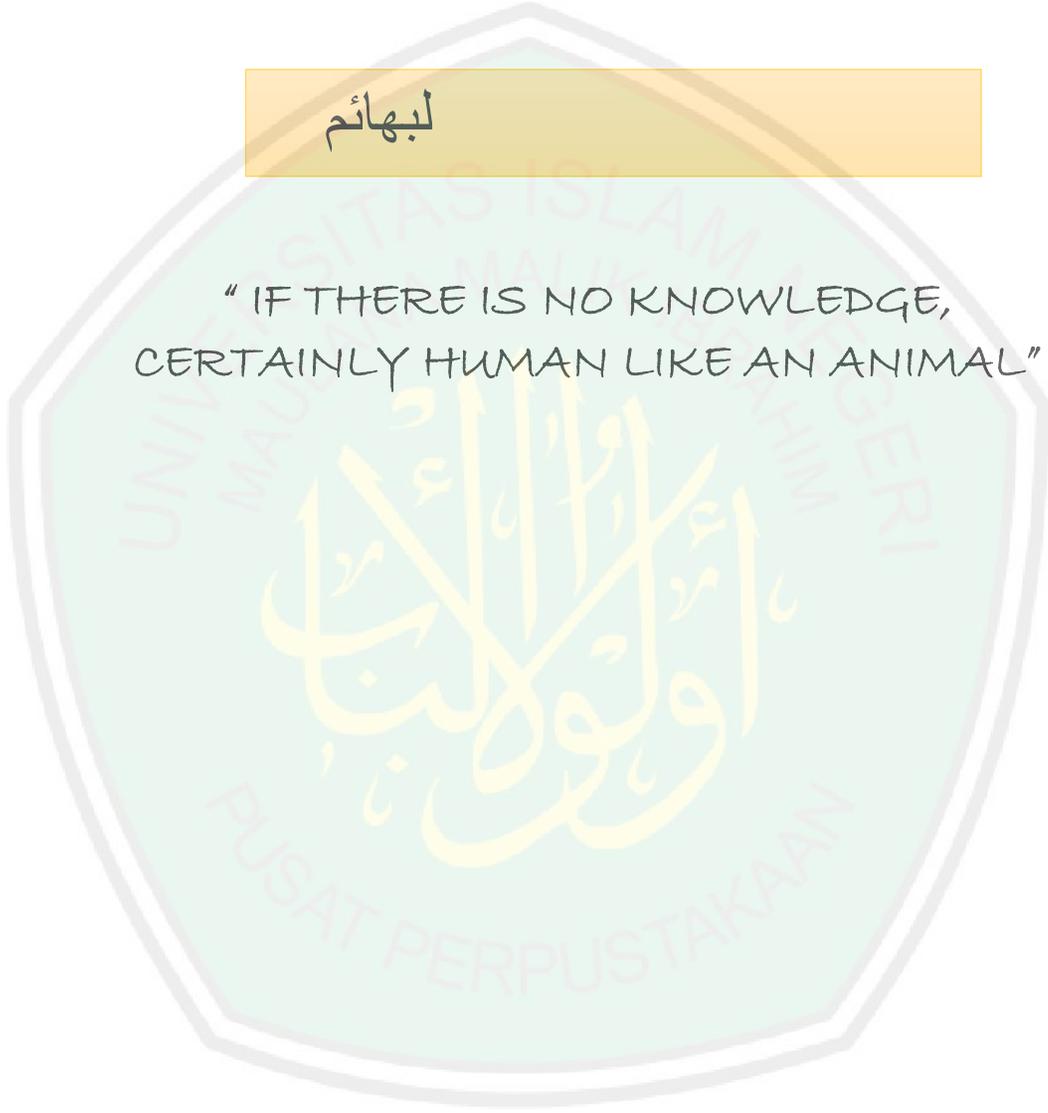
Zahroul Afifah

NIM. 13620050

# MOTTO

لبهائم

" IF THERE IS NO KNOWLEDGE,  
CERTAINLY HUMAN LIKE AN ANIMAL "



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah kupanjatkan kehadirat Allah SWT. Atas rahmat ridha dan hidayahnya kepadaku dalam menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

\*\*\*\*\*

Ku persembahkan karya sederhana ini untuk abahku tercinta bapak Fathoní dan ibuku tercinta Khoirunnisa' adikeku tercinta Fauziatur Rofiqoh serta keluarga besarku yang selama ini selalu memberiku semangat, doa, nasehat, dan kasih sayang yang tak tergantikan

\*\*\*\*\*

Terima kasih tak terhingga kepada seluruh dosen jurusan Biologi yang selama ini membimbing dengan sabar sampai akhir pendidikan ini

\*\*\*\*\*

Terima kasih juga kepada pihak-pihak yang senantiasa membantu dan menyemangatiku untuk menyelesaikan karya sederhana ini. Roommate squad iza, meike, zahra, mama alfeyzha

\*\*\*\*\*

Terima kasih juga kepada teman-temanku yang paling kucintai terutama segenap keluarga besar gengbate ( Yuli Fithrotin, Desy Rahma Yusmalasari, Magstin Najla Safura, Ismi Anni Aslikhah, M. Tajuddin Alfajri, M. Ihsanuddin, M. Yajid Bastomi, Abdul Muhaimin) dan segenap keluarga besar Biologi 13 yang selama ini selalu menjadi partner terbaik.

\*\*\*\*\*

Terima kasih juga kepada partner jauh yang selalu menyemangati dan memotivasiku selama ini M. Hafidz Firmansyah, Keluarga besar PP.Burhanul Hidayah dan PP.Mamba'ul Hikam

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil ‘alamin penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan-Nya sehingga skripsi dengan judul “ **Uji Antagonis Mikroba Endofit *Trichoderma sp.* dan *Bacillus cereus* terhadap Patogen *Colletotrichum gloeosporioides* Penyebab Penyakit Antraknosa pada cabai rawit (*Capsicum frutescens*).**” Ini dapat diselesaikan dengan baik sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Sholawat 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. H. Mudjia Raharjo, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P, selaku ketua Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Eko Budi Minarno, M.Pd, selaku wali dosen 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 semua bimbingan dan kesabaran beliau dalam menuntun penulisan skripsi ini.
6. Ir. Liliek Harianie, M.P, dan Romaidi, Ph.D, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga membantu terselesainya skripsi ini.
7. Seluruh dosen, Laboran, dan Staf Administrasi Jurusan Biologi yang telah membantu dan memberikan kemudahan, terima kasih atas semua ilmu dan bimbingannya.
8. Kedua orang tuaku Bapak Fathoni dan Ibu Khoirunnisa’, yang selalu memberikan do’a, semangat, serta motivasi kepada penulis sampai saat ini.
9. Teman- teman Biologi ’13 terutama Biologi B, terimakasih telah menjadi sahabat dan keluarga selama 4 tahun perkuliahan. Serta telah berjuang sama-sama menyelesaikan studi sampai memperoleh gelar S.Si.
10. Semua pihak yang ikut membantu dan memberikan dukungan baik moril maupun materiil dalam menyelesaikan 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 melimpahkan Rahmat dan Ridho-Nya. Amin.

Malang, 28 Desember 2017

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGAJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xviii</b>
<b>.....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	9
1.3 Tujuan .....	9
1.4 Manfaat .....	9
1.5 Hipotesis Penelitian.....	10
1.6 Batasan Masalah.....	10
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>12</b>
2.1 Cabai Rawit.....	12
2.1.1 Klasifikasi Cabai Rawit.....	12
2.1.2 Botani Cabai Rawit.....	12

2.1.3 Morfologi Cabai .....	14
2.1.4 Kandungan Gizi dan Manfaat Cabai Rawit.....	16
2.1.5 Syarat Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit.....	19
2.2 Penyakit Antraknosa ( <i>Colletotrichum capsici</i> ) .....	22
2.2.1 Klasifikasi <i>Colletotrichum capsici</i> .....	22
2.2.2 Morfologi <i>Colletotrichum capsici</i> .....	22
2.2.3 Patogenitas <i>Colletotrichum capsici</i> .....	25
2.2.4 Pengendalian Penyakit Antraknosa Cabai .....	27
2.3 Biokontrol .....	28
2.3.1 Mekanisme Biokontrol .....	29
2.4 Jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	31
2.4.1 Manfaat <i>Trichoderma</i> sp. ....	33
2.5 <i>Trichoderma</i> sp. sebagai Agen Hayati .....	34
2.6 Bakteri <i>Bacillus cereus</i> .....	36
2.7 <i>Bacillus</i> sebagai Agen Pengendali Hayati.....	37
<b>BAB III. METODE</b> .....	<b>40</b>
3.1 Rancangan Penelitian .....	40
3.2 Variabel Penelitian .....	40
3.3 Waktu dan Tempat .....	41
3.4 Alat dan Bahan .....	41
3.5 Prosedur Penelitian.....	42
3.5.1 Pembuatan Media NA .....	42
3.5.2 Pembuatan Media PDA .....	42
3.5.3 Sterilisasi Alat dan Bahan.....	42
3.5.4 Peremajaan Bakteri <i>Bacillus cereus</i> .....	43
3.5.5 Peremajaan <i>Trichoderma</i> sp .....	43
3.5.6 Peremajaan <i>Colletotrichum capsici</i> .....	43
3.5.7 Percobaan <i>In Vitro</i> .....	44
3.5.8 Mekanisme Antagonis .....	45

3.5.9 Pembuatan Larutan Patogen <i>Colletotrichum capsici</i> .....	45
3.5.10 Pembuatan Larutan Antagonis <i>Trichoderma</i> sp .....	46
3.5.11 Pengujian <i>In Vivo</i> .....	46
3.6 Analisis Data .....	48
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
4.1 Uji Antagonis Mikroba Endofit terhadap Patogen <i>C. capsici</i> .....	49
4.2 Uji Antagonis <i>Trichoderma</i> terhadap <i>C. capsici</i> secara <i>in vivo</i> .....	61
<b>BAB V. PENUTUP.....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran.....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>78</b>

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1.2 Cabai Rawit .....	13
Gambar 2.2.2 Morfologi <i>C. capsici</i> secara mikroskopis dan makroskopis .....	23
Gambar 2.5 Morfologi <i>Trichoderma</i> sp.....	32
Gambar 3.5.7 Peletakan isolat untuk uji antagonis secara <i>in vitro</i> .....	44
Gambar 4.1.1 Perlakuan <i>Trichoderma</i> sp. yang mengantagonis <i>C. capsici</i> .....	50
Gambar 4.1.2 Mekanisme antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>C. capsici</i> diamati dibawah mikroskop.....	51
Gambar 4.1.3 Perlakuan <i>B. cereus</i> yang mengantagonis <i>C. capsici</i> .....	55
Gambar 4.2 Hasil uji <i>in vivo</i> pada buah cabai rawit.....	62

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1.4 Kandungan nutrisi dalam 100 gram cabai rawit .....	18
Tabel 4.1 Persentase penghambatan <i>Trichoderma</i> sp. dan <i>B. cereus</i> terhadap <i>C. capsici</i> .....	49
Tabel 4.2 Hasil uji antagonisme <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>C. capsici</i> pada cabai rawit secara <i>in vivo</i> .....	61



## ABSTRAK

Afifah, Zahroul, 2017, **Uji Antagonis Mikroba Endofit *Trichoderma* sp dan *Bacillus cereus* terhadap Patogen *Colletotrichum capsici* Penyebab Penyakit Antraknosa pada Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)**. Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing: Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si dan Mujahidin Ahmad, M.Sc.

---

**Kata Kunci:** Endofit *Trichoderma* sp dan *Bacillus cereus*, patogen *Colletotrichum capsici*, Cabai rawit (*Capsicum frutescens*)

Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh kapang patogen *Colletotrichum capsici* telah banyak menyerang tanaman cabai rawit. Penyakit ini merupakan penyakit yang harus ditangani dengan tepat dan cepat karena dapat menurunkan produksi cabai mencapai 90%. Saat ini penanggulangan penyakit antraknosa masih menggunakan fungisida kimiawi dan jika diaplikasikan dalam jangka panjang dikhawatirkan akan menimbulkan dampak baru bagi lingkungan. Endofit *Trichoderma* dan *Bacillus cereus* mungkin dapat digunakan sebagai agen antagonis bagi patogen *C. capsici* karena mempunyai berbagai senyawa yang dapat bersifat antibiosis.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Tahapan penelitian ini meliputi pembuatan media kultur kapang dan bakteri, peremajaan kultur mikroba endofit *Trichoderma* sp. dan *B. cereus*, peremajaan patogen *C. capsici*, uji antagonis secara *in vitro* menggunakan metode *dual culture method*, pembuatan suspensi *Trichoderma* sp. dan *C. capsici* untuk pengaplikasian secara *in vivo*, uji antagonis endofit secara *in vivo* pada buah cabai pasca panen, pengamatan parameter uji meliputi: masa inkubasi, kejadian penyakit, dan intensitas serangan.

Hasil uji antagonis secara *in vitro* menunjukkan bahwa besar persentase penghambatan perlakuan *Trichoderma* (96%) dan kombinasi *Trichoderma* dan *B. cereus* (97%) tidak berbeda nyata. Sedangkan pada perlakuan *B. cereus* (11,88%) hasilnya berbeda nyata terhadap semua perlakuan. Selanjutnya untuk endofit *Trichoderma* sp. dilanjutkan pada uji *in vivo* karena yang paling efektif. Hasilnya untuk masa inkubasi penyakit yakni 3 HSI dibandingkan dengan kontrol negatif 2 hari. Untuk kejadian penyakit 100%, dan untuk intensitas penyakit yakni 61,25% dibandingkan dengan kontrol negatif sebesar 88,75%.

## ABSTRACT

Afifah, Zahroul. 2017. **Antagonist Test of Endophytic Microbes *Trichoderma* sp. and *Bacillus cereus* and the Combinations on Anthracnose Pathogen *Colletotrichum capsici* in *Capsicum frutescens*.** Undergraduate Thesis, Department of Biology, Faculty of Science and Technology, State Islamic University (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si and Mujahidin Ahmad, M.Sc

---

**KeyWord:** *Trichoderma* sp. *Bacillus cereus*, *Colletotrichum capsici*, *Capsicum frutescens*

An anthracnose disease caused by pathogenic fungal *Colletotrichum capsici* has been attacking the cayenne plants either harvested or has not been harvested. This disease must be handled appropriately and quickly because it can reduce the production of chili up to 90%. Recently, anthracnose disease prevention still use chemical fungicide that if applied for long time will cause new impact for environment. *Trichoderma* and *Bacillus cereus* endophytes may be used as antagonistic agents for *C. capsici* pathogens because they have various antibiotic compounds.

This research uses experimental method. The stages of this study include sterilization of tools and materials, preparation of culture media of fungal and bacteria, rejuvenation of endophytic microbe culture *Trichoderma* sp. and *Bacillus cereus*, rejuvenation of *C. capsici* pathogen, antagonistic test in vitro using dual culture method, making *Trichoderma* sp. and *C. capsici* suspension for in vivo study, endophytic antagonistic test on post-harvest chili fruit by in vivo, observation of test parameters include: incubation period, disease case, and intensity of attack.

The results of in vitro antagonistic tests showed that inhibition percentage of *Trichoderma* treatment (96%) and combination treatment *Trichoderma* dan *B. cereus* (97%) is not significantly different. While in *B. cereus* treatment (11,88%) significantly different with all of treatments.

Endophytes are shown by its dominating growth in petri dishes than *C. capsici* pathogen or *B. cereus* endophytes. Furthermore, for endophytes *Trichoderma* sp continued on in vivo test because it was most effective. The result for incubation period is 3 days after inoculation compared with negative control 2 days. For disease incidence 100%, and for disease intensity that is 61,25% compared with negative control equal to 88,75%.

عفيفة، زهراء 2017 الميكروبية داخلي نباتي *Bacillus Trichoderma sp*  
*Colletotrichum capsici cereus*  
 (C) *Capsicum frutescens* :  
 قسم الأحياء كلية العلوم والتكنولوجيا الجامعة الإسلامية  
 الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. :  
 الماجستير  
 الماجستير

: داخلي نباتي *Bacillus cereus Colletotrichum capsici*  
*Colletotrichum capsici* (C) *Capsicum frutescens*

قد هاجم الذي تسببه الممرضات *Colletotrichum capsici* عديد  
 . هذا المرض هو الذي يجب الـ وسرعة لأنها يمكن أن تقلل إنتاج الفلفل تصل إلى 90 .  
 الوقاية من لا تزال تستخدم مبيد الفطريات الكيميائية وإذا طبقت طويلاً فإنه  
 يخشى أن يسبب تأثير جديد على البيئة. يمكن أن يـ *Bacillus cereus Trichoderma* كنباتية  
 .C *capsici* هما لديهما أنواع الـ يمكن أن تصف كالمضادات الحيوية.

يستخدم هذا البحث المنهج التجريبي. تشمل مراحل هذا البحث إعداد وسائل الثقافة من العفن  
 والبكتيريا، تجديد ثقافة المايكروب داخلي نباتي *B. cereus Trichoderma sp*. تجديد مسببات  
 .C *capsici* باستخدام طريقة أسلوب الثقافة المزدوجة، *in vitro*

تعليق *Trichoderma sp. C. capsici* تطبيق *in vivo*  
 فاكهة *in vivo* يتشمل:  
 المرض، وشدة الهجوم.

تشير نتائج الاختبار الخصم *in vitro* أن كبير نسبة من تثبيط *Trichoderma* (96)  
 B. *Trichoderma* .B *Trichoderma* (97) *cereus* B. حقيقة.  
 cereus B. (11 88) النتيجة تختلف حقيقة عن جميع العلاجات.  
 داخلي نباتي *Trichoderma sp.* *in vivo* لأنه أكثر فعالية. النتيجة لفترة الحضانة  
 HSI 3 مقارنة مع السيطرة السلبية يـ 2.  
 61 25٪ مقارنة مع السيطرة السلبية تـ 88 75 .  
 100

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Cabai rawit (*Capsicum frutescens*) merupakan salah satu komoditas utama tanaman hortikultura yang dibudidayakan secara komersial di daerah tropika yang bernilai ekonomi tinggi di Indonesia. Samsudin (2008) menyatakan bahwa kebutuhan cabai dari tahun ke tahun semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk yang semakin banyak serta berkembangnya kebutuhan dari sektor industri yang menggunakan cabai sebagai bahan dasar.

Masyarakat Indonesia kebanyakan memiliki selera masakan yang pedas yang diperoleh dari buah cabai. Buah cabai identik dengan rasa pedas yang disebabkan oleh kandungan *capsaicin* dan *dihydrocapsaicin* yang dapat membangkitkan selera makan (Sartika,1999). Selain itu cabai juga memiliki kandungan gizi dan vitamin yang tinggidiantaranya adalah protein, lemak, karbohidrat, kalsium, vitamin A,B1, dan C (Prayudi,2010). Oleh karena itu banyak petani yang memilih bertanam cabai pada lahan yang dimilikinya.

Jawa Timur mempunyai potensi sebagai produsen cabai rawit karena iklim dan lingkungan yang memenuhi syarat tumbuhnya cabai. Angka produktivitas cabai di Jawa Timur tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Kepala Badan Pusat Statistik Jawa Timur (2015) menyatakan bahwa cabai rawit tidak mengalami peningkatan yang signifikan dalam produktivitasnya dibandingkan tahun 2014 yakni sebesar 238,82 ribu ton, mengalami peningkatan

sebesar 11,33 ribu ton atau 4,98 persen dibandingkan tahun 2013. Serangan hama dan penyakit merupakan salah satu faktor yang menghambat kelancaran dalam budidaya tanaman cabai rawit (Setiadi,2011).

Penyakit yang menyerang cabai rawit dari golongan kapang patogen dapat menurunkan produktivitas tanaman cabai. Beberapa penyakit tersebut diantaranya adalah layu fusarium yang disebabkan oleh kapang *Fusarium oxysporum* yang menurunkan produktivitas cabai rawit sebesar 50% (Mahartha, 2013), antraknosa yang disebabkan oleh kapang *Colletotrichum capsici*, *C. gloeosporioides*, dan *Gloeosporium piperatum* mengakibatkan penurunan produktivitas cabai rawit hingga 90% (Syukur, 2007), penyakit rebah semai yang disebabkan oleh kapang *Phytium* spp. menyebabkan penurunan produktivitas cabai rawit hingga 32%-75%, dan penyakit busuk daun serta buah cabai yang disebabkan oleh kapang *Phytophthora capsici* yang menyebabkan penurunan produktivitas cabai rawit hingga 30% (Cahyono, 2003).

Satu diantara penyakit penting pada cabai rawit adalah penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum capsici* dan *Colletotrichum gloeosporioides*. Tanaman yang terkena penyakit antraknosa merupakan masalah serius yang dapat menurunkan produksi cabai mencapai 90% (Syukur,2007). Piay *et al.*, (2010) menambahkan bahwa penyakit antraknosa dapat menyerang buah cabai yang sudah dipanen maupun yang belum dipanen. Tingkat serangan tertinggi terjadi pada musim hujan (Soenartiningasih dan Suryadi, 1993).

Serangan jamur patogen ini dimulai pada buah yang masih muda di lapangan tanpa terlihatnya gejala yang berarti. Kerusakan akibat penyakit

antraknosa akan berkembang lanjut selama proses penyimpanan (pascapanen), terutama pada kondisi yang panas dan lembab yang mengakibatkan buah cabai menjadi busuk mengering dan sangat menurunkan nilai ekonomis dari buah cabai tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu tindakan pengendalian pasca panen yang efektif dan aman untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum capsici* pada buah cabai pascapanen (Ali,2010).

Berbagai usaha telah dilakukan petani untuk mengatasi masalah penyakit antraknosa ini salah satunya dengan pemakaian pestisida, contohnya dari jenis fungisida sintetis. Pengendalian penyakit dengan menggunakan fungisida sintetis dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan seperti resistensi patogen, pencemaran lingkungan, dan matinya organisme non target. Upayapengendalian penyakit antraknosa hingga saat ini masih menggunakan fungisida sintetis sebagai pilihan utama karena dianggap dapat mengendalikan penyakit secara cepat dan praktis (Oka, 1995; Syamsudin, 2003). Namun, mengingat dampak negatif terhadap lingkungan yang diakibatkan oleh pemakaian fungisida sintetis, maka saat ini telah dikembangkan perlindungan secara biologi karena dianggap sebagai teknik yang memperhatikan dan menjaga keseimbangan lingkungan. Hal ini selaras dengan firman Allah ﷻ dalam Surat Al- A'raf ayat 56:

مِّن قَرِيبٍ اللَّهُ رَحِيمٌ إِنِّي وَطَمَعًا خَوْفًا وَادَّعُوهُ إِصْلَحْهَا بَعْدَ الْأَرْضِ فِي تَفْسِدُ وَأُولَا

الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

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 berbuat baik*” (Q.S: al- A'raf: 56)

Tafsir Surat al- A'raf ayat 56 menurut Ibnu Katsir yaitu:

“ Arti dari lafadz *لَا تَجْعَلُوا فِي الْأَرْضِ* yakni janganlah kamu membuat kerusakan di bumi. Allah 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 surat al- A'raf ayat 56 diatas menyatakan bahwa Allah ﷻ melarang manusia berbuat kerusakan di bumi, baik dengan berbuat kemusyrikan, maksiat, maupun berbuat merusak alam sekitar yang berdampak pada kelestarian lingkungan. Salah satu bentuk pengerusakan yang dilakukan manusia adalah menggunakan pestisida sintetik yang menimbulkan pencemaran lingkungan. Pengendalian penyakit antraknosa umumnya masih menggunakan pestisida. Perlu dilakukan riset lebih lanjut mengenai penanganan penyakit antraknosa tersebut, misalnya penanganan melalui cara pengendali hayati.

Pengendalian hayati penyakit tanaman didefinisikan sebagai penekanan jumlah inokulum atau aktivitas patogen dengan menggunakan satu atau lebih mikroorganisme (Cook dan Barker, 1983). Salah satu mikroba antagonis yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit antraknosa adalah *Bacillus subtilis*. Mekanisme pengendalian hayati penyakit tanaman meliputi penggunaan mikroorganisme antagonis pesaing, hiperparasit, perangsang mekanisme pertahanan alami inang, dan pemodifikasian lingkungan (Hidayat, 2001). Saat ini upaya pengendalian hayati menggunakan mikroorganisme banyak dikembangkan, karena dianggap sebagai salah satu alternatif penanganan patogen tanaman yang

banyak merugikan bagi petani. Allah ﷻ berfirman dalam Al- qur'an *Surat Thaaha* ayat 6:

﴿الَّذِي تَحْتَهَا بَيْتُهُمَا وَمَا بَيْنَهُمَا وَمَا الْأَرْضُ فِي وَمَا السَّمَوَاتُ فِي مَالِهِ﴾

Artinya: *Kepunyaan-Nya-lah semua yang ada di langit, semua yang di bumi, semua yang di antara keduanya dan semua yang di bawah tanah*

Tafsir Surat Thaha ayat 6 menurut Ibnu Katsir adalah:

“*Kepunyaan-Nyalah semua yang ada di langit, semua yang ada di bumi, semua yang ada diantara keduanya dan semua yang ada di bawah tanah, Maksudnya, segala sesuatu adalah milik Allah, dibawah kendali, kehendak, keinginan, dan keputusan-Nya, dan Dialah pencipta semua itu sekaligus baik itu Rajanya juga rabbnya, yang tiada ilah (yang berhak diibadahi) selain Dia, dan tidak juga ada Rabb selain Dia semata*”.

Dari ayat diatas, dapat kita ketahui bahwa Allah ﷻ menciptakan makhluk hidup bermacam-macam. Ada yang bisa dilihat dengan mata telanjang dan ada pula yang hanya bisa dilihat dengan alat bantu misalnya saja dengan mikroskop. Salah satu contoh makhluk mikroskopis itu adalah mikroorganisme. Allah menciptakan makhluk hidup tidak hanya merugikan tetapi juga menguntungkan. Contohnya mikroorganisme yang dapat mengendalikan patogen tanaman. Itu semua merupakan tanda-tanda kekuasaan Allah.

Adanya teknologi yang semakin maju di bidang pertanian, khususnya dalam pengendalian penyakit antraknosa pada tanaman cabai telah meenjadikan mikroorganisme antagonis banyak dikembangkan sebagai agen pengendali hayati yang ramah lingkungan (Kusnadi *et al.*, 2009). Sejumlah mikroorganisme efektif sebagai agen pengendali hayati diantaranya adalah bakteri dari genus

*Agrobacterium* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Trichoderma* sp. (Hasanuddin, 2003).

Penggunaan bakteri pengendali hayati secara tunggal telah banyak menunjukkan keberhasilannya. Arwiyanto dan Hartana (1999) telah melaporkan bahwa *Pseudomonas putida* strain Pf-20 menunjukkan kemampuan yang tinggi dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri pada tembakau. Arwiyanto *et al.*, (2007) juga mendapatkan tiga isolat *Bacillus* sp yaitu Ba-4, Ba-22 dan Ba-24 yang mampu menghambat tiga jenis isolat *R. solanacearum* yang diisolasi dari lahan tembakau di daerah Temanggung. Arwiyanto *et al.*, (2009) dalam penelitiannya mendapatkan pula isolat *Streptomyces* S57 dan S67 yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi jahe serta menurunkan indeks penyakit layu bakteri di lapangan.

Melihat kemampuan antagonis yang baik dalam penggunaannya secara tunggal, maka pemanfaatan kombinasi bakteri ataupun cendawan pengendali hayati diharapkan dapat menambah keberhasilan pengendalian. Beberapa penelitian melaporkan pemanfaatan kombinasi antagonis yang berhasil untuk mengendalikan penyakit tanaman. Kombinasi *Bacillus pumilus* INR7, *B. Subtilis* GB03 dan *Curtobacterium flaccumfaciens* ME1 dapat meningkatkan kemampuan pengendaliannya terhadap banyak patogen pada mentimun (Raupach dan Kloepper, 1998). Pencampuran Rhizobacteria pemacu pertumbuhan tanaman PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) telah digunakan untuk mengendalikan banyak penyakit tanaman pada mentimun melalui induksi ketahanan sistemik. Kombinasi strain avirulen *Ralstonia solanacearum* dan

*Pseudomonas fluorescens* PF-20 dapat menekan penyakit layu bakteri pada terong (Arwiyanto *et al.*, 2012).

Mikroba endofit merupakan mikroba yang hidup didalam jaringan tanaman yang saat ini banyak digali potensinya. Salah satu potensi dari mikroba endofit adalah sebagai agen pengendali hayati beberapa penyakit, salah satunya penyakit antraknosa. Seperti yang diungkapkan dalam penelitian Fitriyah (2015) hasil pengujian antagonis 21 isolat bakteri endofit terhadap *C. capsici* menunjukkan 8 isolat bakteri endofit mampu menghambat pertumbuhan patogen *C. capsici*. Diantara bakteri endofit yang teridentifikasi adalah *Pseudomonas stutzeri*, *Bacillus valismortis*, dan *Bacillus cereus* dengan persentase penghambatan masing- masing 67%, 75%, dan 40%.

*Bacillus* merupakan bakteri gram positif, berbentuk batang, beberapa spesies bersifat aerob obligat dan bersifat anaerobik fakultatif, dan memiliki endospora sebagai struktur bertahan saat kondisi lingkungan tidak mendukung (Backman *et al.*, 1994). *Bacillus* mempunyai sifat yang lebih menguntungkan daripada mikroorganisme lain karena dapat bertahan hidup dalam waktu yang lama pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan untuk pertumbuhannya (Wong, 1994). *Bacillus* telah banyak diaplikasikan pada benih untuk mencegah patogen tular tanah seperti *Fusarium oxysp.orum*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinera*, *Phytium sp.* dan *Sclerotium rolfsii* (Baker & Cook, 1974).

Bakteri *Bacillus cereus* adalah salah satu mikroba endofit yang mempunyai potensi besar untuk digunakan sebagai pengendali hayati. Bakteri ini mempunyai inang yang spesifik, tidak berbahaya bagi musuh alami hama

dan organisme non target lainnya, serta dapat dinaikkan patogenesisnya dengan teknik rekayasa genetika (Khetan, 2001). Salaki (2011) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa hasil pengujian semua isolat bakteri tersebut terdapat 10 isolat yang menimbulkan penyakit dan mematikan larva *Plutella xylostella* > 50% setelah 96 jam dengan dosis inokulum  $1,22 \times 10^8$  spora/m.

*Trichoderma* sp. adalah jamur saprofit tanah yang secara alami merupakan parasit yang menyerang banyak jenis jamur penyebab penyakit tanaman. Jamur *Trichoderma* sp. dapat menjadi hiperparasit pada beberapa jenis jamur penyebab penyakit tanaman, pertumbuhannya sangat cepat dan tidak menjadi penyakit untuk tanaman tingkat tinggi. Mekanisme antagonis yang dilakukan adalah berupa persaingan hidup, parasitisme, antibiosis dan lisis (Trianto dan Gunawan, 2003). Menurut Rifai (1969), jenis *Trichoderma* yang umum dijumpai di Indonesia adalah: *T. piluliferum*, *T. polysporum*, *T. hamatum*, *T. koningii*, *T. aureoviride*, *T. harzianum*, *T. longibrachiatum*, *T. pseudokoningii*, dan *T. viride*.

Keefektifan *Bacillus cereus* dan *Trichoderma* sudah terbukti dalam beberapa penelitian dapat mengendalikan beberapa penyakit tanaman. Penggunaan kedua mikroorganisme antagonis bertujuan untuk mengoptimalkan pengobatan patogen tanaman yang aman dan ramah lingkungan. Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti akan melakukan riset tentang “ Uji antagonis mikroba endofit *Trichoderma* sp. dan *Bacillus cereus* terhadap patogen *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknosa pada cabai rawit (*Capsicum frutescens*)”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh antagonis mikroba endofit *Trichoderma sp.*, *Bacillus cereus*, dan kombinasinyaterhadap patogen antraknosa (*Colletotrichum capsici*) secara *in vitro*?
2. Bagaimana pengaruh antagonis mikroba endofit terhadap patogen *Colletotrichum capsici* yang menyerang cabai rawit secara *in vivo*?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh antagonis mikroba endofit *Trichoderma sp.* *Bacillus cereus*, dan kombinasinya terhadap patogen antraknosa (*Colletotrichum capsici*) secara *in vitro*.
2. Mengetahui pengaruh mikroba endofit terhadap patogen *Colletotrichum capsici* yang menyerang cabai rawit secara *in vivo*.

## 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan solusi efektif terhadap pengelolaan patogen antraknosa buah cabai tanpa menggunakan pestisida kimia yang berbahaya.
2. Memberikan sumber informasi untuk penelitian selanjutnya tentang keefektivan dari mikroba antagonis *Bacillus cereus* dan *Trichoderma sp.* serta kombinasi keduanya terhadap penyakit antraknosa buah cabai.

### 1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

H<sub>0</sub> : Tidak ada pengaruh pemberian mikroba antagonis *Trichoderma sp.* dan *Bacillus cereus* serta kombinasi keduanya dalam mengendalikan patogen antraknosa yang disebabkan jamur *Colletotrichum capsici* pada buah cabai rawit (*Capsicum frutescens*).

H<sub>1</sub> : Ada pengaruh pemberian mikroba antagonis *Trichoderma sp.* dan *Bacillus cereus* serta kombinasi keduanya dalam mengendalikan patogen antraknosa yang disebabkan jamur *Colletotrichum capsici* pada buah cabai rawit (*Capsicum frutescens*).

### 1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bakteri *Bacillus cereus* diperoleh dari isolat bakteri endofit yang diisolasi dari rimpang temulawak (*Curcuma xanthoriza*).
2. Kapang *Trichoderma sp.* diperoleh dari isolat kapang endofit yang diisolasi dari stroberi.
3. Kapang *Colletotrichum capsici* diperoleh dari koleksi Laboratorium Hama dan Penyakit Universitas Brawijaya Malang.
4. Pengujian secara *in vitro* menggunakan *dual culture method*.
5. Pengujian *in vivo* menggunakan buah cabai pasca panen berumur 3 bulan.
6. Konsentrasi miselium *Colletotrichum capsici* yang diinfeksi pada buah cabai adalah  $1,25 \times 10^6$  konidia/ml (Ali, 2010).

7. Konsentrasi miselium *Trichoderma* sp. yang diaplikasikan pada buah cabai adalah  $1 \times 10^8$  konidia/ ml (Hartal,2010).
8. Hasil pengujian *in vitro* mikroba endofit *Bacillus cereus*, *Trichoderma* sp. atau kombinasinya, yang hasilnya paling efektif menghambat *Colletotrichum capsici* akan dilanjutkan pengujian secara *in vivo* pada buah cabai.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

##### 2.1.1 Klasifikasi Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) memiliki beberapa nama daerah antara lain : di daerah jawa menyebutnya dengan lombok japlak, mengkreng, cengis, ceplik, atau cempling. Dalam bahasa Sunda cabai rawit disebut cengek. Sementara orang-orang di Nias dan Gayo menyebutnya dengan nama lada limi dan pentek. Secara internasional, cabai rawit dikenal dengan nama thai peper (Tjandra, 2011). Menurut Simpson (2010), klasifikasi cabai rawit adalah sebagai berikut :

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Solanales
Suku	: Solanaceae
Marga	: Capsicum
Jenis	: <i>Capsicum frutescens</i> L.

##### 2.1.2 Botani Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Cabai merupakan tanaman hortikultura yang cukup penting dan banyak dibudidayakan, terutama di pulau Jawa. Cabai termasuk tanaman semusim (*annual*) berbentuk perdu, berdiri tegak dengan batang berkayu, dan memiliki

banyak cabang. Tinggi tanaman dewasa antara 65-120 cm lebar mahkota tanaman 50-90 cm (Setiadi, 2006).



**Gambar 2.1.2** Cabai rawit (*Capsicum frutescens*) (Koleksi pribadi)

Tanaman cabai mudah dikenali, yaitu tanaman yang berupa perdu yang berkayu yang tumbuh tegak mempunyai tinggi 50-90 cm, dan batang cabai sedikit mengandung kayu, terutama yang dekat dengan permukaan tanah, tanaman cabai adalah tanaman yang memproduksi buah yang mempunyai nilai gizi tinggi. Tanaman cabai selain sebagai sayuran juga dapat digunakan sebagai tanaman obat (Setiadi, 2006).

Tanaman cabai berasal dari benua Amerika, tepatnya Amerika Latin dengan garis lintang 0-30 LU dan 0- 30 LS. (Setiadi, 2006). Prajnanta (2007) menambahkan bahwa tanaman cabai berasal dari Peru. Ada yang menyebutkan bahwa bangsa Meksiko kuno sudah menggemari cabai semenjak tahun 7000 jauh sebelum Colombus menemukan benua Amerika (1492). Christoporus Colombus kemudian menyebarkan dan mempopulerkan cabai dari benua Amerika ke Spanyol pada tahun 1492. Pada awal tahun 1500-an, bangsa Portugis mulai memperdagangkan cabai ke Macao dan Goa, kemudian masuk ke India, Cina, dan Thailand. Sekitar tahun 1513 kerajaan Turki Usmani menduduki wilayah Portugis

di Hormuz, Teluk Persia. Disinilah orang Turki mengenal cabai. Saat Turki menduduki Hongaria.



### 2.1.3 Morfologi Cabai

#### A. Akar

Akar cabai merupakan akar tunggang yang kuat dan bercabang- cabang ke samping membentuk akar serabut, akar serabut dapat menembus tanah sampai kedalaman 50 cm dan menyamping selebar 45 cm (Setiadi, 2006). Sedangkan menurut Prajnanta (2007) perakaran tanaman cabai merupakan akar tunggang yang terdiri atas akar utama (primer) dan akar lateral (sekunder). Dari akar lateral keluar serabut- serabut akar (akar tersier). Panjang akar primer berkisar 35- 50 cm. Akar lateral menyebar sekitar 34-45 cm.

#### B. Batang

Batang utama cabai tegak lurus dan kokoh, tinggi sekitar 30- 37, 5 cm, dan diameter batang antara 1,5-3 cm. Batang utama berkayu dan berwarna coklat kehijauan. Pembentukan kayu pada batang utama mulai terjadi mulai umur 30 hari setelah tanam(HST). Setiap ketiak daun akan tumbuh tunas baru yang dimulai pada umur 10 hari setelah tanam namun tunas- tunas ini akan dihilangkan sampai batang utama menghasilkan bunga pertama tepat diantara batang primer, inilah yang terus dipelihara dan tidak dihilangkan sehingga bentuk percabangan dari batang utama ke cabang primer berbentuk huruf Y, demikian pula antara cabang primer dan cabang sekunder (Prajnanta, 2007).

Pertambahan panjang cabang diakibatkan oleh pertumbuhan kuncup ketiak daun secara terus- menerus. Pertumbuhan semacam ini disebut pertumbuhan simpodial. Cabang sekunder akan membentuk percabangan tersier dan seterusnya. Pada akhirnya terdapat kira- kira 7-15 cabang pertanaman (tergantung varietas)

apabila dihitung dari awal percabangan untuk tahapan pembungaan I, apabila tanaman masih sehat dan dipelihara sampai pembentukan bunga tahap II percabangan dapat mencapai 2-23 cabang (Prajnanta, 2007).

### C. Daun

Daun cabai berwarna hijau muda sampai hijau gelap tergantung varietasnya. Daun ditopang oleh tangkai daun. Tulang daun berbentuk menyirip. Secara keseluruhan bentuk daun cabai adalah lonjong dengan ujung daun meruncing (Prajnanta, 2007).

### D. Bunga

Umumnya suku solanaceae, bunga cabai berbentuk seperti terompet (*hypocrateriformis*). Bunga cabai tergolong bunga yang lengkap karena terdiri dari kelopak bunga (*calyx*), mahkota bunga (*corolla*), benang sari (*stamen*), dan putik (*pistilum*). Alat kelamin jantan (benang sari) dan alat kelamin betina (putik) pada cabai terletak dalam satu bunga sehingga disebut berkelamin dua (hermaprodit). Bunga cabai biasanya menggantung, terdiri dari enam helai kelopak bunga berwarna kehijauan dan lima helai mahkota bunga berwarna putih. Bunga keluar dari ketiak daun (Prajnanta, 2007).

Tangkai putik berwarna putih dengan kepala putik berwarna kuning kehijauan. Dalam satu bunga terdapat 1 putik dan 6 benang sari, tangkai sari berwarna putih dengan kepala sari berwarna biru keunguan. Setelah terjadi penyerbukan akan terjadi pembuahan. Pada saat pembentukan buah, mahkota bunga rontok tetapi kelopak bunga tetap menempel pada buah (Prajnanta, 2007).

### **E. Buah**

Buah cabai rawit akan terbentuk setelah terjadi penyerbukan. Buah memiliki keanekaragaman dalam hal ukuran, bentuk, warna dan rasa buah. Buah cabai rawit dapat berbentuk bulat pendek dengan ujung runcing/berbentuk kerucut. Ukuran buah bervariasi, menurut jenisnya cabai rawit yang kecil-kecil memiliki ukuran panjang antara 2-2,5 cm dan lebar 5 mm. Sedangkan cabai rawit yang agak besar memiliki ukuran yang mencapai 3,5 cm dan lebar mencapai 12 mm (Prajnanta, 2007).

Warna buah cabai rawit bervariasi buah muda berwarna hijau/putih sedangkan buah yang telah masak berwarna merah menyala/merah jingga (merah agak kuning) pada waktu masih muda, rasa buah cabai rawit kurang pedas, tetapi setelah masak menjadi pedas (Prajnanta, 2007).

### **F. Biji**

Biji cabai rawit berwarna putih kekuningan-kuningan, berbentuk bulat pipih, tersusun berkelompok (bergerombol) dan saling melekat pada empulur. Ukuran biji cabai rawit lebih kecil dibandingkan dengan biji cabai besar. Biji-biji ini dapat digunakan dalam perbanyakan tanaman (perkembangbiakan) (Prajnanta, 2007).

#### **2.1.4 Kandungan Gizi dan Manfaat Cabai Rawit**

Cabai rawit merupakan tanaman yang mempunyai banyak kandungan. Kandungan-kandungan tersebut meliputi kapsaisin, kapsantin, karotenid, alkaloid, resin, dan minyak atsiri. Selain itu, cabai ini juga kaya akan kandungan vitamin A, B, C (Tjandra, 2011). Zat gizi seperti protein, lemak, karbohidrat, kalsium (Ca), fosfor (P), besi (Fe), vitamin (salah satunya adalah vitamin C) dan mengadungsenyawa - senyawa alkaloid, seperti kapsaisin, flavonoid, dan minyak esensial juga terkandung dalam tanaman ini (Arifin 2010).

Selain mempunyai banyak kandungan, buah cabai rawit ini juga mempunyai banyak manfaat terutama sebagai bumbu masakan untuk memberikan sensasi pedas. Selain itu, buah tanaman ini juga berkhasiat untuk menambah nafsu makan, menguatkan kembali tangan dan kaki yang lemas, melegakan hidung tersumbat pada penyakit sinusitis, serta mengobati migrain (sakit kepala sebelah). Sebagai obat luar, cabai rawit juga dapat digunakan untuk mengobati penyakit rematik, sakit perut, dan kedinginan. Selain sebagai bahan makanan dan obat, cabai rawit sering digunakan sebagai tanaman hias disekeliling pekarangan (Tjandra, 2011).

**Tabel 2.1.4** Kandungan nutrisi (gizi) dalam setiap 100 g cabai rawit segar dan kering

No	Komposisi zat gizi	Proporsi kandungan gizi	
		Segar	Kering
1	Kalori (kal)	103,00	-
2	Protein (g)	4,70	15,00
3	Lemak (g)	2,40	11,00
4	Karbohidrat (g)	19,90	33,00
5	Kalsium (mg)	45,00	150,00
6	Vitamin A (Si)	11,050,00	1,000,00
7	Zat besi (mg)	2,50	9,00
8	Vitamin B1 (mg)	0,08	0,50
9	Vitamin C (mg)	70,00	10,00
10	Air (g)	71,20	8,00
11	Fosfor (mg)	85,00	-
12	Bagian yang dapat dimakan (Bdd %)	90	-

(Sumber: Rukmana, 2002)

Kapsaisin dikenal memiliki aktivitas anti kanker. Berdasarkan penelitian oleh *The American Association for Cancer Research*, kapsaisin diduga dapat membunuh sel kanker prostat dengan menyebabkan terjadinya apoptosis. Studi klinik di Jepang dan Cina, menunjukkan bahwa kapsaisin dapat menghambat pertumbuhan sel leukemia secara langsung. Penelitian lain yang dilakukan di

Universitas Nottingham menduga bahwa kapsaisin dapat merangsang terjadinya apoptosis pada sel kanker paru pada manusia (Widianti dan Suhardjono, 2010).

### 2.1.5 Syarat pertumbuhan tanaman cabai rawit

Faktor-faktor yang dibutuhkan tanaman harus tersedia dalam jumlah yang optimum. Pengaturan jarak tanam merupakan salah satu cara untuk menciptakan faktor-faktor yang dibutuhkan tanaman dapat tersedia secara merata bagi setiap individu tanaman dan untuk mengoptimasi penggunaan faktor lingkungan yang tersedia (Sitompul, 1995).

Tanaman cabai rawit sebagai tanaman hortikultura membutuhkan Syarat pertumbuhan dalam kondisi tertentu agar bisa tumbuh subur dan berbuah rimbun. Menurut Wahyudi (2011), syarat tumbuh yang harus dipenuhi ketika membudidayakan cabai rawit adalah:

#### 1. Tipe tanah

Cabai rawit tumbuh baik di tanah bertekstur lempung, lempung berpasir, dan lempung berdebu. Namun, cabai ini masih bisa tumbuh baik pada tekstur tanah yang agak berat, seperti lempung berliat. Beberapa kultivar cabai rawit lokal bahkan bisa tumbuh dengan baik pada tekstur tanah yang lebih berat lagi, seperti tekstur liat berpasir atau liat berdebu. Berdasarkan firman Allah ﷻ pada Surat Al-A'raf ayat 58:

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَرْجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ وَاللَّهِ طَيِّبٌ حَبِيثٌ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكَلًا لَكَ نُصْرَفُ الْآيَاتِ  
لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ

Artinya: “Dan tanah yang baik, tanaman- tanamannya tumbuh subur dengan setelah Allah dan tanah yang tidak subur, tanaman- tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda- tanda kebesaran ( kami) bagi orang- orang yang bersyukur” ( QS. Al- A'raf 7: 58).

Tafsir Surat Al-A'raf ayat 58 menurut Imam Ibnu Katsir adalah:

“ Yakni tanah yang baik mengeluarkan tetumbuhannya dengan cepat dan subur. Seperti yang disebut dalam ayat lain, Al-qur'an Surat Ali Imran ayat 37 yang artinya “*dan menumbuhkannya dengan pertumbuhan yang baik*”

Ayat tersebut menerangkan tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman-tanaman. Begitupula dengan tanaman cabai, dia bisa tumbuh pada media tanam tertentu, dan cabai juga akan terganggu pertumbuhannya apabila berada pada media tanah yang kualitasnya buruk. Sesuai dengan pendapat Tjandra (2011), tanah yang tidak baik untuk penanaman cabai rawit adalah tanah yang strukturnya padat dan tidak berongga. Tanah semacam ini akan sulit ditembus air pada saat penyiraman sehingga air akan tergenang. Selain itu, tanah tidak akan memberikan keleluasan bagi akar tanaman untuk bergerak, karena sulit ditembus akar tanaman. Akibatnya, tanaman sulit menyerap air dan zat hara pada tanah. Jenis tanah yang tidak baik untuk pertumbuhan cabai rawit antara lain: tanah liat, tanah berkaolin, tanah berbatu, dan tanah berpasir.

## 2. Ketinggian tempat penanaman

Karena sifat adaptasinya paling luas diantara jenis cabai, maka sebagian besar cabai rawit bisa ditanam di dataran rendah hingga dataran tinggi. Namun, cabai rawit yang ditanam di dataran tinggi akan mengalami umur panen dan masa panen yang lebih lama, tetapi hasil panennya masih relatif sama dibandingkan dengan jika kultivar yang sama ditanam di dataran rendah.

## 3. pH tanah optimum

Cabai rawit menghendaki tingkat kemasaman tanah optimal, yaitu tanah dengan nilai pH 5,5 – 6,5. Jika pH tanah kurang dari 5,5, tanah harus diberi

kapur pertanian. Pada pH rendah, ketersediaan beberapa zat makanan tanaman sulit diserap oleh akar tanaman, sehingga terjadi kekurangan beberapa unsur makanan yang akhirnya akan menurunkan produktivitas tanaman. Menurut Tjandra (2011), derajat keasaman tanah atau pH tanah normal berkisar 6-7.

Pada tanah dengan pH rendah, sebagian besar unsur-unsur hara di dalamnya, terutama fosfor (P) dan kalsium (Ca) dalam keadaan tidak tersedia atau sulit terserap tanaman. Kondisi tanah yang masam dapat menjadi media perkembangan beberapa cendawan penyebab penyakit tanaman seperti *Fusarium* sp. dan *Pythium* sp. Pengapuran juga berfungsi menambah unsur kalsium yang sangat diperlukan tanaman. Kalsium berfungsi mengeraskan bagian tanaman yang berkayu, merangsang pembentukan bulu-bulu akar, mempertebal dinding sel buah, dan merangsang pembentukan biji (Prajnanta, 2011).

Gardner dkk. (1991), mengatakan bahwa pH tanah merupakan faktor utama yang mempengaruhi daya larut dan mempengaruhi ketersediaan nutrisi tanaman. Kebanyakan nutrisi lebih banyak tersedia dalam nilai pH antara 6,0 dan 7,0. Ca, Mg, K, dan Mo lebih banyak tersedia dalam tanah yang basa, dan Zn, Mn, B kurang tersedia. Fe, Mn, dan Al mungkin dapat larut sampai tingkat beracun dalam tanah yang sangat asam.

#### 4. intensitas cahaya dan sumber air

Sama seperti tanaman hortikultura buah lainnya, tanaman cabai rawit juga memerlukan lokasi lahan yang terbuka agar memperoleh penyinaran cahaya matahari dari pagi hingga sore. Selain itu tanaman ini menyukai lahan dengan sistem drainase yang lancar, terutama pada musim hujan. Menurut Sitompul

(1995), tanaman yang kurang cahaya akan mempunyai jumlah sel lebih sedikit dengan habitus lebih tinggi dari tanaman yang memperoleh banyak cahaya.

## **2.2 Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum capsici*)**

### **2.2.1 Klasifikasi *Colletotrichum capsici***

Klasifikasi jamur *Colletotrichum capsici* menurut Singh (1998), yaitu:

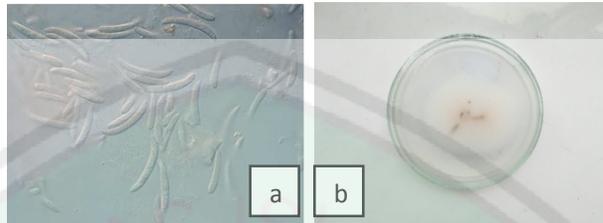
Kerajaan	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Ascomycetes
Bangsa	: Melanconiales
Suku	: Melanconiaceae
Marga	: <i>Colletotrichum</i>
Jenis	: <i>Colletotrichum capsici</i> Butl & Bisby

### **2.2.2 Morfologi *Colletotrichum capsici***

Jamur *C. capsici* mempunyai banyak aservulus, tersebar, di bawah kutikula atau pada permukaan, garis tengahnya sampai 10  $\mu\text{m}$ , hitam dengan banyak seta. Seta coklat tua, bersekat, kaku, meruncing ke atas, 75-100 x 2-6,2  $\mu\text{m}$ . Konidium hialin, berbentuk tabung (silindris), 18,6-25,0 x 3,5-5,3  $\mu\text{m}$ , ujung-ujungnya tumpul, atau bengkok seperti sabit. Jamur membentuk banyak sklerotium dalam jaringan tanaman sakit atau dalam medium biakan (Semangun, 2000).

Koloni pada media PDA saat pertama putih dengan cepat menjadi kelabu. Pada area miselium berwarna dari terang menjadi abu-abu gelap pada seluruh

permukaan koloni, dengan aservulus yang runcing untuk seta gelapnya. Titik-titik spora berwarna pucat kekuning-kuningan seperti salmon (ikan) (Mordue, 1971).



Roberts., *et al* (1972)

**Gambar 2.2.2** Morfologi Kapang *C. capsici* secara mikroskopis dan makroskopis: a) Konidia kapang patogen *C. capsici* diamati dibawah nikroskop; b) Miselia patogen *C. capsici* pada media PDA

Penyakit ini kurang terdapat pada musim kemarau, di lahan yang mempunyai drainasi baik, dan yang gulmanya terkendali dengan baik. Perkembangan becak paling baik terjadi pada suhu 30° C, sedang sporulasi jamur *C. capsici* pada suhu 30° C. Buah yang muda cenderung lebih rentan dari pada yang setengah masak. Pusposendjojo dan Rasyid (1985) dalam Semangun (2000) menyatakan bahwa perkembangan becak karena *C.capsici* lebih cepat terjadi pada buah yang tua, meskipun buah yang muda lebih cepat gugur karena infeksi ini.

Gejala jamur *Coletotrichum* sp. dapat menginfeksi cabang, ranting, dan buah. Infeksi pada buah biasanya terjadi pada buah yang menjelang tua. Gejala diawali berupa bintik-bintik kecil yang berwarna kehitam-hitaman dan sedikit melekok. Serangan lebih lanjut mengakibatkan buah mengerut, kering, membusuk dan jatuh (Sibarani, 2008).

Tahap awal dari infeksi *Colletotrichum* umumnya terdiri dari konidia dan germinasi pada permukaan tanaman dan menghasilkan tabung kecambah. Setelah penetrasi maka akan terbentuk jaringan hifa. Hifa intra dan interseluler menyebar

melalui jaringan tanaman. Spora *Colletotrichum* dapat disebarkan oleh air hujan dan pada inang yang cocok dan akan berkembang dengan cepat (Sibarani, 2008). Untuk pertumbuhan jamur *C. capsici* sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan. Salah satunya adalah pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pH 4 dan 8 pertumbuhan jamur *C. capsici* tidak maksimal. Derajat keasaman (pH) optimal untuk pertumbuhan jamur *Colletotrichum capsici* yang baik adalah pH 5 (Sibarani, 2008). Periode inkubasi *Colletotrichum* sp. antara 5-7 hari atau 4-6 hari setelah inokulasi. Suhu optimum untuk pertumbuhan jamur antara 24°-30°C dengan kelembaban relatif 80-92 % (Sibarani, 2008).

Siklus penyakit antraknosa diawali dari jamur pada buah masuk dalam ruang biji dan menginfeksi biji. Jamur tersebut dapat menginfeksi semai yang tumbuh dari biji sakit. Kemudian jamur menyerang daun, batang, dan akhirnya menginfeksi buah. Jamur hanya sedikit sekali mengganggu tanaman yang sedang tumbuh, tetapi menggunakan tanaman ini untuk bertahan sampai terbentuknya buah hijau. Selain itu jamur dapat bertahan pada sisa-sisa tanaman sakit, seterusnya konidium disebarkan oleh angin (Semangun, 1989).

Gejala antraknosa sangat mudah dikenali dengan gejala awal pada buah cabai berupa bercak kecil dan berair. Ukuran luka tersebut dapat mencapai 3- 4 cm pada buah cabai yang berukuran besar. Pada serangan lanjut yang sudah parah, gejala luka tersebut lebih jelas tampak seperti luka terbakar matahari dan berwarna antara merah tua sampai coklat menyala hingga hitam. Pada saat sudah parah, penyakit ini akan sangat merusak, menyebabkan nekrosis, dan bercak pada daun, cabang, atau ranting. Penyebab penyakit memencar melalui percikan air dan

jarak pemencaran akan lebih jauh jika disertai adanya hembusan angin. Penyakit antraknosa telah menyebar luas di daerah- daerah pertanaman cabai yang kondisinya sangat lembab atau daerah dengan curah hujan tinggi (Direktorat Perlindungan Tanaman Hortikultura, 2010).

### 2.2.3 Patogenitas *Colletotrichum capsici*

Spesies cendawan *Colletotrichum* ini banyak yang bersifat tular benih dan bertahan hidup dengan baik sebagai saproba pada sisa tanaman mati yang berada di tanah. Spora seksual dan aseksualnya dapat disebarkan melalui percikan air atau bersamaan uap air yang terkandung dalam angin (Garg *et al.*, 2013; Nicholson dan Moraes, 1980). Kondisi permukaan tanaman yang basah secara langsung berpengaruh terhadap perkecambahan spora cendawan, proses infeksi dan pertumbuhan patogen pada tanaman inang. Pada umumnya infeksi terjadi selama cuaca hangat dan basah, pada kisaran suhu 27°C dengan kelembaban tinggi (80%) yang optimum bagi perkembangan penyakit antraknosa (Than *et al.*, 2008).

Karakteristik hemibiotropik dari beberapa spesies *Colletotrichum* merupakan gabungan fase biotrofik awal yang singkat, di mana sel inang tetap hidup, diikuti dengan perkembangan nekrotrofik yang sangat merusak ditandai dengan meluasnya daerah jaringan mati. Pada proses kolonisasi, keberhasilan kolonisasi terjadi dengan terbentuknya struktur infeksi selama awal dan pasca fase invasi pada proses infeksi. Infeksi terjadi dengan apresorium yang berkembang dari perkecambahan spora pada permukaan jaringan tanaman, yang diikuti penetrasi dipicu oleh perubahan turgor pada kutikula (Mendgenet *et al.*, 2000) serta

dalam beberapa kasus infeksi ini juga melalui hifa infeksiif pada sel epidermis inang (Bailey *et al.*, 1992).

Perkecambahan konidia *Colletotrichum*, terjadi pada saat patogen menginvestasi sel epidermis inang, dengan membentuk tabung kecambah pendek yang dikenal sebagai apresorium segera setelah pengenalan inang. Apresorium dewasa memiliki lapisan melanin dalam dinding sel apresorial dan senyawa osmotik aktif yang disintesis pada konsentrasi tinggi (Mendgen dan Deising 1993). Infeksi yang muncul dalam jaringan tanaman dibantu oleh produksi efektor penginduksi virulensi terhadap inang (Kleemann *et al.*, 2012; O'Connell *et al.*, 2012). Koloni baru yang muncul dalam beberapa kasus akan memasuki fase biotrofik pada jaringan terinfeksi tanpa menunjukkan gejala eksternal dan dalam jangka waktu yang singkat (1-3 hari).

Gejala eksternal yang tidak muncul tersebut dapat lebih lama dengan melibatkan faktor dan proses yang menyebabkan patogen tidak aktif (Prusky dan Plumbley, 1992). Cendawan memasuki fase nekrotrofik yang menyebabkan kematian pada sel tumbuhan dan munculnya lesio akibat serangan patogen *Colletotrichum* sp. Jika terdapat infeksi laten, serangan yang tertunda tersebut akan menyebabkan buah tampak sehat dan gejala penyakit akan muncul pada pasca panen sehingga kualitas buah menurun selama masa penyimpanan (Prusky dan Plumbley, 1992). Strategi biotrofik pada spesies *Colletotrichum* yang hadir dengan tanpa gejala juga dapat menjadikan *Colletotrichum* sp. bersifat endofitik dalam jaringan tanaman (Yuan *et al.*, 2011). Fase teleomorf dari cendawan ini adalah *Glomerella*. Beberapa spesies dari cendawan antraknosa mampu

menghasilkan jumlah spora aseksual (konidia) yang sangat banyak dari genus mitosporik atau tidak sempurna (Agrios, 2005).

#### **2.2.4 Pengendalian Penyakit Antraknosa Cabai**

Penyakit antraknosa merupakan penyakit yang sangat berbahaya bagi keberhasilan budidaya, karena dapat menggagalkan panen buah. Penanggulangan yang biasa dilakukan untuk patogen ini dengan cara perlakuan benih, rotasi tanaman dengan tanaman bukan dari famili solanaceae, memberantas gulma, sanitasi lingkungan, memperbaiki drainase tanah, dan penggunaan fungisida untuk pengendalian (Nawangsih, 2011).

Tindakan untuk membersihkan benih (sanitasi) serta pergiliran tanaman bukan inang adalah bagian terpenting bagi pencegahan penyakit ini. Pemakaian fungisida yang tepat dan akurat dapat digunakan untuk mengurangi penyakit ini. Tindakan kultur teknis lainnya yang disarankan adalah menanam cabai pada musim kemarau, menghindari penanaman pada musim hujan, perbaikan drainase, membuat bedengan searah angin, sanitasi pertanaman dengan membuang rumput-rumputan dan buah cabai yang terserang penyakit busuk buah, dan penggunaan varietas tahan seperti “*Hot beauty*” (Semangun, 1989).

Usaha pengendalian secara terpadu terhadap *C. capsici* yang mencakup kultur teknis, penggunaan varietas tahan, mekanik, hayati, dan kimiawi diharapkan dapat mengendalikan penyakit antraknosa (Santika, 2001). Upaya pengendalian penyakit antraknosa hingga saat ini masih menggunakan pestisida sintetik sebagai pilihan utama karena dianggap dapat mengendalikan penyakit secara cepat dan praktis. Namun demikian mengingat dampak negatif terhadap

lingkungan yang diakibatkan oleh pemakaian pestisida sintetik, maka saat ini telah dikembangkan perlindungan secara biologi karena dianggap sebagai teknik yang memperhatikan dan menjaga keseimbangan lingkungan (Syamsudin, 2008).

Penggunaan agen hayati untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh *C. capsici* belum banyak dilakukan, kemungkinan karena sifat laten dan sistemik dari patogen ini sehingga sangat sulit dikendalikan. Sulitnya pengendalian terhadap patogen ini disebabkan hifa yang menginfeksi terlindung dalam kutikula tanaman inang (Yakoby *et al.*, 2001). Pengendalian hayati jarang dapat menenyapkan patogen dari lingkungannya, tetapi sasarannya adalah menekan penyakit dan mengurangi inokulum patogen, mengurangi infeksi tanaman oleh patogen dan mengurangi kemampuan patogen penyebab penyakit (Barker dan Cook, 1974). Selain genus *Pseudomonas*, isolat *B. subtilis* dari tanah diketahui dapat menghasilkan antibiotik yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman. Agen hayati yang potensial untuk dikembangkan dalam mengendalikan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *C. capsici* adalah *B. subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* (Dahliaty, 2004).

### 2.3 Biokontrol

Biokontrol merupakan penggunaan mikroorganisme baik secara langsung maupun tidak untuk menekan penyakit pada suatu tanaman dan meningkatkan ketahanan tanaman tersebut. Baker dan Cook mengungkapkan bahwa biokontrol merupakan salah satu cara untuk mengurangi kepadatan inokulum atau aktivitas patogenik baik dalam bentuk aktif maupun dorman dengan menggunakan satu

atau lebih macam aktivitas organisme yang terjadi secara alami atau melalui manipulasi inang (Gould, 1990).

Biokontrol digunakan untuk menekan penyakit tanaman setelah penggunaan bahan kimia seperti fungisida yang dianggap menimbulkan efek samping pada tanaman tersebut. Fungisida yang digunakan pada tanaman dapat menimbulkan resistensi, keunggulan biokontrol dalam menekan penyakit antara lain (1) mikroorganisme dianggap lebih aman dari pada bahan kimia yang umumnya digunakan, (2) mikroorganisme tersebut tidak terakumulasi pada rantai makanan, (3) tanaman yang bersangkutan tidak akan berkembang menjadi resisten seperti yang terjadi pada penggunaan bahan kimia, dan (4) pengembangan biokontrol yang baik dianggap tidak berbahaya pada ekologi (Gould, 1990).

### **2.3.1 Mekanisme Biokontrol**

Menurut Gould (1990) Mekanisme kerja biokontrol yang paling utama adalah produksi antibiotik. Crueger (1984) antibiotik adalah produk metabolit sekunder yang mampu menghambat pertumbuhan organisme lain dalam jumlah konsentrasi kecil. Mekanisme kerja dari antibiotik tersebut bermacam-macam antara lain dengan melisis miselium fungi, menghambat pertunasan, dan mengeluarkan efek seperti fungisida.

Antibiotik umumnya adalah senyawa organik dengan berat molekul rendah yang dikeluarkan oleh mikroorganismne. Pada kadar rendah, antibiotik dapat merusak pertumbuhan atau aktivitas metabolit mikroorganisme lain (Fravel 1988). Rose (1979) mengatakan bahwa pada tahun 1979 diperkirakan telah dikenal 3000 jenis antibiotik dengan penambahan 50 -100 jenis antibiotik baru setiap tahunnya.

Keluaran antibiotik chetomin secara *in vitro* oleh *Chaetomium globosum* berkorelasi positif dengan antagonisnya terhadap *Venturia inequalis* pada bibit pohon apel (Cullen dan Andrews, 1984).

Hal yang sama adalah adanya zona hambatan *Agrobacterium radiobacter* terhadap *A. tumefaciens* secara *in vitro* dan kemampuannya sebagai agen pengendalian hayati di lapang pada tanaman persik. Satu penelitian yang dilakukan oleh Broadbent *et al.*, (1971) telah menguji secara *in vitro* 3500 mikroorganisme sebagai agen antagonis, dari penelitian ini diperkirakan 40% mikroorganisme menekan pertumbuhan satu atau lebih patogen dan 4% diantaranya berpotensi sebagai agen pengendalian hayati di tanah.

Broadbent *et al.*, (1971) mengungkapkan bahwa organisme yang menekan pertumbuhan secara *in vitro* juga akan menekan pertumbuhan patogen di tanah, mikroorganisme yang tidak menekan pertumbuhan secara *in vitro* juga tidak menekan pertumbuhan dalam tanah. Namun perlu diketahui bahwa pengeluaran antibiotik sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan nutrisi mikroorganisme. Filtrasi medium pembiakan bebas sel atau ekstrak dari filtrasi telah diuji kemungkinan peranannya sebagai antibiosis dalam pengendalian hayati. Filtrasi bebas sel *T. flavus* efektif terhadap mikrosklerotium *V. dahliae* pada tanah steril (Fravel *et al.*, 1987). Filtrasi dari medium pertumbuhan mutan *T. harzianum* menekan pertumbuhan patogen busuk basah *S. cepivorum* (Papavizas *et al.*, 1982).

## 2.4 Jamur *Trichoderma* sp.

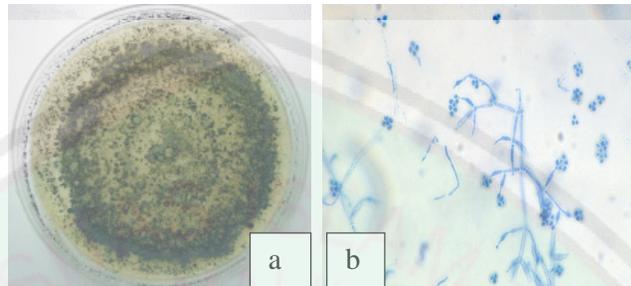
Klasifikasi *Trichoderma* sp adalah sebagai berikut (Harman, 2004):

Kerajaan	: Fungi
Divisi	: Deuteromycota
Kelas	: Deuteromycetes
Bangsa	: Moniliales
Suku	: Moniliaceae
Marga	: <i>Trichoderma</i>
Jenis	: <i>Trichoderma</i> sp

Jamur *Trichoderma* sp. mempunyai morfologi sebagai berikut, konidiofora hylin (bening), tegak lurus, bercabang, bersepta, phialida tunggal atau kelompok, konidia hylin, oval, satu sel, biasanya mudah dikenali dengan pertumbuhan yang cepat dan bantalan konidia yang hijau. Jamur memerlukan kelembaban yang tinggi, persediaan bahan organik dan persediaan oksigen untuk pertumbuhan. Jamur dapat hidup dari bahan organik yang mati dan mengalami pembusukan dan tumbuh baik dalam lingkungan yang mengandung banyak gula dengan kondisi asam yang tidak menguntungkan bagi bakteri. (Volk dan Wheeler, 1993).

Koloni *Trichoderma* pada awal inkubasi akan berwarna putih yang selanjutnya berubah menjadi kuning dan akhirnya berubah menjadi hijau tua pada umur inkubasi lanjut. Kapang *Trichoderma* mempunyai tingkat pertumbuhan yang cukup cepat, konidia yang dihasilkan berlimpah, dan mampu bertahan cukup lama pada kondisi yang kurang menguntungkan. Pengamatan yang teliti dari ciri-ciri morfologi sangat penting dalam menentukan jenis *Trichoderma* secara tepat,

karena secara umum jenis kapang ini sulit untuk dibedakan (Volk dan Wheeler, 1993).



(Gusnawaty *et al*, 2014)

**Gambar 2.5** Morfologi *Trichoderma* sp: a) miselia *Trichoderma* pada media PDA; b) miselia *Trichoderma* diamati dibawah mikroskop

Salah satu jenis *Trichoderma* sp. adalah *Trichoderma harzianum* merupakan salah satu jenis jamur yang mampu berperan sebagai pengendali hayati karena mempunyai aktivitas antagonistik yang tinggi terhadap jamur patogen tular tanah. Jamur ini termasuk jenis jamur tanah, sehingga sangat mudah didapatkan di berbagai macam tanah, di permukaan akar berbagai macam tumbuhan, juga dapat diisolasi dari kayu busuk atau serasah. Koloni *T. harzianum* pada awal inkubasi akan berwarna putih yang selanjutnya berubah menjadi kuning dan akhirnya berubah menjadi hijau tua pada umur inkubasi lanjut. Jamur *Trichoderma harzianum* mempunyai tingkat pertumbuhan yang cepat, spora yang dihasilkan berlimpah, mampu bertahan cukup lama pada kondisi yang kurang menguntungkan. Daya antagonistik yang dimiliki *Trichoderma harzianum* disebabkan oleh kemampuannya dalam menghasilkan berbagai macam metabolik toksik seperti antibiotik atau enzim yang bersifat litik serta kemampuan kompetisi

dengan patogen dalam memperebutkan nutrisi, oksigen, dan ruang tumbuh (Wahyudi, dkk, 2005).

*Trichoderma* yang menonjol antara lain: koloni berwarna hijau muda tua, memproduksi konodia aseksual yang berbentuk bulat, konidia tersusun seperti buah anggur, dan pertumbuhannya cepat. *Trichoderma* termasuk jenis kapang tanah (*soil fungi*) sehingga sangat mudah didapatkan diberbagai macam tanah, di permukaan akar berbagai macam tanaman serasah, lahan pertanian, padang rumput, hutan, rawa bahkan tanah yang miskin akan nutrien. *Trichoderma* menempati urutan ke-2 dalam hal penghasil enzim setelah *Aspergillus*. *Trichoderma viride* TNJ63 merupakan salah satu isolat tanah perkebunan jeruk di Riau, yang telah berhasil diteliti menghasilkan berbagai enzim seperti: kitinase, selulase, dan xilanase (Devi.S. dkk, 2013).

#### **2.4.1 Manfaat *Trichoderma* sp.**

*Trichoderma* sp. merupakan salah satu agen pengendali hayati yang efektif, dapat menghasilkan enzim ekstraseluler sehingga memungkinkan baginya untuk bersaing dengan jamur lain dalam memanfaatkan residu tanaman sebagai bahan nutrisi serta menghambat pertumbuhan jamur fitopatogenik seperti spesies *Fusarium*, *Phytium*, dan *Rhizoctonia* (Rejeki, 2004).

*Trichoderma* adalah jenis kapang mikrokopis yang termasuk dalam Kelas *Deuteromycetes*. Beberapa ciri morfologi kapang *Trichoderma* termasuk jenis kapang tanah sehingga sangat mudah didapatkan di berbagai macam tanah, di permukaan akar berbagai macam tumbuhan, serasah, lahan pertanian, padang rumput, hutan, rawa, bahkan ditanah yang miskin akan nutrient atau ditemukan

sebagai koloni sekunder pada bahan-bahan organik yang telah mengalami dekomposisi, kayu busuk bahkan dapat juga dijumpai pada sklerotia kapang lain (Papavizas,1985).

### 2.5 *Trichoderma* sp sebagai Agen Hayati

*Trichoderma* sp. merupakan cendawan saprofit tanah yang secara alami dapat dimanfaatkan sebagai agen hayati, karena memiliki sifat antagonisme terhadap patogen berupa kompetisi ruang dan nutrisi, mikoparasit dan antibiosis. Selain itu cendawan *Trichoderma* sp. juga memiliki beberapa kelebihan seperti mudah diisolasi, daya adaptasi luas, mudah ditemukan ditanah areal pertanaman, dapat tumbuh dengan cepat pada berbagai substrat, memiliki kisaran mikoparasitisme yang luas dan tidak bersifat patogen pada tanaman (Purwantisari, 2009).

*Trichoderma* sebagai agen hayati karena memiliki berbagai sifat antagonisme terhadap patogen. Salah satunya yaitu kompetisi ruang dan nutrisi. Proses antibiosis secara kompetisi pada *Trichoderma* terjadi ketika dua mikroorganisme membutuhkan nutrisi dan ruang yang jumlahnya terbatas. Pada mekanisme ini kapang antagonis akan mendapatkan nutrisi lebih banyak dibandingkan dengan kapang patogen. Dengan demikian pertumbuhan patogen akan terhambat. Selain itu *Trichoderma* sp. tumbuh lebih cepat daripada isolat *Colletotrichum*. Pertumbuhan yang cepat ini menguntungkan bagi *Trichoderma* dalam berkompetisi dengan kapang fitopatogen untuk memperoleh ruang dan nutrisi, bahkan sebelum aksi mikotoksin yang dimilikinya (Barbosa *et al.*, 2001 dalam Ainy, 2015).

*Trichoderma* sp selain melalui mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi dalam menghambat patogen, ia juga dapat bersifat antibiosis dalam menghambat patogen. Proses antibiosis melalui mekanisme antibiotik yang terjadi pada kapang *Trichoderma* mengakibatkan adanya perubahan struktur hifa pada patogen. *Trichoderma* merupakan salah satu organisme yang dapat menghasilkan sejumlah senyawa antibiotik seperti trichodermin, trichodermol, tricotoxin, harzianum A dan harzianolida (Dennis & Webster, 1971 dalam Ainy (2015)). Senyawa metabolit sekunder yang bersifat antibiotik akan masuk dalam sel kapang dan akan menyebabkan mikolisis. Mikolisis yaitu hilangnya protoplasma pada struktur dinding sel sehingga enzim tidak larut. Mikolisis ini menyebabkan sejumlah gejala, seperti pembengkakan, pemendekan, dan lisisnya dinding sel serta mengakibatkan pertumbuhan abnormal pada hifa (Widyawati, 2008 dalam Ainy (2015)).

Kapang *Trichoderma* menghasilkan banyak senyawa kimia, baik berupa enzim, senyawa folatil dan non-folatil maupun metabolit sekunder yang dapat mempengaruhi dan menghambat sistem fungsional kapang patogen (Baker & Cook, 1982). Kapang *Trichoderma* sp juga mengeluarkan zat-zat berupa enzim kithinase, selulase, dan -1,3-glucanase yang berfungsi untuk mendegradasi senyawa penyusun dinding hifa kapang patogen (Purnomo, 2008).

Dinding hifa kapang patogen tersusun dari zat kitin, begitu pula kapang patogen *Colletotrichum capsici*. Dinding hifa *Colletotrichum* memiliki tekstur mikrofibril yang terbuat dari kitin yaitu -1,4-N-asetilglukosamin (Purnomo, 2008). Terjadinya peristiwa degradasi dinding hifa kapang patogen menyebabkan

nutrisi di dalam hifa *Colletotrichum capsici* diserap oleh hifa kapang *Trichodermaspp.* sehingga mengakibatkan hifa *C. capsici* menjadi pipih, dan nutrisi dalam hifa akan terpapar keluar. Tidak adanya nutrisi dalam hifa mengakibatkan metabolisme pada kapang *C. capsici* akan terhambat. Dan terhambatnya metabolisme akan mengakibatkan penurunan produksi ATP pada kapang yang akan menjadikan terganggunya proses pertumbuhan koloni dan selanjutnya terjadi kematian sel-sel hifa (Rahmawati, 2016).

## 2.6 Bakteri *Bacillus cereus*

*Bacillus cereus* merupakan bakteri berbentuk batang, tergolong bakteri gram positif (bakteri yang mempertahankan zat warna kristal violet sewaktu proses pewarnaan gram), motil, menghasilkan spora yang biasanya resisten pada panas, bersifat aerob fakultatif (dapat menggunakan oksigen tetapi juga menghasilkan energi secara anaerobik), dapat membentuk endospora. Spora *Bacillus cereus* lebih tahan panas kering dari pada panas lembab dan dapat bertahan lama pada produk yang kering. Selnya berbentuk batang besar dan sporanya tidak membengkak sporangiumnya (Claus dan Barkeley, 1986).

Klasifikasi *Bacillus cereus* menurut Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8 th edition adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Procaryota  
 Divisi : Bacteria  
 Kelas : Schizomycetes  
 Bangsa : Eubacteriales  
 Suku : Bacillaceae

Marga : *Bacillus*

Jenis : *Bacillus cereus*

Menurut Burchanan dan Gibbons (1974) dalam *Bergeys Manuals of Determinative Bacteriology*, *Bacillus cereus* termasuk genera *Bacillus*, organisme bersel tunggal, berbentuk batang pendek (rod) biasanya dalam bentuk rantai panjang. Umumnya mempunyai ukuran lebar 1,0  $\mu\text{m}$ -1,2  $\mu\text{m}$  dan panjang 3  $\mu\text{m}$ -5  $\mu\text{m}$ , gram positif, aerob, suhu pertumbuhan maksimum 37°C-48 °C dan minimum 5 °C-20 °C dan pH pertumbuhan 5,5-8,5. *Bacillus cereus* bersifat kosmopolit, suhu pertumbuhan optimum 30 °C. *Bacillus cereus* merupakan saprofit ringan yang tidak berbahaya yang lazim terdapat dalam air, tanah, udara, dan tumbuh-tumbuhan serta mampu membentuk endospora yang tahan panas (Salle, 1974; Jawetz dkk, 1996).

Sifat-sifat dan karakteristik lainnya, termasuk sifat biokimia, digunakan untuk membedakan dan menentukan keberadaan *Bacillus cereus*, walaupun sifat ini juga dimiliki oleh *Bacillus cereus* var *mycoides*, *Bacillus thuringiensis* dan *Bacillus anthracis*. Organisme ini dapat dibedakan atas motilitas (kebanyakan *Bacillus cereus* bersifat motil atau dapat gerak), keberadaan kristal racun pada *Bacillus thuringiensis*, kemampuan untuk menghancurkan sel darah merah (*hemolytic*). *Bacillus cereus* dan lainnya bersifat *beta haemolytic* sementara *Bacillus anthracis* tidak bersifat *hemolytic*, dan pertumbuhan *rhizoid* (struktur seperti akar yang merupakan sifat khas dari *Bacillus cereus* var. *Mycoides*) (Salle, 1974; Jawetz dkk, 1996).

## **2.7 *Bacillus* sebagai Agen Pengendali Hayati**

Genus *Bacillus* digunakan sebagai agen biokontrol secara luas karena dapat menghasilkan zat antimikroba berupa bakteriosin. Bakteriosin adalah zat antimikroba polipeptida atau protein yang diproduksi oleh mikroorganisme yang bersifat bakterisida. Bakteriosin membunuh sel targetnya dengan menyisip pada membran target dan mengakibatkan fungsi membran sel menjadi tidak stabil sehingga menyebabkan sel lisis (Compant *et al.*, 2005).

*Bacillus* sp. juga diketahui menghasilkan spora dan enzim kitinase yang mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen yaitu *Aspergillus* sp. pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) secara *in vivo* maupun *in vitro* (Malau, 2012). *Bacillus* juga menghasilkan enzim yang banyak digunakan dalam industri, seperti yang dilaporkan Widyastuti (2003) bahwasannya *Bacillus* spp. dapat menghasilkan enzim  $\alpha$ -amilase yang banyak digunakan untuk menghidrolisis ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik pati, glikogen, dan substrat sejenisnya. Fuad *et al.*, (2004) melaporkan bahwasannya *Bacillus thermoglucosidasius* AF-01 dapat memproduksi parsial protease alkali yang memiliki sifat proteolitik yang sangat tinggi, dan bisa dimanfaatkan pada industri detergen dan makanan.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa *Bacillus* mampu mengendalikan berbagai patogen tanaman diantaranya adalah bakteri *Bacillus cereus* mampu mensintesis protein yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman tomat terhadap cendawan *Corynespora casicola* (Romeiro *et al.*, 2010). Kemampuan daya hambat yang dihasilkan oleh spesies *Bacillus* terhadap bakteri patogen pangan dilaporkan pula oleh Lisboa *et al.*, (2006) dimana kultur supernatan *B. amyloliquefaciens* menunjukkan penghambatan pertumbuhan terhadap beberapa

jenis bakteri seperti *Listeria monocytogenes*, *Serratia marcescens* dan *Pasteurella haemolytica*. Dan juga penelitian yang dilakukan oleh El-hamshary dan Khattab (2008) melaporkan bahwa *Bacillus cereus* dan *Bacillus subtilis* mempunyai aktivitas anticendawan yang tertinggi terhadap cendawan patogen *Fusarium solani*.

Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh bakteri *Bacillus cereus* dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan patogen tanaman. Seperti yang dilaporkan pada penelitian Suryadi dkk, (2015) bahwa ada tiga senyawa metabolit sekunder dalam kadar tertinggi yang didapat dari ekstrak *B. cereus* yakni 9,19-*cyclolanostan-3-ol*, *acetate*, (3 $\beta$ )-(CAS) *cycloartonyl acetate* dalam kadar 13,14%, 4-(2',2'-*dimethyl-6'-methyliden-1'-cyclohexyliden*)-3-*methyl-2-butanone* dalam kadar 9,72% dan *stigmast-5-en-ol*, *oleat* dalam kadar 9,09%. Senyawa *cyclolanostan* mempunyai kadar tertinggi merupakan turunan dari senyawa triterpena (steroid), sejumlah terpen telah dijadikan sebagai anticendawan, tetapi mekanisme aksi terpen tidak sepenuhnya diketahui, namun ada yang menyebutkan bahwa terpen menyebabkan gangguan membran oleh sifat lipofil.

Senyawa *Dimethyl-6'-methyliden-1'-cyclohexyliden*)-3-*methyl-2-butanone* merupakan kelompok flavonoid dari jalur asetat mevalonat dan juga bersifat anticendawan. *Stigmast-5-en-3-ol*, *oleat* merupakan senyawa turunan sterol yang digolongkan dalam kelompok fitoelaksin. Jika besarnya konsentrasi *Stigmast-5-en-3-ol*, *oleat* dalam *B. cereus* terakumulasi kemungkinan besar dapat menyebabkan penumpukan sterol dalam cendawan dan hal ini dapat menjadikan

perubahan sejumlah fungsi sel yang mana ada hubungannya dengan permeabilitas membran Rhiday *et al.*, 2012 dalam Suryadi dkk, 2015).



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yaitu menguji antagonis *Bacillus cereus* dan *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit antraknosa pada cabai oleh *Colletotrichum capsici*. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada penelitian ini terdiri dari empat taraf perlakuan dengan setiap perlakuan terdiri dari enam ulangan. Perlakuanannya adalah sebagai berikut:

- *Colletotrichum capsici* + mikroba endofit *Trichoderma* sp. pada media PDA
- *Colletotrichum capsici* + mikroba endofit *Bacillus cereus* pada media PDA
- *Colletotrichum capsici* + mikroba endofit *Trichoderma* sp. + mikroba endofit *Bacillus cereus* pada media PDA

Pada uji lanjut *in vivo* perlakuanannya adalah sebagai berikut:

- Antagonis endofit yang efektif + *Colletotrichum capsici* pada buah cabai
- Kontrol negatif : *Colletotrichum capsici* pada buah cabai

#### 3.2 Variabel Penelitian

Identifikasi variabel digunakan untuk memudahkan pemahaman mengenai variabel yang akan dikaji, maka identifikasi variabel dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas (*independent variable*) adalah jenis agen pengendali hayati yakni *Bacillus cereus*, *Trichoderma* sp dan kombinasinya.

2. Variabel terikat (*dependent variable*) pada penelitian ini adalah persentase penghamabatanmikroba endofit terhadap *Colletotrichum capsici*, masa inkubasi penyakit pada buah cabai, kejadian penyakit antraknosa pada buah cabai, dan intensitas penyakit antraknosa pada buah cabai.
3. Variabel terkendali pada penelitian ini adalah media kultur, suhu inkubasi, varietas cabai, jamur patogen, waktu dan tempat penelitian, jumlah miselium cendawan dan bakteri.

### 3.3 Waktu dan Tempat

Penelitian tentang “Uji Antagonis Mikroba Endofit *Bacillus cereus* dan *Trichoderma sp.* dalam Pengendalian Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum capsici*) pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) dilaksanakan pada bulan April sampai Agustus 2017. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

### 3.4 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah LAF sebagai tempat kerja untuk penelitian; incubator untuk menumbuhkan bakteri uji; autoklaf untuk mensterilkan media; oven untuk mensterilkan alat- alat penelitian; cawan petri steril sebagai tempat media kultur bakteri dan jamur; tabung reaksi steril sebagai tempat media kultur bakteri; ose steril untuk memindahkan biakan bakteri kedalam media; shaker untuk menghomogenkan bakteri dan media; pembakar bunsen; gelas ukur; mikropipet; rak tabung reaksi; pipet tetes; swap; gunting;

pisau; erlenmeyer; aluminium foil; tabung erlenmeyer; botol spray; vortex mixer; label; spektrofotometer; tissue; bolpoint; dan penggaris.

Bahan- bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah media PDA instan, NA agar, kloramfenikol, tween 80%, alkohol 70%, NaCl 0,5%, spiritus, aquades, aquabides, isolat murni mikroba antagonis bakteri *Bacillus cereus* yang diisolasi dari tanaman temulawak dan jamur Trichoderma yang diisolasi dari kenikir Jamur patogen *Colletotrihum capsici* diisolasi dari cabai yang terserang penyakit antraknosa.

### **3.5 Prosedur Penelitian**

#### **3.5.1 Pembuatan Media NA**

Media NA sebanyak 39 gram dilarutkan kedalam 1000 ml aquades dalam beaker glass. Selanjutnya dipanaskan menggunakan *hotplate stirer* sampai mendidih. Kemudian medium dipindahkan kedalam erlenmeyer untuk kemudian disterilkan didalam autoklat pada tekanan 1 atm suhu 121°C selama 15 menit, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

#### **3.5.2 Pembuatan Media PDA**

Media PDA sebanyak 39 gram dan kloramfenikol 0,05 gram dilarutkan bersama aquades 1000 ml dalam gelas beaker. Selanjutnya media dipanaskan dengan *hotplate stirer* sampai mendidih. Kemudian media disterilkan dalam autoklaf pada tekanan 1 atm suhu 121°C selama 15 menit selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

#### **3.5.3 Sterilisasi Alat dan Bahan**

Sterilisasi merupakan suatu usaha untuk membebaskan atau memusnahkan alat-alat atau bahan dari segala macam bentuk kehidupan, terutama mikroorganisme (Savitri dan Sinta,2010). Sterilisasi dilakukan dengan cara mencuci alat-alat yang digunakan hingga bersih kemudian dikeringkan. Selanjutnya membungkus alat-alat dengan kertas atau alumunium foil bila alat terbuat dari logam dan kemudian dimasukkan kedalam plastik. Langkah selanjutnya adalah dilakukan sterilisasi dengan memasukkan semua alat dan bahan (termasuk media) kedalam autoklaf selama 20 menit dengan suhu 121°C dengan tekanan 1 atm.

#### **3.5.4 Peremajaan *Bacillus cereus***

Isolat *Bacillus cereus* ditumbuhkan pada media NA agar miring dalam tabung reaksi. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 32°C. Isolat murni diremajakan setiap satu sampai dua minggu sekali, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

#### **3.5.5 Peremajaan *Trichoderma sp.***

Isolat *Trichoderma sp* ditumbuhkan pada media PDA yang sudah ditambahkan antibakteri kloramfenikol. Isolat pada cawan diambil kurang lebih 0,5 – 1 cm, selanjutnya diletakkan pada media PDA, kemudian diinkubasi pada suhu ruang. Isolat *Trichoderma sp* diremajakan setiap 1 minggu sekali, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

#### **3.5.6 Peremajaan *Colletotrichum capsici***

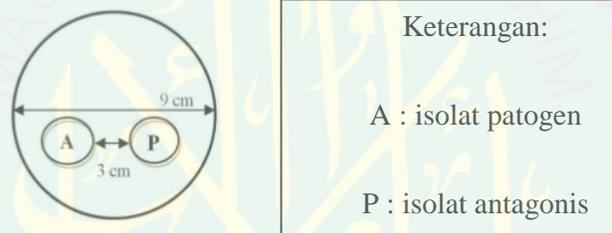
Isolat *C.capsici* ditumbuhkan pada media PDA yang sudah ditambahkan antibakteri kloramfenikol. Isolat *C.capsici* pada tabung reaksi diambil miselinya dengan menggunakan ose steril, selanjutnya diletakkan miselia dalam cawan petri

yang ada media PDAny, kemudian diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.



### 3.5.7 Percobaan *In vitro*

Uji antagonisme *in vitro* dengan menggunakan metode uji ganda (*dual culture*) pada media PDA. Inokulum dengan diameter 0,5 cm diletakkan pada cawan petri berdiameter 9 cm. Untuk masing- masing pengujian dibuat garis tengah dan diberi dua titik. Jarak antara keduanya dari tepi cawan yaitu 3 cm. Cara yang sama juga dilakukan pada perlakuan kombinasi sehingga dalam cawan petri terdapat tiga titik biakan, selengkapnya ada pada lampiran 3. Cara peletakan inokulum dapat dilihat pada Gambar:



**Gambar 3.5.7** Peletakan isolat untuk uji antagonis *in vitro* (Szekeres *et al.*, 2006)

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah persen penghambatan (%) (Octaviani dkk, 2015):

$$I = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan:

I = presentase penghambatan

R1 = jari- jari koloni patogen yang menjauhi agen antagonis (mm)

R2 = jari-jari koloni patogen yang mendekati agen antagonis (mm)

Catatan: bila koloni pertumbuhan patogen sudah tertutup oleh koloni agen antagonis, maka dianggap persentase penghambatan agen hayati (I) = 100%

### 3.5.8 Mekanisme Antagonis

Pengamatan mekanisme antagonis dilakukan secara makroskopis melalui pengamatan langsung pada biakan ganda (*dual culture*) dan secara mikroskopis dengan cara mengambil potongan hifa 1 cm x 1 cm di daerah kontak kedua jamur, kemudian diletakkan pada objek gelas dan diamati di bawah mikroskop. Mekanisme interaksi yang terjadi antara jamur patogen dengan jamur antagonis didasarkan pada kriteria yang dikemukakan oleh Windham (2008) dalam Amaria dkk (2015), yaitu:

- a. Kompetisi, apabila koloni jamur antagonis menutupi koloni patogen dan pertumbuhan jamur antagonis lebih cepat untuk memenuhi cawan petri berdiameter 9 cm. Pada daerah kontak, hifa patogen mengalami lisis.
- b. Antibiosis, apabila terbentuk zona kosong diantara jamur patogen dan jamur antagonis, terdapat perubahan bentuk hifa patogen, dan dihasilkan pigmen dipermukaan bawah koloni jamur antagonis.
- c. Parasitisme, apabila hifa jamur antagonis tumbuh diatas hifa jamur patogen, pada daerah kontak ditemukan hifa jamur antagonis melilit hifa patogen, serta mengalami lisis.

### 3.5.9 Pembuatan larutan patogen *Colletotrichum capsici*

Biakan jamur yang telah ditumbuhkan pada media PDA yang berumur 7 hari diambil, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 ml aquabides steril, dihomogenkan dengan vortex mixer selama beberapa menit.

Kemudian suspensi jamur diambil dengan pipet volumetri dan dihitung jumlah konidia dengan menggunakan spektrofotometer. Bila terlalu padat jumlahnya, dilakukan pengenceran sehingga diperoleh kepadatan suspensi jamur  $1,25 \times 10^6$  sporal/ml. Untuk selengkapnya ada pada lampiran 4.

#### **3.5.10 Pembuatan larutan antagonis *Trichoderma sp.***

Biakan jamur yang telah ditumbuhkan pada media PDA yang berumur 7 hari diambil, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 ml aquabides steril, dihomogenkan dengan vortex mixer selama beberapa menit. Kemudian suspensi jamur diambil dengan pipet volumetri dan dihitung jumlah konidia dengan menggunakan spektrofotometer. Bila terlalu padat jumlahnya, dilakukan pengenceran sehingga diperoleh kepadatan suspensi jamur  $1 \times 10^8$  sporal/ml. Untuk selengkapnya ada pada lampiran 4.

#### **3.5.11 Pengujian *In vivo***

Pengujian *in vivo* kapang mengacu pada metode Dan *et al.* (2003). Seperti pada lampiran 5 tahapan uji *in vivo* yakni, buah cabai disterilisasi pada NaCl 0,5% selama 5 menit dan dicuci pada air steril, selanjutnya permukaan buah disterilkan dengan etanol 70%. Selanjutnya direndam buah cabai dalam larutan agen antagonis *Trichoderma sp* dengan kerapatan  $10^8$  konidia/ml selama 2 jam, selanjutnya ditetesi dengan 0,02% tween 80 % (v/v) sebagai penguat penetrasi. Setelah 2 jam dilanjutkan meneteskan dengan mikropipet kapang antraknosa sebanyak 20  $\mu$ l dengan kerapatan selnya  $1,25 \times 10^6$  konidia/ml dan 0,02% tween 80% (v/v) pada permukaan buah cabai yang sudah dilukai dengan menggunakan jarum ose steril.

Seluruh perlakuan diletakkan pada wadah tertutup pada suhu kamar selama 7 hari. Selanjutnya hal-hal yang diamati setelah inkubasi adalah gejala antraknosa yang berupa bercak coklat, kejadian penyakit, dan intensitas penyakit (Marlina,2012).

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah:

- Masa inkubasi (hari): Masa inkubasi merupakan waktu yang diperlukan patogen untuk melakukan infeksi, dihitung berdasarkan waktu gejala pertama muncul pada buah cabai setelah inokulasi. Gejala pada buah cabai berupa bercak kecil dan berair. Ukuran luka tersebut dapat mencapai 3- 4 cm pada buah cabai yang berukuran besar. Pada serangan lanjut yang sudah parah, gejala luka tersebut lebih jelas tampak seperti luka terbakar matahari dan berwarna antara merah tua sampai coklat menyala hingga hitam (Syabana, 2015).

- Kejadian penyakit (%) (Handayani,2016):

$$\text{Kejadian penyakit} = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan: n : jumlah titik luka yang bergejala ; N : jumlah titik luka yang diamati

- Intensitas penyakit (%) (Syabana, 2015):

$$\text{Intensitas serangan} = \left\{ \frac{\sum(n \times V)}{Z \times N} \right\} \times 100\%$$

Keterangan: n : jumlah buah setiap kelas bercak

V : nilai skor setiap kelas bercak

N : jumlah buah yang diamati

Z : skor kelas bercak tertinggi

Skor penyakit yang digunakan adalah sebagai berikut :

- i. Skor penyakit 0 :Tidak ada infeksi
- ii. Skor penyakit 1 :Luas permukaan tanaman atau bagian tanaman yang terserang mencapai 10% - 25%
- iii. Skor penyakit 2 :Luas permukaan tanaman atau bagian tanaman yang terserang lebih besar dari 25% - 50%
- iv. Skor penyakit 3 :Luas permukaan tanaman atau bagian tanaman yang terserang lebih besar dari 50% - 75%
- v. Skor penyakit 4 : Tanaman mati

### 3.6 Analisis Data

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan uji F ANOVA, apabila hasil menunjukkan perlakuan berbeda nyata maka dilakukan uji perbandingan berganda duncan (*Duncan's Multiple Range Test*). Analisis dilakukan pada selang kepercayaan 95% ( $\alpha = 0,05$ ) menggunakan program SPSS (Octaviani dkk, 2015).

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Uji Antagonis Mikroba Endofit terhadap Patogen *Colletotrichum capsici* secara *In vitro*

Hasil uji aktifitas antagonisme mikroba endofit *Trichoderma* sp. dan *Bacillus cereus* serta kombinasi keduanya, menunjukkan adanya potensi penghambatan terhadap kapang patogen *Colletotrichum capsici*. Perlakuan mengantagoniskan mikroba endofit dan kapang patogen, hasilnya menunjukkan pengaruh terhadap persentase penghambatan. Tetapi pada perlakuan antagonis endofit *Trichoderma* dan kombinasi *Trichoderma* + *Bacillus cereus* hasilnya tidak berbeda nyata terhadap persentase penghambatan, hal ini ditunjukkan dengan notasi yang sama pada keduanya. Nilai persentase penghambatan mikroba endofit *Trichoderma* sp, *Bacillus cereus* dan kombinasi dari keduanya terhadap *C. capsici* tertera pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Persentase penghambatan *Trichoderma* sp dan *Bacillus cereus* serta kombinasinya terhadap patogen *Colletotrichum capsici*

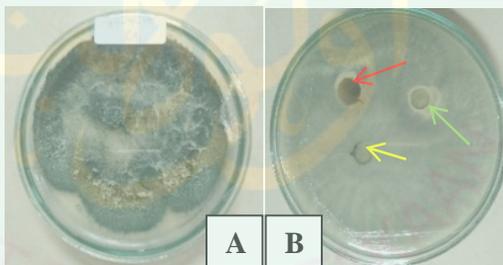
Perlakuan	Persentase hambatan (%)	Notasi
<i>Trichoderma</i> sp.	96	ab
<i>Bacillus cereus</i>	11,88	a
<i>Trichoderma</i> + <i>Bacillus cereus</i>	97	Ab

\*angka-angka yang diikuti notasi yang sama tidak berbeda nyata pada uji lanjut duncan

Persentase penghambatan patogen *C. capsici* oleh mikroba endofit yang optimal adalah pada perlakuan *Trichoderma* sp serta kombinasi *Trichoderma* + *B. cereus* yakni dengan hasil berturut-turut 96% dan 97%. Untuk perlakuan *Bacillus cereus* hasilnya 11,88% lebih rendah dibanding perlakuan lainnya.

Hasil uji statistik menggunakan SPSS terlampir pada lampiran 7, yakni pada uji normalitas data, hasil signifikansi sebesar  $0,10 > 0,05$  menunjukkan data yang diuji normal. Pada uji homogenitas nilai signifikansinya  $0,26 > 0,05$  menunjukkan data yang diuji sudah homogen. Selanjutnya untuk uji ANOVA dengan taraf kepercayaan 5% diperoleh hasil F hitung sebesar 127 lebih besar dari F tabel 3,68 yang menunjukkan bahwa ada pengaruh perlakuan terhadap hasil uji antagonisme, dengan demikian H1 diterima dan H0 ditolak.

Uji antagonisme secara *in vitro* pada perlakuan *Trichoderma* sp. terlihat bahwa mekanisme penghambatan kapang terhadap patogen *C. capsici* adalah kompetisi ruang dan nutrisi. Hal ini ditunjukkan oleh pertumbuhan *Trichoderma* yang mendominasi pertumbuhan pada cawan petri yang berisi media PDA seperti pada gambar 4.1.1.

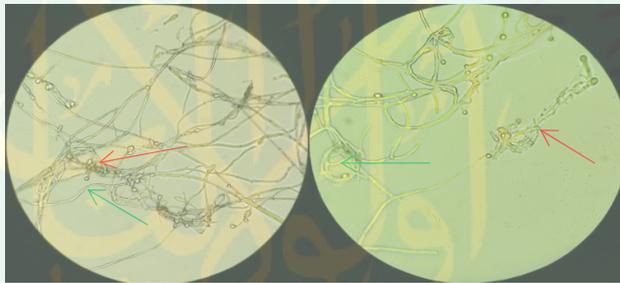


**Gambar 4.1.1** Perlakuan *Trichoderma* sp. yang mengantagonis *C. capsici* tumbuh mendominasi ruang dalam cawan petri berisi media PDA; **A** : kenampakan bagian atas cawan dan **B** : kenampakan dari bagian bawah cawan; **panah merah**: *C. capsici*, **panah kuning**: *Trichoderma*, **panah hijau**: *B. cereus*

Gambar 4.1.1 memperlihatkan bahwa kapang pathogen dalam cawan petri koloninya tertutupi oleh *Trichoderma* yang ditunjukkan oleh miselia berwarna hijau mendominasi seluruh permukaan cawan. Perlakuan dengan endofit *Trichoderma* ulangan satu sampai dengan enam menunjukkan penghambatan yang optimal terhadap pathogen *C. capsici* dikarenakan *Trichoderma* tumbuh

lebih cepat dibandingkan dengan patogennya. Sesuai pernyataan dari Volk dan Wheeler (1983) bahwa kapang *Trichoderma* mempunyai tingkat pertumbuhan yang cukup cepat, konidia berlimpah, dan dapat bertahan cukup lama pada kondisi yang kurang menguntungkan.

Mekanisme agen antagonis dalam menghambat pathogen meliputi kompetisi, antibiotik, dan parasitisme (Amaria dkk, 2015) *Trichoderma* sp yang diperoleh dari endofit stroberi ini cara menghambat pathogen adalah dengan cara kompetisi ruang dan nutrisi serta dengan cara memparasiti pathogen, hal ini terlihat pada pengamatan secara mikroskopis gambar 4.1.2 yakni hifa *Trichoderma* melilit hifa pathogen *C. capsici* dan menyebabkan lisis hifa pathogen.



**Gambar 4.1.2** Mekanisme penghambatan *Trichoderma* terhadap *C. capsici* diamati dibawah mikroskop Nikon eclipse e200 perbesaran 400X. **Anak panah merah** menunjukkan hifa abnormal (lisis) dari pathogen dan **anak panah hijau** adalah hifa *Trichoderma* yang melilit patogen.

*Trichoderma* sebagai agen hayati telah banyak diterapkan untuk mengendalikan berbagai patogen. Seperti pada penelitian Alfizar dkk (2013) dimana *Trichoderma* sp. dapat menghambat patogen *C. capsici* secara *in vitro* dengan persentase penghambatan sebesar 68,2% selama masa inkubasi tujuh hari,

dan juga dapat menghambat patogen *Fusarium* dan *S. roffsii* dengan persentase penghambatan berturut-turut 53,9% dan 35,5% selama tujuh hari inkubasi.

Islam telah mengajarkan kepada kita semua melalui wahyu yang telah diturunkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu alaihi Wasallam, bahwa penting untuk mengkaji semua yang diciptakan Allah di muka bumi ini termasuk hal sekecil kapang dan bakteri. Hal ini selaras dengan Firman Allah dalam Q.S Al-Baqarah ayat 26:

أَنَّهُ فَيَعْلَمُونَ ءَامَنُوا الَّذِينَ فَمَا فَوْقَهَا فَمَا بَعُوْضَةً مَّا مَثَلًا يَضْرِبُ أَنْ يَسْتَحْيَ ۚ لَا إِلَهَ إِلَّا  
 شَيْرَابِهِ ۚ يُضِلُّ مَثَلًا يَهْدِي اللَّهُ أَرَادَ مَاذَا يَقُولُونَ ۚ كَفَرُوا الَّذِينَ وَأَمَّا رَبِّهِمْ مِنَ الْحَقِّ  
 ۝ الْفٰسِقِيْنَ اِلَّا بِهٖ ۚ يُضِلُّ وَمَا كَثِيْرًا بِهٖ ۚ وَيَهْدِيْ ۚ

Artinya: *Sesungguhnya Allahtiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau lebih rendah dari itu, adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?" dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diber-Nya petunjuk dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik (QS. Al-Baqarah/2 26).*

Tafsir Surat Al- Baqarah ayat 26 menurut Quraish Shihab yaitu: “Allah memberikan perumpamaan kepada manusia untuk menjelaskan segala hakikat dengan bermacam makhluk hidup dan benda, baik kecil maupun besar. Orang-orang yang tidak beriman menganggap remeh perumpamaan dengan makhluk-makhluk kecil seperti lalat dan laba-laba ini. Allah menjelaskan bahwa Dia tidak merasa enggan seperti yang dirasakan manusia, maka Dia pun tidak segan-segan untuk menggambarkan bagi hamba-hambaNya segala sesuatu yang dikehendaki-Nya meskipun dengan hal-hal yang sangat kecil. Orang-orang yang beriman mengetahui maksud perumpamaan itu dan mengetahui pula bahwa hal itu adalah kebenaran dari Allah. Maka, tidak akan tersesat kecuali orang-orang yang membangkang dan keluar dari jalan-Nya.

Berdasarkan ayat tersebut kita ketahui bahwa orang-orang beriman dianjurkan untuk mengkaji hakikat dari penciptaan Allah Subhanahu wa Ta'ala pada beberapa makhluknya termasuk kapang yang berukuran kecil dan tidak terlihat oleh mata telanjang dapat memberikan manfaat terhadap manusia yakni untuk mengobati penyakit pada tanaman cabai yang disebabkan oleh jenis kapang lainnya. Jadi tidak ada satu makhluk di dunia ini yang diciptakan dengan sia-sia. Dengan demikian telah terbukti bahwasannya Allah telah menunjukkan kekuasaan dan keadilannya dalam setiap penciptaannya, yakni dengan diciptakan antagonis dari patogen *C. capsici* yang merugikan tersebut.

*Trichoderma* sp. merupakan salah satu agen pengendali hayati yang efektif, dapat menghasilkan enzim ekstraseluler sehingga memungkinkan baginya untuk bersaing dengan jamur lain (Rejeki, 2004). Sifat *Trichoderma* yang kosmopolit disebabkan karena kapang ini memiliki kemampuan menghasilkan berbagai macam metabolit sekunder, tahan terhadap zat penghambat yang dihasilkan mikroorganisme lain, selain itu juga kapang ini ternyata relatif resisten terhadap zat fungistatis (Eveleigh, 1985). Oleh sebab itu persentase penghambatan pada perlakuan *Trichoderma* secara *in vitro* hampir mencapai 100% pada setiap ulangnya. Persentase penghambatan dikatakan 100% jika agen antagonis menutupi seluruh permukaan koloni patogen.

Uji antagonisme secara *in vitro* yang kedua adalah dengan mengantagoniskan mikroba endofit *Bacillus cereus* dengan kapang patogen *Colletotrichum capsici*. Sama halnya dengan perlakuan sebelumnya, pengamatan persentase penghambatan dihitung pada hari ketujuh setelah inkubasi. Hasil

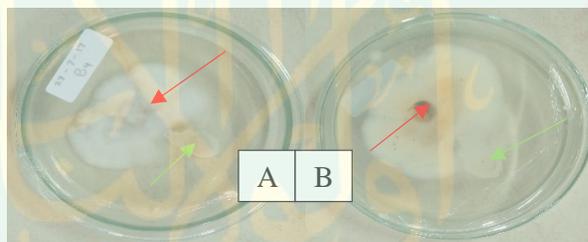
persentase pada perlakuan *Bacillus cereus* berbeda dengan perlakuan pertama, karena persentase penghambatannya bernilai kecil. Dengan demikian bakteri *Bacillus cereus* belum maksimal dalam melawan patogen *Colletotrichum capsici*.

Hasil dari perlakuan *Bacillus cereus* telah tersaji pada lampiran 6. Persentase penghambatan ulangan ke-1 sebesar 27,77%. Jari-jari koloni patogen yang menjauhi patogen sebesar 18 mm dan koloni yang mendekati patogen sebesar 13 mm. Pada perlakuan *Bacillus cereus* ulangan ke-2 persentase penghambatan sebesar 12,5% dengan jari-jari koloni patogen yang menjauhi koloni bakteri *Bacillus cereus* 8 mm dan koloni patogen yang mendekati *Bacillus cereus* 7 cm.

Pada perlakuan *Bacillus cereus* ulangan ke-3, persentase penghambatan tidak ada sama sekali yakni 0%, dengan jari-jari koloni patogen yang menjauhi *Bacillus cereus* ataupun yang mendekati sama-sama sebesar 15 mm. Selanjutnya *Bacillus cereus* ulangan ke-4 persentase penghambatannya sebesar 25% dengan panjang jari-jari koloni patogen yang menjauhi agen antagonis 20 mm dan yang mendekati sebesar 15 mm. Pada ulangan ke-5 persentase penghambatannya sebesar 15% dengan koloni patogen yang menjauhi antagonis sebesar 20 mm dan yang mendekati patogen sebesar 17 mm. Dan untuk ulangan ke-6 persentase penghambatannya sebesar -9% dengan panjang jari-jari koloni patogen yang menjauhi agen antagonis 11 mm dan panjang jari-jari patogen yang mendekati agen antagonis 12 mm.

Uji antagonis pada *Colletotrichum capsici* dengan mikroba endofit *Bacillus cereus* hasilnya kurang maksimal yakni ditunjukkan dengan persentase

penghambatan yang kecil dan juga koloni bakteri dan patogen sama-sama tumbuh dengan baik dalam cawan seperti yang tertera pada gambar 4.1.3, tapi masi ada penghambatan meskipun dalam jumlah sedikit. Pada masa inkubasi selama tujuh hari baik kapang patogen ataupun mikroba endofit *Bacillus cereus* sama-sama lambat pertumbuhannya berbeda dengan *Trichoderma*. Hal ini bisa terjadi karena beberapa faktor seperti faktor media pertumbuhan, suhu, pH, dan lain sebagainya, dilaporkan oleh Dutta *et al.* (2013) bahwa besarnya zona hambat yang dihasilkan kemungkinan berhubungan dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya diantaranya perbedaan pH lingkungan, stabilitas zat aktif, besarnya inokulum, masa inkubasi dan aktifitas metabolik bakteri.



**Gambar 4.1.3** Perlakuan antagonisme *B. cereus* terhadap *C. capsici*; **A** merupakan kenampakan dari atas permukaan cawan dan **B** merupakan kenampakan dari balik cawan. **Panah merah** menunjukkan miselia *C. capsici* dan **panah hijau** menunjukkan koloni *B. cereus*

*Bacillus cereus* dapat menghambat pertumbuhan patogen *Colletotrichum capsici* pada media PDA setelah diinkubasi selama 7 hari meskipun persentasenya lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan *Trichoderma* menunjukkan bahwa bakteri tersebut masi berpotensi sebagai agen hayati. Hal ini karena bakteri tersebut menghasilkan enzim kitinase yang dapat merusak dinding sel kapang patogen. Muharni dan Wijayanti (2011) menyatakan bahwa kitinase adalah enzim

yang mampu menguraikan zat kitin sehingga enzim dapat mendegradasi dinding sel kapang yang mengandung kitin. Dinding hifa *Colletotrichum* memiliki tekstur microfibril yang terbuat dari kitin yaitu -1,4-N-asetilglukosamin (Alfizar, 2013).

Efektivitas antagonis dari *Bacillus cereus* yang rendah terhadap patogen *Colletotrichum capsici* bisa juga terjadi karena memang tidak semua kapang dapat dihambat pertumbuhannya oleh bakteri ini. Seperti halnya pada penelitian Suryadi *et al.*, (2015) yang menyatakan bahwa hasil dari anticendawan ekstrak *Bacillus cereus* pada konsentrasi sama 1000 ppm dapat menghambat secara efektif terhadap patogen *Pyricularia oryzae* yakni, zona hambat terbentuk sebesar 1,1-2,0 cm dari pada patogen *Rhizoctonia solani* dengan hambat yang terbentuk kurang dari 0,5 cm. Jadi *Bacillus cereus* memang bisa digunakan sebagai anticendawa namun tidak semua cendawan bisa dihambat oleh metabolit sekunder yang dihasilkannya, untuk mekanismenya bisa dilakukan pengujian lebih lanjut akan hal ini.

Uji antagonisme pada perlakuan kombinasi dari mikroba endofit *Trichoderma* sp. dan *Bacillus cereus* terhadap patogen *Colletotrichum capsici* menunjukkan hasil persentase penghambatan yang begitu besar. Seperti yang terlampir pada lampiran 6 hasil dari persentase penghambatan pada perlakuan kombinasi *Trichoderma* dan *Bacillus cereus* rata-ratanya mencapai 97%. Seperti yang dijelaskan pada hasil sebelumnya, bahwasannya yang mendominasi cawan petri adalah mikroba endofit *Trichoderma* sp daripada *Bacillus cereus* seperti yang terlihat pada gambar 4.1.1. Persentase penghambatan pada perlakuan kombinasi

ulangan ke-1 sampai ulangan ke-4 dan ulangan ke-6 adalah 100% sedangkan pada perlakuan kombinasi ulangan ke-5 persentase penghambatannya sebesar 80%.

Mekanisme penghambatan yang terjadi pada perlakuan kombinasi ini adalah kompetisi untuk nutrisi dan ruang, jadi lebih mendominasi *Trichoderma* pada cawan petri tersebut menunjukkan bahwa kapang *Trichoderma* yang sangat efektif menghambat. Yang terjadi pada perlakuan kombinasi tidak seperti yang diharapkan yakni kedua mikroba endofit sama-sama menghambat patogen *Colletotrichum capsici*. Seperti yang dibahas pada perlakuan *Trichoderma* sebelumnya, bahwasannya kapang ini memang memiliki kemampuan tumbuh yang lebih cepat dan juga mempunyai beberapa metabolit sekunder serta enzim yang dapat menghambat pertumbuhan miselia kapang patogen. Sehingga yang terjadi adalah kapang *Trichoderma* tumbuh menutupi koloni patogen dan juga koloni bakteri *Bacillus cereus*.

*Trichoderma harzianum* merupakan kapang tanah yang bersifat saprofit yang dikenal sebagai agen biokontrol antagonis yang efektif terhadap sejumlah kapang fitopatogen (Gveroska & Jugoslav, 2011) seperti *Fusarium* sp, *Phytophthora* sp, dan *Botrytis* sp. (Freeman *etal.*, 2004). Sebagian strain dari *Trichoderma* merupakan organisme *strong opportunistic invader*, pertumbuhannya cepat, dan penghasil antibiotik (Woo *et al.*, 2008). Beberapa penelitian melaporkan bahwa aktivitas antagonistik *Trichoderma* dihasilkan melalui mekanisme yang berbeda, seperti produksi antibiotik, kompetisi untuk nutrisi dan ruang, serta produksi enzim-enzim hidrolitik (Saragih *et al.*, 2006; Liswarni

*et al.*, 2007). *T. harzianum* berpotensi besar dalam mengontrol antraknosa pada tanaman cabai yang diakibatkan oleh kapang patogen *Colletotrichum capsici*.

Dari Ibnu Mas'ud radhiallahu'anhu, bahwa Rasulullah Shallahu'alaihi wa sallam bersabda (Imran, 2010):

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ، فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ

Artinya: “ *Setiap penyakit ada obatnya, apabila obat itu tepat untuk suatu penyakit, penyakit itu akan sembuh seizin Allah* ” (HR. Ahmad, Ibnu Majah, dan Al-Hakim, beliau menshahihkannya dan disepakati oleh Adz-Dzahabi, Al-Bushiri menshahihkan hadist ini dalam Zawa'id-nya).

Hadis tersebut menjelaskan kepada kita semua, agar mencari suatu obat dari suatu penyakit yang diturunkan oleh Allah. Termasuk juga penyakit yang terjadi pada tanaman cabai seperti patogen antraknosa. Dalam hadis tersebut dijelaskan bahwasannya obat dari penyakit dapat diketahui oleh orang yang mengetahuinya, seperti halnya para ilmuwan Biologi yang mempelajari tentang seluk beluk patogen tanaman yang menyerang cabai khususnya. Penelitian tentang uji antagonisme mikroba endofit terhadap patogen *Colletotrichum capsici* merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk membuat obat bagi tanaman cabai yang terserang antraknosa.

Pemanfaatan *Trichoderma* sp sebagai salah satu upaya untuk mengatasi patogen antraknosa, tidak lain merupakan salah satu upaya kita dalam memikirkan tanda-tanda kekuasaan Allah, karena segala yang ada di bumi dan yang berada pada diri kita penuh dengan hikmah dan pelajaran. Hal ini sebagaimana yang dijelaskan dalam Firman Allah dalam Q.S Adz-Dzariyaat ayat 20-21:

﴿تُبْصِرُونَ أَفَلَا أَنْفُسَكُمْ وَفِي ۙ لِّمُوقِنِينَ ۙ آيَاتِ الْأَرْضِ وَفِي﴾

Artinya: “ Dan dibumi itu terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang yakin. Dan (juga) pada dirimu sendiri, Maka Apakah kamu tidak memperhatikan”(Q.S Adz-Dzariyaat: 20-21)

Tafsir Surat Adz-Dzariyaat ayat 20-21 menurut Imam Jalalayn: “(Dan dibumi itu) yakni gunung-gunung, tanahnya, lautan, pohon-pohonan, buah-buahan, dan tumbuh-tumbuhannya serta lain-lainnya (terdapat tanda-tanda) yang menunjukkan akan kekuasaan Allah dan Keesaan-Nya bagi orang yang yakin. Allah mengajak hamba-Nya untuk berpikir dan mengambil pelajaran. (Dan pada diri kalian sendiri) terdapat pula tanda-tanda yang menunjukkan kekuasaan-Nya, yaitu mulai dari permulaan penciptaan kalian hingga akhirnya, dan didalam susunan penciptaan kalian terkandung pula keajaiban. (Maka apakah kalian tidak memperhatikannya?) akan hal tersebut yang karena itu lalu kalian dapat menyimpulkan akan Penciptaan-Nya dan Kekuasaan-Nya yang Maha Besar.

Berdasarkan hasil pengamatan deskriptif mengenai mekanisme daya hambat *Trichoderma* terhadap *Colletotrichum capsici* didominasi oleh mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi, selain itu *Trichoderma* juga diduga menghasilkan antibiosis dalam aktivitas daya hambatnya. Hal ini ditandai dengan terbentuknya zona bening diantara kontak kedua koloni cendawan tersebut. Purwantisari dan Hastuti (2009) mengemukakan bahwa mekanisme daya hambat yang terjadi pada uji antagonisme melalui antibiosis ditandai dengan terbentuknya zona bening sebagai zona penghambatan pertumbuhan bagi patogen, hal tersebut sesuai dengan pernyataan Elfina (2001) yang menyatakan bahwa cendawan *Trichoderma* sp. menghasilkan zat tosik berupa senyawa antibiotik seperti Trichodermin, Suzukalin, dan Alametisin yang bersifat anticendawan dan antibakteri.

Berdasarkan kesemua uji antagonis mikroba endofit, baik *Trichoderma* ataupun *Bacillus cereus* terhadap patogen *Colletotrichum capsici*, dengan hasil yang telah diuraikan menunjukkan bahwa memang mikroba endofit banyak sekali manfaatnya salah satunya yakni sebagai agen hayati untuk kapang patogen. Hal ini sesuai dengan Masyarah (2009) yang menyatakan bahwa jenis tanaman yang tersebar dimuka bumi, masing-masing tanaman mengandung satu atau lebih mikroorganisme endofit yang terdiri dari bakteri dan fungi yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit yang dapat berfungsi sebagai antibiotika, antivirus, antikanker, antidiabetes, antimalaria, antioksidan, antiimun opresif, antiserangga, zat pengatur tumbuh dan penghasil enzim-enzim hidrolitik seperti amilase, selulase, xilanase, ligninase, dan kitinase.

#### 4.2 Uji Antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Colletotrichum capsicisecara* In Vivo

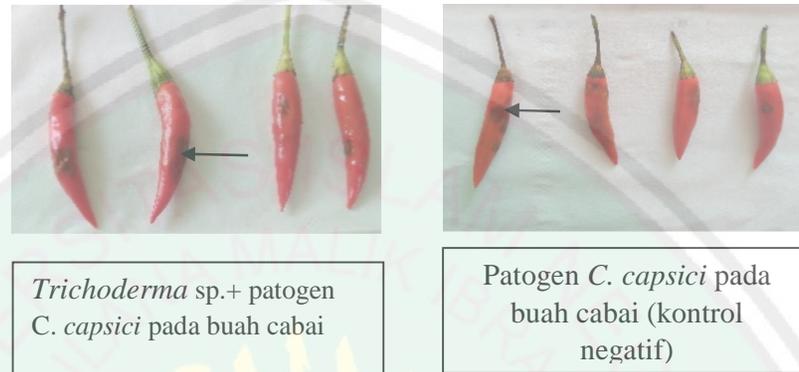
Hasil uji antagonis *Trichoderma* sp terhadap *C. capsicisecara* in vivomenunjukkan bahwa pemberian agen antagonis *Trichoderma* sp. dapat memperlambat proses pembusukan setelah diinfeksi kapang patogen antraknosa *C. capsici*, hal tersebut telah ditunjukkan pada tabel hasil uji in vivo 4.2 dibawah ini:

**Tabel 4.2** Hasil Uji Antagonisme *Trichoderma* sp terhadap *Colletotrichum capsici* secara In Vivo

Perlakuan	Masa Inkubasi	Kejadian penyakit	Intensitas penyakit
<i>Trichoderma</i> sp. + patogen <i>C. capsici</i> pada buah cabai	3 hari	100%	61,25%
Patogen <i>C. capsici</i> pada buah cabai (kontrol negatif)	2 hari	100%	88,75%

Pengamatan terhadap buah cabai yang telah diinfeksi oleh patogen *C. capsici* meliputi berbagai hal diantaranya adalah masa inkubasi, kejadian penyakit, dan intensitas serangan. Masa inkubasi menurut Harmaningrum (2015) merupakan periode waktu yang dibutuhkan patogen sejak terjadi kontak hingga timbul infeksi yang diperlihatkan melalui gejala yang muncul pada buah cabai. Berdasarkan pengamatan gejala patogen antraknosa pada buah cabai rawit yakni berupa timbulnya cekungan berwarna coklat tua yang semakin hari semakin membesar pada permukaan buah. Menurut Nayaka *et al.*, (2009) buah cabai merah besar yang terserang antraknosa menunjukkan gejala berupa timbulnya

cekungan yang membesar pada permukaan buah dan pada bagian tengah cekungan terdapat kumpulan titik-titik hitam yang merupakan kelompok aservulus.



**Gambar 4.2** Hasil uji *in vivo* pada buah cabai yang telah terinfeksi patogen antraknosa, anak panah menunjukkan bercak cabai terinfeksi patogen *C. capsici*

Hasil dari uji antagonisme secara *in vivo* pada masa inkubasi menunjukkan bahwa pada perlakuan dengan menggunakan *Trichoderma*, timbul gejala penyakit pada hari ketiga setelah inokulasi dibandingkan dengan kontrol negatif yang hasilnya menunjukkan bahwa munculnya gejala penyakit pada hari ke 2 setelah inokulasi. Penggunaan endofit *Trichoderma* sp. sebagai antagonis telah mampu menghambat patogen dalam menginfeksi buah cabai rawit meskipun dalam waktu yang tidak begitu lama, yakni tiga hari setelah penginfeksi. Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan agen antagonis *Trichoderma* sp. yang digunakan untuk pengendalian antraknosa pada cabai merah besar menunjukkan penghambatan yang optimal, yakni dengan masa inkubasi penyakit mencapai 14 hari setelah inokulasi dibandingkan dengan kontrol negatif tanpa penggunaan agen antagonis masa inkubasi penyakitnya selama 3 hari setelah inokulasi (Harmaningrum,2015).

Kejadian penyakit pada perlakuan *Trichoderma* yang diamati setelah tiga hari setelah inokulasi menunjukkan bahwa rata-rata buah cabai 100% menunjukkan gejala penyakit antraknosa yakni terlihat dengan munculnya bercak coklat pada titik luka yang dibuat pada buah. Hal ini sama halnya dengan kontrol negatif yang menunjukkan rata-rata sebesar 100% cabai yang diamati menunjukkan gejala penyakit antraknosa. Keparahan penyakit yang diamati dengan menghitung besarnya intensitas penyakit pada buah yang diberi perlakuan *Trichoderma* hasilnya lebih kecil yakni 66,26% daripada kontrol negatifnya yang intensitas penyakitnya sebesar 88,75%. Hasil dari intensitas penyakit seperti terlampir pada lampiran 7 Penelitian Supriati (2016) yang mengaplikasikan formulasi dari *Trichoderma harzianum* dan ekstrak daun gelinggang untuk mengendalikan patogen *C. capsici* pada tanaman cabai rawit hasilnya mendapatkan intensitas penyakit rata-rata sebesar 4,67-7,76%.

Tingkat keparahan penyakit pada buah cabai pada hari ketiga setelah inokulasi adalah 12,5%, pada hari keempat setelah inokulasi tingkat keparahan penyakit semakin meningkat yakni sebesar 43,75% pada hari kelima semakin meningkat menjadi 68,755% pada hari keenam semakin meningkat menjadi 81,25%, dan pada hari ketujuh setelah inokulasi keparahan penyakit sudah mencapai 100% dimana semua buah cabai menjadi busuk karena patogen *Colletotrichum capsici*. Dibandingkan dengan kontrol negatif, nilai keparahan penyakit pada hari ketiga setelah inokulasi yakni sebesar 68,75%, pada hari keempat setelah inokulasi meningkat menjadi 75%, pada hari kelima setelah

inokulasi meningkat menjadi 100% dengan demikian pada kontrol negatif cabai sudah busuk pada hari kelima.

Inokulasi patogen dilakukan dengan membuat titik luka pada buah cabai yang sebelumnya telah direndam pada suspensi mikroba endofit *Trichoderma* sp. Hasilnya menunjukkan bahwa patogen menginfeksi buah pada hari ketiga setelah inokulasi dan menunjukkan kejadian penyakit pada titik luka buah cabai yang ditandai dengan adanya bercak coklat dan semakin lama semakin membesar yang diiringi dengan membusuknya buah secara keseluruhan. Hal ini sesuai dengan Nurmayulis *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa aktivitas cendawan *Colletotrichum capsici* dapat hidup pada buah cabai melalui luka. Mekanisme patogenitas *C.capsici* melibatkan produksi enzim pendegradasi dinding sel tanaman yang umumnya berupa karbohidrat kompleks. Pada tahap pertama patogen mensekresikan enzim pendegradasi polimer yaitu poligalakturonase, pektin liase dan juga protease yang berperan dalam proses infeksi awal dan maserasi jaringan. Pada tahap kedua, patogen mensekresikan enzim  $\alpha$ -galaktopirani-sidase dan  $\alpha$ -arabinofuranesidase yang berperan mendegradasi polimer galaktan dan araban untuk kebutuhan nutrisi patogen. Selain memproduksi enzim *C.capsici* mengeluarkan toksin yang disebut kolelotrisin yang dapat merusak bagian sel dan jaringan inang, sehingga dapat mempercepat kerusakan buah dan meningkatkan proses respirasi pada buah.

Penggunaan agen biokontrol seperti *Trichoderma* diduga dapat menekan pertumbuhan patogen didalam buah, karena agen biokontrol mengeluarkan enzim ekstraseluler yaitu kitinase yakni enzim yang mampu menghidrolisis ikatan  $\beta$ -1,4

antar subunit N-asetilglukosamina (NacGlc) pada polimer kitin sebagai salah satu komponen dinding sel hifa pada cendawan, sehingga dapat menghambat pertumbuhan hifa dan dapat menekan laju respirasi (Wang *et al.*,2005) penghambatan laju respirasi terjadi diduga pada saat pencelupan atau perendaman buah, cairan masuk kedalam sel-sel epidermis kulit cabai yang membuka sebagian sehingga tersumbat dan membatasi transport O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan, serta mengurangi penguapan atau membatasi kehilangan air. Oleh karena itu pada perlakuan tingkat keparahan cabai busuk lebih cepat pada kontrol negatif dibandingkan dengan yang direndam mikroba antagonis.

Tingkat keparahan penyakit pada buah cabai yang terinfeksi antraknosa diamati pada hari ketiga setelah inokulasi sampai hari ketujuh setelah inokulasi. Intensitas penyakit pada perlakuan dengan merendam agen antagonis menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, namun setelah tujuh hari cabai menjadi busuk. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Semangun (1994) yakni buah cabai yang terserang antraknosa mula-mula berbentuk bercak coklat kehitaman yang kemudian meluas menjadi busuk lunak bahkan busuk kering. Gejala yang tampak, ada yang hanya busuk sebagian yakni pada bagian pangkal buah, tengah buah maupun ujung buah.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ada pengaruh pemberian mikroba endofit terhadap patogen *C. capsici* secara *in vitro*, hal ini terlihat pada uji statistik ANOVA bahwa hasil F hitung > F tabel;  $127 > 3,68$  dengan demikian H1 diterima dan H0 ditolak artinya ada pengaruh perlakuan terhadap persentase penghambatan mikroba endofit terhadap patogen *Colletotrichum capsici*. Rata-rata dari persentase penghambatan dengan perlakuan endofit *Trichoderma* sebesar 96%, perlakuan dengan *Bacillus cereus* 11,88, dan pada perlakuan kombinasi sebesar 97%, namun dominan cendawan *Trichoderma* yang menghambat pada perlakuan kombinasi ini.
2. Setelah didapat hasil *in vitro* yakni *Trichoderma* yang paling efektif dalam menghambat *C. capsici* dilakukan uji lanjut secara *in vivo* dengan mengaplikasikan langsung pada buah cabai pasca panen. Dan hasilnya, masa inkubasi penyakit antraknosa yang diberi perlakuan *Trichoderma* tiga hari lebih baik dibanding kontrol negatif yakni 2 hari. Rata-rata kejadian penyakit antraknosa pada buah cabai yang terkena antraknosa setelah diinkubasi selama tujuh hari adalah sebesar 100% sama halnya pada kontrol negatif rata-rata kejadian penyakitnya juga sebesar 100%. Sedangkan hasil dari rata-rata intensitas penyakit pada buah cabai yang diberi perlakuan *Trichoderma* adalah 61,25% lebih kecil dibandingkan pada perlakuan negatif adalah 88,75%.

#### 5.2 Saran

penelitian berikutnya sebaiknya bisa mengaplikasikan mikroba endofit yang efektif dalam menghambat penyakit antraknosa terhadap tumbuhan cabai secara langsung. Jadi tidak hanya pada buah cabai pasca panen saja. Agar lebih diketahui manfaat penggunaan mikroba endofit tersebut langsung pada kejadian penyakit di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology 5th Ed. Oxford (GB)* : Elsevier Academic Pr.
- Ainy, Erni Qurotul. Dkk. 2015. Uji aktivitas antagonis *Trichoderma harzianum* 11035 terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan *Colletotrichum acutatum* TCK1 penyebab antraknosa pada tanaman cabai: *Seminar Nasional 12 Pendidikan Biologi FKIP UNS*.
- Alfizar, M., & Fitri, S. (2013). Kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap beberapa jamur patogen in vitro. *Jurnal Floratek* (8) : 45-51.
- Ali, Muhammad. Venita, Yunel. Rahman, Benny. 2010. Uji beberapa konsentrasi ekstrak daun Mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) untuk pengendalian penyakit antraknosa yang disebabkan jamur *Colletotrichum capsici* pada buah cabai merah pasca panen: *Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Riau*.
- Amaria, Widhi. Harni, Rita. Samsudin. 2015. Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar* halaman 51-60.
- Arifin, I., 2010, Pengaruh Cara dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L var. Cengek). *Skripsi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang*.
- Arwiyanto T. 2009. Pengendalian penyakit bakteri nilam menggunakan *Bacillus* spp. dan *Pseudomonad fluorescens*. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 15: 116-123.
- Arwiyanto, T. dan Hartana, I. 1999. Pengendalian hayati penyakit layu bakteri tembakau. 2. Percobaan di rumah kaca. *Jurnal perlindungan Tanaman Indonesia* 5:50-59.
- Backman *et al.*,1994. *Plant respons and disease control following seed inoculation with Bacillus sp. Di dalam: Ryder, MH et al. Improving plant production with Rhizospore Bacteria*. Australia: Pruc third Int work PGPR South Australia.
- Barley JA, O'Connell RJ, Pring RJ, Nash C. 1992. *Infection strategies of Colletotrichum species. In Colletotrichum. Biology, Pathology and Control*. Bailey JA, Jeger MJ, editor. Wallingford (GB): CABI.

- Baker CJ, Stavelly JR, Mock N. 1985. Biocontrol of bean rust by *Bacillus subtilis* under field conditions. *Plant Disease* 69: 770-772.
- Barker KP, Cook RJ. 1974. *Biological Control of Plant Pathogens*. San Fransisco (US): WH Freeman & Company.
- Barnett, H. L and B. B. Hunter. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi, Third Edition*. Burgess Publishing Company.
- Blackwell, M dan C, W. Mims. 1996. *Introductory Mycology 4th Ed*. New York: John Wiley & Sonc Inc.
- Buchanan,RE. & Gibbons,NE. editor,1974. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Eight ed. The William & Wilkins Company.Baltimore.USA
- Compant, S., B. Duffy, J. Nowak, C.Cle'Ment, dan E. D. A. Barka.2005. Use of Plant Growth Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases. *Mikrobiology Monographs*.
- Cook, R. J. & Baker, K. F. (1983). The Nature on Practice of Biological Control of Plant Pathogens. ABS press, *The American Phytopathological Society*.
- Crueger,W.& Crueger A. 1984. *Biotechnology, A Text Book of Industrial Microbiology*. Sinaeur Associates,Inc. Sunderland.
- Cullen D, Andrews JH. 1984. *Evidence for the role of antibiotic in the antagonism of Chaetomium globosum to the apple scab pathogen. Venturia inaequalis* 62: 1819 1823.
- Dahliaty, A., R. Susanti, dan Y. Haryani. 2012. Skrining Bakteri Lipotilik dari Air Sungai Siak di Daerah Pelita Pantai Kota Pekanbaru. J. Indonesia. *Che. Acta Vol. 3 No. 1*.
- Dai C, Yu B, Li X. 2008. Screening of endophytic fungi that promote the growth of *Euphorbia pekinensis*. *Afr J Biotechnol*. 7:3505-3510.
- Dan H, X. D. Zheng , Y.M. Yin , P. Sun , H.Y. Zhang . 2003. Yeasts application for controlling apple postharvest diaseases associated with *Pennicillium expasum* *Bot. Bull. Acad. Sin . Vol. 44 : 211-216*.
- Devi.S.,dkk..2013. Optimalisasi Suhu dan Waktu Produksi Enzim Selulase dari Bakteri Selulolitik Strain Lokal S-16. Riau. *Karya Ilmiah Universitas Riau*.

- Direktorat Perlindungan Tanaman Hortikultura. 2010. *Upaya pengendalian penyakit antraknosa pada cabai*. Web ditlin.hortikultura.go.id diakses pada tanggal 24 Februari 2017.
- Dutta S, Rani TS, Podile AR. 2013. Root exudate-induced alterations in *Bacillus cereus* cell wall contribute to root colonization and plant growth promotion. *J PlosOne*. 8(10):e78369.
- Elfina Y, Mardius, Habazar T, Bachtiar A. 2001. Studi kemampuan isolat-isolat jamur *Trichoderma* spp. yang beredar di Sumatra Barat untuk mengendalikan jamur patogen *Sclerotium rolfsii* pada bibit cabai. Prosiding Kongres Nasional XVI dan Seminar Ilmiah PFI, 22-24 Agustus 2001, Bogor. 7. Maysarah. 2009. Isolasi dan Uji Kemampuan Antifungal Fungi Endofit dari Tanaman Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*) terhadap Fungi Perusak Makanan. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan. 61,25 88,75.
- El-hamshary OIM, Khattab AA. 2008. Evaluation of antimicrobial activity of *Bacillus subtilis* and *Bacillus cereus* and their fusant against *Fusarium solani*. *Res J Cell Mol Biol*. 2 (2):24-29.
- Emden, Van. 1976 dalam Santosa, Sartono Joko. 2007. Peranan Musuh Alami Hama Utama Padi Pada Ekosistem Sawah: *Jurnal Inovasi Pertanian Vol.6, No.1*
- Eveleigh, D.K. 1985. *The Microbial Production of Industrial Chemicals*. dalam: *Industrial Microbiology and The Advent of Genetic Engineering*. Scie. Am. W.H. Freeman and Comp. San Fransisco.
- Fitriyah, Lu'luatul. 2015. *Penapisan dan Identifikasi Bakteri Endofit Cabai Merah penghambat Colletotrichum capsici*. Bogor. Skripsi IPB.
- Fravel DR, Kim KK, Papavizas GC. 1987. Viability of sclerotia of verticillium dahliae reduced by a metabolite produced by Talaromyces flavus. *Phytopathology* 77: 616-619.
- Freeman *et al.* 2004. Trichoderma biocontrol of *Colletotrichum acutatum* and *Botrytis cinera* and survival in Strawberry. *Journal of plant pathology* (110): 361-370.
- Fuad, A.M., R. Rahmawati dan N.R. Mubarik. 2004. Produksi dan karakterisasi persial protease alkali termostabil *Bacillus thermoglusidasius*. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 9 (1) : 29-35. Bogor.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchell, 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.

- Garg R, Kumar S, Kumar R, Loganathan M, Saha S, Kumar S, Rai AB, Roy BK. 2013. Novel source of resistance and differential reactions on chilli fruit infected by *Colletotrichum capsici*. *Aus Plant Pathol.* 42:227-233.
- Gould, J.N and Keeton, W.T.1990. *Biological Science Edisi Ke Empat*. New York: W. W Norton.
- Gunawan, O.S. 2006. Mikroba antagonis untuk pengendalian penyakit antraknosa pada cabai merah. *Jurnal hortikultura* 16 (5): 151-155.
- Gusnawaty. Taufiq, Muhammad. Tiana, Leni. Dan Aisyah. 2014. Karakterisasi morfologis *Trichoderma* spp. indigenus Sulawesi Tenggara. *Jurnal aroteknologi*. Vol. 04 No. 2 Halaman:87-92.
- Gveroska. B, & Jugoslav, Ziberoski. 2011. *Trichoderma harzianum* as a biocontrol agent against *Alternaria alternata* on tobacco. *Journal technologies & innovation* (7) : 67-76.
- Hamidin, E., Sumaidi., & A. Nuraeni. 2009. Pengaruh konsentrasi fungisida mancozeb terhadap pertumbuhan tunas, busuk kering, ubi dan susut bobot ubi bibit kentang (*Solanum tuberosum*) Granola diruang penyimpanan. *Jurnal Agrikultura* 20(3): 159-163.
- Handayani, Riana Murti. 2016. *Potensi Cendawan Endofit dalam Upaya Pengendalian penyakit Antraknosa (Colletotrichum capsici) pada tanaman Cabai Merah*. Bogor: Skripsi IPB.
- Harmaningrum, Nungki Wahyu. 2015. Peningkatan potensi agen hayati untuk mengendalikan penyebab penyakit antraknosa (*Colletotrichum* sp) pada tanaman cabai jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) melalui penambahan bahan organik. Skripsi Universitas Jember.
- Harman,G,E. C R Howell, A Viterbo, I. Chet, dan M, Lorito.2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature reviews microbiology*.2:43-56.
- Hartal. Minaswaty. Budi, Indah. 2010. Efektivitas *Trichoderma* sp. dan *Gliocardium* sp. dalam Pengendalian Layu Fusarium pada Tanaman Krisan: *Jurnal ilmu- ilmu pertanian Indonesia* 12 (1): 7-12 (2010)
- Hasanudin dan Marwoto, B.2003. Pengendalilayu bakteri dan akar pada tanaman tomat dan caisim menggunakan *Pseudomonas fluorescens*. *J. Hort.*,vol.13,no.1, hal.58-66.

- Hastuti. 2009. Dalam Gusnawaty. 2014. Efektivitas *Trichoderma indigenus* Sulawesi Tenggara sebagai biofungisida terhadap *Colletotrichum* sp secara *in vitro*. *Jurnal Agroteknos* vol.04 no.01 hal: 38-43.
- Hidayat, A. 2001. *Metode Pengendalian Hama*. Tim Program Keahlian Budidaya Tanaman. Departemen Pendidikan Nasional. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Jakarta
- Howell CR, Stipanovic RD. 1979. Control of *Rhizoctonia solani* on cotton seedling with *Pseudomonas fluorescens* and with an antibiotic produced by the bacterium. *Phytopathology* 69: 480-482.
- Imam Jalaluddin Al-Mahalli dan Imam Jalaluddin As-Suyuthi. 2000. Tafsir Jalalain. Sinar Baru Algensindo: Bandung.
- Imran, 2010 dalam Wijayanti, MCWS. Jaya (2012) *Pengaruh filtrat bakteri endofit tanaman kentang (Solanum tuberosum L.) terhadap mortalitas larva II Globodera rostochiensis W. Skripsi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.*
- Janisiewicz dan Roitman (1998) dalam Firdausyi, Fitri Kamilia. 2005. *Peningkatan Peran Bakteri Bacillus substillis untuk Mengendalikan Antraknosa pada Cabai Merah dengan Menambahkan Tepung*. Jember. Skripsi Fakultas Pertanian UNEJ.
- Jawetz, E., Melnick, J. L., Adelberg, E. A., 2001, *Mikrobiologi Kedokteran, Edisi XXII, diterjemahkan oleh Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, 205-209*. Penerbit Salemba Medika, Jakarta.
- Joshee S, Paulus BC, Park D, Johnston PR. 2009. Diversity and distribution of fungal foliar endophytes in New Zealand Podocarpaceae. *Mycol Res*. 113: 1003-1015.
- Katsir, Ibnu. 2003. *Tafsir Ibnu Katsir, jilid 1-7*. Bogor: Pustaka Imam Syafi'i.
- Khetan, S.K. 2001. *Microbial Pest Control*. Marcell Dekker, Inc. USA.
- Kleemann J, Rincon-Rivera LJ, Takahara H, Neumann U, van Themaat EVL, *et al.* 2012. Sequential delivery of host-induced virulence effectors by appressoria and intracellular hyphae of the phytopathogen *Colletotrichum higginsianum*. *PloS Pathogens* 8(4).
- Kusnadi, Sutarnya R. 2009. Pengaruh Biofungisida *Bacillus substillis* dan Mulsa Terhadap Serangan Penyakit Antraknosa pada Cabai Merah. *Biosaintifikasi 1 (2)*: 124-138

- Lisboa MP, Bonatto. Dkk. 2006. Characterization of a bacteriocin-like substance produced by *B. amyloliquefaciens* isolated from the Brazilian Atlantic forest. *Inter Microbiol.* 9: 111-118
- Liswarni, Y. *et al.* ,2007. Efektivitas beberapa spesien *Trichoderma* untuk mengendalikan penyakit layu pada tomat, yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Litbang Pertanian* (1) : 39-42.
- Lu G, Cannon PF, Reid A, Simmons CM. 2004. Diversity and molecular relationships of endophytic *Colletotrichum* isolates from the Iwokrama Forest Reserve, Guyana. *Mycol Res.* 108:53-63.
- Malau, J. 2012. *Kemampuan Bakteri Kitinolitik dalam Menghambat Infeksi Aspergillus sp. pada Ikan Nila (Oreochromis niloticus)*. Skripsi. Medan: Sumatera Utara.
- Marlina. Hafisah, Siti. Rahmah. 2012. Efektivitas lateks pepaya terhadap perkembangan *Colletotrichum capsici* pada buah cabai (*Capsicum annum* L). *Jurnal penelitian Universitas Jambi seri Sains* vol.14. No.1
- Maysarah. 2009. Isolasi dan Uji Kemampuan Antifungal Fungi Endofit dari Tanaman Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium*) terhadap Fungi Perusak Makanan. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan. 61,25 88,75.
- Mendgen K, Deising H. 1993. Infection structures of fungal plant pathogens-a cytological and physiological evaluation. *New Phytol.* 124:193-213.
- Microbiology and The Advent of Genetic Engineering. Scie. Am. W.H. Freeman and omp.
- Mikapin. 2012. Tes jurnal praktikum mikrobiologi jilid IV (Perhitungan jumlah mikroba dengan ruang hitung). *Artikel teknis kimia*.
- Mordue, D. G., Monroy, F., Regina, M. L., Dinarello, C. A., dan Sibley, L. D. 2001. Acute Toxoplasmosis Leads to Lethal Overproduction of Th1 Cytokines. *The journal of immunology.* USA.
- Muharni & Wijayanti, H. (2011). Skrining Bakteri Kitinolitik Antagonis Terhadap Pertumbuhan Jamur Akar Putih (*Rigidoporus lignosus*) dari Rhizosfer Tanaman Karet. *Jurnal Penelitian Sains* (14): 51-56.
- Nasrun dan Nuryani 2007. Penyakit layu bakteri dan cara pengendaliannya: *Jurnal Litbang Pertanian*, 26(1), 2007.

- Nawangsih, Abdjad Asih. Dkk. 2011. Interaksi antara Bakteri Endofit dan Bakteri Perakoran Pemacu Pertumbuhan Tanaman dalam Menekan Penyakit Layu Bakteri pada Tomat: *Jurnal Fitopatologi Indonesia* vol. 10 no.5.
- Nayaka SC, Shankar ACU, Niranjana SR, Prakash HS, Mortensen CN. 2009. Anthracnose disease of chilli pepper. *Technical Bull.* 4:4.
- Nicholson RL, Moraes WBC. 1980. Survival of *Colletotrichum graminicola*: importance of the spore matrix. *Phytopathology* 70:255-261.
- Nugroho, N.B dan Wahyudi, P. 2000. Uji Antagonis *Trichoderma viridae* dan *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Agrista* vol.17 no.1
- Nurmayulis *et al.*, 2013. Pengendalian penyakit antraknosa (*C. capsici*) pada cabai merah dengan beberapa bakteri sebagai agen biokontrol. *Jurnal agroteknologi* 5 (1) : 33-44
- Nurwanita, Ekasari Putri. 2010. *Keragaman beberapa genotip cabai ( Capsicum annum L.) dan ketahanannya terhadap antraknosa, hawar Phytophthora, dan layu bakteri serta parameter genetiknya*: Tesis IPB.
- O'Connell RJ, Perfect S, Hughes B, Carzaniga R, Bailey JA, *et al.* 2000. *Dissecting the cell biology of Colletotrichum infection processes. Di dalam: Colletotrichum. Host Specificity, Pathology and Host-Pathogen Interaction.* Prusky D, Freeman S, Dickman MB, editor. St Paul (US):APS Pr. hlm 57-77.
- O'Connell RJ, Thon MR, Hacquard S, Amyotte SG, Kleemann J, *et al.* 2012. Lifestyle transitions in plant pathogenic *Colletotrichum* fungi deciphered by genome and transcriptome analyses. *Nature Gen.* 44 (9):160-167.
- Oka, IN. 1995. *Pengendalian Hama Terpadu dan Implementasinya di Indonesia.* Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Papavizas, G. C. 1985. *Trichoderma and Gliocladium Biology, 2nd Edition.* John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Papavizas, G.C., Lewis, J.A., & Abd-EI Moity. T .H. 1982. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to benomyl and enhanced biocontrol capabilities. *Phytopathology.* 72: 126-132.
- Pedigo, LP. 1999. *Entomology and Pest Management.* Ed ke-3. Prentice Hal: Upper Saddle River.

- Piay, S. 2010. *Budidaya dan Pascapanen Cabai Merah (Capsium annum L.)*. Jawa Tengah: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Jawa Tengah.
- Pinck, L.A., Holton, W.F., & Allison, F. 1962. Antibiotikin soils: I. Physiochemical studies of antibiotics-clay complexes. *Soil Sci.* 91: 22-28.
- Prajnanta, F. 2011. *Mengatasi Permasalahan Bertanam Cabai*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Prayudi, G. 2010. *Membudidayakan tanaman cabai*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Prusky D, Plumbley RA. 1992. *Quiescent infections of Colletotrichum in tropical and subtropical fruit*. Di dalam: *Colletotrichum. Biology, Pathology and Control*. Bailey JA, Jeger MJ, editor. Wallingford (UK): CABI
- Purwantisari S, Hastuti RH. 2009. Uji antagonism jamur *Phytophthora infestans* penyebab penyakit busuk daun dan umbi kentang dengan menggunakan *Trichoderma spp.* Isolat local. *Jurnal Bioma* 11 (1):24-32.
- Pusposendojo dan Rasyid (1985) dalam Semangun. 2000. *Penyakit- penyakit tanaman hortikultura di Indonesia*. Yogyakarta: UGM Press.
- Rahmawati, Dwi. Dkk. 2016. Kajian daya antagonisme *Trichoderma spp.* terhadap *Colletotrichum capsici* secara in vitro dan mekanisme antagonismenya: *Jurusan Biologi FMIPA UM*.
- Ratulangi, M.M. Dkk. 2012. Diagnosis dan Insidensi Penyakit Antraknosa pada Beberapa Varietas Tanaman *Cabai* di Kota Bitung dan Kabupaten Minahasa. *Eugenia* volume 18 nomor.2
- Raupach, G.S., dan Kloepper, J.W.1998. Mixture of Plant Growth- Promoting Rhizobacteria Enhance Biological Control of Multiple Cucumbar Pathogens. *Phytopathology*, 88, 1158- 1164.
- Rejeki, S.F. dan Purwantisari, S. 2004. Uji Potensi Kapang *Trichoderma lignarum* Sebagai Agen Pengendali Hayati Kapang Patogen *Phytophthora infestans* Penyebab Penyakit Utama Tanaman Kentang. *Laporan Penelitian UNDIP Semarang*.
- Rifai, M.A. 1969. *A Revision of the Genus Trichoderma*. Mycological Papers No. 116 Herbarium Bogoriense. Bogor.
- Roberts, D. A and Boothoryd. C. W., 1972. *Fundamentals of Plant Pathology*. *Freman and Company*. San Fransisco.

- Rojas EI, Rehner SA, Samuels GJ, Van Bael SA, Herre EA, *et al.* 2010. *Colletotrichum gloeosporioides* s.l. associated with *Theobroma cacao* and other plants in Panama: multilocus phylogenies distinguish pathogen and endophyte clades. *Mycologia* 102:1318–1338.
- Romeiro RS. *et al.*, 2010. Evidence that the biocontrol agent *B. cereus* synthesizes protein that can elicit increased resistance of tomato leaves to *Corynespora cassiicola*. *Trop Plant Pathol.* 35(1):11-15.
- Rose, A.H. 1979. Economic microbiology. *Secondary products of metabolism. Vol. 3. Academic. New York.*
- Rukmana.2002. *Agribisnis Cabai Hibrida*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Salaki, Christina. 2011. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenus (*Bacillus cereus*) sebagai Agensia Pegendali Hayati. *Eugenia* vol. 17 no.1. -hamshary
- Salle, A.J. 1974. *Fundamental Principles of Bacteriology*. New Delhi: Tata Mc Graw Hill.
- Samsudin. 2008. *Pengendalian penyakit terbawa benih pada tanaman cabai merah (Capsicum annum) menggunakan agen biokontrol dan ekstrak botani*. Program Pascasarjana/S3.IPB.
- Santika. 2001. *Agribisnis Cabai Hibrida*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Saragih, Y. S. *et al.*, 2006. Uji resistensi beberapa kultivar markisa asam terhadap layu Fusarium. *Jurnal hortikultura* (4) : 321-326.
- Sartika, A. 1999. *Agribisnis Cabai*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Savitri, Ratu dan Sinta, Sasika Novel. 2010. *Medium Analisis Mikroorganisme (Isolasi dan Kultur)*. Jakarta: CV. Trans Info Media.
- Semangun H. 1994. *Penyakit-penyakit Tanaman Pangan di Indonesia*. Yogyakarta: UGM Press.
- Semangun, H. 1989. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura*. Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit- penyakit tanaman hortikultura di Indonesia*. Yogyakarta: UGM Press.
- Setiadi. 2006. *Bertanam Cabai*. Jakarta: Penebar Swadaya.

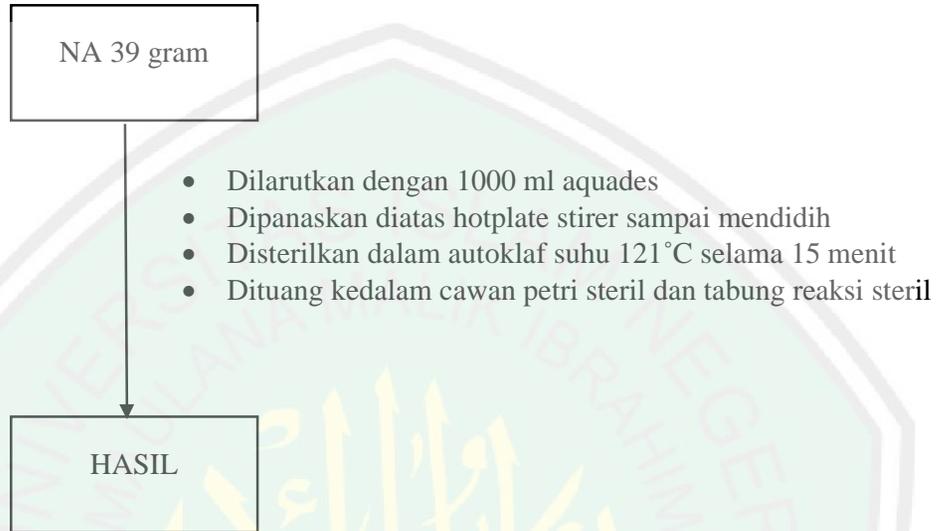
- Sibarani, M.F. 2008. *Uji efektivitas beberapa pestisida nabati untuk mengendalikan penyakit antraknosa (Colletotrichum capsici) pada tanaman cabai ( Capsicum annum L.) di lapangan*. Skripsi S1 pada Fakultas Pertanian USU Medan.
- Simpson, M. G., 2010, *Plant Systematics*. Elsevier. Burlington. USA. Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Sitompul SK. 1995. *Evaluasi Keefektifan Penghambatan Beberapa Agens Biokontrol terhadap Pertumbuhan Marasmius palmivorus Sharples* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Soenartiningih, M.S. Pabbage, dan N. Djaenuddin. 2011. Penggunaan inokulum antagonis (*Trichoderma* dan *Gliocladium*) dalam menekan penyakit busuk pelepah pada jagung. *Prosiding Seminar Nasional Serealia 2011*: 47
- Speight MR, Hunter MD, Watt AD. 1999. *Ecology of Insect*. New York: Balckwell Science.
- Stern VM., Smith RF, Van den Bosch R, Hagen KS. 1959. The integration of chemical and biological control of spotted alfalfa aphid. *Hilgardia* 29: 81-101.
- Supriati, Lilies dan Anwar, Moch. 2016. Pemanfaatan *Trichoderma harzianum* dan ekstrak daun Gelinggang (*Cassia alata* L.) untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada usaha tani cabai rawit di Kelurahan Kalampangan. *Prosiding seminar nasional inovasi teknologi pertanian Fak. Pertanian Universitas Palangkaraya*.
- Suryadi, Yadi dkk 2015. aktivitas anticendawan *Bacillus cereus* 11UJ terhadap *R.solani* dan *Pyricularia oryzae*. *Jurnal fitopatologi Indonesia* vol.11 no. 2.
- Syabana, Mohamad Ana. Saylendra, Andree. Ramadhani, Deri. 2015. Aktivitas Anti Cendawan Ekstrak Daun Sereh Wangi (*Cymbopogan nardus*) terhadap *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai (*Capsicum annum*) secara *In Vitro* dan *In Vivo*: *Agrologia*, vol.4, No.1 April 2015
- Syamsudin, 1982. *Bertanam Cabai*. Jakarta: Bina Cipta.
- 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.

- Szekers, A. *et al.* 2006. A Novel, Image Analysis- Based Method for Evaluation of In vitro Antagonism. *Journal of microbiological method.*
- Than PP, Prihastuti H, Phoulivong S, Taylor PWJ, Hyde KD. 2008. Review: Chili anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. *J of Zhejiang Univ Sci.* 9(10):764-778.
- Tjandra, E., 2011. *Panen Cabai Rawit Di Polybag.* Yogyakarta: Cahaya Atma Pustaka.
- Trianto dan Gunawan Sumantri, 2003. *Pengembangan Trichoderma spp. Untuk pengendalian OPT Pangan dan Hortikultura.* Makalah. Lab. PHPT Wilayah Semarang.
- Trianto dan Gunawan Sumantri. 2003. *Pengembangan Trichoderma spp. untuk pengendalian OPT pangan dan hortikultura.* Laporan Lab. PHPT Wilayah Semarang.
- Volk, W.A dan M.F Wheeler.1993. *Mikrobiologi Dasar. Edisi Kelima Jilid 2.* Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Wahyudi, E. B., 2005. *Analisis Perubahan Penggunaan Lahan di Kecamatan Sokaraja Kabupaten Banyumas Tahun 1994 dan 2004,* Skripsi Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wahyudi. 2011. *Panen Cabai Sepanjang Tahun.* Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Waluyo Lud. 2008. *Teknik dan Metode Dasar dalam Mikrobiologi.* Malang: UMM Press.
- Wang, S., J., Rau, P., Ng TB., Ye X. 2005. A chitinase with antifungal activity from the mung bean. *Biocontrol in the tropics.* University Pertanian Malaysia.
- Widianti, A. dan Suhardjono, 2010, Uji Toksisitas Akut Ekstrak Etanol Buah Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) Terhadap Larva *Artemia salina* Leach Dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BST), *Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang.*
- Widyastuti D. 2003. *Ketahanan varietas pisang (Musa Spp.) terhadap virus kerdil pisang.* Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Windham. 2008. Dalam. Amaria, Widhi. Harni, Rita. Samsudin. 2015. Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar* halaman 51-60.

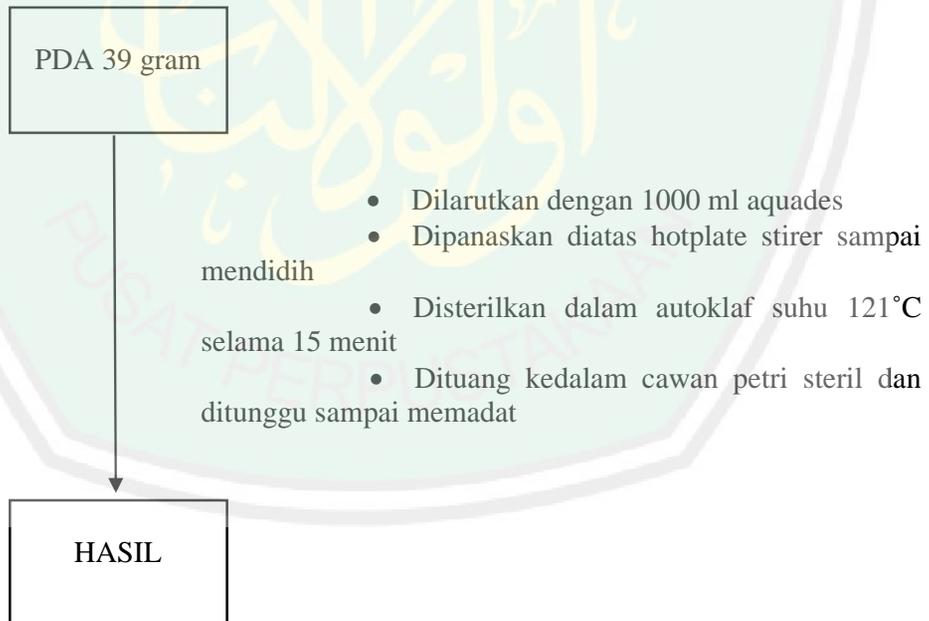
- Wong, PTW.1994. *Bio- control of wheat Take- all in field using soil Bacteria and fungi. Dalam Ryder, M.H.et.,al editor improving pplant productivity with Rhizosphere Bacteria.* Australia: Pruc third Int Work PGPR South Australia.
- Woo *et al.*, 2008 dalam Purwantisari, Susiana *et al.*, 2015. Aplikasi jamur antagonis *Trichoderma viride* terhadap pengurangan intensitas serangan penyakit hawar daun serta hasil tanaman kentang. *Seminar Nasional konservasi dan pemanfaatan Sumber Daya Alam 2015.*
- Yakoby, M.T., Akanji M.A., Oladiji A.T. 2011. *Male Sexual Dysfunction and Methods used in Assessing Medical Plants with Aphrodisiac Potentials.* *Pharmacognosy Reviews*, 1(1): 49-56.
- Yuan ZL, Su ZZ, Mao LJ, Peng YQ, Yang GM, Lin FC, Zhang CL. 2011. Distinctive endophytic fungal assemblage in stems of wild rice (*Oryza granulata*) in China with special reference to two species of Muscodor (Xylariaceae). *J Microbiol.* 49:15-23.

**Lampiran 1. Pembuatan Media Biakan Mikroba**

1. Pembuatan media NA

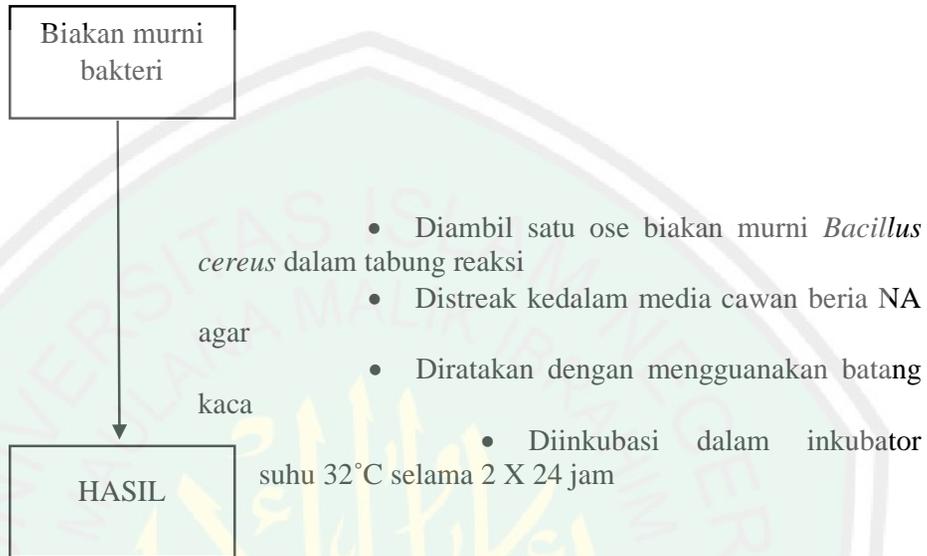


2. Pembuatan media PDA

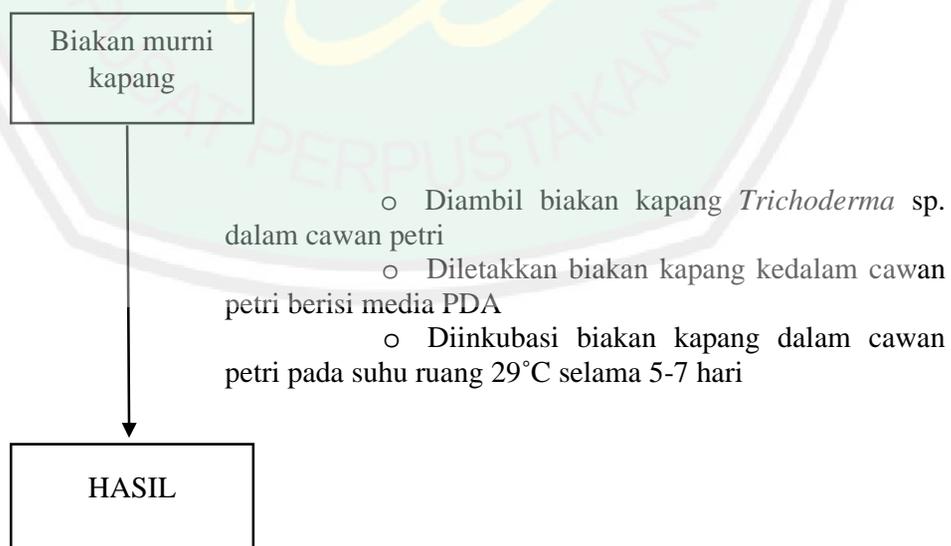


**Lampiran 2. Peremajaan Mikroba Endofit (*Trichoderma* sp. dan *Bacillus cereus*) dan Patogen *C. capsici***

**1. Peremajaan *Bacillus cereus***



**2. Peremajaan kapang *Trichoderma* sp.**



### 3. Peremajaan *Colletotrichum capsici*

Biakan murni  
kapang

- Diambil biakan kapang *Colletotrichum capsici* dalam cawan petri
- Diletakkan biakan kapang kedalam cawan petri berisi media PDA
- Diinkubasi biakan kapang dalam cawan petri pada suhu ruang 29°C selama 5-7 hari

HASIL

**Lampiran 3. Uji Antagonis Mikroba Endofit terhadap Patogen *C. capsici* secara *In Vitro***

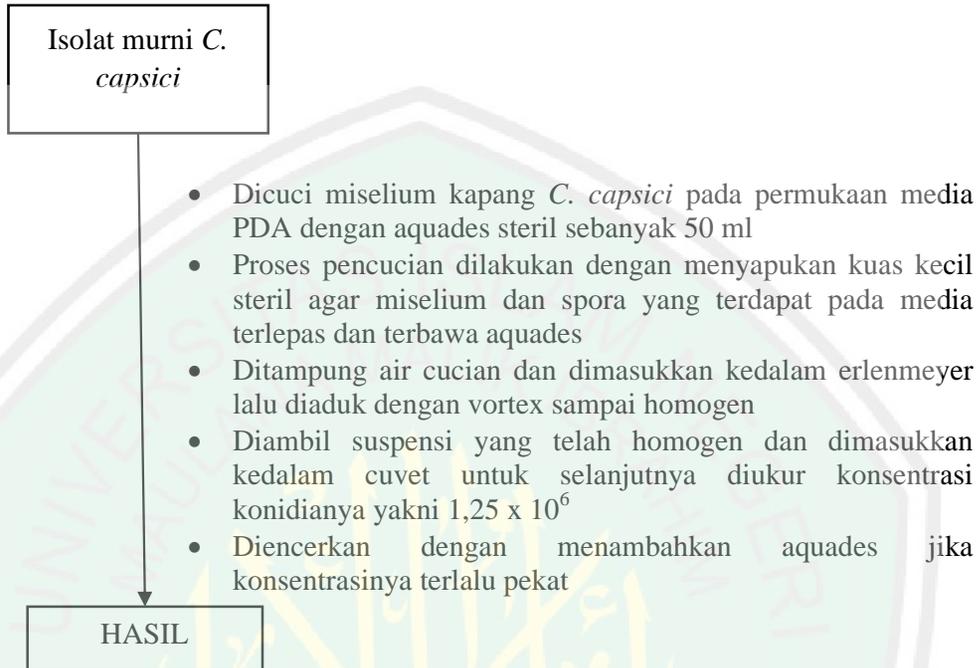
UJI *IN VITRO*

- Dituang media PDA kedalam cawan petri steril secukupnya
- Ditunggu beberapa menit sampai media memadat
- Diambil isolat patogen *Colletotrichum capsici* dengan menggunakan bluetip steril
- Diletakkan isolat patogen *Colletotrichum capsici* kedalam cawan petri berisi media PDA
- Diambil isolat mikroba endofit *Trichoderma sp.* dengan menggunakan bluetip steril
- Diletakkan isolat kapang satu cawan dengan isolat patogen *Colletotrichum capsici* sebagai perlakuan 1
- Diulangi langkah ke 1-4
- Diambil isolat mikroba endofit *Bacillus cereus* dengan menggunakan bluetip steril
- Diletakkan isolat bakteri satu cawan dengan isolat patogen *Colletotrichum capsici* sebagai perlakuan 2
- Diulangi langkah 1-4
- Diambil isolat mikroba endofit *Trichoderma sp.* dan *Bacillus cereus* dengan menggunakan bluetip steril
- Diletakkan kedua isolat mikroba endofit satu cawan dengan patogen *Colletotrichum capsici* sebagai perlakuan 3 (perlakuan kombinasi)
- Diulangi langkah 1-4 tanpa menambahkan mikroba endofit sebagai perlakuan kontrol selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang 29°C selama 5-7 hari dan diamati persentase penghambatannya

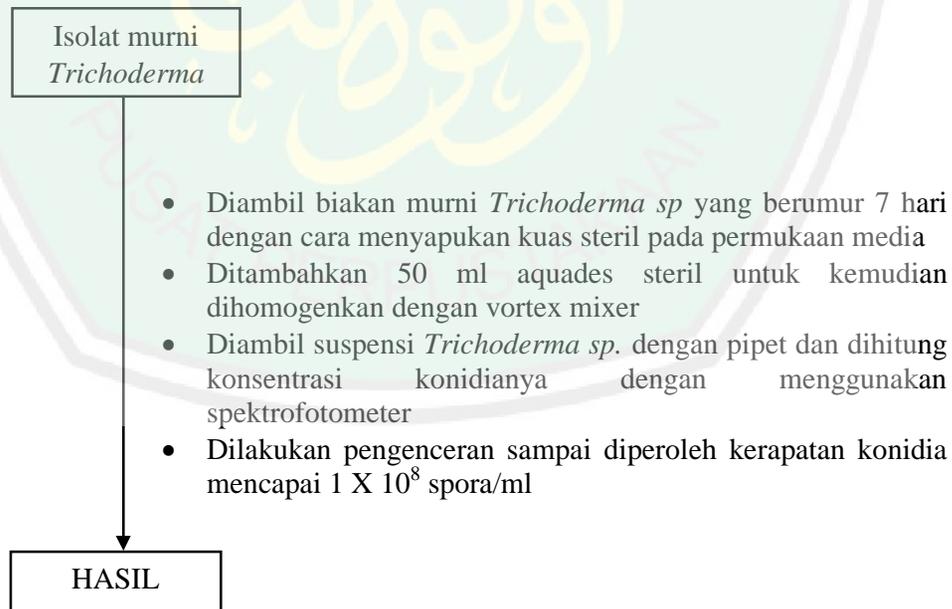
HASIL

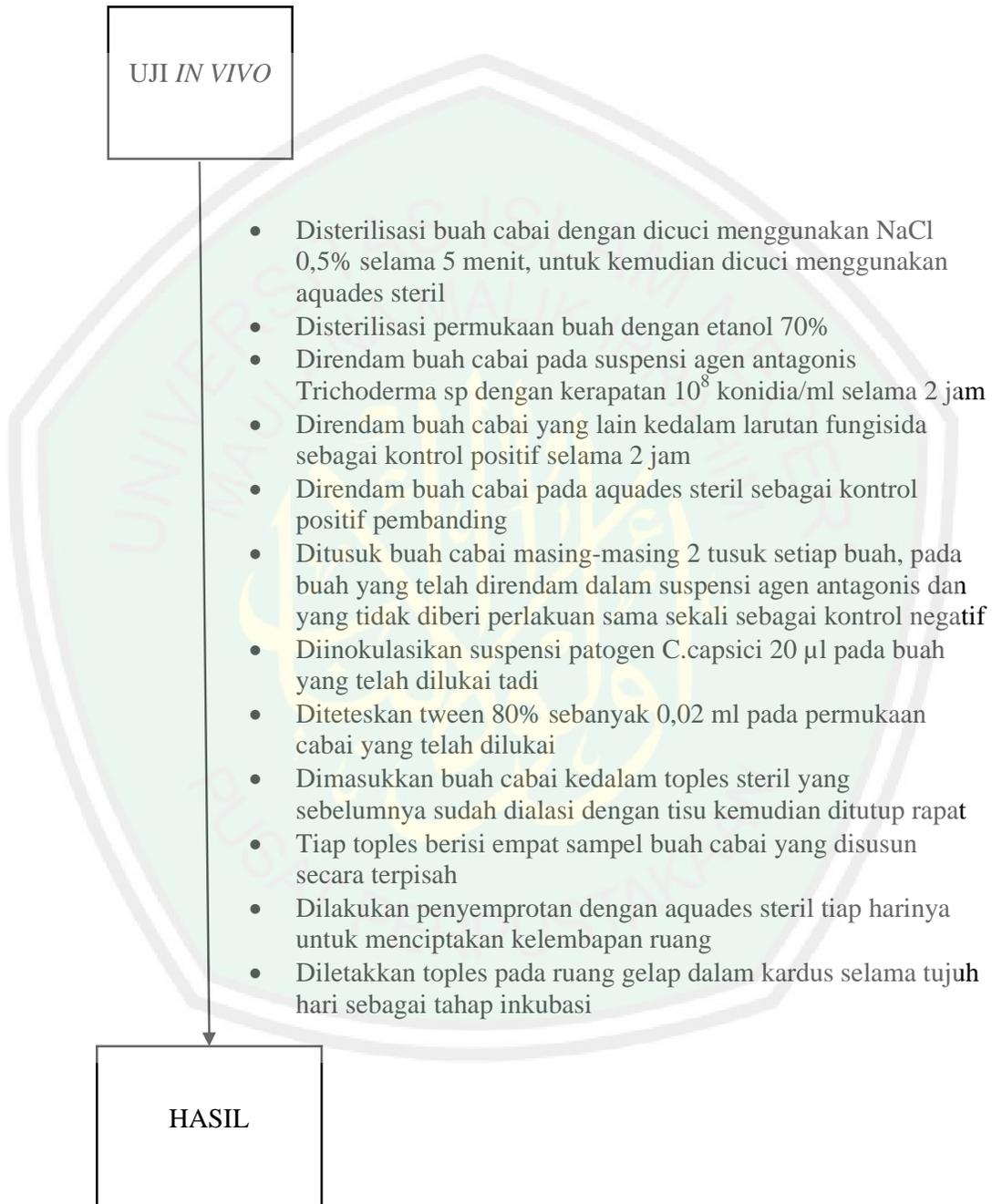
#### Lampiran 4. Pembuatan Larutan Suspensi Mikroba untuk Uji *In Vivo*

##### 1. Pembuatan suspensi patogen *Colletotrichum capsici*



##### 2. Pembuatan suspensi *Trichoderma* sp.



**Lampiran 5. Uji Antagonis *Trichoderma* terhadap *C capsici* secara *In Vivo***

**Lampiran 6. Hasil Uji Antagonis Mikroba Endofit terhadap *C. capsici* secara *In Vitro***

1. Persentase penghambatan uji antagonis endofit terhadap patogen *C. capsici*

Perlakuan	Ulangan						Rata - rata
	1	2	3	4	5	6	
<i>Trichoderma</i>	100%	100%	100%	100%	80%	93,75%	96%
<i>Bacillus cereus</i>	27,77%	12,50%	0%	25%	15%	-9%	11,88%
<i>Trichoderma</i> + <i>B. cereus</i>	100%	100%	100%	100%	80%	100%	97%

2. Perhitungan persentase penghambatan uji antagonis endofit terhadap patogen *C. capsici*

Rumus Persentase Penghambatan:  $\frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$

**Keterangan:** R1 : jari – jari patogen yang menjauhi agen antagonis R2 : jari – jari patogen yang mendekati agen antagonis

Perlakuan	Ulangan	R1	R2
<i>Trichoderma</i> sp.	5	5	1
	6	32	2
<i>Bacillus cereus</i>	1	18	13
	2	8	7
	3	15	5
	4	20	15
	5	20	17
	6	11	12
<i>Trichoderma</i> + <i>Bacillus cereus</i>	5	5	1

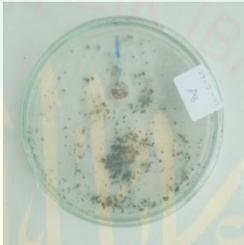
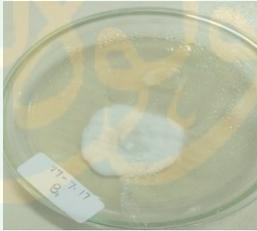
Contoh:

- Perhitungan persentase penghambatan pada perlakuan *Bacillus cereus* ulangan ke- 4:

Diketahui: R1 = 20 mm ; R2 = 15 mm

$\frac{20-15}{20} \times 100\% = 25\%$  ; jadi persentase penghambatan *B. Cereus* terhadap patogen *C. capsici* adalah sebesar 25%.

3. Gambar hasil uji antagonis mikroba endofit terhadap patogen *C. capsici*

Perlakuan	Gambar	Keterangan
<i>Trichoderma</i>		Pada gambar tersebut terlihat bahwa koloni <i>Trichoderma</i> sepenuhnya menutupi koloni patogen, artinya penghambatannya mencapai 100% dalam masa inkubasi 7 hari
<i>Bacillus cereus</i>		Terlihat koloni patogen dan bakteri endofit sama – sama tumbuh optimal pada cawan. Penghambatan endofit <i>Bacillus cereus</i> mencapai 24,52% dalam kurun waktu 7 hari
Kombinasi <i>Trichoderma</i> + <i>Bacillus cereus</i>		Terlihat bahwa koloni patogen tertutup oleh koloni <i>Trichoderma</i> bahkan koloni bakteri juga tertutup miselia <i>Trichoderma</i> , penghambatan 100% dalam 7 hari

**Lampiran 7. Hasil uji antagonis *Trichoderma* terhadap patogen *C. capsici* secara *in vivo***

**1. Masa inkubasi patogen *C. capsici* pada buah cabai**

Perlakuan	Masa Inkubasi
<i>Trichoderma</i> sp.	3 hari
Kontrol negatif	2 hari

**2. Kejadian penyakit *C. capsici* pada buah cabai**

Perlakuan	3 HSI	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI	Rata-rata
<i>Trichoderma</i> sp.	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Kontrol negatif	100%	100%	100%	100%	100%	100%

**3. Intensitas penyakit *C. capsici* pada buah cabai**

Perlakuan	3 HSI	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI	Rata-rata
<i>Trichoderma</i> sp.	12,50%	43,75%	68,75%	81,25%	100%	61,25%
Kontrol negatif	68,75%	75%	100%	100%	100%	88,75%

**Lampiran 8. Hasil Uji Statistik Persentase Penghambatan Mikroba Endofit terhadap *C. capsici* secara *In Vitro***

1. Uji Normalitas dengan kolmogorov smirnov test

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		persentase_penghambatan
N		18
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	67.8761
	Std. Deviation	42.25173
Most Extreme Differences	Absolute	.285
	Positive	.224
	Negative	-.285
Kolmogorov-Smirnov Z		1.211
Asymp. Sig. (2-tailed)		.107

a. Test distribution is Normal.

2. Uji Homogenitas

**Test of Homogeneity of Variances**

persentase\_penghambatan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.376	2	15	.283

3. One Way ANOVA

**ANOVA**

persentase\_penghambatan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28773.634	2	14386.817	137.025	.000
Within Groups	1574.912	15	104.994		
Total	30348.547	17			

## 4. Uji Lanjut Duncan

**persentase\_penghambatan**

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
B	6	11.3367	
A	6		95.6250
C	6		96.6667
Sig.		1.000	.863

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

5. Tabel ANOVA hasil uji persentase penghambatan mikroba endofit terhadap patogen *Colletotrichum capsici*

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
perlakuan	2	28047,3	14203,65	127,6231	3,68
Galat	15	1669,406	111,2937		
Total	17	30076,71			



KEMENTERIAN AGAMA  
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
**JURUSAN BIOLOGI**  
 Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933  
 Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: [biologi@uin-malang.ac.id](mailto:biologi@uin-malang.ac.id)

**BUKTI KONSULTASI  
 AGAMA**

Nama : Zahroul Afifah  
 NIM : 13620050  
 Jurusan/Fakultas : Biologi/ Sains dan Teknologi  
 Judul Skripsi : Uji antagonis mikroba endofit *Trichoderma* sp. dan *Bacillus cereus* terhadap *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknosa pada cabai rawit (*Capsicum frutescens*)

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	4 April 2017	Konsultasi Bab 1	
2.	6 April 2017	Konsultasi Bab 2	
3.	12 April 2017	Revisi Bab 1 dan 2	
4.	20 April 2017	Revisi Bab 1 dan 2	
5.	23 April 2017	ACC Bab 1 dan 2	
6.	3 Mei 2017	Konsultasi Bab 1, 2, dan 4	
7.	13 Agustus 2017	Revisi Bab 1, 2, dan 4	
8.	26 Agustus 2017	ACC Bab 1, 2, dan 4	

Malang, 4 Oktober 2017

Pembimbing Agama

Mujahidin Ahmad, M.Sc  
 NIDT. 1968 05122016 080 11060



Ketua Jurusan

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



Certificate No. IDC/1219

*Kedalaman Spiritual, Keagungan Akhlak, Keluasan Ilmu, Kematangan Profesional*



KEMENTERIAN AGAMA  
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
**JURUSAN BIOLOGI**  
 Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933  
 Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: [biologi@uin-malang.ac.id](mailto:biologi@uin-malang.ac.id)

**BUKTI KONSULTASI  
 SKRIPSI**

Nama : Zahroul Afifah  
 NIM : 13620050  
 Jurusan/Fakultas : Biologi/ Sains dan Teknologi  
 Judul Skripsi : Uji antagonis mikroba endofit *Trichoderma* sp. dan *Bacillus cereus* terhadap *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknosa pada cabai rawit (*Capsicum frutescens*)

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	4 April 2017	Konsultasi judul skripsi	JUR
2.	6 April 2017	Konsultasi Bab 1,2, dan 3	JUR
3.	12 April 2017	Revisi Bab 1,2, dan 3	JUR
4.	20 April 2017	Revisi Bab 1,2 dan 3	JUR
5.	23 April 2017	Revisi Bab 1,2 dan 3	JUR
6.	3 Mei 2017	ACC Bab 1,2 dan 3	JUR
7.	13 Agustus 2017	Konsultasi Bab 4 dan 5	JUR
8.	26 Agustus 2017	Revisi Bab 4 dan 5	JUR
9.	20 September 2017	Revisi Bab 4, 5 dan lampiran	JUR
10.	4 Oktober 2017	ACC Bab 1, 2, 3, 4, dan 5	JUR

Malang, 4 Oktober 2017

Pembimbing Skripsi

Dr. Hj. Ulfah Utami  
 NIP. 19650509 199903 2 002



Ketua Jurusan

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



Certificate No. ID051215

*Kedalaman Spiritual, Keagungan Akhlak, Keluasan Ilmu, Kematangan Profesional*