PENGUJIAN FORMULASI *Trichoderma* sp. TERHADAP PENCEGAHAN PATOGEN *Fusarium oxysporum* PENYEBAB PENYAKIT LAYU PADA CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*) SECARA *IN VIVO*

SKRIPSI

OLEH:
CHOIRUN NISA
NIM. 14620049

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PENGUJIAN FORMULASI *Trichoderma* sp. TERHADAP PENCEGAHAN PATOGEN *Fusarium oxysporum* PENYEBAB PENYAKIT LAYU PADA CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*) SECARA *IN VIVO*

SKRIPSI

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

Oleh :
CHOIRUN NISA
NIM. 14620049

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2018

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGUJIAN FORMULASI *Trichoderma* sp. TERHADAP PENCEGAHAN PATOGEN *Fusarium oxysporum* PENYEBAB PENYAKIT LAYU PADA CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*) SECARA *IN VIVO*

SKRIPSI

Oleh:
CHOIRUN NISA'
NIM.14620049

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal 21 November 2018

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Ulfah Utami, M.Si	Mujahidin Ahmad, S.Pt., M.Sc
NIP. 19650509 1990 3 2002	NIDT. 19860512 20160801 1 060

Mengetahui
Ketua Jurusan Biologi

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PENGESAHAN

PENGUJIAN FORMULASI *Trichoderma* sp. TERHADAP PENCEGAHAN PATOGEN *Fusarium oxysporum* PENYEBAB PENYAKIT LAYU PADA CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*) SECARA *IN VIVO*

SKRIPSI

Oleh:
CHOIRUN NISA'
NIM.14620049

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 21 November 2018

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

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Biologi

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Choirun Nisa'

NIM : 14620049

Jurusan : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan 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, 1 November 2018

Yang membuat pernyataan,

Choirun Nisa'

NIM.14620049

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MOTTO

خَيْرُ النَاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَاسِ

"*Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia"*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmaanirrohim...

Alhamdulillah atas segala puji bagi Allah yang hanya padaNya kami memohon pertolongan. Dengan ini kupersembahkan hasil karya saya kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi ini antara lain :

1. Terimakasih sebanyak-banyaknya saya ucapkan kepada kedua orang tua saya tercinta Bapak Mat Iksan dan Ibu Siti Zubaidah serta adik saya Ahmad Ihza Irsyadi dan keluarga saya yang telah memberi dukungan secara lahir dan batin, baik moril maupun materil serta do'a yang senaniasa dipanjatkan tak pernah terlewatkan. Syukron katsiron pak..bukk..
2. Terimakasih untuk para dosen Biologi yang selama ini memberi banyak ilmu dan pengalaman selama perkuliahan. Khususnya terimakasih sebanyak banyak nya dosen pembimbing saya yang telah membimbing dan memberi banyak masukan hingga skripsi ini selesai dengan baik. Terimakasih banyakbu ulfa dan ustadz mujahidin.
3. Terimakasih untuk ibu Lilik dan ibu Prilly selaku dosen penguji yang selama ini memberi banyak masukan untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Terimakasih untuk seseorang sebagai support system saya selama ini yaitu mas Dedy Ali Fauzi, terimakasih sudah menjadi salah satu alasan saya sehingga skripsi ini segera saya selesaikan.
5. Kepada teman-teman microbiology squad yang telah menyemangati dan membantu saat penelitian dan atas kebersamaannya terimakasih banyak, khususnya Aldila Yunia Putri sebagai partner saya sebimbingan yang sangat membantu banyak atas penyelesaian skripsi ini. Serta teman teman mikro lain seperti Nisyul, Hari, Harits, Inna dan Mak Tin yang banyak memberi warna saat di lab.
6. Teman – teman baikku di Biologi Miftahur Rohmah, Nila Fukhro, Khalimatus Sa'diyah, dan Nada Asmara Hanin yang banyak memberikan dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh teman teman seperjuangan TELOMER 14 terimakasih atas kebersamaannya selama ini. Khususnya BIOLOGI C yang telah menjadi keluarga selama perkuliahan, terimakasih banyak.
8. Seluruh teman-teman pondok pesantren putri Salafiyah Hidayatuth Tolibin yang telah menyemangati dan membantu selama ini. Sering mendengar keluh kesah saya terimakasih banyak teman teman ku.
9. Sahabat baik saya yang meski jauh tapi selalu ada untuk memberikan semangat yaitu Shelsa Feby Sastya, Fredy Hermawan, Alify Khulfatin Hanif dan Nadhifa Nur Hidayah.
10. Dulur - dulur di IKAMARO UIN MALANG, khususnya IKAMARO 14 yang telah menjadi saudara rantau selama di Malang.
11. Teman – teman relawan yang memberi banyak ilmu kehidupan yang tidak saya dapatkan di bangku perkuliahan. Khususnya partner saya Rizkya.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

12. Teman-teman organisasi KOPMA yang memberikan pengalaman dan ilmu entrepreneur nya mantappp...

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah, Dzat yang telah memberikan segala kenikmatan dan kerahmatan serta taufik-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pengujian Formulasi *Trichoderma* sp terhadap Pencegahan Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Pada Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) Secara In Vivo.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada teladan suci kita Rasulullah Muhammad saw, revolusioner Islam yang telah mengajak manusia dari kedholiman menuju keadilan dan mengeluarkan manusia dari zaman kegelapan menuju pilar cahaya terang yakni ad-din al-Islam.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini mustahil bisa selesai tanpa dukungan dan bantuan baik moril, spiritual maupun materiil dari pihak lain. Oleh karena itu, penulis sampaikan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Prof. Dr. H. Abd Haris, M.Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Romaidi, M.Si, D.Sc selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si., selaku dosen pembimbing yang dengan kesabarannya memberikan bimbingan dan arahan serta masukan-masukan yang sangat berarti kepada penulis selama penyusunan skripsi ini. semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat-Nya kepada beliau dan keluarga. Amin.
5. Mujahidin Ahmad, M.Sc, selaku dosen pembimbing integrasi sains dan agama yang memberikan arahan serta pandangan sains dari perspektif Islam sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat-Nya kepada beliau dan keluarga. Amin.
6. Ir. Liliek Harianie, M.P, dan Prilya Fitriasari M.Si, 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 ilmu dan bimbingannya.
8. Kepada kedua orang tua saya bapak Mat Iksan dan Ibu Siti Zubaidah sudah sangat membantu dalam segala hal.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

9. Teman-teman dan seluruh pihak semuanya yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas bantuan dan pemikirannya.Akhir kata, penulis berharap skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya serta menambah khasanah ilmu pengetahuan. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 1 November 2018

Penulis

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR ISI

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

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 9
1.3 Tujuan Penelitian 9
1.4 Hipotesis Penelitian 10
1.5 Manfaat Penelitian 10
1.6 Batasan Masalah 11

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) 12
2.1.1 Klasifikasi 12
2.1.2 Manfaat Cabai Rawit 12
2.1.3 Karakteristik Morfologi Cabai Rawit 15
2.1.4 Syarat Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit 16
2.2 *Fusarium oxysporum* 18
2.2.1 Klasifikasi 18
2.2.2 Karakteristik *Fusarium oxysporum* 19
2.2.3 Siklus penyakit 20
2.2.4 Gejala serangan 22
2.2.5 Anatomi jaringan tanaman terinfeksi patogen 23
2.2.6 Faktor penyebab penyakit 24
2.2.7 Pengendalian 25
2.3 *Trichoderma* sp 26
2.3.1 Klasifikasi 26
2.3.2 Media Formulasi *Trichoderma* sp 28
2.3.3 Potensi *Trichoderma* sp 31
2.3.4 Mekanisme antagonis 33

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III METODE PENELITIAN
3.1. Waktu dan Tempat....35
3.2 Alat dan Bahan....35
3.3 Rancangan Penelitian....35
3.4 Variabel Penelitian....36
3.5 Prosedur Penelitian....37
3.5.1 Pembuatan Media PDA....37
3.5.2 Pembuatan Media PDB....37
3.5.3 Pembuatan Formulasi *Trichoderma* sp....37
3.5.4 Sterilisasi Alat dan Bahan....38
3.5.5 Persiapan Media Tanam....38
3.5.6 Peremajaan *Trichoderma* sp....38
3.5.7 Peremajaan *Fusarium oxysporum*....39
3.5.8 Pembuatan larutan patogen *Fusarium oxysporum*....39
3.5.9 Pengujian *In vivo*....39
3.5.10 Pengamatan Jaringan Mikroskopis....41
3.5 Analisis Data....42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Uji Formulasi *Trichoderma* sp terhadap *Fusarium oxysporum*....43
4.1.1 Masa Inkubasi....43
4.1.2 Kejadian Penyakit....45
4.1.3 Intensitas Serangan....46
4.2 Pengamatan Anatomi Jaringan secara Mikroskopik....55

BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan....60
5.2 Saran....61

DAFTAR PUSTAKA....62
LAMPIRAN....71

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengujian formulasi *Trichoderma* 43

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi tanaman cabai rawit 16
Gambar 2.2 Morfologi *F. oxysporum* 20
Gambar 2.3 Siklus hidup Fusarium.....21
Gambar 2.4 Morfologi *Trichoderma* sp 26
Gambar 4.1 Grafik persentase intensitas serangan patogen *Fusarium oxysporu*..47
Gambar 4.2 Pengamatan mikroskopis stomata perbesaran 400.....55
Gambar 4.3 Pengamatan mikroskopis xilem floem perbesaran 400x.....58

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Media Biakan Mikroba 71
Lampiran 2. Peremajaan Mikroba.....72
Lampiran 3. Alat dan Bahan Penelitian 73
Lampiran 4. Hasil data 74
Lampiran 5. Uji statistika secara SPSS 75
Lampiran 6. Foto Pengamatan 77
Lampiran 7. Pengamatan anatomi jaringan secara mikroskopis.....79
Lampiran 8 Perhitungan.....80
Lampiran 9. Foto kegiatan 82

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PENGUJIAN FORMULASI *Trichoderma* sp. TERHADAP PENCEGAHAN PATOGEN *Fusarium oxysporum* PENYEBAB LAYU PADA CABAI RAWIT (*Capsicum frustescens*) SECARA *IN VIVO*

Choirun Nisa, Ulfah Utami, dan Mujahidin Ahmad

ABSTRAK

Penyakit layu Fusarium yang disebabkan oleh kapang patogen *Fusarium oxysporum* telah banyak menyerang tanaman cabai rawit. Penyakit ini dapat menurunkan produksi cabai mencapai 60%. Saat ini penanggulangan penyakit layu Fusarium masih menggunakan fungisida kimiawi dan jika diaplikasikan dalam jangka panjang dikhawatirkan akan menimbulkan dampak baru bagi lingkungan. Formulasi cair dari limbah air kelapa dan limbah cair tempe dapat digunakan sebagai media perbanyakan *Trichoderma* sp dan dapat digunakan sebagai agen antagonis bagi patogen *Fusarium oxysporum*.Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap. Formulasi yang digunakan yaitu konsentrasi 100 mL, 200 mL, 300 mL, 400 mL, 500 mL, dan 600 mL. Pengamatan parameter uji meliputi: masa inkubasi, kejadian penyakit, dan intensitas serangan dan pengamatan mikroskopis pada stomata dan xylem serta floem. Hasil pengujian formulasi *Trichoderma* sp secara *in vivo* menunjukkan bahwa masa inkubasi penyakit yakni 7 HSI. kejadian penyakit sebesar 100%, dan untuk intensitas serangan dengan pemberian formulasi dosis *Trichoderma* sp. dengan dosis 100 ml-600 ml ini berpengaruh nyata. Dosis formulasi yang paling efektif yaitu sebanyak 400 mL dengan intensitas serangan sebesar 28%. Pengamatan mikroskopis pada stomata daun yang sehat memiliki ukuran lebih besar dan jumlahnya yang lebih banyak daripada stomata yang sakit. Kemudian pengamatan mikroskopis jaringan xylem dan floem pada batang sehat ukuran sel lebih besar, susunan sel lebih rapi, longgar, dan warna safranin lebih lemah dibandingkan batang yang sakit.

Kata Kunci: formulasi *Trichoderma sp*, patogen *Fusarium oxysporum,* Cabai rawit *(Capsicum frustescens)*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

TESTING OF *Trichoderma* sp. FORMULATION ON PATHOGEN PREVENTION OF *Fusarium oxysporum* CAUSES OF WILT IN *Capsicum frustescens IN VIVO*

Choirun Nisa, Ulfah Utami, dan Mujahidin Ahmad

ABSTRACT

Fusarium wilt caused by pathogenic molds *Fusarium oxysporum* has attacked many cayenne plants. This disease can reduce chili production by 60%. At present the prevention of Fusarium wilt still uses chemical fungicides and if applied in the long term it is feared that it will cause new impacts on the environment. The liquid formulation from coconut water waste and tempe liquid waste can be used as a propagation medium for *Trichoderma* sp. and can be used as an antagonist agent for the pathogen *Fusarium oxysporum.* This study used an experimental method with Completely Randomized Design. The formulations used were concentrations of 100 mL, 200 mL, 300 mL, 400 mL, 500 mL, and 600 mL. Observation of test parameters included: incubation period, incidence of disease, and intensity of attacks and microscopic observations on stomata and xylem and phloem. The results of testing the formulation of *Trichoderma* sp in vivo showed that the disease incubation period was 7 HSI. the incidence of the disease is 100%, and for the intensity of the attack by giving a dosage formulation of *Trichoderma* sp with a dose of 100 ml-600 ml this has a significant effect. The most effective formulation dose is as much as 400 mL with an intensity of attack of 28%. Microscopic observations on healthy leaf stomata have a larger size and more in number than the stomata that are sick. Then microscopic observations of xylem and phloem tissue on larger cells of healthy stems, cell order neater, loose, and safranin colors weaker than sick stems

KeyWord *: Trichoderma* sp. formulation, pathogen *Fusarium oxysporum*, Cayenne pepper *(Capsicum frustescens)*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

اختبار صياغة الترايكوديرما س.ف (***Trichoderma* sp**) على وقاية مسببات الأمراض فيوزاريوم أوكسسفوروم (***Fusarium oxysporum***) لأسباب الذبول على فلفل الحريف (***Capsicum frustescens***) خلال في الجسم الحي (***In Vivo***)

خير النساء، ألفة أوتمى، ومجاهدين أحمد

الملخص البحث

مرض الذبول الفيوزاريوم الذى يسبب بالقوالب المسببات الأمراض فيوزاريوم أوكسسفوروم العديد من نباتات يهاجم على فلفل الحريف. هذا المرض يمكن أن يقلل من إنتاج الفلفل الحار بنسبة 60 ٪. الان ، منع ذبول الفيوزاريوم يستخدم مبيدات فطرية كيميائية ، وإذا يطبق على المدى الطويل، فإنه يخشى أن يؤدي إلى تأثيرات جديدة على البيئة. استخدام التركيبة السائلة من نفايات ماء جوز الهند والنفايات السائلة التيمبي هو كوسيط مضاعف لمركب الترايكوديرما س.ف ويمكن ان يستخدم كعامل مضاد للعامل الممرض فيوزاريوم أوكسسفوروم ، واستخدم هذا البحث بطريقة تجريبية مع التصميم العشوائي الكامل. الصيغة هي تركيزات 100 مل، 200 مل، 300 مل، 400 مل، 500 مل، و 600 مل. وشملت مراقبة معايير الاختبار: فترة الحضانة ، حدوث المرض، وشدة الهجمات و الملاحظات المجهرية على الثغور وزيليم واللحاء. أظهرت نتائج اختبار تركيبة ترايكوديرما س.ف في الجسم الحي أن فترة حضانة المرض هي HIS7 . الإصابة بالمرض هي 100٪ ، واثرت شدة الهجوم عن طريق إعطاء تركيبة جرعات من ترايكوديرما س.ف بجرعة 100 مل – 600 مل كبيرا. صلت الجرعة الأكثر فاعلية إلى 400 مل مع شدة هجوم 28٪. الملاحظات المجهرية على ثغور ورقة صحية لها حجم أكبر وأكثر من الثغور المريضة. الملاحظات المجهرية لنسيج الزيليم واللحاء على السيقان السليمة الخلايا الأكبر ، وترتيب الخلايا أكثر أنيق، وفضفاضة ، وألوان السافران أضعف من السيقان المريضة.

الكلمات الرئيسية: صياغة الترايكوديرما س.ف ، الممرض فيوزاريوم أوكسسفوروم ، الفلفل الحريف (*Capsicum frustescens*)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai merupakan salah satu komoditi sayuran yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi dan mudah untuk dibudidayakan diberbagai jenis media tanah, dengan ketingian tempat sekitar 1-1200 mdpl. Cabai rawit juga cocok untuk diet obesitas dan berguna sebagai diet kontrol kanker perut dan usus besar. Menurut Chigoziri (2013) cabai ini juga rendah sodium, bebas kolesterol, kaya akan vitamin A dan C, dan merupakan sumber potasium, asam folat dan vitamin E. Cabai hijau segar mengandung lebih banyak vitamin C daripada buah sitrus dan cabe merah segar memiliki lebih banyak vitamin A dibanding wortel selain itu juga dapat digunakan sebagai penyedap rasa.

Manfaat dari cabai tersebut, tentunya memberikan kita gizi yang cukup dikarenakan mayoritas masyarakat Indonesia juga menyukai rasa pedas dari cabai tersebut. Sehingga sesuatu yang kita makan hendaklah sesuatu tersebut sehat dan juga halal agar memberikan manfaat untuk tubuh. Sebagaimana dalam firman Allah surah Al- Maidah ayat 88 :

وَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا ۖ وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي أَنْتُمْ بِهِ مُؤْمِنُونَ

Artinya **:** *"dan makanlah makanan yang **halal lagi baik (thayib)** dari apa yang telah dirizkikan kepadamu dan bertaqwalah kepada Allah dan kamu beriman kepada-Nya"*

Shihab (2002) menafsirkan ayat diatas bahwa makanlah apa saja yang halal dan baik menurut selera kalian, dari makanan yang diberikan dan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dimudahkan Allah untuk kalian. Takutlah dan taatlah selalu kepada Allah yang denganNya kalian beriman. Sebagaimana pernyataan Khan (2011) bahwa perintah Allah *subhanahu wata'ala* kepada kita manusia agar makan makanan yang halal dan baik. **"Halal"** artinya boleh dan **"thoyyib"** (baik) adalah yang bergizi. Makanlah olehmu makanan yang dibolehkan oleh agama dan mengandung gizi yang baik.

Menurut Kementrian Agama RI halal memiliki dua pengertian, pertama halal menurut zatnya, yaitu bukan termasuk barang-barang yang oleh agama Islam dinyatakan sebagai barang-barang yang haram, seperti bangkai, darah, daging babi dan khamar. Kedua, halal menurut cara memperolehnya, yaitu diperoleh dengan cara-cara yang dihalalkan oleh agama, misalnya dengan cara membeli, meminjam, pemberian, dan sebagainya. Bukan dengan cara-cara yang dilarang agama, seperti mencuri, merampas, menipu, korupsi, riba, judi dan lain-lainnya. Prinsip **halal dan baik** ini hendaknya senantiasa menjadi perhatian dalam menentukan makanan dan minuman yang akan dimakan untuk diri sendiri dan untuk keluarga, karena makanan dan minuman itu tidak hanya berpengaruh terhadap jasmani, melainkan juga terhadap rohani.

Cabai juga memberikan manfaat dalam pengobatan penyakit dalam tubuh. Menurut Ebadi (2006) menyatakan bahwa cabai banyak digunakan dalam pengobatan secara internal untuk sakit perut, dyspesia gas dalam perut, radang tenggorokan kronis, ketidakcukupan sirkulasi perifer dan eksternal untuk neuralgia. Capsaicin telah digunakan secara ekstensif untuk menjelaskan fungsi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

neuron sensorik di berbagai organ dan sistem, karena kemampuannya untuk merangsang dan menetralkan subset neuron aferen primer.

Daerah pusat produksi tanaman cabai diantaranya Sumatera Utara sampai Sulawesi Selatan dengan rata-rata total produksi cabai yang cukup tinggi berkisar 841.015 ton per tahun (Mukarlina *et al*., 2010). Peningkatan jumlah produksi cabai rawit setiap tahunnya sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri yang membutuhkan bahan baku cabai. Produksi cabai di Indonesia belum dapat memenuhi kebutuhan cabai nasional sehingga perlu mengimpor cabai mencapai 16.000 ton per tahun (DBPH, 2009).

Pada tahun 2012 produksi cabai rawit sebesar 244.040 ton, sedangkan pada tahun 2013 produksinya sebesar 227.486 ton. Kemudian di tahun 2014 hingga 2016 kemarin cabai rawit mengalami kenaikan sedikit demi sedikit hingga mencapai 260.803 ton (BPS, 2017). Tingkat konsumen juga mengalami peningkatan sehingga dibutuhkan jumlah komoditi cabai untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Namun masih ada beberapa faktor yang dapat meurunkan jumlah produksi cabai rawit. Menurut Semangun (2007) diantara penyakit yang menyebabkan penurunan tingkat produksi cabai adalah penyakit antraknosa, penyakit layu fusarium, penyakit bercak daun, penyakit busuk leher akar, dan penyakit rebah semai.

Kendala yang sering terjadi di masyarakat yaitu terserangnya hama atau penyakit pada cabai sehingga menurunkan produktifitas nilai ekonomi. Beberapa penyakit tersebut diantaranya adalah penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh kapang *Fusarium oxysporum* yang menurunkan produktifitas cabai rawit sebesar

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

50% (Mahartha, 2013), penyakit rebah semai yang disebabkan oleh kapang *Phytium* spp. menyebabkan penurunan produktifitas cabai rawit hingga 32% dan penyakit busuk daun serta buah cabai yang disebabkan oleh kapang *Phytophthora capsici* yang menyebabkan penurunan produktifitas cabai rawit mencapai 30% (Cahyono, 2003).

Penanggulangan yang dilakukan untuk mencegah terserangnya hama yakni dengan penggunaan pestisida kimia. Namun apabila penggunaan pestisida kimia ini dilakukan secara tidak bijaksana justru akan mempengaruhi produktifitas cabai yang bisa berbahaya untuk dikonsumsi, kemudian mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan bahkan mengakibatkan resistensi bagi hama serangga (Thamrin, 2005). Upaya untuk meminimalisir penggunaan pestisida kimia yakni diperlukan suatu teknologi inovasi dalam penggunaan pupuk alami yang ramah terhadap lingkungan. Proses budidaya cabai yang organik tentunya melibatkan penggunaan pupuk organik dan pestisida organik, sehingga kondisi lahan harus diketahui agar produktifitas cabai dapat meningkat secara signifikan.

Jamur *F. oxysporum* merupakan salah satu jamur yang penyebarannya menular melalui tanah dan dapat bertahan dalam tanah sebagai miselium atau spora tanpa adanya inang (Huda, 2010). *F. oxysporum*, dapat digambarkan sebagai spesies kompleks yang terdiri dari sebuah koleksi beberapa garis keturunan. Tersebar di seluruh dunia dan menyebabkan layu vaskular yang parah atau akar membusuk di berbagai macam tumbuhan dalam satu family. *F. oxysporum* dapat menyebabkan layu vaskular atau busuk akar di mentimun, bunga potong, kurma, melon dan tomat (Perveen, 2012). Agrios (2005) melaporkan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

bahwa faktor - faktor seperti kadar air benih, suhu dan tingkat invasi benih oleh patogen mempengaruhi perkembangan benih. Benih yang diserang oleh *F. oxysporum* ini biasanya gagal untuk berkecambah sehingga berakibat buruk pada pengembangannya.

Patogen tular tanah merupakan kelompok mikroba pengganggu tanaman yang keberadaan dan hidupnya di dalam tanah. Pengendalian yang sering dilakukan yaitu dengan menggunakan pestisida kimia sintetis (Soesanto, 2008). Penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dapat menimbulkan beberapa dampak negatif yang dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan tanah menjadi kurang optimal dalam penyimpanan air sehingga mengeras dan cepat menjadi asam sehingga menurunkan produktivitas tanaman (Marpaung, 2014).

Kerusakan yang terjadi pada tanah tersebut yang diakibatkan oleh penggunaan fungisida sintesis secara berlebihan dan terus-menerus ini tentunya juga dikarekan faktor dari manusia sebagai makhluk hidup yang kurang sadar akan pentingnya lingkungan. Seperti yang telah dijelaskan Allah dalam QS. Ar-Ruum (30) ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: *"Telah nampak **kerusakan di darat** dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)"*

Menurut Al-Qurthubi (2009) para ulama memiliki perbedaan pendapat dalam menafsirkan makna **"al-fasaad"** atau kerusakan. Menurut Qotadah dan As-

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Suddiy mengatakan: “yang dimaksud kerusakan adalah syirik, dan itu merupakan kerusakan yang paling besar”. Menurut Ibnu Abbas, ‘Ikrimah dan Mujahid mengatakan: “yang di maksud kerusakan di daratan yaitu seseorang membunuh saudaranya (saling membunuh diantara mereka), sedangkan kerusakan yang berada di lautan adalah mereka yang membawa kapal-kapal (mencari hasil laut) dengan paksa”. Ada yang mengatakan kerusakan di sini adalah kekeringan, sedikitnya hasil tanaman serta berkurangnya keberkahan. Ibnu Abbas mengatakan: “kurangnya keberkahan akibat perbuatan manusia agar mereka bertaubat”. Manusia sebagai khalifah di bumi hendaknya menjaga keseimbangan alam sehingga tidak terjadi kerusakan yang dapat menurunkan hasil panen. Oleh sebab itu diperlukan agen hayati sebagai alternatif untuk menjaga lingkungan.

Penggunaan agen hayati merupakan alternatif potensial untuk pencegahan lingkungan yang merugikan akibat pestisida kimia. Survei terbaru dari petani konvensional dan organik menunjukkan ketertarikan untuk menggunakan produk bio-kontrol seperti penggunaan pupuk hayati. Pupuk hayati merupakan mikroba hidup yang diberikan ke dalam tanah sebagai inokulan untuk memfasilitasi tanaman dalam penyediaan unsur hara tertentu (Yuwono, 2006). Penggunaan pupuk hayati ini dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia dan biaya pemupukan berturut-turut 50% dan 15-46%, kemudian dapat meningkatkan kemampuan penyimpanan air serta meningkatkan struktur tanah (Sentana, 2010).

Kapang endofit merupakan salah satu agensi pengendalian hayati yang berpotensi sebagai pengendali mikroba patogen tanaman dengan memiliki beberapa kelebihan diantaranya, mudah didapat, murah dan aman untuk

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

lingkungan. *Trichoderma* sp. merupakan salah satu kapang sebagai agensi pengendalian hayati (APH). Diantara keuntungan menggunakan *Trichoderma* sp. adalah pertumbuhannya cepat, mudah dikulturkan dalam biakan maupun kondisi alami. Selain itu, beberapa jenis *Trichoderma* sp. dapat bertahan hidup dengan membentuk klamidospora pada kondisi yang tidak menguntungkan dan cukup tahan terhadap fungisida dan herbisida. Selain itu, kemampuannya untuk meningkatkan pertumbuhan yang meliputi tinggi tanaman dan jumlah daunnya serta produksi tanaman (Amani, 2008). Mekanisme antagonis yang dilakukan oleh *Trichoderma* sp. diantaranya dengan cara persaingan hidup, parasitisme, antibiosis dan lisis (Harwitz, 2003).

Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa jamur antagonis *Trichoderma* sp. pada isolat jahe dapat mengendalikan patogen *F. oxysporum* penyebab penyakit busuk rimpang pada jahe dan kencur serta mampu menekan perkembangan penyakit layu *Fusarium* berkisar 7,89-56,25%. (Soesanto, 2013). Berdasarkan penelitian Alfizar dkk (2013) *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* sp dan *S. roflsii* dengan persentase penghambatan berturut-turut 53,9% dan 35,5% selama tujuh hari inkubasi. Isolat jamur *Trichoderma* sp. sebagai agen antagonis juga dapat menekan berbagai penyakit tular tanah termasuk penyakit rebah kecambah dan layu fusarium (Tronsmo, 1996).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Trichoderma sp. merupakan jamur saprofit yang mampu bertahan dan berkembang biak pada sisa-sisa bahan organik. Berdasarkan sifat tersebut, sehingga jamur ini dapat ditumbuhkan dan diperbanyak pada limbah organik cair yang tersedia melimpah di masyarakat seperti limbah cair tempe (LCT) dan limbah air kelapa (LAK). Hal ini didasari oleh penelitian sebelumnya menurut Juliana (2014) bahwasannya perbandingan antara limbah cair tempe dan air kelapa paling efektif pada perbandingan 250 mL LCT dan 100 mL LAK karena menghasilkan berat biomassa miselium tertinggi yaitu 1595,333 mg per 100 ml medium.

Giyanto dan Rustam (2009) menyatakan bahwa limbah cair organik sangat berpotensi sebagai media perbanyakan agens hayati karena mengandung komposisi nutrisi yang baik untuk pertumbuhan mikroba seperti karbohidrat, protein, air, asam amino, lemak, garam-garam mineral dan nutrisi lainnya. Formulasi cair sebagai bentuk produk biofungisida yang diaplikasikan dipermukaan tanah seperti daun dan batang (Suwahyono, 2013). Keunggulan penggunaan formulasi ini yaitu komposisi dan konsentrasi media dapat diatur dengan mudah, memberikan kondisi optimum bagi pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme serta lebih efisien (Rahman, 1989).

Pengaplikasian formulasi *Trichoderma* sp. berbentuk cair dilakukan dengan cara menyemprotkan biofungisida dengan bahan aktif *Trichoderma* sp dengan konsentrasi 100 ml/perlakuan (Nurhidayati, 2015). Sedangkan menurut Anitasari (2016) menyatakan bahwa konsentrasi aplikasi biofungisida pada masing-masing perlakuan yaitu 600 ml/perlakuan. Kedua perlakuan tersebut

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

mampu menekan patogen *C.Capsici* sebesar 33,77%. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk pengujian formulasi *Trichoderma* sp terhadap pencegahan patogen *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada cabai rawit (*Capsicum frutescens*) secara *in vivo*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Apakah ada pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan penyakit layu Fusarium oleh patogen *Fusarium oxysporum* pada cabai rawit secara *in vivo*?
2. Apakah ada pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan penyakit layu Fusarium oleh patogen *Fusarium oxysporum* pada stomata daun dan jaringan xilem serta floem pada batang cabai rawit secara mikroskopis?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan penyakit layu Fusarium oleh patogen *Fusarium oxysporum* pada cabai rawit secara *in vivo*.
2. Mengetahui pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan penyakit layu Fusarium oleh patogen *Fusarium oxysporum* pada stomata daun dan jaringan xilem serta floem pada batang cabai rawit secara mikroskopis.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. H0 : Tidak ada pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan penyakit layu Fusarium oleh patogen *Fusarium oxysporum* pada cabai rawit secara *in vivo*

   H1 : Ada pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan penyakit layu Fusarium oleh patogen *Fusarium oxysporum* pada cabai rawit secara *in vivo*

2. H0 : Tidak ada pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan penyakit layu Fusarium oleh patogen *Fusarium oxysporum* pada stomata daun dan jaringan xilem serta floem pada batang cabai rawit secara mikroskopis

   H1 : Ada pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan penyakit layu Fusarium oleh patogen *Fusarium oxysporum* pada stomata daun dan jaringan xilem serta floem pada batang cabai rawit secara mikroskopis

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Memberikan solusi efektif terhadap pengelolaan patogen *Fusarium oxysporum* buah cabai tanpa menggunakan pestisida kimia yang berbahaya.
2. Memberikan informasi potensi *Trichoderma* sp. sebagai alternatif agen pengendali hayati yang ramah lingkungan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Memberikan informasi bahwasannya limbah air kelapa dan air tempe dapat dimanfaatkan sebagai media formulasi *Trichoderma* sp.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Kapang endofit *Trichoderma sp.* dari isolasi stroberi yang diperoleh dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Kapang *Fusarium oxysporum* diperoleh dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Konsentrasi miselium *Fusarium oxysporum* yang diinfeksikan pada tanaman cabai adalah 1 x 10^6 konidia/ml (Dwiastuti, 2015)
4. Konsentrasi miselium *Trichoderma* sp. yang diaplikasikan pada tanaman cabai adalah 1 x 10^6 konidia/ ml (Hartal, 2010).
5. Perbandingan formulasi media limbah cair tempe dan limbah air kelapa yang digunakan yaitu 60%:40% (Juliana,2014).
6. Pengamatan jaringan secara mikroskopis dilakukan pada bagian xilem dan floem pada batang serta stomata daun pada cabai yang sakit dan sehat.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cabai Rawit (*Capsicum frustecens* L.)

2.1.1 Klasifikasi

Klasifikasi cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) berdasarkan APG II menurut Simpson (2010) yaitu Kingdom: Plantae, Division: Magnoliophyta, Class: Magnoliopsida, Order: Solanales, Family: Solanaceae, Genus: Capsicum dan Species: *Capsicum frutescens* L.

2.1.2 Manfaat Cabai

Tanaman cabai ini mudah ditanam baik di dalam polibag dan di tanah, keduanya memiliki keunggulan masing-masing. Jenis tanaman cabai rawit juga dapat ditanam di segala musim (Tendy, 2016). Cabai umumnya dimanfaatkan sebagai bumbu untuk menambah rasa pedas dalam masakan yang disajikan. Selain sebagai pelengkap dalam masakan, cabai juga bermanfaat untuk mengatasi nafsu makan yang berkurang, mengatasi sariawan, dan melancarkan sistem peredaran darah, karena cabai memiliki kandungan vitamin C yang cukup tinggi. Sehingga cabai ini merupakan salah satu tumbuhan yang diciptakan Allah yang dapat kita ambil manfaatnya yang baik untuk tubuh. Seperti pada firman Allah dalam surah Asy-Syu'araa' sebagai berikut :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ (7) إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ

مُؤْمِنِينَ [الشعراء:، 8-7]

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

> Artinya : "*Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai* ***macam tumbuh-tumbuhan yang baik****? Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat suatu tanda kekuasaan Allah, dan kebanyakan mereka tidak beriman."* (Q.S. Asy-Syu'araa': 7-8).

Shihab (2002) memberikan tafsiran pada ayat tersebut bahwa manusia diperintahkan untuk merenungi dan mengamati keadaan sekitar hingga batas kemampuannya terhadap ciptaan Allah di bumi, jika mereka bersedia akan hal tersebut, niscaya Allah akan memberikan petunjukNya. Allah SWT juga memerintahkan kita untuk berpikir tentang ciptaanNya karena yang demikian itu akan mendatangkan manfaat bagi kita. Berdasarkan firman Allah diatas, pada kata yang bercetak tebal secara implisit bahwa Allah tumbuhkan berbagai jenis tumbuhan-tumbuhan yang baik yang dapat diambil manfaatnya. Tumbuhan yang baik ini berarti tumbuhan yang memiliki nilai gizi sehingga menyehatkan dan berguna untuk tubuh. Pada yang demikian ini sebenarnya manusia harus menggunakan akal untuk menjadikan setiap tumbuhan yang telah Allah ciptakan di muka bumi ini dapat memberi manfaat untuk semua. Hal ini terdapat kekuasaan Allah yang menciptakan bumi seisinya untuk diambil manfaatnya. Salah satu tumbuhan yang memiliki nilai gizi yang baik yang meyehatkan yaitu cabai rawit *(Capsicum frutescens)*.

Menurut Tendy (2016) senyawa tajam dari *Capsicum frutescens* adalah capsaicin (69%), dihydrocapsaicin (22%), norhihydrocapsaicin (7%), homocapsaicin (1%) dan homodihydrocpsaicin (1%). Dijelaskan pula dalam surah An-Naba' ayat 14-16 sebagai berikut :

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

وَأَنْزَلْنَا مِنَ الْمُعْصِرَاتِ مَاءً ثَجَّاجًا (14) لِنُخْرِجَ بِهِ حَبًّا وَنَبَاتًا (15) وَجَنَّاتٍ أَلْفَافًا

[النبأ: 14–16]

*Artinya : **Dan Kami turunkan dari awan** air yang banyak tercurah, supaya Kami tumbuhkan dengan air itu biji-bijian dan tumbuh-tumbuhan, dan kebun-kebun yang lebat*. (Q.S. An-Naba': 14-16)

Berdasarkan tafsir Jalalain (2000) pada kalimat bercetak tebal yaitu awan yang banyak mengandung air dan sudah saatnya menurunkan air yang dikandungnya, sebagaimana halnya seorang gadis yang sudah masanya untuk berhaid (air yang tercurah) artinya bagaikan air yang dicurahkan. Allah menurunkan dari awan air hujan yang banyak dan memberi manfaat, terutama untuk menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang berguna bagi manusia dan binatang. Hal ini bertujuan agar dapat menumbuhkan biji-bijian dan tumbuhan sebagai bahan makanan manusia dan hewan ternak. Demikian pula kebun-kebun dan taman-taman yang lebat dengan daun yang rimbun.

Daun pada cabai dimanfaatkan untuk mengobati sakit kepala, sedangkan buah dalam praktek obat asli yang digunakan untuk mengobati tifus, demam intermiten, dropsy, encok, dispepsia, kolera dan sakit perut. Ini diberikan sebagai stimulan lokal untuk amandel pada tonsilitis yang juga memiliki aksi kuat pada selaput lendir, serak dan tenggorokan busuk. Aktivitas antifungi dan insektisida membuktikan klaim obat tradisional. Capsaicinoids adalah entitas kimia utama yang bertanggung jawab untuk kepedihan di *C. frutescens*. Senyawa ini bertindak sebagai anestesi lokal dan pereda nyeri. Sebagai rubefacient, senyawa meningkatkan aliran darah dan membantu menstimulasi sirkulasi dalam kondisi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

rematik dan rematik. Capsaicinoid juga membantu mencegah infeksi dan sangat baik obat untuk sakit tenggorokan, radang tenggorokan (Hegde, 2014).

2.1.3 Karakteristik Morfologi Cabai

Secara morfologi, karakter dari *C. frutescens*, menurut Andrews (1995), adalah: Corolla berwarna putih kehijauan tanpa bercak bintik di dasar, lobus; pedang tegak di antipesis tapi bunga mengangguk; antera ungu ke biru; kelopak buah matang tanpa annular, penyempitan di persimpangan dengan tangkai, meski kerap tak keriput; pembuluh biasanya tidak berkepanjangan; biji berwarna jerami.

Tanaman cabai adalah jenis tanaman perdu yang memiliki banyak percabangan dan tingginya sekitar 50-100 cm. Tanaman cabai memiliki batang degan cabang yang banyak. Jenis daun pada tanaman cabai yaitu tunggal, bertangkai, dan berseling. Ujung daunnya meruncing dengan bentuk helaian daun bulat telur, tepi daun yang rata, pangkal daun menyempit, pertulangan menyirip, kemudian panjang sekitar 5-9,5 cm, lebar 1,5-5,5 cm dan berwarna hijau (BPTP, 2005).

Tanaman cabai mengeluarkan bunga pada ketiak daun. Bunga cabai berkelamin dua (hermaprodit) biasanya menggantung, terdiri dari enam helai kelopak bunga berwarna kehijauan dan lima helai mahkota bunga berwarna putih (Prajnanta, 2007). Buah muda berwarna putih hingga hijau tua sedangkan, buah yang masak umumnya berwarna merah terang. Biji pada cabai ini tergolong banyak, degan bentuk bulat pipih, berdiameter 2-2,5 mm, tersusun bergerombol saling melekat pada empulur dan berwarna kuning kotor (BPTP, 2005). Biji-biji ini dapat digunakan dalam perkembangbiakan (Prajnanta, 2007).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Umur tanaman dan panen cabai ditentukan oleh jenis cabai yang ditanam dan kondisi lingkungan. Waktu panen cabai di dataran rendah lebih cepat yaitu sekitar 4-5 bulan dibanding di dataran tinggi. Pemanenan dapat dilakukan dalam 3-4 hari sekali atau paling lama satu minggu sekali. Panen juga dapat terus-menerus dilakukan sampai tanaman berumur 6-7 bulan. (Cahyono, 2003).

Gambar 2.1 Morfologi tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L) (Santoso, 2015)

2.1.4 Syarat Pertumbuhan Tanaman Cabai

Menurut Wahyudi (2011) syarat untuk pertumbuhan tanaman cabai rawit dalam kondisi tertentu agar bisa tumbuh subur dan berbuah rimbun yang harus dipenuhi adalah :

1. Tipe tanah

Tipe tanah yang cocok untuk pertumbuhan cabai rawit yaitu tanah dengan tekstur lempung, baik lempung berpasir maupung lempung berdebu hingga lempung berliat. Sesuai dengan pernyataan Tjandra (2011), cabai rawit kurang optimal saat ditanam pada tanah yang berstruktur padat dan berongga. Hal ini dikarenakan sulit untuk ditembus oleh air pada saat penyiraman. Selain

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

itu, ruang gerak pada akar tanaman akan meyempit, karena sulit ditembus akar tanaman. Akibatnya, tanaman sulit menyerap air dan zat hara pada tanah. Adapun jenis tanah lain yang tidak optimal untuk pertumbuhan cabai rawit diantaranya tanah liat, tanah berbatu, tanah berkaolin, dan tanah berpasir.

2. Ketinggian tempat penanaman

Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan cabai rawit adalah 18º-30º C. Perbedaan ketinggian di dataran tinggi dan rendah juga mempengaruhi umur panen dan masa panen cabai. Cabai rawit yang ditanam di daerah dataran tinggi akan mengalami umur panen dan masa panen yang lebih lama dibandingkan di dataran rendah meskipun hasil panennya tidak berbeda secara signifikan.

3. pH tanah optimum

pH tanah optimum untuk penanaman cabai rawit adalah pH 5,5 – 6,5. Menurut Tjandra (2011), pH tanah nertal berkisar 6-7. Jika pH tanah kurang dari 5,5, dapat dilakukan pengapuran. Pada pH rendah, ketersediaan zat makanan tanaman menjadi sulit diserap oleh akar tanaman, kemudian unsur-unsur makanan berkurang sehingga menurunkan produktivitas tanaman.

Tanah yang memiliki pH rendah, sebagian besar unsur-unsur hara di dalamnya, terutama fosfor (P) dan kalsium (Ca). Kondisi tanah yang masam dapat menjadi media perkembangan beberapa cendawan penyebab penyakit tanaman seperti *Fusarium* sp. dan *Pythium* sp.. Gardner (1991) menyatakan bahwa pH tanah merupakan faktor utama yang mempengaruhi daya larut dan mempengaruhi ketersediaan nutrien. tanaman. Kebanyakan nutrien lebih

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

banyak tersedia dalam nilai pH antara 6,0 dan 7,0. Pengapuran dilakukan dengan cara menambah unsur kalsium yang berfungsi mempertebal dinding sel buah, mengeraskan bagian tanaman yang berkayu, merangsang pembentukan bulu-bulu akar, dan merangsang pembentukan biji (Prajnanta, 2011)

4. Intensitas cahaya dan sumber air

Tanaman cabai rawit memerlukan suatu lahan terbuka untuk memperoleh intensitas cahaya matahari yang cukup. Tanaman yang kurang cahaya akan mempunyai jumlah sel lebih sedikit dengan habitus lebih tinggi dari tanaman yang memperoleh banyak cahaya (Sitompul, 1995). Tanaman cabai memiliki masa tumbuh dua sampai tiga tahun dari proses pembibitan sampai berproduksi. Salah satu faktor terpenting yaitu intensitas cahaya yang optimum dalam memacu pertumbuhannya. Masa perbungaan tanaman akan terjadi lebih cepat dan proses pematangan buahnya juga akan berlangsung lebih singkat apabila mendapat intensitas cahaya secara optimal dalam waktu yang lama (Pracaya, 1994).

2.2 *Fusarium oxysporum*

2.2.1 Klasifikasi *Fusarium oxysporum*

Klasifikasi jamur *Fusarium oxysporum* berdasarkan APG II sebagai berikut : Kingdom Mycetaceae, Divisi Ascomycota, Kelas, Sordariomycetes, Bangsa Hypocreales Nectriaceae Familia Moniales, Genus Fusarium, dan Spesies *Fusarium oxysporum*.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.2.2 Karakteristik *Fusarium oxysporum*

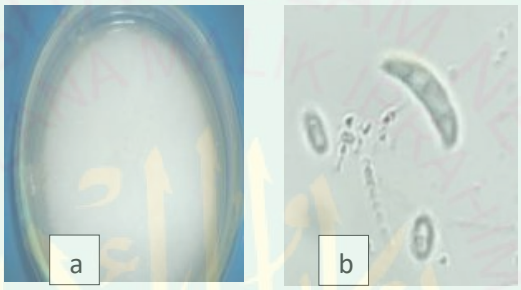
Fusarium oxysporum adalah jamur yang ditumbuhi tanah dimana-mana, memiliki keanekaragaman genetik dan ekologi yang tinggi dengan potensi menimbulkan penyakit dari banyak jenis tanaman kepentingan ekonomi. Memang, beberapa strain dari *F. oxysporum* yang dikenal sebagai patogen menghasilkan penyakit umum seperti layu, akar dan mahkota membusuk pada tanaman inang (Mohammed, 2016).

Secara morfologi, warna koloni Fusarium berwarna putih, biasanya merah muda sampai biru violet dengan bagian tengah koloni berwarna lebih gelap dibandingkan dengan bagian pinggir. Setelah konidium terbentuk, tekstur koloni Fusarium menjadi seperti wol atau kapas (Baker and Cook, 1998). Struktur *Fusarium oxysporum* meliputi mikronidium dan makronidium. Permukaan koloninya ungu, kasar berserabut dan bergelombang. Jamur ini membentuk konidium. Konidiofor bercabang-cabang dan makro konidium berbentuk sabit, bertangkai kecil, dan berpasangan. Dalam sel khususnya di dalam pembuluh dapat ditemukan adanya miselium. Miselium yang berada di dalam kulit dan di jaringan parenkim dapat memicu terjadinya infeksi (Semangun, 1996).

Pada hasil pengamatan mikroskopis, bagian makrokonidia *F. oxysporum* dengan bentuk seperti bulan sabit. Makrokonidia jamur berbentuk meruncing pada ujungnya dan memiliki septa terdiri dari 4 sel dan mikrokonidia 1-2 sel serta memiliki kerapatan $1x10^6$ konidia/ml. *F. oxysporum* yang menyerang pertanaman cabai menunjukkanbahwa konidium terbentuk pada konidiofor monofialid dengan tangkai yang sangat panjang (Sutejo, 2008).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Fusarium sp. dimasukkan kedalam family Turberculariaceae karena di alam jamur ini membentuk tubuh buah pembentuk konidium yang disebut sporodokium. *Fusarium* sp. membentuk tiga tipe spora aseksual yaitu mikrokonidium, makrokonidium dan klamidospora. *Fusarium* sp. memiliki ciri warna cendawan berwarna putih, makrokonidia berbentuk sabit, mikrokonidia berbentuk lonjong dan klamidospora berbentuk bulat (Agrios, 2005).



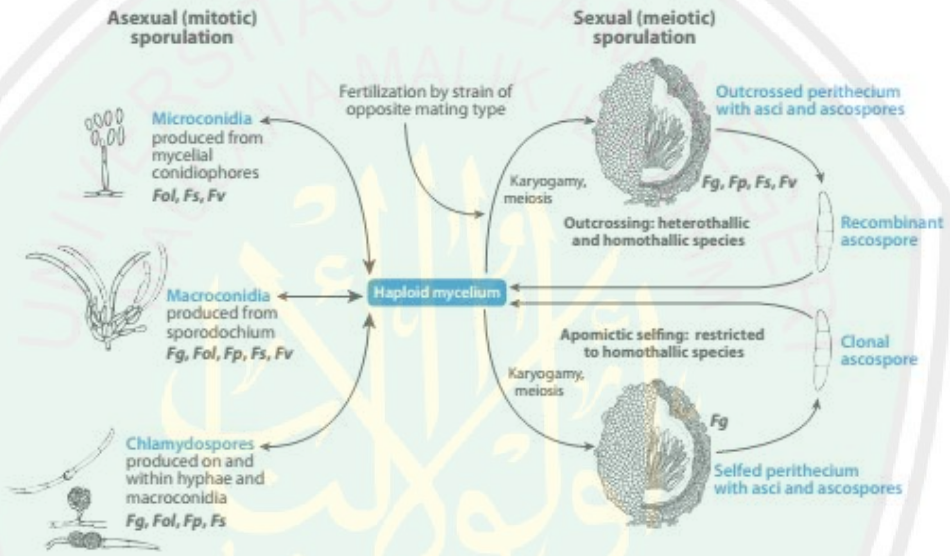
Gambar 2.2. Morfologi *F. oxysporum*: a) miselia *F. oxysporum* pada media PDA; b) miselia *F. oxysporum* diamati dibawah mikroskop.

2.2.3 Siklus Penyakit

Penyakit layu Fusarium merupakan penyakit tular tanah. Hal ini dikarenakan penularannya melalui spora yang menempel pada tanaman terinfeksi kemudian meyebar pada tanaman sehat disekitarnya. Infeksi terjadi pada akar sekunder sehingga sampai di akar primer melalui pembuluh xilem sebelum ke rimpang. Infeksi pada akar primer dan rimpang ini tidak tampak jelas oleh patogen. Jaringan xilem terdiri dari serangkaian pembuluh individu dengan ujung berlubang yang mengalirkan getah. Gerakan spora dengan aliran getah yang tersumbat sementara akan tersangkut di akhir dinding. kemudian spora berkecambah dan hifa tumbuh melalui perforasi kedalam pembuluh selanjutnya (Semangun, 1994).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

F. oxysporum adalah saprofit yang aktif di tanah dan bahan organik, dengan beberapa bentuk spesifik bersifat patogen pada tanaman (Smith *et al*., 1988). Kemampuan saprofit memungkinkannya bertahan di tanah antara siklus tanaman di puing-puing tanaman yang terinfeksi. Jamur dapat bertahan baik sebagai miselium, atau sebagai salah satu dari tiga jenis spora yang berbeda (Agrios, 1988).



Gambar 2.3 Siklus hidup Fusarium

Tanaman sehat bisa terinfeksi oleh *F. oxysporum* jika tanah tempat mereka tumbuh terkontaminasi jamur. Akar dapat terinfeksi secara langsung melalui ujung akar, melalui luka di akar, atau pada titik pembentukan akar lateral (Agrios, 1988). Begitu berada di dalam tanaman, miselium tumbuh melalui interseluler korteks akar. Ketika miselium mencapai xilem, ia menyerang jaringan pembuluh melalui lubang xilem. Miseliumnya dapat ditemukan di sekitar jaringan tanaman dan umumnya dapat diisolasi dari jaringan yang sakit atau di pembuluh xylem tanaman yang diserang (Frank, 1972).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.2.4 Gejala Serangan

Fusarium oxysporum dan berbagai bentuk khususnya telah ditandai sebagai penyebab gejala berikut: layu vaskular, kuning, busuk kuncup, busuk akar, dan redaman. Yang paling penting adalah layu pembuluh darah. Dari Fusaria layu penyebab pembuluh darah, *Fusarium oxysporum* adalah spesies yang paling penting (Agrios, 1988; Smith 1988). Strain yang agak kurang terspesialisasi dapat menyebabkan kuning, busuk, dan redaman, bukan lapisan vaskular yang lebih parah (Smith, 1988). Kerusakan yang ditimbulkan meliputi rebah benih, busuk akar, busuk batang dan busuk tangkai yang terjadi ketika tanaman berada pada kondisi ekstrim atau ketika terjadi luka pada bagian luar jaringan tanaman. Fusarium sangat berbahaya bagi tanaman pangan karena menyebabkan kerusakan seperti kematian bibit, busuk akar dan busuk tangkai (Bacon dan Hinton, 1999)

Layu Fusarium adalah penyakit terpenting yang disebabkan oleh *F. oxysporum*. Secara umum, Fusarium pertama kali muncul sebagai klausa urat tipis pada bagian terluar daun muda, diikuti oleh epinasty (ke bawah yang terkulai) dari daun yang lebih tua. Pada tahap pembibitan, tanaman yang terinfeksi oleh *F. oxysporum* mungkin layu dan mati segera setelah gejala muncul. Pada tanaman yang lebih tua, kliring vena dan epinester daun sering diikuti menguningnya daun bawah, pembentukan akar adventif, layu daun dan batang muda, defoliasi, nekrosis marjinal sisa daun, dan akhirnya kematian seluruh tanaman (Agrios, 1988). Browning dari jaringan vaskular adalah bukti kuat layu fusarium. Selanjutnya, pada tanaman yang lebih tua, gejala umumnya menjadi lebih jelas selama periode antara mekar dan pematangan buah (Smith, 1988).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Fusarium oxysporum merupakan kapang patogen pada tanaman cabai. Gejala yang ditimbulkan oleh patogen ini yaitu tulang daun yang pucat di bagian atas, perubahan warna di bagian pucuk daun menjadi cokelat kemerahan. Kemudian terjadi epinasti pada daun yang lebih tua karena merunduknya tangkai daun sehingga tanaman menjadi layu. (Semangun, 2000). Secara visual, gejala layu fusarium pada tanaman yang terinfeksi menunjukkan tepi bagian bawah daun berwarna kuning tua, merambat ke seluruh permukaan daun sehingga menguning. Gejala tersebut disebabkan patogen *F.oxysporum* yang terus berpenetrasi ke dalam jaringan tanaman. Departemen Pertanian (2010) menyatakan bahwa patogen *F.oxysporum* menyerang jaringan empulur batang melalui akar yang luka atau terinfeksi, sehingga batang yang terserang akan berubah warna menjadi kecoklatan dikarenakan kehilangan banyak cairan.

2.2.5 Anatomi Jaringan Tanaman Terinfeksi Patogen

Layu Fusarium pertama kali muncul pada bagian terluar dari daun yang lebih muda, diikuti oleh epinasti (terkulai ke bawah) dari daun yang lebih tua. Pada tahap pembenihan, tanaman yang terinfeksi dapat layu dan mati segera setelah gejala muncul. Pada tanaman yang lebih tua, daun epinasti sering diikuti dengan pengerdilan, menguning bagian bawah daun, pembentukan akar adventif, layu daun dan batang muda, defoliasi, nekrosis marginal sisa daun, dan akhirnya kematian seluruh tanaman. Browning dari jaringan vaskular adalah bukti kuat layu Fusarium. Sehingga dalam pengamatan jaringannya dapat diketahui bahwa tanaman yang sehat, jaringan tumbuhan seperti dinding selnya yang diamati akan terlihat masih utuh (Ismail, 2017).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Arini (2013) menyatakan bahwa stomata sehat memiliki jumlah stomata lebih besar dibandingkan tanaman sakit. Hal ini berarti jumlah stomata pada tanaman sehat lebih banyak dikarenakan pertumbuhan tanaman normal, sedangkan pada tanaman sakit jumlah stomatanya lebih sedikit karena infeksi virus menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu sehingga produksi metabolitnya juga terganggu.

Batang sehat pada cabai merah memiliki ukuran sel pada jaringan yang lebih besar dan tersusun rapat serta hasil pewarnaan pada safranin lebih lemah daripada batang yang terinfeksi virus maupun patogen menghasilkan ukuran sel lebih kecil dan tersusun rapat serta hasil pewarnaan pada safranin lebih kuat. Tanaman sakit sel-selnya terlihat menyempit dan kecil-kecil karena aktivitas membelah berlebih, pembentangan sel terganggu dan metabolismenya juga terganggu (Arini,2013).

2.2.6 Faktor Penyebab Penyakit

Diantara faktor penyebab penyakit ini dapat menyebar secara aktif dari tanaman satu ke tanaman lainnya melalui akar, tanah, angin. Selain itu, patogen dapat terbawa oleh serangga, nematoda atau burung. Faktor biotik dan abiotik juga dapat menjadi faktor penyebab penyakit. Sebagai contoh untuk biotik adalah jasad-jasad renik yang ada di sekitar patogen. Pengaruh faktor lingkungan biotik pada patogen yang bertahan hidup dan berkembang di dalam tanah, yang biasanya menyerang akar. Hal ini disebabkan karena adanya interaksi antara jasad renik di sekitar patogen. Dengan demikian maka unsur-unsur biotik lingkungan dapat

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

berpengaruh secara langsung atau tidak langsung terhadap perkembangan penyakit pada tanaman (Yunasfi, 2002).

Rimpang yang terinfeksi dapat menularkan penyakit saat ditanam di daerah baru. Bahan tanam yang terinfeksi sering bertanggung jawab atas penyebaran penyakit layu Fusarium. Plantlet kultur jaringan bersertifikat harus bebas dari jamur dan tidak akan berkontribusi terhadap penyebaran penyakit layu Fusarium. Jamur bisa bertahan di tanah selama beberapa dekade. Tanah yang tidak diobati yang digunakan sebagai media pot dapat menularkan jamur yang ada di tanah. Kemudian lewat spora, bisa dibawa di permukaan air mengalir (Agrios, 1988).

2.2.7 Pengendalian

Pengendalian penyakit layu Fusarium yang disebabkan oleh patogen *F. oxysporum* ini tergolong sulit karena patogen ini dapat bertahan lama dalam tanah. Tanah yang sudah terinfeksi sukar terbebas dari patogen ini. Pengendalian penyakit layu Fusarium sangat disarankan secara terpadu, seperti menanam varietas tahan, pergiliran tanaman yang tidak termasuk inang, pemupukan berimbang, populasi tanaman rendah, drainase, dan irigasi yang baik (Wakman, 1998).

Menurut Meilin (2014) pengendalian layu oleh *Fusarium oxysporum* dapat dilakukan diantaranya yaitu, dianjurkan dengan memanfaatkan agen antagonis *Trichoderma* spp. dan *Gliocladium* spp. yang digunakan sebagai alternatif bersamaan dengan pemupukan dan penggunaan fungisida dan bisa juga dilakukan sanitasi dengan mencabut dan memusnahkan tanaman terserang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3 *Trichoderma* sp.

2.3.1 Klasifikasi

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

Kerajaan : Fungi

Divisi : Ascomycota

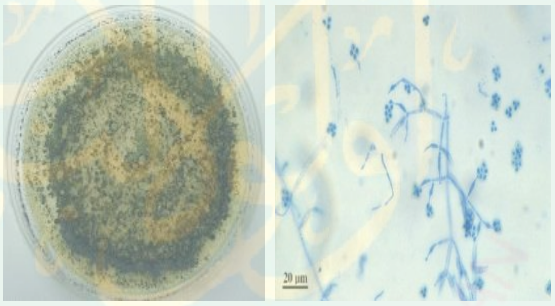
Kelas : Sordariomycetes

Bangsa : Hypocreales

Suku : Hypocreaceae

Marga : Trichoderma

Jenis : *Trichoderma* sp



(Gusnawaty *et al*, 2014)

Gambar 2.4 Morfologi *Trichoderma* sp. : a) miselia *Trichoderma* sp. pada media PDA; b) miselia *Trichoderma* sp. diamati dibawah mikroskop

Koloni *Trichoderma* sp. pada PDA memiliki pertumbuhan yang cepat dan dapat mencapai diameter 9 cm hanya dalam waktu 4 hari dengan suhu 20ºC, sedangkan pada suhu 25ºC hanya membutuhkan waktu 3 hari. Pada awal inkubasi koloni Trichoderma berwarna putih yang kemudian berubah menjadi kuning hingga hijau tua pada akhir inkubasi lanjut. Bentuk konidiumnya agak bulat

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sampai bulat telur pendek dengan ukuran berkisar (2,8-3,2) x (2,5-2,8) µm dan berdinding halus (Soesanto, 2008).

Spesies jamur yang termasuk dalam genus *Trichoderma* sp tersebar di seluruh dunia dan mudah diisolasi dari tanah, kayu busuk, dan bentuk bahan organik tanaman lainnya. Tingkat pertumbuhan cepat dalam kultur dan produksi banyak spora (konidia) yaitu berbagai nuansa hijau mencirikan jamur dalam genus ini. Sisi sebaliknya koloni seringkali tidak berwarna, buff, kuning, atau kuning-hijau, dan banyak spesies menghasilkan jumlah spora berdinding tebal (*chlamydospores*) pada miselium terendam (Motlagh, 2013).

Jamur ini menyerang bahan tumbuhan berkayu dan herba. Namun, banyak strain, termasuk sebagian besar strain biokontrol, tidak memiliki tahap seksual yang diketahui. Di alam, bentuk aseksual jamur bertahan seperti klonal, sering heterokariotik, individu dan populasi yang mungkin berevolusi secara independen di tahap aseksual. Mereka menunjukkan keragaman genetik tingkat tinggi, dan dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai macam produk komersial dan kepentingan ekologis (Motlagh, 2013).

Kapang *Trichoderma* sp. merupakan kapang antagonis yang sering dijumpai dalam tanah dan digunakan sebagai agen pengendalian hayati (APH), baik terhadap patogen tular tanah atau rizosfer maupun patogen filosfer (Soesanto, 2013). Penggunaan *Trichoderma* sp. ini sebagai alternatif dalam penggunaan pestisida yang memiliki dampak negatif untuk lingkungan sekitar (Purwantisari dan Hastuti, 2009). Potensi Trichoderma sebagai agen biokontrol penyakit

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

tanaman pertama kali dikenali Pada awal 1930an, dan tahun-tahun berikutnya, kontrol terhadap banyak penyakit telah ditambahkan ke dalam daftar.

Adapun keuntungan dalam penggunaan agensia hayati ini diantaranya aman terhadap lingkungan, baik bagi hewan maupun manusia karena tidak timbul residu bahan kimia, selain itu juga mampu merangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produksi tanaman. Secara ekonomi, penggunaan *Trichoderma* sp. ini lebih murah dan hemat dibanding pestisida (Amani, 2008). Beberapa artikel juga menyebutkan bahwa hifa jamur Trichoderma akan melilit dan tumbuh pada miselium inang ketika *Trichoderma* sp. tersebut bercampur dalam tanah yang mengandung jamur patogen.

2.3.2 Formulasi Media *Trichoderma* sp.

Beberapa jenis media yang telah terbukti mampu mengaktivasi pertumbuhan *Trichoderma sp*. adalah kentang, bekatul, beras jagung, jerami padi, campuran dedak dengan serbuk gergaji, campuran sekam padi dengan sekam gandum. Pada *Trichoderma* sp. yang dikultur, morfologi koloninya bergantung pada media tempat bertumbuh. Pada media yang nutrisinya terbatas, koloninya tampak transparan, sedangkan pada media yang nutrisinya lebih banyak maka koloninya dapat terlihat lebih hijau (Wijaya, 2011).

Dewi (2006) menyatakan bahwa kandungan senyawa karbohidrat yang terkandung dalam media diperlukan *Trichoderma* sp. untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Untuk dapat digunakan sebagai sumber nutrisi yaitu sumber karbon, senyawa karbohidrat harus dihirolisis lebih dahulu oleh enzim selulose menjadi glukosa atau selubiosa. Glukosa ini yang dibutuhkan dalam pertumbuhan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

konidia *Trichoderma* sp. Kandungan karbohidrat yang tinggi akan memacu pertumbuhan konidia *Trichoderma* sp.

Hasil penelitian Novianti (2018) bahwa kerapatan konidia *Trichoderma* sp. tertinggi yaitu pada media dedak sebesar $74{,}5x10^{10}$ konidia/mg tidak berbeda nyata dengan kerapatan konidia pada media PDA yaitu 73,3 x 10^{10} konidia/mg. Pada media jagung kerapatan konidianya tidak berbeda nyata dengan media beras, sedangkan media yang paling rendah terdapat pada media serbuk gergaji sebesar $2{,}93x10^{8}$ konidia/mg tidak berbeda nyata dengan media kacang hijau yaitu sebesar $3{,}65x10^{8}$ konidia/mg. Anitasari (2016) menyatakan bahwa aplikasi *Trichoderma* spp. dalam bentuk substrat tersebut kurang praktis karena membutuhkan wadah yang cukup banyak, tenaga kerja banyak, dan sering mengalami kendala untuk dibawa dan diaplikasikan Oleh karena itu, perlu dicari formulasi *Trichoderma* spp. yang lebih praktis, efektif, dan efisien salah satunya dengan menggunakan formulasi cair.

Formulasi cair merupakan bentuk produk biofungisida yang diaplikasikan dipermukaan tanah seperti daun dan batang (Suwahyono, 2013). Media cair mempermudah jamur dalam mengabsorpsi nurtisi. Media cair yang terus diputar/digojok menyebabkan sel cendawan terpisah sehingga memacu untuk terus berkecambah membentuk miselium baru. Keunggulan penggunaan formulasi ini yaitu komposisi dan konsentrasi media dapat diatur dengan mudah, memberikan kondisi optimum bagi pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme serta lebih efisien (Rahman, 1989).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Pembuatan formulasi untuk *Trichoderma* sp menggunakan perbandingan limbah air kelapa dan limbah cair tempe sebesar 250 mL dan 100 mL. Hal ini didasari oleh penelitian sebelumnya menurut Juliana (2014) bahwasannya perbandingan antara limbah cair tempe dan air kelapa paling efektif pada perbandingan 250 mL LCT dan 100 mL LAK karena menghasilkan berat biomassa miselium tertinggi yaitu 1595,333 mg per 100 ml medium.

Limbah air kelapa dan air tempe ini jumlahnya melimpah dan masih belum dioptimalisasi sebagai media perbanyakan agens hayati. Giyanto dan Rustam (2009) menyatakan bahwa limbah cair organik sangat berpotensi sebagai media perbanyakan agens hayati karena mengandung komposisi nutrisi yang baik untuk pertumbuhan mikroba seperti karbohidrat, protein, asam amino, lemak, air, garam-garam mineral dan nutrisi lainnya. Riyanto (2006) mengemukakan bahwa kandungan air rebusan kedelai yaitu protein sebesar 5,29 %, lemak 0,54 %, air 72,08 % dan abu 3,38 %. Sedangkan pada limbah air kelapa memiliki kandungan 4% karbohidrat, 0,1% lemak,0,02% kalsium, 0,01% fosfor, 0,5% besi serta total protein (9 g/L) (Vigliar *et al*, 2006).

Kerapatan spora pada media formulasi air kelapa menunjukan hasil paling tinggi dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan media formulasi ekstrak kentang. Menurut Nurbaya et al. (2014) air kelapa banyak mengandung unsur karbon dan unsur nitrogen yang baik untuk pertumbuhan cendawan, sedangkan ektrak kentang memiliki kandungan yang lebih rendah.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3.3 Potensi Trichoderma

Trichoderma sp. merupakan salah satu spesies yang telah lama dikenal sebagai agen untuk kontrol penyakit tanaman dan karena kemampuannya untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peran ekologi dari genus ini adalah strain Trichoderma berperan dalam dekomposisi residu tanaman didalam tanah. Beberapa spesies Trichoderma adalah produsen selulosa yang sangat baik dan oleh karena itu penting bagi industri bioteknologi. Antagonisme didasarkan pada mekanisme yang berbeda, seperti metabolit antijamur oleh Trichoderma, persaingan untuk ruang produksi dan nutrisi dan mikoparasitisme. Strain Trichoderma mycoparasitic mampu mengenali hifa host di sekitar mereka, mengembangkan haustoria, menembus dinding sel host dengan merusak dinding sel, enzim seperti chitinases, glucanases dan protease, dan memanfaatkan kandungan hifa inang sebagai sumber hara (Kredics, 2003).

Telah tsabit dalam kitab Shahih Bukhari dari hadits Abu Hurairah radhiyallahu'anhu dari nabi shallallahu'alaihi wasallam beliau bersabda,

مَا أَنْزَلَ اللهُ دَاءً إِلاَّ أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

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

Berdasarkan hadits tersebut, bahwasannya setiap penyakit yang telah Allah turunkan ini tentu ada obatnya atau sesuatu yang dapat mencegah penyakit tersebut, seperti pada penelitian ini gejala layu Fusarium pada tumbuhan cabai ini dapat dicegah dengan adanya kapang *Trichoderma* sp. yang memiliki kemampuan antagonis terhadap patogen Fusarium. Bahwasannya segala yang ada di bumi ini

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

diciptakan dengan seimbang, apabila ada penyakit tentu ada obat atau penawar untuk meyembuhkannya.

Trichoderma dengan kemampuan antagonis yang efektif berpotensi untuk pengendalian biologis tanaman penyakit. Parameter lingkungan abiotik dan biotik memiliki pengaruh negatif terhadap keampuhan biokontrol dari Trichoderma. Oleh karena itu sangat penting untuk mengumpulkan informasi tentang dampak faktor lingkungan pada berbagai aktivitas Trichoderma dengan biokontrol. Saat merencanakan aplikasi antagonis Trichoderma untuk tujuan pengendalian biologis tanaman jamur patogen, sangat penting untuk mempertimbangkan parameter lingkungan yang mempengaruhi agen biokontrol didalam tanah (Kredics, 2003).

Serangkaian parameter lingkungan abiotik dan biotik memiliki pengaruh pada khasiat biokontrol dari Trichoderma. Beberapa parameter penting yang harus dipertimbangkan adalah efek suhu, potensi air dan pH, dan adanya pestisida, ion logam dan bakteri antagonis di tanah. Sebagian besar strain Trichoderma bersifat mesofilik. Suhu rendah di musim dingin dapat menyebabkan masalah selama pengendalian biologis dengan mempengaruhi aktivitas agen biokontrol (Kredics, 2003).

Ilmuwan mengamati hal itu dimungkinkan untuk menerapkan strategi remediasi biologis berdasarkan kemampuan mikroorganisme. Proses degradatif untuk mengidentifikasi potensi *Trichoderma* sp. dalam remediasi tanah merupakan langkah penting dalam menambah nilai sumber daya genetik keanekaragaman hayati, dalam hal ini, mikroorganisme. Aspek ini menunjukkan pentingnya pengendalian biologis dalam program peningkatan tanah.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Trichoderma sp. menyerang parasit dan memiliki ketahanan terhadap sebagian besar bahan kimia pertanian. Mereka merupakan bagian hidup dan bertanggung jawab atas dinamika transformasi dan pengembangan struktur tanah (Motlagh, 2013).

Trichoderma sp. secara pertanian dan industri penting, menjadi sumber utama banyak enzim komersial dan sebagai biofungisida. Lebih dari 60% biofungisida terdaftar yang digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman adalah *Trichoderma* sp. *Trichoderma* sp. langsung membunuh dan mendapatkan nutrisi dari jamur lain yang dianggap salah satu mekanisme yang paling penting biocontrol. Selain itu menjadi pesaing nutrisi, antibiotik dan resistensi yang diinduksi pada tanaman melawan penyerbuan patogen. Selain digunakan sebagai biokontrol, *Trichoderma* sp. juga digunakan sebagai biofertilizers (pertumbuhan tanaman promotor) dan untuk mitigasi tekanan abiotik dan fisiologis (Mukherjee, 2011).

2.3.4 Mekanisme Antagonis

Mekanisme Trichoderma sebagai agen antagonis pada penghambatan pertumbuhan kapang patogen diantaranya kompetisi, parasitisme, antibiosis dan lisis. Menurut Farida (1992) mekanisme antagonis yang dilakukan meliputi :

1. Kompetisi ruang, nutrisi, dan oksigen

Kompetisi antara jamur uji dengan jamur patogen dalam memperebutkan ruang, nutrisi, dan oksigen diamati dengan cara melihat jenis jamur yang lebih cepat memenuhi cawan petri.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Antibiosis

Pengamatan antibiosis dilakukan dengan mengukur lebar zona kosong (hambatan) dan mengetahui perubahan warna yang terdapat pada medium akibat senyawa antibiotik yang dihasilkan oleh jamur uji.

3. Lisis dan parasitisme

Pengamatan mekanisme lisis dan parasitisme dilakukan dengan mengamati hifa jamur antagonis uji yang tumbuh di atas jamur patogen dengan cara mengambil dan menumbuhkan hifa jamur antagonis dan jamur patogen menggunakan jarum ose, lalu diletakkan di atas gelas objek untuk diamati secara mikroskopis.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai September di Laboratorium Mikrobiologi dan *green house* Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya oven, cawan petri, shaker, tabung reaksi, autoklaf, jarum ose, bunsen, Laminar Air Flow (LAF), inkubator, kulkas, beker glass, erlenmeyer, gelas ukur, mikropipet, objek glass, deck glass, haemacytometer, vortex, polybag, botol scott, dan nampan.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya Potato Dextrose Agar (PDA), Potato Dextrosa Broth (PDB), tanah steril, kompos, aquades, benih cabai rawit (*Capsicum frustescens)*, isolat *Trichoderma* sp, isolat *Fusarium oxysporum*, kloramfenikol, limbah air kelapa dan limbah cair tempe sebagai formulasi media kultur *Trichoderma* sp, tisu, plastik, blue tip, dan alkohol.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian pengujian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan patogen *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada cabai rawit secara *in vivo* dilakukan secara eksperimental yakni dengan mengujikan biopestisida dari formulasi kapang *Trichoderma* sp. terhadap tanaman cabai rawit yang akan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

diinfeksi oleh patogen *Fusarium oxysporum*. Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada penelitian ini terdiri dari enam taraf perlakuan, dengan setiap perlakuan terdiri dari empat ulangan. Perlakuannya adalah sebagai berikut:

1. Formulasi biopestisida *Trichoderma* sp. konsentrasi 100 ml/tanaman
2. Formulasi biopestisida *Trichoderma* sp. konsentrasi 200 ml/tanaman
3. Formulasi biopestisida *Trichoderma* sp. konsentrasi 300 ml/tanaman
4. Formulasi biopestisida *Trichoderma* sp. konsentrasi 400 ml/tanaman
5. Formulasi biopestisida *Trichoderma* sp. konsentrasi 500 ml/tanaman
6. Formulasi biopestisida *Trichoderma* sp. konsentrasi 600 ml/tanaman
7. Kontrol positif menggunakan pestisida kimiawi yaitu mankozeb
8. Kontrol negatif menggunakan patogen *Fusarium oxysporum*

3.4 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan tiga variabel yaitu :

1. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu konsentrasi formulasi kapang endofit *Trichoderma* sp .
2. Variabel terikat pada penelitian ini ialah jumlah daun, masa inkubasi penyakit, kejadian penyakit, intensitas serangan, dan kerusakan jaringan,
3. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu media kultur, suhu, varietas cabai dan jamur patogen (*Fusarium oxysporum*).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Media PDA

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

3.5.2 Pembuatan Media PDB

Media PDB sebanyak 6 gram dan kloramfenikol 0,25 gram dilarutkan bersama aquades 250 ml dalam gelas beker. Selanjutnya media dipanaskan diatas hotplate stirer sampai mendidih. Kemudian media disterilkan dalam autoklaf pada tekanan 1 atm suhu 121˚C selama 15 menit.

3.5.3 Pembuatan Formulasi *Trichoderma* sp.

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tempe dan limbah air kelapa. Komposisi perbandingan medianya yang paling efektif menurut Juliana (2017) yaitu 150 ml LCT (limbah cair tempe) + 100 ml LAK (limbah air kelapa). Media yang sudah diukur untuk masing-masing perlakuan dilakukan pengukuran pH. Kemudian media disterilkan dengan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121^0C (Herlina, 2009). Kemudian medium ini siap digunakan sebagai media tumbuh *Trichoderma* sp.

Suspensi konidia *Trichoderma* sp. sebanyak 2,5 ml diinokulasikan pada media formula dengan pengenceran 10^{-6} yang memiliki jumlah konidia sebanyak 1 x 10^6 konidia/ml. Formula ditumbuhkan shaker dengan kecepatan 150 rpm pada kisaran suhu antara 25ºC - 30ºC selama 4 hari.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5.4 Sterilisisi 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. Selanjutnya dilakukan sterilisasi dengan memasukkan semua alat dan bahan (termasuk media) kedalam autoklaf selama 20 menit dengan suhu 121˚C dengan tekanan 1 atm.

3.5.5 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan yaitu campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 2:1. Tanah dan kompos disterlisiasi dengan sterilisasi kering menggunakan oven. Tanah dan kompos dibungkus dengan plastik tahan panas dan dimasukkan ke dalam oven dalam suhu 70^{o}C selama 3 jam/hari selama 3 hari berturut-turut (Cahyani, 2009). Benih cabai ini disemai dalam baki semai berisi campuran tanah pasir steril dengan perbandingan 2:1 (v/v), setelah berumur 30 hari benih cabai dipindahkan ke polybag yang memiliki diameter 28 cm dan diisi tanah sebanyak 3/4 dari polybag tersebut.

3.5.6 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 2 minggu sekali.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5.7 Peremajaan Fusarium *oxysporum*

Isolat *Fusarium oxysporum* ditumbuhkan pada media PDA yang sudah ditambahkan antibakteri kloramfenikol. Isolat *Fusarium oxysporum* diambil miselianya dengan menggunakan ose steril, selanjutnya diletakkan miselia dalam cawan petri yang sudah berisi media PDA, kemudian diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang.

3.5.8 Pembuatan larutan patogen *Fusarium oxysporum*

Biakan jamur yang telah ditumbuhkan pada media PDA yang berumur 7 hari diambil, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 250 ml PDB steril, dihomogenkan dengan shaker selama 7 hari. Kemudian suspensi jamur diambil dengan mikropipet dan dihitung jumlah konidia dengan menggunakan haemacytometer sehingga diperoleh kerapatan konidia 1 x 10^6 konidia/ml.

3.5.9 Pengujian *in vivo*

Pengujian *in vivo* kapang mengacu pada metode Dwiastuti (2015) mengenai tahapan uji *in vivo* yakni, biji buah cabai disemaikan pada tanah yang telah disterilkan, kemudian saat sudah tumbuh sekitar 1 bulan dipindahkan ke polybag. Selanjutnya pada minggu keempat setelah tanam, tumbuhan cabai disemprot dengan larutan agen antagonis *Trichoderma sp* dengan kerapatan 1 x 10^6 konidia/ml selama 2 jam, selanjutnya ditetesi dengan 0,02% tween 80 % (v/v) sebagai penguat penetrasi. Setelah 3 hari dilanjutkan menyemprotkan kapang *Fusarium oxysporum* sebanyak 100 ml/tanaman dengan kerapatan selnya 1x10^6 konidia/ml dan 0,02% tween 80% (v/v) pada permukaan batang yang sudah dilukai dengan menggunakan jarum ose steril.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Seluruh perlakuan tersebut selanjutnya diamati setiap harinya. Hal- hal yang diamati setelah inkubasi adalah gejala layu Fusarium seperti pucat pada tulang daun, warna coklat kemerahan pada bagian pucuk daun dan layu pada daun.

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 tanaman cabai setelah inokulasi.
- Kejadian penyakit (%) (Putri, 2014):

  Kejadian penyakit = $\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{N}} \boldsymbol{x} \mathbf{100}\%$

  Keterangan:

  a: jumlah tanaman yang terserang ; N: jumlah total tanaman yang diamati
- Intensitas penyakit (%) (Nurhayati, 2011):

  Intensitas serangan = $\left\{\frac{\Sigma(\boldsymbol{nxV})}{\boldsymbol{ZxN}}\right\} \boldsymbol{x}\ \mathbf{100}\%$

Keterangan:

n : jumlah daun mengalami gejala layu fusarium

V : Nilai skor pada tiap daun yang terserang layu Fusarium

N : jumlah daun yang diamati

Z : skor kelas daun yang terserang layu Fusarium tertinggi

Skala intensitas penyakit layu Fusarium cabai adalah:

0 : tidak ada gejala layu

1 : gejala layu ringan

2 : pengerdilan dan klorosis daun

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3 : 10 % dari tanaman menunjukkan gejala layu

4 : 11-25 % dari tanaman menunjukkan gejala layu

5 : 26-50 % dari tanaman menunjukkan gejala layu

6 : 51-100% dari tanaman menunjukkan gejala layu atau tanaman mati

- Faktor Lingkungan

  Beberapa faktor lingkungan yang diamati diantaranya suhu, pH, dan kelembaban.

3.5.10 Pengamatan Jaringan Tanaman yang Terinfeksi Kapang Patogen

Pembuatan preparat jaringan pada bagian pangkal batang pada tanaman yang sehat dan juga yang terserang gejala layu Fusarium. Pangkal batang disayat tipis dengan menggunakan silet tajam kemudian hasil irisan tersebut diletakkan di dalam cawan petri berisi larutan safranin untuk memperjelas warna objek yang akan diamati. Selanjutnya irisan tersebut diambil dan diletakkan di atas gelas obyek yang kemudian ditutup dengan gelas penutup. Selanjutnya preparat tersebut diamati dengan menggunakan mikroskop pada perbesaran terkecil hingga perbesaran 400x.

Prosedur pengamatan stomata menggunakan prosedur dengan metode replika, menurut Haryanti (2010) yang telah dimodifikasi. Bagian permukaan atas dan bawah daun dibersihkan dengan menggunakan tisu untuk menghilangkan debu dan kotoran. Kemudian dipotong daun dengan ukuran 1x1cm kemudian olesi dengan kutek dan biarkan selama 10 menit, sampai kering. Lalu direkatkan olesan yang sudah kering pada perekat kemudian diratakan. Ditarik perekat pada daun tersebut kemudian ditempel pada kaca preparat dan diberi label dengan keterangan jenis tanaman. Pengamatan jumlah stomata perbidang pandang menggunakan mikroskop pada pembesaran 400X.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.6 Analisis Data

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Formulasi *Trichoderma* sp. terhadap Serangan *Fusarium oxysporum* Penyebab Layu pada Cabai Rawit secara *In vivo*

Hasil pengujian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap serangan *Fusarium oxysporum* secara *in vivo* menunjukkan bahwa formulasi *Trichoderma* sp. dapat menghambat intensitas serangan patogen *Fusarium oxysporum* pada tanaman cabai rawit. Hal tersebut berkaitan dengan parameter yang telah ditentukan diantaranya masa inkubasi, kejadian penyakit dan intensitas serangan. Hasil pengujian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium oxysporum* sceara *in vivo* ini ditunjukkan oleh tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil pengujian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium oxysporum* secara *in vivo*

Perlakuan	Masa Inkubasi	Kejadian Penyakit	Intensitas Serangan (%)
Kontrol (+)	7 HIS	100%	57c
Kontrol (-)	6 HIS	100%	72b
100 ml	7 HIS	100%	35b
200 ml	7 HIS	100%	33b
300 ml	7 HIS	100%	36b
400 ml	7 HIS	100%	28a
500 ml	7 HIS	100%	31a
600 ml	7 HIS	100%	30a

Keterangan : Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata terhadap intensitas serangan patogen *Fusarium oxysporum*.

4.1.1 Masa Inkubasi

Parameter yang diamati pada tanaman cabai rawit yang telah diinokulasi oleh patogen *Fusarium oxysporum* meliputi masa inkubasi, kejadian penyakit dan intensitas serangan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan masa

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

inkubasi rata-rata pada hari ke 6-7 hsi (hari setelah inokulasi). Berdasarkan penelitian Nurzannah (2014) menyatakan bahwa masa inkubasi pada patogen *Fusarium oxysporum* pada tanaman cabai yaitu 5 hsi. Kemudian rata-rata masa inkubasi jamur endofit terhadap patogen *Fusarium oxysporum* sekitar 7-21 hsi. Periode inkubasi ini diamati pada masing-masing perlakuan sejak sehari setelah diberi inokulasi hingga munculnya gejala layu fusarium.

Pada perlakuan kontrol negatif yakni perlakuan yang hanya diberikan patogen *Fusarium oxysporum* memiliki masa inkubasi lebih cepat dibanding dengan perlakuan lainnya. Hal ini ditandai dengan munculnya bercak berwarna kuning pada daun pada hari ke-6 dibanding perlakuan lain yang memiliki masa inkubasi pada hari ke-7. Hal ini sesuai dengan pernyataan Semangun (2000) gejala layu fusarium pada tanaman yang terinfeksi menunjukkan tepi bagian bawah daun berwarna kuning tua, merambat ke seluruh permukaan daun sehingga menguning.

Gejala layu Fusarium yang tampak secara visual menunjukkan tepi bawah daun berwarna kuning tua, lalu merambat ke permukaan daun hingga menguning. Gejala tersebut disebabkan patogen *Fusarium oxysporum* yang terus berpenetrasi ke dalam jaringan tanaman. Menurut Semangun (2000) bahwa *Fusarium oxysporum* dapat menginfeksi empulur batang melalui akar yang terinfeksi sehingga batang akan kehilangan banyak cairan hingga berubah kecoklatan.

Penggunaan endofit *Trichoderma* sp. sebagai antagonis telah mampu menghambat patogen penyebab layu Fusarium meskipun dalam waktu yang tidak begitu lama, yakni 7 HSI. Faeth (2002) menyatakan bahwa interaksi antara jamur

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

endofit dan inang tanaman umumnya bersifat mutualisme. Kemudian terdapat mikotoksin yang dihasilkan jamur endofit seperti alkaloid pada tanaman mampu melindungi inang tersebut dari serangan invertebrata herbivor, nematoda dan juga patogen.

Masa inkubasi atau periode inkubasi merupakan interval waktu munculnya gejala penyakit setelah diinokulasi oleh patogen. Menurut Prabowo *et al*.(2006), penundaan masa inkubasi terjadi karena persaingan antara patogen dengan antagonis sehingga patogen membutuhkan waktu lebih lama untuk menginfeksi tanaman. Pertumbuhan *Trichoderma* sp. yang sangat cepat menyebabkan terjadi kompetisi dalam hal makanan dan ruang Intensitas penyakit pada kontrol/ tanpa dengan patogen sebelum menyebarkan mikotoksinnya (Barbosa *et al*., 2001)

Menurut Wahyu *et al* (2012 dalam Nurzannah, 2014) lama masa inkubasi ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya ketahanan tanaman inang terhadap ras patogen yang menginfeksi, keganasan patogen tersebut, dan kesesuaian kondisi lingkungan meliputi suhu dan kelembaban.

4.1.2 Kejadian Penyakit

Pengamatan kejadian penyakit dilakukan mulai 7-21 hsi yaitu dengan mengamati tanaman terserang akibat patogen *Fusarium oxysporum* pada tanaman dibandingkan dengan jumlah tanaman yang diamati. Kejadian penyakit pada masing-masing perlakuan formulasi *Trichoderma* sp, yang diamati setelah 7 hsi menunjukkan bahwa rata-rata kejadian penyakit pada buah cabai yakni 100%.

Persentase kejadian penyakit dipengaruhi juga oleh kecepatan menginfeksi cendawan *Fusarium oxysporum* ke dalam jaringan tanaman. Hal ini sesuai dengan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pendapat Goodman *et al.* (1986) yang menyatakan bahwa patogen mengalami tahapan dalam menyebabkan gejala pada tanaman, yakni perpindahan patogen ke jaringan tanaman, pengenalan, dan kontak patogen dengan inang, penetrasi, dan kolonisasi patogen dalam jaringan tanaman. Gejala layu Fusarium ini ditandai dengan batang yang terserang akan berubah warna menjadi kecoklatan atau terjadi browning dikarenakan kehilangan banyak cairan. Menurut Sanogo (2003) Gejalanya meliputi klorosis daun, perubahan warna vaskular, dan layu tanaman cabai rawit. Browning dari jaringan vaskular adalah suatu bukti kuat tentang layu Fusarium.

Gejala ini diduga disebabkan oleh toksin-toksin dari patogen yang menyerang berkas pembuluh dan mempengaruhi permeabelitas membran plasma sel. Menurut Sastrahidayat (1992) bahwa toksin yang dikeluarkan oleh patogen *Fusarium oxysporum* ini diantaranya likomarasmin, asam fusarik, dan asam dehidrofusarik yang dapat mengubah permeabilitas membran plasma dari sel inang sehingga tanaman yang terifeksi lebih cepat kehilangan air, akibatnya terjadi kelayuan pada daun hingga daun menguning.

4.1.3 Intensitas Serangan

Pengamatan intensitas serangan ini dilakukan selama 7-21 HSI yaitu dengan mengamati respon layu tumbuhan setelah diinokulasi patogen *Fusarium oxysporum*. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan perlakuan yang menggunakan formulasi *Trichoderma* sp. berpengaruh nyata terhadap pencegahan intensitas serangan patogen *Fusarium oxysporum*. Hal ini dibuktikan sesuai dengan hasil uji statistik SPSS pada lampiran.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Data tersebut diuji normalitasnya yaitu sebesar 0,788>0,05 yang berarti data tersebut telah normal. Kemudian diuji homogenitasnya yakni sebesar 0,235>0,05 yang berarti data tersebut telah homogen. Setelah diuji *One Way Anova* dengan taraf kepercayaan 5% mendapatkan nilai signifikansi 0,00<0,05 dan F hitung sebesar 21,425 lebih besar daripada F tabel sebesar 2,216675 yang berarti H0 ditolak dan H1 diterima, sehingga terdapat pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap patogen *Fusarium oxysporum*. Kemudian diuji lanjut dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perlakuan formulasi *Trichoderma* sp yang terbaik dalam mencegah serangan patogen *Fusarium oxysporum*.

Gambar 4.1 Grafik persentase intensitas serangan patogen *Fusarium oxysporum* terhadap cabai rawit

Berdasarkan grafik gambar 4.1 tersebut menunjukkan bahwasannya tingkat intensitas serangan patogen *Fusarium oxysporum* ini meningkat setiap minggunya, hingga pada hari ke 21 hsi kontrol negatif yang hanya diinokulasi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

oleh patogen *Fusarium oxysporum* intensitas serangannya mencapai 100%. Hal ini memiliki pengaruh yang berbeda nyata apabila dibandingkan dengan perlakuan yang ditambahkan oleh formulasi *Trichoderma* sp. dari 100 ml hingga 600 ml.

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan tersebut terlihat perbedaan notasi yang menunjukkan adanya perbedaan pengaruh persentase intensitas serangan patogen *Fusarium oxysporum*. Pemberian formulasi *Trichoderma* sp. sebanyak 400 ml menghasilkan intensitas serangan terendah yakni sebesar 28% dibandingkan dengan formulasi lainnya. Namun hal ini tidak berbeda nyata dengan pemberian formulasi *Trichoderma* sp. sebanyak 500 mL dan 600 mL dengan intensitas serangan berturut-turut sebesar 31% dan 30%.

Penggunaan yang dapat dikatakan lebih efektif yakni pada formulasi konsentrasi sebanyak 400 mL yang secara ekonomi penggunaannya lebih sedikit namun memiliki hasil yang sama berpengaruhnya dengan formulasi 500 mL dan 600 mL, sehingga para petani juga dapat mengaplikasikan ini dengan jumlah yang lebih sedikit dan hasil tetap maksimal. Selain itu, *Trichoderma* sp. ini memiliki keunggulan yang bersifat ramah lingkungan sehingga aman untuk diaplikasikan dan tidak menimbulkan resistensi terhadap hama maupun patogen. Menurut Amani (2008) *Trichoderma* sp. sebagai salah satu agensi pengendalian hayati yang berpotensi sebagai pengendali mikroba patogen tanaman dengan memiliki beberapa kelebihan diantaranya, mudah didapat, murah dan aman untuk lingkungan.

Hasil pada formulasi *Trichoderma* sp. dengan konsentrasi 100 ml, 200 ml dan 300 ml tidak memiliki pengaruh nyata dengan intensitas serangan berturut

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

turut sebesar 34,75%, 32,25% dan 36%. Hal ini dibuktikan dengan notasi yang sama yaitu b. Perlakuan tersebut hasilnya sama dengan pengguaan fungisida sintesis pada perlakuan kontrol + yang memiliki notasi b dengan intensitas serangan sebesar 41%. Kontrol positif yang digunakan yaitu pestisida kimiawi berupa mankozeb yang merupakan salah satu bahan aktif fungisida yang digunakan untuk melindungi tanaman dari infeksi jamur patogen. Menurut Paramita (2014) penggunaan mankozeb sesuai dengan sifatnya sebagai fungisida kontak adalah dengan disemprotkan pada permukaan tanaman, pada buah atau disebarkan di sekitar perakaran untuk melindungi akar dari patogen. Penggunaan mankozeb 200 ppm dapat menekan perkembangan koloni *Collectotrichum* sp. sedangkan mankozeb pada konsentrasi 4,5 g/L dapat meniadakan serangan Fusarium.

Hasil penelitian Esrita *et al*.(2011) menunjukkan bahwa konsentrasi *Trichoderma* sp. sebesar 15g/tanaman memberikan pertumbuhan dan hasil terbaik pada tanaman tomat dibandingkan aplikasi 5g/tanaman dan 10g/tanaman. Jadi semakin banyak Trichoderma yang diberikan kedalam tanah, semakin baik pertumbuhan dan hasil tanaman tomat, hal ini dapat dilihat dari jumlah buah dan bobot buah yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Sedangkan menurut Nurhidayati (2015) penggunaan *Trichoderma* sp. pada media air kelapa dengan konsentrasi 100 ml/tanaman dapat menghambat intensitas serangan patogen penyebab antraknosa sebanyak 33,77%.

Perlakuan pemberian formulasi *Trichoderma* sp. dengan kerapatan konidia sebesar $1x10^6$ konidia/mL karena seperti penelitian Hartal (2010) aplikasi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Trichoderma sp. dapat menggunakan kerapatan konidia sebesar 10^{6}-10^{8} konidia/mL. Sedangkan untuk inokulasi patogen *Fusarium oxysporum* ini telah dibiakkan dalam media PDB kemudian dihitung kerapatan konidia sebesar $1x10^{6}$ konidia/mL. Inokulasi patogen ini dilakukan ketika 3 hari setelah diberikannya perlakuan formulasi *Trichoderma* sp. Hal ini didasarkan pada penelitian Dwiastuti (2015) bahwa *Trichoderma* sp. efektif dalam pencegahan layu Fusarium yang disebabkan oleh patogen *Fusarium oxysporum* setelah 3 hari diberi perlakuan.

Aktifitas antagonis yang dilakukan cendawan *Trichoderma* sp. untuk menghambat pertumbuhan cendawan patogen *Fusarium oxysporum* antara lain dikaitkan dengan kemampuannya menghasilkan enzim kitinase. Enzim kitinase yang diproduksi oleh genus Trichoderma lebih efektif dari pada enzim kitinase yang dihasilkan organisme lain, untuk menghambat berbagai cendawa patogen tanaman (Nugroho *et al*, 2003). *Trichoderma* sp. juga dapat mengeluarkan antibiotik trichoderin yang mematikan cendawan yang merugikan. Dengan mengeluarkan antibiotik tersebut *Trichoderma* sp. dapat menekan serangan penyakit pada tanaman (Gusnawaty, 2014).

Kemampuan antagonis dari *Trichoderma* sp. ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi intensitas serangan penyakit layu yang disebabkan oleh patogen *Fusarium oxysporum.* Sebagaimana penjelasan dari hadits di bawah ini :

كُنْتُ عِنْدَ النَّبِيِّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، وَجَاءَتِ الْأَعْرَابُ، فَقَالَ: يَا رَسُوْلَ اللهِ، أَنَتَدَاوَى؟ فَقَالَ: نَعَمْ يَا عِبَادَ اللهِ، تَدَاوَوْا، فَإِنَّ اللهَ عَزَّ وَجَلَّ لَمْ يَضَعْ دَاءً إِلاَّ وَضَعَ لَهُ شِفَاءً غَيْرَ دَاءٍ وَاحِدٍ. قَالُوا: مَا هُوَ؟ قَالَ: الْهَرَمُ

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Artinya : *Aku pernah berada di samping Rasulullah Shallallahu 'alaihi wa sallam. Lalu datanglah serombongan Arab dusun. Mereka bertanya, "Wahai Rasulullah, bolehkah kami berobat?" Beliau menjawab: "Iya, wahai para hamba Allah,* ***berobatlah****. Sebab Allah Subhanahu wa Ta'ala tidaklah meletakkan sebuah penyakit melainkan meletakkan pula obatnya, kecuali satu penyakit." Mereka bertanya: "Penyakit apa itu?" Beliau menjawab: "Penyakit tua."* (HR. Ahmad, Al-Bukhari dalam kitabnya Al-Jami' Ash-Shahih mimma Laisa fish Shahihain, 4/486)

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ، فَإِذَا أُصِيْبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللهِ عَزَّ وَ جَلَّ

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).

Hadits diatas menjelaskan bahwa Allah memperbolehkan hambaNya untuk berobat, dan terhindar dari perkara yang haram. Arti hadist yang bercetak tebal tersebut menjelaskan kepada hambaNya agar mencari suatu obat yang tepat dari suatu penyakit yang diturunkan oleh Allah. Termasuk juga penyakit yang terjadi pada tanaman cabai seperti patogen Fusarium. Penelitian tentang pengujian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan patogen *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk membuat obat bagi tanaman cabai yang terserang layu Fusarium. Allah memerintahkan kepada umat manusia untuk senantiasa berinovasi dengan memperdalam ilmu pengetahuan sehingga mampu menemukan suatu obat yang dapat memberikan manfaat untuk orang lainnya.

Pemanfaatan *Trichoderma* sp. sebagai salah satu upaya untuk mengatasi patogen Fusarium, tidak lain merupakan salah satu upaya kita dalam memikirkan tanda-tanda kekuasaan Allah, karena segala yang ada di bumi dan yang berada

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pada diri kita penuh dengan hikmah dan pelajaran. Sebagaimana firman Allah SWT pada surah Al-Jatsiyah ayat 13 sebagai berikut :

وَ**سَخَّرَ** لَكُمْ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

> Artinya *: Dan Dia telah **menundukkan** untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir.*

Shihab (2002) dalam tafsir Al Mishbah : telah kalian lihat bahwa Allah telah **menundukkan** apa yang ada di langit berupa matahari, bulan, bintang-bintang, beragam planet dan lain sebagainya untuk kalian. **Dia juga menundukkan apa yang ada di bumi,** yaitu sungai-sungai , **tumbuh-tumbuhan** dan binatang. Semua itu ditundukkan oleh Allah SWT untuk menjamin kebutuhan hidup makhlukNya. Nikmat-nikmat yang disebutkan itu merupakan tanda-tanda yang menunjukkan keMahakuasaan Allah bagi orang-orang yang mau merenungkan ayat-ayat tersebut. Sehingga dapat dikatakan bahwa manfaat yang dapat diperoleh dari *Trichoderma* sp ini sebagai jamur endofit yang didapat dari tumbuhan merupakan karunia dari Allah dan hendaknya dapat menjadikan manusia lebih bersyukur atas nikmat yang dikarunaikan oleh-Nya.

Berdasarkan hal tersebut, bahwa apa yang telah Allah tumbuhkan di muka bumi ini tentu dapat diambil manfaatnya seperti adanya kapang endofit pada tumbuhan yaitu kapang *Trichoderma* sp yang dapat bersifat sebagai antagonis terhadap patogen. Kapang ini memiliki beberapa keuntungan, adapun keuntungan dalam penggunaan agensia hayati ini diantaranya aman terhadap lingkungan, baik

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

bagi hewan maupun manusia karena tidak timbul residu bahan kimia, selain itu juga mampu merangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produksi tanaman.

Trichoderma sp. dapat mengeluarkan enzim dan toksin yang bersifat racun terhadap *Fusarium oxysporum. Trichoderma* sp. dapat menghasilkan antibiotik viridin, paraceltin, dan glotoxin yang dapat menghancurkan sel cendawan dan enzim: ß (1,3) glukanase serta chitinase yang dapat menghancurkan glukan dan kitin yang merupakan komponen dinding hifa dari beberapa cendawan patogen tanaman.

Trichoderma sp. yang diaplikasikan ke dalam media tanam akan menghambat pertumbuhan dan perkembangan *Fusarium oxysporum* sehingga kemampuannya untuk menginfeksi menjadi berkurang. Kemampuan infeksi yang berkurang atau tidak adanya infeksi akan menyebabkan berkurangnya atau tidak adanya gangguan terhadap pertumbuhan tanaman sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebik baik.

Beberapa faktor lingkungan yang perlu diamati sebagai pendukung pertumbuhan cabai rawit di *green house* yaitu suhu, kelembaban, pH tanah dan intensitas cahaya. Kelembaban tanah dan pH diukur dengan soil tester, kemudian untuk suhu diukur dengan termometer tanah. Sedangkan intensitas cahaya dapat diukur menggunakan luxmeter.

Tipe tanah yang cocok untuk pertumbuhan cabai rawit yaitu tanah dengan tekstur lempung, baik lempung berpasir maupun lempung berdebu hingga lempung berliat. Kemudian suhu di green house pada pagi hari sebesar 30^0C,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

siang hari sebesar 33^0C dan sore hari sebesar 29^0C. Menurut Tjandra (2011) kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan cabai rawit adalah 18º-30º C. Jamur *Fusarium* sp. berkembang pada suhu tanah 21–33°C. Suhu optimumnya 28°C. Suhu pada lokasi juga dapat mencapai28°C sehingga penyakit layu fusarium dapat lebih mudah berkembang pada tanaman cabai.

Semangun (2007) menambahkan bahwa kelembaban juga membantu perkembangan penyakit layu fusarium. Kelembaban di rumah kassa ini antara 46-60% diduga kurang mendukung untuk perkembangan patogen *Fusarium oxysporum* sesuai dengan pernyataan Bacon *et al.* (1979) bahwa konidium jamur patogen akan bertahan hidup lebih lama pada tanah kering daripada tanah yang lembab dengan kadar air 10,25% dan 30%. Menurut Fitzell & Peak (1984) dan Purwantara (1988) hampir semua kapang yang bersifat patogen memerlukan kelembaban yang relatif tinggi selama proses pembentukan spora dan perkembangan penyakit. Jumlah spora yang berkecambah pada kelembaban 99% lebih kurang separuh dibanding pada kelembaban 100%, dan pada kelembaban 97% perkecambahan sedikit. Pada kelembaban yang rendah,viabilitas spora cepat menurun atau bahkan mati. Viabilitas spora di udara pada umumnya pendek, terutama pada atmosfir dengan kelembaban relatif rendah.

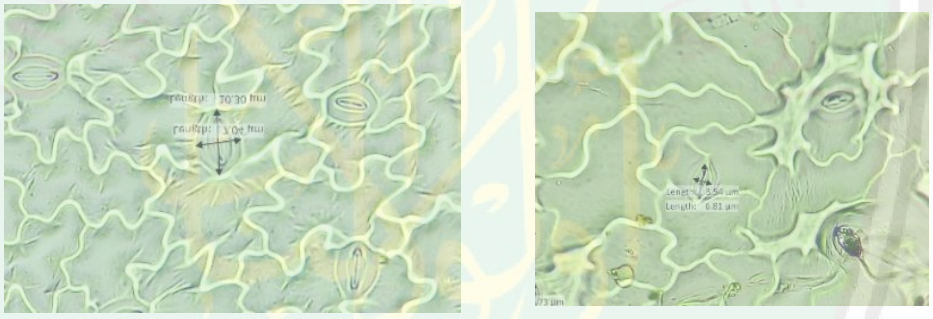
Selanjutnya pH tanah yang diukur menggunakan soil tester antara 6-7. Menurut Tjandra (2011) pH tanah yang optimum untuk penanaman cabai rawit adalah pH 5,5 – 6,5, pH tanah nertal berkisar 6-7. Jika pH tanah kurang dari 5,5, dapat dilakukan pengapuran. Menurut Semangun (2007) *Fusarium* sp. dapat hidup pada pH tanah yang luas variasinya. Intensitas cahaya pada green house

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

diukur menggunakan alat luxmeter. Intensitas cahaya pada green house berkisar 6000-7500 lux.

4.2 Pengamatan Anatomi Jaringan secara Mikroskopik

Pengamatan anatomi jaringan secara mikroskopik ini dilakukan pada bagian stomata daun yang sehat dan sakit. Pengamatan ini untuk mengetahui perbandingan jumlah stomata dan susunan stomata pada daun yang sakit dan sehat. Berikut ini hasil pengamatan stomata daun secara mikroskopis dengan menggunakan perbesaran mikroskop sebesar 400X.



A B

Gambar 4.2 pengamatan mikroskopis stomata perbesaran 400x (a) daun cabe sehat dan (b) daun cabai sakit

Berdasarkan hasil pengamatan stomata daun secara mikroskopis antara tumbuhan cabai yang sehat dan sakit terdapat perbedaan yang nyata bahwasannya stomata daun pada cabai yang sehat bentuknya lebih teratur, jumlahnya banyak dan sel stomata tampak sehat besar ukurannya berkisar 7,5 -10 µm. Hal ini berbeda dengan stomata pada daun yang sakit yakni stomata tampak lebih kecil berukuran 3-6,75 µm, selnya tampak mengkerut, jumlahnya sedikit serta tata letak

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

kurang tersusun rapi. Hal ini juga akan mempengaruhi kerja dari stomata daun saat melakukan proses fotosintesis. Sehingga tanaman cabai yang sehat proses fotosintesis akan lebih optimal dibanding stomata pada daun yang sakit.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arini (2013) bahwa stomata sehat memiliki jumlah stomata lebih banyak dibandingkan tanaman sakit. Hal ini berarti jumlah stomata pada tanaman sehat lebih banyak dikarenakan pertumbuhan tanaman normal, sedangkan pada tanaman sakit jumlah stomatanya lebih sedikit karena infeksi virus yang menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu sehingga produksi metabolitnya juga terganggu.

Jumlah stomata yang diamati pada 1 lapang pandang pada daun yang sehat jumlah stomata berkisar 28-30. Sedangkan pada daun yang sakit berjumlah 25. Banyaknya jumlah stomata mempengaruhi besarnya transpirasi akan tetapi baik untuk tanaman penghijauan. Menurut Imiliyana (2012) transpirasi itu suatu penguapan air yang baru yang membawa garam-garam mineral dari dalam tanah. Transpirasi juga bermanfaat di dalam hubungan penggunaan sinar (panas) matahari. Kenaikan temperatur yang membahayakan dapat dicegah karena sebagian dari sinar matahari yang memancar itu digunakan untuk penguapan air.

Berdasarkan keterangan gambar literatur pada gambar 4.2 menurut Nurwahyuni (2014) mekanisme infeksi kapang patogen pada daun cabai rawit dimulai dari proses masuknya hifa kapang patogen yang masuk melalui lubang stomata daun kemudian menembus kutikula pada jaringan epidermis bawah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yunasfi (2002) bahwa mekanisme infeksi cendawan patogen pada daun cabai dapat terjadi melalui penetrasi langsung dengan

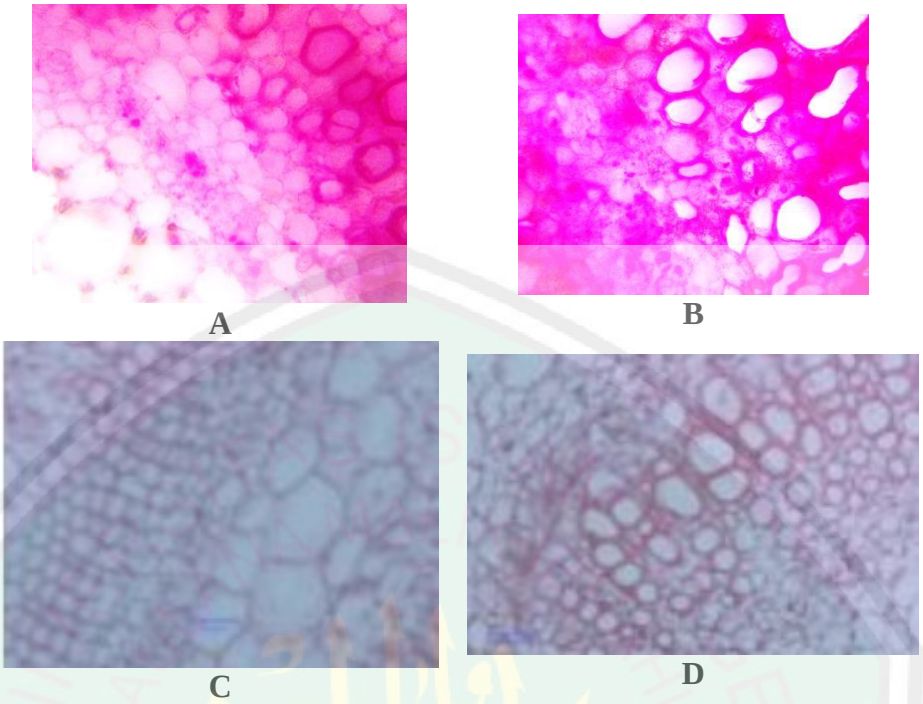
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menembus permukaan tanaman inang, melalui luka ataupun melalui stomata dan hifa kapang dapat masuk ke dalam jaringan tumbuhan tanpa merusak jaringan epidermis, karena hifa hanya menembus lapisan kutikula dengan mengeluarkan enzim kutinase yang merupakan biokatalisator dalam proses degradasi kutikula, selanjutnya miselium tumbuh di antara kutikula dan dinding sel epidermis Pertumbuhan hifa selanjutnya akan menembus ke dalam sel-sel penyusun jaringan spons dan palisade, sehingga berdasarkan hasil pengamatan anatomi secara melintang ditemukan sebaran miselium pada penyusun jaringan mesofil.

Pertumbuhan jamur di dalam jaringan vaskular tumbuhan membuat pasokan air tanaman sangat terpengaruh. Kurangnya air ini menginduksi daun stomata untuk menutup, daun layu, dan tanaman akhirnya mati. Pada titik inilah jamur menyerang jaringan parenkim, sampai akhirnya mencapai permukaan jaringan mati, di mana sporulates berlimpah. Itu menghasilkan spora yang pada gilirannya bertindak sebagai inokulum baru untuk penyebaran lebih lanjut dari jamur tersebut (Agrios, 2005)

Pengamatan anatomi jaringan selanjutnya secara mikroskopik ini dilakukan pada bagian batang yang sehat dan sakit terutama bagian xilem dan floem. Batang tersebut diiris melintang yang kemudian diamati dengan perbesaran 400X. Berikut ini hasil pengamatan batang secara mikroskopis.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.3 pengamatan mikroskopis xilem floem perbesaran 400x (a) batang sehat dan (b) batang sakit (c) literatur batang sehat (d) literatur batang sakit (Arini, 2013)

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan perbedaan pada susunan jaringan xilem dan floem yang berbeda pada batang yang sehat dan sakit. Pada batang yang sehat susunan xilem dan floem tampak tersusun rapi dan teratur, ukuran sel pada xilem maupun floem juga hampir sama, hal ini berbeda pada batang yang sakit, yakni susunan antara xilem dan floem susunan jaringannya tidak begitu rapi bahkan ada yang sudah mengalami nekrosis, kemudian ukuran jaringannya tidak teratur ada yang besar dan kecil. Kerusakan pada jaringan ini akan mempengaruhi proses fisiologis tanaman. Jika kerusakan jaringan pada bagian batang telah mencapai sel-sel pembuluh angkut maka dapat memengaruhi proses distribusi nutrisi dalam jaringan tanaman.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Berdasarkan penelitian sebelumnya menurut Arini (2013) batang sehat pada cabai merah memiliki ukuran sel pada jaringan yang lebih besar dan tersusun rapat serta hasil pewarnaan pada safranin lebih lemah daripada batang yang terinfeksi virus maupun patogen menghasilkan ukuran sel lebih kecil dan tersusun rapat) serta hasil pewarnaan pada safranin lebih kuat. Tanaman sakit sel-selnya terlihat menyempit dan kecil-kecil karena aktivitas membelah berlebih, pembentangan sel terganggu dan metabolismenya juga terganggu.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagaimana berikut:

1. Ada pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap patogen *Fusarium oxysporum* pada cabai rawit secara *in vivo*. Formulasi *Trichoderma* sp. yang paling efektif untuk pencegahan intensitas serangan terhadap patogen *Fusarium oxysporum* yaitu pada formulasi 400 mL meskipun tidak berbeda nyata dengan formulasi 500 mL dan 600 mL. Kemampuan hambatan intensitas serangannya sebesar 28%, semakin kecil intensitas serangan semakin baik pula kemampuannya dalam mencegah serangan patogen *Fusarium oxysporum*. Pada kontrol negatif intensitas serangan mencapai 100% yang menyebabkan tanaman layu total.
2. Ada pengaruh pemberian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap patogen *Fusarium oxysporum* pada jaringan anatomi cabai rawit yang diamati secara mikroskopis. Stomata yang sehat jumlahnya lebih banyak dan ukurannya lebih besar dianding stomata yang sakit. Sedangkan pada batang yang sehat ukuran selnya lebih besar, tersusun longgar dan warna safranin lebih lemah dibandingkan batang yang sakit.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan perbedaan interval waktu pemberian formulasi yang lebih optimal. Selain itu diidentifikasi jamur *Trichoderma* sp ini hingga spesies agar dapat diketahui lebih detail kemampuan antagonis yang terdapat pada spesies *Trichoderma* sp.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR PUSTAKA

Agrios GN. 2005. *Plant Pathology 5th Ed. Oxford (GB)* : Elsevier Academic Pr.

Alfizar, M., & Fitri, S. 2013. Kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap beberapa jamur patogen in vitro. *Jurnal Floratek (8) : 45-51.*

Al-Qurthubi, Syaikh Imam. 2009. *Tafsir al-Qurthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam

Amani. 2008. *Biofungisida Trichoderma harzianum*. *Online*. http://www.amani.or.id. Diakses 5 Maret 2018

Andrews, J. (ed). 1995. *Peppers-the domesticated Capsicums. New edition, 46 pp*. University of Texas Press, Austin, Texas.

Anitasari, Rukmini. 2016. Pengujian Beberapa Formulasi Biofungisida *Trichoderma* Sp. Untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum* sp.) Pada Cabai Besar Di Lapang. *Skripsi*. Universitas Jember

Anjorin, S.T. and M. Mohammed 2009. Effects of Seedborne Fungi on Germination and Seedling Growth of Watermelon (*Citrullus lanatus*). *J. Agric. Soc. Sci*., 5: 77–80

Arini, Liss Dyah Dewi, Suranto, dan Edwi Mahajoeno. 2013. Studi Morfologi Dan Anatomi Pada Tanaman *Capsicum Annuum* L. Terinfeksi Virus Di Daerah Eks Karesidenan Surakarta. *EL-VIVO* Vol.1 No.1

Bacon CW, Porter JK, Norred WP & Leslie JF. 1996. Production of Fusaric Acid by Fusarium Species. *Applied and Environmental Microbiology* 62: 4039 – 4043.

Badan Pusat Statistik. 2017. *Online*. http://www.bps.go.id. Diakses pada tanggal 12 Pebruari 2018.

Baker, K. F. and R. J. Cook. 1998. *Biological Control of Plant Pathogens*. W. H. Freeman and Co., San Francisco. pp: 433

Balai Penelitian Tanaman Pangan. 2005. Tanaman Obat Indonesia. *Online*. http://www.iptek.net.id. Diakses pada tanggal 10 Februari 2018

BBPPTP, 2012. Intruksi Kerja Laboratorium Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan Surabaya. Jombang.

Bosland PW, Votava EJ. 2000. *Pepper: Vegetable and spice capsicums.* New York : CABI publishing

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Cahyani, V. R. 2009. Pengaruh beberapa metode sterilisasi tanah terhapat status hara, populasi, Mikrobiota, potensi infeksi mikorisa dan pertumbhan tanaman. *Jurnal Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi 6(1)*

Cahyono, 2003. *Cabai Rawit, teknik budidaya dan analisis usaha tani.* Yogyakarta : Kanisius

Calvalho, S.I.C. et al. 2017. Genetic variability of a Brazilian *Capsicum frutescens* germplasm collection using morphological characteristics and SSR markers. *Genet. Mol. Res*. 16 (3)

Chairani, H. 2008. *Teknik Budidaya Tanaman Jilid 2*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Chigoziri, E. dan E.J. Ekefan. 2013. Seed Borne Fungi of Chili Pepper (Capsicum frutescens) from Pepper Producing Areas of Benua State. *Agric. Biol. J.N.Am 4(4)*.

Clay K, Marks S, Cheplick GP. 1993. Effet of insect herbivory and fungal endophyte infection on competitive interactions among grasses. *Ecology*. 74:1767-1777.

DBPH (Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura). 2009. *Luas Panen, Rata-rata Hasil dan Produksi Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Departemen Pertanian. Jakarta : Balai Penelitian Hortikultura Lembang 1982/1983

Doss et al. 1995. Doss RP, Clement, SI, Kuy SR, Welty RE. 1998. A PCR-based technique for detection of Neotyphodium endophytes in diverse accessions of tall fescue. Plant Dis. 82: 738-740

Dwiastuti, ME, Fajri, M.N., dan Yunimar. 2015. Potensi *Trichoderma* spp. sebagai Agens Pengendali *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *J. Hort.* Vol. 25 No. 4

Ebadi, manuchair. 2006. *Pharmacodynamic Basis of Herbal Medicine*, Second Edition. CRC press

Esrita, B., Ichwan dan Irianto. 2011. Pertumbuhan dan hasil tomat pada berbagai bahan organik dan dosis trichoderma. Jurnal Akta Agrosia13(2):37-4

Farida, S. 1992. Penggunaan jamur saprob tanah untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum* pada tanaman tomat (*Lycopersicum esculenta*). *J. IPM* 2(1):24-29.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Fitriasari, Prilya D. 2012. Isolasi Dan Uji Antagonis *Trichoderma* spp. Terhadap Kapang Penyebab Antraknosa Pada Tanaman Stroberi (*Fragaria vesca* L.) *Skripsi*. Universitas Brawijaya

Fitriyah, Lu'luatul. 2015. Penapisan dan Identifikasi Bakteri Endofit Cabai Merah penghambat Colletotrichum capsici. Bogor. *Skripsi* : IPB.

Fitzell, R. D. & C. M. Peak. 1984. The Epidemiology of Anthracnose Disease of Mango: Inoculum Sources, Spore Production, and Dispersal. Ann. Appl. Biol. 104: 53-59.

Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchell, 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.

Giyanto A, Suhendar dan Rustam. 2009. Kajian pembiakan bakteri kitinolitik *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus* sp. pada limbah organik dan formulasinya sebagai pestisida hayati (BIO-Pesticide). *Prosiding Seminar*. IPB

Goodman & Gilman. 2008. *Dasar Farmakologi Terapi,* Jakarta:. Buku kedokteran ECG,

Gusnawaty HS, Muhammad Taufik, Leni Triana, dan Asniah. 2014. Karakterisasi Morfologis *Trichoderma* Spp. Indigenus Sulawesi Tenggara. *JURNAL AGROTEKNOS* Vol. 4 No. 2. Hal 87-93

Hakizimana JD, Gryzenhout M, Coutinho TA, van den Berg N. 2011. Endophytic diversity in Persea americana (avocado) trees and their ability to display biocontrol activity against Phytophthora cinnamomi. World avocado congress

Harman, G. E. 2006. Overview of mechanism and use of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96: 190-194.

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

Harwitz, A. 2003. TmKA, A Mitogen Activated Protein Kinase of Trichoderma virens, is Involved in Biocontrol Properties and Repression of Conidiation in the Dark. *http://ec.asm.org/ content/ abstract/2/3/446.*

Hegde, Shruti V, Ganesh R. Hegde, Gangadhar S. Mulgund and Vinayak Upadhya. 2014. Pharmacognostic Evaluation of Leaf and Fruit of *Capsicum frutescens* (Solanaceae). *Phcog J* 6 (3).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Huda, Miftahul. 2010. Pengendalian Layu Fusarium pada Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca* L.) secara Kultur Teknis dan Hayati. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Imam Jalaluddin Al-Mahalli dan Imam Jalaluddin As-Suyuthi. 2000. *Tafsir Jalalain.* Bandung : Sinar Baru Algensindo.

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.*

Ismail, madi et al. 2017 . Virulence Of Wilt Pathogens Against Pepper Cultivars In Egypt. *International Journal of Technical Research & Science* Volume 1 Issue 10

Khan, Zafarul I. 2011. Food in Islam. *Online*. http://www.milligazette.com/news/503-food-in-islam-faith-alliance. Diakses pada tanggal 8 Maret 2018

Kredics, L., Z. Antal, L. Manczinger, A. Szekeres, F. Kevei, and E. Nagy. 2003. Influence of environmental parameters on Trichoderma strains with biocontrol potential. *Food Technology and Biotechnology.* 41 (1): 37–42.

Juliana, Umrah dan Asrul. 2017. Pertumbuhan Miselium *Trichoderma* sp. Pada Limbah Cair Tempe Dan Limbah Air Kelapa. *Biocelebes* Vol. 12 No.2

Loekas Soesanto, Endang Mugiastuti, Ruth Feti Rahayuniati & Ratna Stia Dewi. 2013. Uji Kesesuaian Empat Isolat Trichoderma Spp. Dan Daya Hambat In Vitro Terhadap Beberapa Patogen Tanaman. *J. HPT Tropika* vol. 13 no 2 hal 177-123

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

Marlina. Hafsah, 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

Marpaung, I. S., Ratmini, S,. 2014. Efektifitas pupuk organik untuk meningkatkan produktivitas padi lahan pasang surut. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. ISBN : 979-587- 529-9

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Meilin, Araz. 2014. *Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Cabai Serta Pengendaliannya*. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP)

Motlagh, M. R. S. and Z. Samimi. 2013. Evaluation of *Trichoderma* spp., as biological agents in some of plant pathogens. *Annals of Biological Research* 4: 173-179.

Mukarlina, Siti, KD & Reny, R. 2010. Uji antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap Fusarium spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) secara In Vitro. *Jurnal Fitomedika* Vol. 7 no. 2 pp. 80-85

Mukherjee, P. K., B. A. Horwitz, U. S. Singh, M. Mukherjee, and M. Schmoll. 2013. *Trichoderma Biology and Aplications*. CAB International, London.

Natalia, Andes Galuh, Titik Nur Aeny dan Joko Prasetyo. 2014. Uji Keefektifan *Trichoderma* Spp. Dengan Bahan Campuran Yang Berbeda Dalam Menghambat Pertumbuhan *Sclerotium Rolfsii* Penyebab Penyakit Rebah Kecambah Pada Kacang Tanah. *J. Agrotek Tropika* Vol. 2, No. 3

Novianti, Dewi. 2018. Perbanyakan Jamur *Trichoderma* sp pada Beberapa Media. Sainmatika: *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* Volume 15 No. 1

Nugraheni, E.S. 2010. *Karakterisasi Biologi Isolat-Isolat Fusarium* sp *Pada Tanaman Cabai Merah (Capsicum annum* L.*) Asal Boyolali*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret

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

Nurbaya, T. Kuswinanti, Baharuddin, A. Rosmana, dan S. Millang. 2014. Uji kecepatan pertumbuhan *Fusarium* spp. pada media organik dan media sintesis. *Bionature*, 15(1): 45 – 53.

Nurhayati. 2011. Infeksi *Fusarium* sp. Patogen Lapuk Batang Pada Berbagai Umur Bibit Karet. *Prosiding Semirata* Bidang Ilmu-ilmu Pertanian BKS-PTN Wilayah Barat, pp. 312-5.

Nurhidayati, Siti, Abdul Majid dan Paniman Ashna Mihardjo. 2015. Pemanfaatan Biofungisida Cair Berbahan Aktif *Trichoderma* Sp. Untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum* sp.) Pada Cabai Di Lapang. *Berkala Ilmiah Pertanian* Vol.01 No.1

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Nurwahyuni R, Hastuti US, Witjoro A. 2015. Isolasi dan Identifikasi Kapang pada Bercak di Daun Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L) dari Kecamatan Jatirogo Kabupaten Tuban. *Jurnal-online.um.ac.id*. 1: 1-9. Universitas Negeri Malang

Nurzanah, E. S, Lisnawita dan Bakti, D. 2014. Potensi Jamur Asal Cabai Sebagai Agens Hayati Untuk Mengendalikan Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada Cabai dan Interaksinya. *J. Online Agroekoteknologi*. 2 (3): 1230-1238

Papuangan, Nurmaya, Nurhasanah, dan Mudmainah Djurumudi. 2014. Jumlah Dan Distribusi Stomata Pada Tanaman Penghijauan Di Kota Ternate. *Jurnal Bioedukasi.* Vol 3 No (1)

Paramita, Niken Rasmi, Christanti Sumardiyono, dan Sudarmadi . 2014. Pengendalian Kimia Dan Ketahanan *Colletotrichum* Spp. Terhadap Fungisida Simoksanil Pada Cabai Merah. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, Vol. 18, No. 1, 2014: 41–46

Pracaya, 1994. *Bertanam Lombok.* Yogyakarta : Kanisius

Perveen, K. dan Alwathnani, H. A 2012. Biological Control of Fusarium Wilt of Tomato by Antagonist Fungi and Cyanobacteria. *African Journal of Biotechnology*. 11(5): 1100-1105

Prajnanta, F. 2011. *Mengatasi Permasalahan Bertanam Cabai*. Jakarta : Penebar Swadaya

Purwantara, A. 1988. Pengaruh Penyinaran Matahari dan Ultraviolet 254 nm serta Temperatur terhadap Viabilitas Spora *Colletotrichum gloeosporioides*. *Seminar Ilmiah PFI.* Segunung, 24 Agustus 1988. Hlm. 100-111

Purwantisari S, Hastuti RH. 2009. Uji Antagonism Jamur *Phytopthora infestans* Penyebab Penyakit Busuk Daun Dan Umbi Kentang dengan Menggunakan *Trichoderma spp*. Isolat local. *Jurnal Bioma* 11 (1):24-32.

Putri, O.S.D., Sastrahidayat, I.R., dan Djauhari, S. 2014. Pengaruh Metode Inokulasi Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. Lycopersici (Sacc.) Terhadap Kejadian Penyakit Fusarium Pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Jurnal HPT* 2 (3)

Rahman, A. 1989. *Pengantar Teknologi Fermentasi*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Riyanto. H., 2006, Pemanfaatan limbah air rebusan kedelai untuk pembuatan nata de soya (kajian penambahan sukrosa dan ekstrak kecambah), University of Muhammadiyah Malang

Sastrahidayat, I.R. 1992. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Surabaya: Usaha Nasional

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. 2007. *Penyakit- penyakit tanaman hortikultura di Indonesia*. Yogyakarta: UGM Press.

Sentana S. 2010. Pupuk Organik, Peluang dan Kendalanya. *Seminar Nasional* Teknik Kimia "Kejuangan", Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, hlm. 1-5.

Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al Mishbah : Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta : Lentera Hati.

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.

Smith, I.M., J. Dunez, D.H. Phillips, R.A. Lelliott, and S.A. Archer, eds. 1988. *European handbook of plant diseases.* Blackwell Scientific Publications: Oxford. 583pp

Soesanto, 2008. *Pengantar Pengendalian Penyakit Tanaman*. Jakarta : Grafindo Persada

Sujitno, E., dan Meksi D. 2015. Produksi panen berbagai varietasunggul baru cabai rawit (*Capsicum frutescens)* di lahan kering Kabupaten Garut, Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. Vol. 01 No. 4. Hal : 874-877

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Sutejo, Ade Mahendra , Achmadi Priyatmojo, dan Arif Wibowo. 2008. Identifikasi Morfologi Beberapa Spesies Jamur Fusarium. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* Vol.14, No.1

Suwahyono, U. 2013. *Membuat Biopestisida*. Jakarta: Penebar Swadaya.

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.*

Tendi, Putri Nindy. 2016. Pengaruh Konsentrasi Penyiraman Air Limbah Tempe Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*, L.) Sebagai Bahan Penyusunan Petunjuk Praktikum Mata Pelajaran Biologi Untuk Sma Kelas Xii Pada Materi Pertumbuhan Dan Perkembangan. *Prosiding Seminar Nasional II 2016.*

Thamrin, M. dan S. Asikin. 2005. Strategi Pengendalian Penggerek Batang Padi Tanpa Insektisida Sintetik di Lahan Pasang Surut. *Prosiding Seminar Nasional.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. P251-260.

Tjandra, E., 2011. *Panen Cabai Rawit Di Polybag*. Yogyakarta: Cahaya Atma Pustaka.

Townsend & Hueberger. 1948. In Uenterstenhofer, G. 1976. *The Basic Principlel of Crop Protection Field Trials*. Pflanzenschutz-Nachrichten

Tronsmo, A. 1996. *Trichoderma harzianumin Biological Control of Fungal Disease, 218 p in Principle and Practice of Managing Soil Borne Plant Pathogens* (R. Hall, ed) American Phytopathology Society. St, Paul Minnesota

Uruilal, C., A.M. Kalay, E. Kaya dan A. Siregar. 2012. Pemanfaatan kompos ela sagu, sekam dan dedak sebagai media perbanyakan agens hayati *Trichoderma harzianum*. Rifai. *Agrologia*, 1(1): 21-30.

Vigliar, R., Sdepanian V. L., dan Neto U. F.,2006, Biochemical profile of coconut water from coconut palms planted in an inland region, *J. de Pediatria*, 82 (4) : 308-312.

Wahyudi. 2011. *Panen Cabai Sepanjang Tahun.* Jakarta: PT Agromedia Pustaka

Waksman, S. A. 1998. *The Actinomycetes, A Summary of Current Knowledge.* The Ronald Press Company. New York

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Wijaya, I., Oktarina., dan Virdanuriza, M. 2011. Pembiakan Massal Jamur Trichoderma sp pada Beberapa Media Tumbuh Sebagai Agen Hayati Pengendalian Penyakit Tanaman. *Agritrop Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*.

Yunasfi, 2002. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Penyakit yang Disebabkan oleh Jamur. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara : Medan

Yuwono D. 2007. *Kompos*. Jakarta: Penebar Swadaya

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan media biakan mikroba

1. **Media PDA**
   Media PDA sebanyak 39 gram dilarutkan dengan 1000 ml aquades. Dipanaskan diatas hotplate stirer sampai mendidih dan homogen. Disterilkan dalam autoklaf suhu 121˚C selama 15 menit. Ditambahkan kloramfenikol sebagai antibakteri pada media PDA lalu dituang kedalam cawan petri steril kemudian ditunggu sampai memadat.

2. **Media PDB**
   Media PDB sebanyak 24 gram dilarutkan dengan 1000 ml aquades. Dipanaskan diatas hotplate stirer sampai mendidih dan homogen. Disterilkan dalam autoklaf suhu 121˚C selama 15 menit. Ditambahkan kloramfenikol sebagai antibakteri pada media PDA lalu dimasukkan ke dalam botol scoot untuk stock.

3. **Media Formulasi *Trichoderma* sp.**
   Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tempe dan limbah air kelapa. Komposisi perbandingan medianya yaitu 150 ml LCT (limbah cair tempe) + 100 ml LAK (limbah air kelapa). Media yang sudah diukur untuk masing-masing perlakuan dilakukan pengukuran pH sebesar 7. Kemudian media disterilkan dengan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121^0C (Herlina, 2009). Kemudian medium ini siap digunakan sebagai media tumbuh *Trichoderma* sp. Suspensi konidia *Trichoderma* sp. sebanyak 2,5 ml diinokulasikan pada media formula dengan pengenceran 10^{-6} yang memiliki jumlah konidia sebanyak 1 x 10^6 konidia/ml. Formula ditumbuhkan shaker dengan kecepatan 150 rpm pada kisaran suhu antara 25ºC - 30ºC selama 4 hari.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 2. Peremajaan Mikroba Endofit *Trichoderma* sp. dan Patogen *Fusarium oxysporum*

1. Peremajaan kapang *Trichoderma sp.*

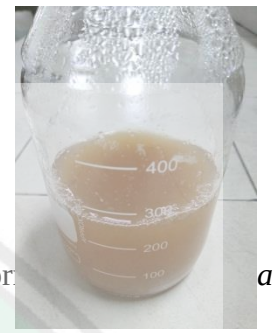
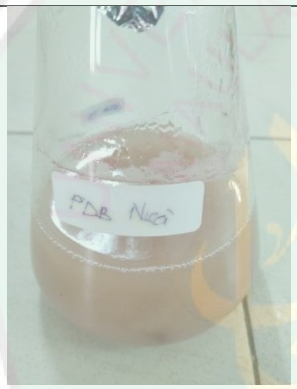
Diambil biakan kapang *Trichoderma* sp. dalam cawan petri. Diletakkan biakan kapang kedalam cawan petri berisi media PDA lalu diinkubasi biakan kapang dalam cawan petri pada suhu ruang 29˚C selama 5-7 hari.

2. Peremajaan Patogen *Fusarium oxysporum*

Diambil biakan kapang *Fusarium oxysporum* dalam cawan petri. Diletakkan biakan kapang kedalam cawan petri berisi media PDA lalu diinkubasi biakan kapang dalam cawan petri pada suhu ruang 29˚C selama 5-7 hari.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 3. Alat dan Bahan Penelitian

 limbah cair tempe	 limbah air kelapa	 For *a*
 Stok *Fusarium oxysporum*	 Limbah LAK +LCT	 Bibit cabai
 Alat ukur pH dan kelembaban	 *Soil tester*	 Lux meter

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 4. Hasil data

perlakuan	Ulangan	7 hsi	14 hsi	21 hsi	RATA-RATA	RATA-RATA
P1	U1	25%	35%	16%	25%	35%
	U2	29%	35%	50%	38%	
	U3	37%	47%	36%	40%	
	U4	32%	37%	39%	36%	
P2	UI	15%	17%	43%	25%	33%
	U2	35%	41%	43%	40%	
	U3	27%	32%	34%	31%	
	U4	35%	34%	40%	36%	
P3	U1	15%	22%	42%	26%	36%
	U2	28%	40%	38%	35%	
	U3	53%	49%	26%	43%	
	U4	26%	59%	40%	42%	
P4	UI	28%	30%	28%	29%	28%
	U2	13%	30%	31%	24%	
	U3	17%	38%	35%	30%	
	U4	28%	44%	18%	30%	
P5	U1	38%	37%	20%	32%	31%
	U2	31%	16%	16%	21%	
	U3	42%	40%	29%	37%	
	U4	28%	67%	11%	35%	
P6	UI	10%	26%	17%	17%	30%
	U2	59%	20%	26%	35%	
	U3	30%	59%	18%	36%	
	U4	38%	42%	21%	33%	
K+	UI	74%	28%	38%	47%	57%
	U2	77%	16%	27%	40%	
	U3	52%	25%	38%	38%	
	U4	57%	32%	33%	41%	
K-	UI	32%	91%	100%	74%	72%
	U2	21%	92%	100%	71%	
	U3	22%	89%	100%	70%	
	U4	27%	86%	100%	71%	

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 5. Uji statistika secara SPSS

1. Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		perlakuan
N		32
Normal Parameters[a]	Mean	4.5000
	Std. Deviation	2.32795
Most Extreme Differences	Absolute	.115
	Positive	.115
	Negative	-.115
Kolmogorov-Smirnov Z		.652

Test of Homogeneity of Variances

presentase

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.441	7	24	.235

2. Uji *One Way ANOVA*

ANOVA

Presentase	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5500.719	7	785.817	21.425	.000
Within Groups	880.250	24	36.677		
Total	6380.969	31			

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Uji Lanjut Duncan (DMRT)

Presentase

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
400 Ml	4	28.00		
600 Ml	4	30.00		
500 Ml	4	31.00		
200 Ml	4	32.25	32.25	
100 Ml	4	34.75	34.75	
300 Ml	4	36.00	36.00	
K+	4		41.00	
K-	4			71.25
Sig.		.111	.072	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 6. Foto Pengamatan

1. Perlakuan kontrol + dengan menggunakan mankozeb

2. Perlakuan kontrol – dengan menggunakan patogen *Fusarium oxysporum* saja

3. Perlakuan 100 ml

4. Perlakuan 200 ml

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

5. Perlakuan 300 ml

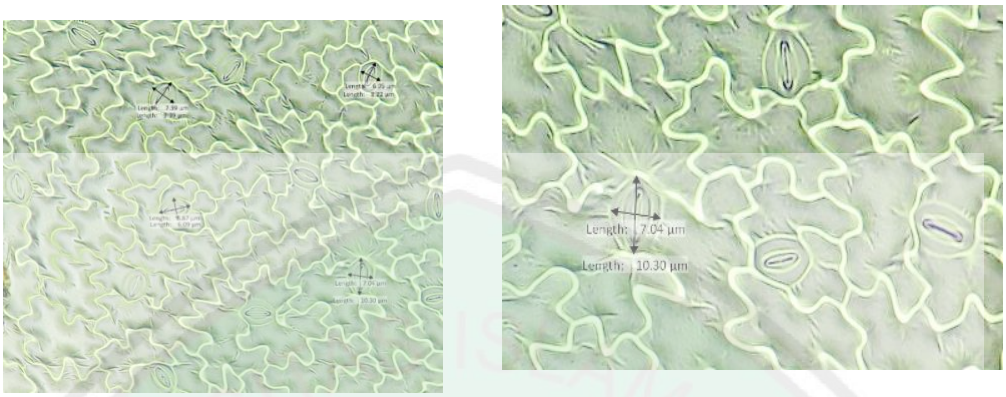
6. Perlakuan 400 ml

7. Perlakuan 500 ml

8. Perlakuan 600 ml

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 7. Pengamatan anatomi jaringan secara mikroskopis



Pengamatan stomata daun sehat

Pengamatan stomata daun sakit

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 8. Perhitungan

1. Perhitungan Haemacytometer
   kerapatan konidia ini dihitung dengan menggunakan alat Haemacytometer Naubauer, kemudian hasil yang diperoleh dihitung dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyanto (1989)

$$S = \frac{t \times d}{n \times 0{,}25} \times 10^6$$

   Keterangan:
   S = Kerapatan konidia
   t = Banyaknya konidia yang dihitung pada kotak hitung (a,b, c, d, e)
   d = Tingkat pengenceran (ml)
   n = Banyaknya kotak kecil yang diamati (5×16 kotak = 80 kotak kecil)
   0,25 = Ukuran standar haemacytometer (mm)

   Cara perhitungan :

$$S = \frac{196 \times 1}{80 \times 0{,}25} \times 10^6$$
$$= 9{,}8 \times 10^6$$

2. Perhitungan jumlah konidia/mL
   a. Formulasi dosis 100 mL
      $V_1 . M_1 = V_2 . M_2$
      $V_1 . 9{,}8 \times 10^6 = 100 . 1 \times 10^6$
      $V_1 = 10{,}2$ mL (stok)
      100 – 10,2 = 89,8 mL aquades

   b. Formulasi 200 mL
      $V_1 . M_1 = V_2 . M_2$
      $V_1 . 9{,}8 \times 10^6 = 200 . 1 \times 10^6$
      $V_1 = 20{,}4$ mL (stok)
      200 – 20,4 = 179,6 mL aquades

   c. Formulasi 300 mL
      $V_1 . M_1 = V_2 . M_2$
      $V_1 . 9{,}8 \times 10^6 = 300 . 1 \times 10^6$
      $V_1 = 30{,}6$ mL (stok)
      300 – 30,6 = 269,4 mL aquades

   d. Formulasi 400 mL
      $V_1 . M_1 = V_2 . M_2$
      $V_1 . 9{,}8 \times 10^6 = 400 . 1 \times 10^6$
      $V_1 = 40{,}8$ mL (stok)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

400 – 40,8 = 359,2 mL aquades

e. Formulasi 500 mL
$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$
$V_1 . 9{,}8 \times 10^6 = 500 . 1 \times 10^6$
$V_1 = 51$ mL (stok)
500 – 51 = 449 mL aquades

f. Formulasi 600 mL
$V_1 . M_1 = V_2 . M_2$
$V_1 . 9{,}8 \times 10^6 = 600 . 1 \times 10^6$
$V_1 = 61{,}2$ mL (stok)
600 – 61,2 = 538,8 mL aquades

3. Perhitungan Intensitas Serangan

Intensitas serangan = $\left\{\frac{\Sigma(nxV)}{ZxN}\right\} x\ 100\%$

Keterangan:
n : jumlah daun mengalami gejala layu fusarium
V : Nilai skor pada tiap daun yang terserang layu Fusarium
N : jumlah daun yang diamatiZ : skor kelas daun yang terserang layu Fusarium tertinggi

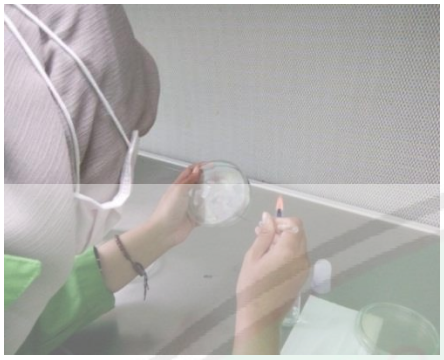
Skala intensitas penyakit layu Fusarium cabai adalah:
0 : tidak ada gejala layu
1 : gejala layu ringan
2 : pengerdilan dan klorosis daun
3 : 10 % dari tanaman menunjukkan gejala layu
4 : 11-25 % dari tanaman menunjukkan gejala layu
5 : 26-50 % dari tanaman menunjukkan gejala layu
6 : 51-100 % layu atau tanaman mati

Contoh cara perhitungan :

$$\left\{\frac{\Sigma(nxV)}{ZxN}\right\} x\ 100\% = \left\{\frac{\Sigma(1*1+3*3+6*4)}{34*4}\right\} x\ 100\% = \left\{\frac{\Sigma(34)}{136}\right\} x\ 100\% = 25\%$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 9. Foto Kegiatan



CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Choirun Nisa'
NIM : 14620049
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil / Genap TA
Pembimbing : Dr. Ulfah Utami, M.Si
Judul Skripsi : Pengujian Formulasi *Trichoderma* sp terhadap Pencegahan Patogen *Fusarium Oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Pada Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) Secara *In Vivo*

No	Tanggal	Uraian Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	20 Jan 2018	Judul Skripsi	1.
2.	10 Feb 2018	ACC Judul Skripsi	2.
3.	27 Feb 2018	BAB I,II dan III	3.
4.	9 Mar 2018	Revisi BAB I, II III	4.
5.	9 Apr 2018	Revisi BAB I, II,III	5.
6.	11 Apr 2018	ACC BAB I, II, III	6.
7.	28 Sep 2018	Hasil Data	7.
8.	8 Okt 2018	Analisis Data	8.
9.	1 Nov 2018	BAB IV	9.
10.	2 Nov 2018	Revisi BAB IV, BAB V	10.
11.	5 Nov 2018	Revisi BAB IV dan V	11.
12.	6 Nov2018	ACC Skripsi	12.

Malang, 6 November 2018

Pembimbing Skripsi,

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

Ketua Jurusan,

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Choirun Nisa
NIM : 14620049
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil / Genap TA
Pembimbing : Mujahidin Ahmad, M.Sc
Judul Skripsi : Pengujian Formulasi *Trichoderma* sp terhadap Pencegahan Patogen *Fusarium Oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Pada Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) Secara In *Vivo*

No	Tanggal	Uraian Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	20 Jan 2018	Judul Skripsi	1.
2.	10 Feb 2018	Integrasi BAB I	2.
3.	22 Feb 2018	Revisi integrasi	3.
4.	6 Mar 2018	Revisi integrasi	4.
5.	14 Mar 2018	Revisi integrasi	5.
6.	9 Apr 2018	ACC BAB I, II, III	6.
7.	1 Nov 2018	Integrasi BAB I-V	7.
8.	2 Nov 2018	Revisi integrasi	8.
9.	5 Nov 2018	Revisi integrasi	9.
10.	6 Nov 2018	ACC Skripsi	10.

Malang, 6 November 2018

Pembimbing Skripsi,

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

Ketua Jurusan,

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG