

**UJI POTENSI ANTAGONIS BAKTERI ENDOFIT *Bacillus cereus* DAN
Bacillus megaterium TERHADAP JAMUR PATOGEN *Fusarium oxysporum*
PENYEBAB PENYAKIT LAYU DAUN CABAI RAWIT (*Capsicum
frutescens* L.)**

SKRIPSI

Oleh:

FISTA NISAUL HIKMAH

NIM. 13620043



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**UJI POTENSI ANTAGONIS BAKTERI ENDOFIT *Bacillus cereus* DAN
Bacillus megaterium TERHADAP JAMUR PATOGEN *Fusarium oxysporum*
PENYEBAB PENYAKIT LAYU DAUN CABAI RAWIT (*Capsicum
frutescens* L.)**

SKRIPSI

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

Oleh:

**FISTA NISAUL HIKMAH
NIM. 13620043**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**UJI POTENSI ANTAGONIS BAKTERI ENDOFIT *Bacillus cereus* DAN
Bacillus megaterium TERHADAP JAMUR PATOGEN *Fusarium oxysporum*
PENYEBAB PENYAKIT LAYU DAUN CABAI RAWIT (*Capsicum
frutescens* L.)**

SKRIPSI

Oleh:

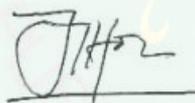
FISTA NISAUL HIKMAH

NIM. 13620043

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:

Tanggal: 05 Juni 2018

Pembimbing I,



Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si
NIP. 196505091999032002

Pembimbing II,



Mujahidin Ahmad, M. Sc
NIP. 19860512201608011060

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi



Romaidi, M. Si, D. Sc

NIP. 198102012009011019

**UJI POTENSI ANTAGONIS BAKTERI ENDOFIT *Bacillus cereus* DAN
Bacillus megaterium TERHADAP JAMUR PATOGEN *Fusarium oxysporum*
PENYEBAB PENYAKIT LAYU DAUN CABAI RAWIT (*Capsicum
frutescens* L.)**

SKRIPSI

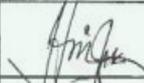
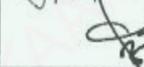
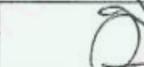
Oleh:

**FISTA NISAUL HIKMAH
NIM. 13620043**

**Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi Dan Dinyatakan
Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memeroleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Tanggal.....

Susunan Dewan Penguji :

Penguji Utama: Ir. Liliek Harianie, AR., MP NIP. 196209011998032001	
Ketua Penguji: Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc NIDT. 19900428201608012062	
Sekretaris : Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si NIP. 196505091999032002	
Angota Penguji I: Mujahidin Ahmad, M. Sc NIP. 19860512201608011060	

**Mengetahui dan Mengesahkan
Ketua Jurusan Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
Ketua Jurusan**



**Romaidi, M. Si, D. Sc
NIP. 198102012009011019**

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fista Nisaul Hikmah

NIM : 13620043

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Biologi

Judul Penelitian : Uji Potensi Antagonis Bakteri Endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Daun Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat dengan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 6 Juli 2018

Yang Membuat Pernyataan,



Fista Nisaul Hikmah

NIM. 13620043

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٥﴾ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾

*“ karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,
Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”*
(QS. Al Insyirah ayat 5-6)

“Barang siapa yang bersungguh-sungguh, maka ia akan mendapatkan hasilnya”

HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji syukur Kehadirat Allah SWT atas limpahan Nikmat, Rahmat dan Karunia-Nya yang telah diberikan kepadaku sehingga aku mampu menyelesaikan skripsi ini. Aku persembahkan karya ini kepada:

Ayahanda (Drs. Asnawi) dan Ibunda (Kibtiyah) tercinta yang telah memberikan dukungan riil maupun moril, dan semangat yang luar biasa serta doa yang selalu dipanjatkan untukku untuk menyelesaikan karya ini.

Kakak (Mas Riza) - adik (Yoga, Putri, Rara, Fito, Syifa) dan keluarga besarku yang selalu memberikan semangat dan menghibur di kala penulis lelah.

Bapak dan Ibu Dosen yang telah membimbing penyelesaian skripsi dan membagikan ilmunya.

Sahabat (Aris Abdul Halim, Arin Naila Malichah, Anis Nur Laily, Meike Tya Kusuma, Izzatinnisa', Yayang Nia Purnawati, Dian Eka Pratiwi, Desi Sari Utami) dan teman-teman tercinta (Husnun Nadhiroh, Aulia Kumala Sari, Eka Lizahara, Zahroul Afifah, Dina Isti'anah, Titik Kusuma Fury, Izatu Septinaharin M., Uswatun Hasanah) yang ikut membantu dan mendampingi dalam suka maupun duka.

Seseorang yang masih dirahasiakan oleh Allah SWT yang nantinya akan bersama-sama belajar menjadi orang yang berguna bagi keluarga, teman, dan agama serta mampu menuntun penulis selamat di dunia maupun di akhirat-Nya. Amiiin Yaa

Rabbal ‘Alamiin

Hanya sebuah karya kecil ini yang bisa aku persembahkan kepada semuanya. Tak ada untaian kata yang indah yang dapat kuungkapkan selain kata terima kasih.

Atas segala khilaf dan kekuranganku, ijinkanku mengucapkan maaf yang seluas-luasnya.

Skripsi ini ku persembahkan

by Fista Nisaul Hikmah

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul “Uji Potensi Antagonis Bakteri Endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Daun Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)”. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta sahabat-sahabatnya.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S. Si). Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Untuk itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul 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 dan Mujahidin Ahmad, M. Sc selaku dosen pembimbing utama dan dosen pembimbing agama yang senantiasa sabar dalam memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis untuk membantu proses penyelesaian penulisan skripsi ini,
5. Ir. Liliek Harianie AR dan Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran guna menyempurnakan penulisan skripsi ini,
6. Segenap Dosen, Staff dan Sifitas Akademika Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang ,

7. Kedua orang tua penulis yaitu bapak Drs. Asnawi dan ibu Kibtiyah serta adik penulis Bustanul Aji Prayoga yang selalu memberikan dukungan moril maupun riil kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini,
8. Sahabat dan teman-teman tercinta yang selalu bersama dalam suka maupun duka,
9. Segenap teman Biologi B 2013 dan Biologi Angkatan 2013 yang senantiasa saling memberikan ilmu dan informasi berguna.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan balasan atas bantuan dan pemikirannya. Sebagai akhir kata, penulis berharap skripsi ini bermanfaat dan dapat menjadi inspirasi bagi peneliti lain serta menambah khasanah keilmuan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 6 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DATAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
ملخص البحث	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	7
1.3. Tujuan	8
1.4. Hipotesis	8
1.5. Manfaat Penelitian	8

1.6. Batasan Masalah	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Cabai rawit (<i>Capsicum frutescens</i> L.).....	11
2.2 Kandungan Gizi dan Manfaat Cabai Rawit	14
2.3 Faktor Pertumbuhan dan Perkembangan Cabai Rawit.....	16
2.4 Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	18
2.5 Penyakit Layu Fusarium.....	20
2.6 Daur Penyakit Layu Fusarium pada Cabai Rawit	23
2.7 Agen Pengendali Hayati.....	24
2.8 Bakteri Endofit sebagai Agen Antagonis	25
2.9 Bakteri <i>Bacillus cereus</i>	28
2.10 Bakteri <i>Bacillus gaterium</i>	31
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Rancangan Penelitian	33
3.2 Waktu dan Tempat	33
3.3 Variabel Penelitian	33
3.3.1 Variabel Independen.....	33
3.3.2 Variabel Dependen	33
3.4 Alat dan Bahan	34
3.4.1 Alat	34
3.4.2 Bahan.....	34
3.5 Prosedur Penelitian.....	34
3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan	34
3.5.2 Pembuatan media kultur NA (<i>Nutrient Agar</i>)	35
3.5.3 Pembuatan Media kultur PDA (<i>Potato Dextrose Agar</i>).....	35
3.5.4 Pembuatan Media Suspensi Bakteri NB (<i>Nutrient Broth</i>)	35
3.5.5 Pembuatan media PDB (<i>Potato Dextrose Broth</i>).....	36
3.5.6 Peremajaan Bakteri Endofit.....	36
3.5.7 Uji Konfirmasi Bakteri	36
3.5.7.1 Uji Pewarnaan Gram.....	36

3.5.7.2 Uji Motilitas.....	37
3.5.7.3 Uji Katalase	37
3.5.8 Isolasi dan Identifikasi Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	37
3.5.9 Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> secara <i>In Vitro</i>	39
3.5.10 Persiapan Media Tanam	41
3.5.11 Pembibitan.....	41
3.5.12 Penanaman dan Pemeliharaan	42
3.5.13 Penyiapan Suspensi Patogen dan Antagonis	42
3.5.14 Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> secara <i>In Vivo</i>	42
3.5.15 Analisis Data	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 Uji Antagonis Bakteri <i>Bacillus cereus</i> dan <i>Bacillus megaterium</i> terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> secara <i>In Vitro</i>	46
4.2 Uji Antagonis Bakteri Endofit <i>Bacillus cereus</i> dan <i>Bacillus</i> <i>megaterium</i> terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>capsici</i> secara <i>In Vivo</i>	55
4.2.1 Masa Inkubasi.....	56
4.2.2 Tinggi Tanaman.....	58
4.2.3 Kejadian Penyakit.....	62
4.2.4 Intensitas Penyakit.....	69
BAB VPENUTUP.....	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi Cabai Rawit (<i>Capsicum frutescens</i>	13
Gambar 2.2 Morfologi <i>Fusarium oxysporum</i>	19
Gambar 2.3 Serangan Layu Fusarium pada Cabai Merah	21
Gambar 2.4 Siklus Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman	24
Gambar 2.5 Spora dari Bakteri <i>Bacillus cereus</i>	29
Gambar 2.6 <i>Bacillus megaterium</i> dengan pewarnaan gram Sudan Black B dan Safranin	31
Gambar 3.1 Skema uji <i>dual culture</i> antara inokulum antagonis dan Patogen.....	39
Gambar 3.2 Skema uji <i>dual culture</i>	41
Gambar 4.1 Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> secara Makroskopis.....	46
Gambar 4.2 Struktur <i>Fusarium oxysporum</i> secara Mikroskopis	47
Gambar 4.3. Uji antagonis menggunakan metode <i>dual culture</i> (7 hsi)	50
Gambar 4.4 Pengamatan mekanisme antagonis isolat bakteri endofit dan patogen <i>Fusarium oxysporum</i>	51
Gambar 4.5 Perkembangan tanaman cabai rawit yang terserang penyakit Layu Fusarium	57
Gambar 4.6 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Cabai Rawit yang diberi perlakuan <i>B. megaterium</i> dan <i>F. oxysporum</i>	59
Gambar 4.7 Diagram Persentase Kejadian Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Rawit	63
Gambar 4.8 Gejala Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Rawit.....	66
Gambar 4.9. Persentase Intensitas Penyakit Tanaman Cabai Rawit dengan Berbagai Perlakuan selama 30 hsi	69
Gambar 4.10. Diagram Rata-rata Intensitas Penyakit dari masing-masing Perlakuan berdasarkan Uji Duncan 5%	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi (Gizi) dalam Setiap 100 gram Cabai Rawit Segar dan Kering.....	15
Tabel 4.1. Rerata Persentase Daya Hambat Bakteri Endofit <i>Bacillus cereus</i> dan <i>Bacillus megaterium</i> terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> selama umur 3 HSI - 7 HSI.....	49
Tabel 4.2. Masa Inkubasi Penyakit Layu Fusarium Menyerang Tanaman Cabai Rawit	56
Tabel 4.3. Rata-rata Tinggi Tanaman Cabai Rawit.....	59
Tabel 4.4 Ringkasan Uji <i>Welch</i> pada Kejadian Penyakit Tanaman Cabai Rawit	64
Tabel 4.5 Ringkasan Uji <i>Games Howell</i> Kejadian Penyakit.....	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Hasil Pengamatan Daya Hambat Agen Antagonis terhadap Patogen <i>Fusarium oxysporum</i> secara <i>In Vitro</i>	84
Lampiran 2. Data Hasil Analisis Uji Antagonis Bakteri Endofit <i>Bacillus cereus</i> dan <i>Bacillus megaterium</i> terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> secara <i>In Vitro</i>	85
Lampiran 3. Tabel Data Hasil Pengamatan Masa Inkubasi <i>Fusarium oxysporum</i> pada Tanaman Cabai Rawit yang Diinokulasi Bakteri Endofit.....	87
Lampiran 4. Data Hasil Analisis Masa Inkubasi <i>Fusarium oxysporum</i> pada Tanaman Cabai Rawit yang Diinokulasi Bakteri Endofit	87
Lampiran 5. Tabel Data Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman Cabai Rawit yang Terserang Penyakit Layu Fusarium.....	90
Lampiran 6. Data Hasil Analisis Tinggi Tanaman Cabai Rawit yang Terserang Penyakit Layu Fusarium	91
Lampiran 7. Tabel Data Hasil Pengamatan Kejadian Penyakit pada Tanaman Cabai Rawit oleh Patogen <i>F.oxysporum</i>	93
Lampiran 8. Hasil Analisis Kejadian Penyakit pada Tanaman Cabai Rawit oleh Patogen <i>Fusarium oxysporum</i>	94
Lampiran 9. Tabel Data Hasil Pengamatan Intensitas Penyakit pada Tanaman Cabai Rawit oleh Patogen <i>F. Oxysporum</i>	97
Lampiran 10. Hasil Analisis Intensitas Penyakit pada Tanaman Cabai Rawit oleh Patogen <i>Fusarium oxysporum</i>	99
Lampiran 11 Dokumentasi Penelitian.....	102

ABSTRAK

Hikmah, Fista Nisaul. 2018. **Uji Potensi Antagonis Bakteri Endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Daun Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)**. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing : Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si dan Mujahidin Ahmad, M. Sc.

Kata Kunci : *antagonis*, *bakteri endofit*, *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *cabai rawit*, *Fusarium oxysporum*

Kebutuhan cabai rawit di Indonesia sangat tinggi, namun sektor budidaya masih mengalami kendala akibat serangan penyakit tanaman yang berdampak pada penurunan hasil produksi. Layu *Fusarium* merupakan salah satu penyakit penting pada cabai rawit. Salah satu upaya yang dapat menekan pertumbuhan patogen secara ramah lingkungan adalah dengan memanfaatkan bakteri endofit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* sebagai agen antagonis yang mampu menekan pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* dan *in vivo*. Penelitian ini termasuk penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 6 ulangan, mencakup perlakuan kontrol (tanpa bakteri endofit), perlakuan penambahan bakteri endofit *Bacillus cereus*, perlakuan penambahan bakteri endofit *Bacillus megaterium*, dan perlakuan kombinasi dengan menggunakan kedua bakteri endofit. Metode penelitian pada uji *in vitro* menggunakan *dual culture assay*, sedangkan pada uji *in vivo* menggunakan metode perendaman akar bibit tanaman cabai rawit. Hasil penelitian uji *in vitro* menunjukkan bahwa persentase daya hambat *Bacillus cereus* terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum* sebesar 23%, perlakuan kombinasi sebesar 23%, dan presentase daya hambat paling besar adalah dengan *B. megaterium* sebesar 35%. Pada pengamatan mikroskopis, hifa *Fusarium oxysporum* mengalami abnormal akibat aktivitas antibiosis bakteri. Hasil pengujian *in vivo* menunjukkan bahwa masa inkubasi penyakit layu *Fusarium* pada tanaman cabai rawit paling lama terdapat pada perlakuan bakteri endofit *Bacillus megaterium* yaitu 16 hsi, sedangkan paling cepat pada perlakuan kombinasi kedua endofit yaitu 1 hsi. Pengamatan tinggi tanaman cabai rawit paling tinggi mencapai rata-rata 7,1 cm (28 hsi) pada perlakuan yang menggunakan isolat *B. megaterium*., sedangkan paling rendah terdapat pada perlakuan menggunakan *Bacillus cereus* yaitu 3,4 cm (28 hsi). Pada pengamatan kejadian penyakit, rata-rata kejadian penyakit masing-masing perlakuan tidak terdapat pengaruh yang nyata. Adapun intensitas penyakit paling tinggi terdapat pada perlakuan bakteri endofit *Bacillus cereus* dengan persentase 87,78%, sedangkan paling rendah terdapat pada perlakuan *Bacillus megaterium* yaitu 39,52%. Kedua bakteri genus *Bacillus* ini berpotensi sebagai agen antagonis yang ramah lingkungan untuk keperluan pengendalian penyakit tanaman.

ABSTRACT

Hikmah, Fista Nisaul. 2018. **An Antagonists Potential Test of Endophytic Bacteria of *Bacillus cereus* and *Bacillus megaterium* against Pathogen Fungal of *Fusarium oxysporum* Caused Wilt Leaf Disease of Cayenne Pepper (*Capsicum frutescens* L.). Thesis.** Department of Biology, Faculty of Science and Technology, the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang.
 Advisor: Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si and Mujahidin Ahmad, M. Sc.

Keywords: antagonists, endophytic bacteria, *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, cayenne pepper, *Fusarium oxysporum*

The need of cayenne pepper in Indonesia is very high, but the cultivation sector is still experiencing obstacles due to plant diseases that impact on the decline in production. *Fusarium Wilt* is one of the important diseases in cayenne pepper. One of the efforts that can suppress the growth of pathogens in an environmentally friendly way is to utilize endophytic bacteria. The research aims at determining the potential of endophytic bacteria of *Bacillus cereus* and *Bacillus megaterium* as an antagonistic agent that is able to suppress the growth of *Fusarium oxysporum* pathogens fungal in vitro and in vivo. The research included an experimental study using Completely Randomized Design with 4 treatments and 6 replications, including control treatment (without endophytic bacteria), treatment of *Bacillus cereus* endophytic bacteria, addition of endophytic bacteria of *Bacillus megaterium*, and combination treatment with both endophytic bacteria . The methods of research on in vitro test used dual culture assay, while in vivo test used soaking method of root of cayenne pepper seedlings. The results of in vitro assay showed that the percentage of inhibitory capacity of *Bacillus cereus* on *Fusarium oxysporum* growth was 23%, the combination treatment was 23%, and the biggest inhibitory percentage was *B. megaterium* of 35%. In microscopic observation, *Fusarium oxysporum* hyphae experienced abnormal due to bacterial antibiotic activity. In vivo test results showed that *Fusarium withered* incubation period in cayenne pepper plant was in treating endophyte bacteria of *Bacillus megaterium*, it was 16 hsi, while the fastest in treatment of combination of endophyte was 1 hsi. The highest observation of pepper cayenne plant reached an average of 7.1 cm (28 hsi) in the treatment by using *B. megaterium* isolate, while the lowest was in treatment with *Bacillus cereus*, it was 3.4 cm (28 hsi). In the observation of disease incidence, the average of disease incidence there was no real influence of each treatment. The highest disease intensity was found in endophyte bacteria treatment of *Bacillus cereus* with 87.78% percentage, while the lowest was in *Bacillus megaterium* treatment which was 39.52%. Both of these genus bacteria of *Bacillus* had the potential as an environmentally friendly antagonist agent for the plant disease control needs.

ملخص البحث

الحكمة ، فيستا نساء. 2018. إختبارُ احتمال الخصوم البكتيريا التحويلة للعصوية العدائية *Bacillus megaterium* والعصوية الضارية *Bacillus cereus* ضد الفطريات المسببة للأمراض *Fusarium oxysporum* بسبب الأوراق الذابلة لفلفل الحريف (*Capsicum frutescens* L.). البحث الجامعي. قسم علم الأحياء بكلية العلوم والتكنولوجيا جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج.

الإشراف: الدكتورة ألفة أوتمي، الحجة الماجستير، ومجاهدين أحمد ، الماجستير

الكلمات الرئيسية: ، خصم, البكتيريا داخلي نباتي, *Bacillus* , *Bacillus cereus* , *Fusarium oxysporum*, الفلفل حريف,

الحاجة إلى الفلفل الحريف في إندونيسيا عالية جداً ، لكن قطاع الزراعة مازال يواجه عقبات بسبب الأمراض النباتية التي تؤثر على انخفاض الإنتاج. لايو فيوزاريوم هو واحد من الأمراض الهامة في الفلفل الحريف. واحدة من الجهود التي تمكن أن تمنع نمو العوامل الممرضة بطريقة صديقة للبيئة هي استخدام البكتيريا التحويلة. يهدف هذا البحث إلى تحديد إمكانات البكتيريا داخلي نباتي *Bacillus cereus* و *Bacillus megaterium* كعامل الخصوم الذي يقدر على نمو فطر مسببات الأمراض *Fusarium oxysporum* في المختبر و في الجسم الحي. وشمل هذا البحث البحثية التجريبية باستخدام تماما لتصميم العشوائية (CRD) مع 4 علاجات و 6 مكررات، التي تغطي من معاملة السيطرة (بدون البكتيريا داخلي نباتي)، ومعالجة إضافة البكتيريا التحويلة العصوية الشمعية، ومعالجة الإضافة التحويلة البكتيريا العصوية، و معالجة الجمع باستخدام ثانية البكتيرية التحويلة، طريقة البحث في الاختبار في المختبر هي باستخدام اختبار الثقافات المزدوجة ، في حين في اختبار الجسم الحي هو باستخدام طريقة جذر نقع النباتية لفلفل الحريف. ودلت نتائج البحث في المختبر أن نسبة تثبيط الشمعية عضية *Bacillus cereus* على نمو *Fusarium oxysporum* بنسبة 23٪، والجمع بين العلاج هي 23٪، والنسبة الأكبر هي مع *B. megaterium* بنسبة 35٪. في المراقبة الميكروسكوبية ، يعتبر هيفاء *Fusarium oxysporum* غير طبيعي بسبب نشاط المضادات الحيوية البكتيرية. ودلت نتائج الاختبار في

الجسم الحي أن لا يو فيوزاريوم في النبات لفلفل الحريف الأطول هو في علاج البكتيريا التحويلة للعصوية العدائية *Bacillus cereus* يعني 16 هسي، في حين أن أسرع في العلاج الجمع على ثانية التحويلة هو 1 هسي. وصلت الملاحظات الأعلى النباتات الفلفل الحريف بمتوسط 7.1 سم (28 هسي) في علاج باستخدام عزل *B. megaterium* ، وأدنى هي في العلاج باستخدام العصوية الشمعية يعني 3.4 سم (28 هسي). في رصد حدوث المرض ، فإن معدل حدوث المرض كل علاج ليس هناك أي تأثير حقيقي. وشدة المرض الأعلى هي في علاج البكتيريا التحويلة العصوية الشمعية مع نسبة 87.78٪، والأدنى هي في علاج الضارية العصوية بنسبة 39.52٪. كلا هذين النوعين من البكتيريا (*Bacillus*) لهما قدرة كلخصوم المضادة للبيئة لمكافحة الأمراض النباتية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai rawit merupakan salah satu tanaman tropis yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia sebagai penyedap makanan dan penambah selera makanan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) (2015), rata-rata konsumsi cabai per kapita sebesar 500 gram/tahun, sedangkan jumlah penduduk sebanyak 237,6 juta (sensus penduduk tahun 2010), yang artinya Indonesia membutuhkan cabai sekitar 118.800 ton/tahun.

Permintaan cabai oleh konsumen tiap harinya dapat berfluktuasi bergantung pada naik-turunnya harga cabai di pasar. Hal ini disebabkan oleh faktor budidaya yang berpengaruh pada hasil panen cabai rawit. Menurut Maulidah, dkk (2012), produktivitas usahatani cabai rawit mengalami penurunan hingga 50,28%, dari 1.237 kg di tahun 2009 menjadi 615 kg di tahun 2010. Hal tersebut dipegaruhi beberapa faktor diantaranya yaitu cuaca buruk, keterbatasan lahan, serangan hama dan penyakit tanaman. (Saraswati dkk, 2012). Salah satu penyakit tanaman yang banyak menyerang tanaman sayuran adalah penyakit layu Fusarium (Nurzannah dkk, 2014).

Penyakit layu Fusarium disebabkan oleh serangan jamur patogen *Fusarium oxysporum* yang merupakan patogen penting dalam menurunkan hasil produksi cabai Menurut Semangun (2000), gejala awal yang ditunjukkan adalah memucatnya tulang-tulang daun terutama bagian atas yang diikuti menggulungnya daun yang lebih tua (epinasti). Serangan penyakit pada

tanaman muda, dapat mengakibatkan tanaman mati mendadak karena terjadi kerusakan pada pangkal batang, sedangkan pada tanaman dewasa, masih mampu bertahan hidup namun menghasilkan buah yang kecil-kecil dan sedikit.

Sampai saat ini, penanggulangan penyakit layu Fusarium yang dilakukan petani masih menggunakan fungisida baik yang diaplikasikan pada biji maupun tanah. Akan tetapi, fungisida tidak efektif membunuh patogen karena distribusi patogen di dalam tanah seringkali tidak terjangkau oleh bahan kimia (Campbell, 1989). Selain itu, penggunaan fungisida dapat menyebabkan terbunuhnya mikroorganisme selain sasaran, timbulnya Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang resisten terhadap fungisida, dan dapat berdampak buruk terhadap kesehatan serta lingkungan sekitar (Kristiana, 2012).

Sebuah penyakit yang terdapat di setiap makhluk-Nya tidak secara musathil dapat disembuhkan oleh Allah. Sama halnya dengan makhluk Allah yang berakal (manusia), tanaman juga dapat terinfeksi oleh serangan penyakit yang dapat menghambat pertumbuhannya. Salah satu upaya untuk menekan pertumbuhan penyakit tanaman tersebut dengan menggunakan pengendalian hayati. Pengendalian ini merupakan salah satu bentuk sikap mulia dengan tetap menjaga kehidupan makhluk Allah lainnya. Seperti yang dijelaskan dalam QS Al A'raf ayat 56 sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ

الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya: “*dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik*” (QS. Al A’raf ayat 56).

Kata *muhsinin* merupakan bentukan jamak dari kata *muhsin* bagi seorang manusia yang menggambarkan puncak kebaikan yang dapat dicapai. Pada kalimat *inna rahmatallahi qaribun minal muhsinin* menunjukkan bahwa sesungguhnya Allah dekat kepada *al-muhsinin* dengan terdapat kata *qarib* atau *dekat* sebelumnya yang menurut kaidah bahasa arab berbentuk *muannas* yaitu *qaribatun* bukan *qarib*. Hal ini dikarenakan ia menunjuk kedekatan rahmat yang berbentuk *muannas* (Shibab, 2002).

Berdasarkan tafsir Al-Misbah oleh Shihab (2002), manusia merupakan makhluk ciptaan Allah SWT yang disempurnakan dengan dibekali akal pikiran untuk mempelajari segala ciptaan Allah yang ada di bumi dan di langit dengan tujuan mendapatkan manfaat bagi diri dan lingkungan. Hal tersebut berkaitan dengan pengendalian penyakit tanaman yang dapat dilakukan oleh manusia untuk saling menyayangi terhadap ciptaan Allah SWT yang lainnya. Pengendalian dalam hal ini merupakan salah satu bentuk dari perbuatan baik yang berguna untuk melestarikan kehidupan tanaman. Salah satu rahmat atau manfaat yang diperoleh manusia yaitu sebagai bahan konsumsi sehari, obat-obatan, dan tanaman hias.

Pengendalian hayati merupakan pengendalian ramah lingkungan dan terpadu yang memanfaatkan mikroorganisme golongan bakteri endofit (Sylvia *et al.*, 2005). Pengendalian hayati dapat pula didefinisikan sebagai upaya

pengurangan aktivitas patogen atau parasit baik pada waktu aktif maupun dorman dengan menggunakan satu atau lebih organisme yang dilakukan secara alami atau melalui manipulasi lingkungan, inang atau antagonis (Cook and Baker, 1983).

Bakteri merupakan salah satu makhluk hidup yang hidup di lingkungan sekitar dengan ukuran yang sangat kecil dan hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop. Keberadaan dan ukurannya tersebut telah dijelaskan dalam kalam Allah SWT yang secara tersirat terdapat dalam QS. Yasin ayat 36 sebagai berikut:

سُبْحٰنَ الَّذِيْ خَلَقَ الْاَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْبِتُ الْاَرْضُ وَمِنْ اَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُوْنَ ﴿٣٦﴾

Artinya: “Maha suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari **apa yang tidak mereka ketahui**” (QS. Yasin ayat 36).

Ibnu Katsir menafsirkan kalimat “*maupun dari apa yang mereka tidak ketahui*” sebagai kekuasaan Allah SWT yang dapat menciptakan berbagai macam makhluk unik yang tidak dapat dilihat menggunakan mata telanjang (Kahar, 2017). Salah satu makhluk tersebut yaitu bakteri yang berukuran sangat kecil dan hanya dapat terlihat secara jelas menggunakan alat bantu mikroskop.

Bakteri dapat hidup dalam berbagai kondisi dan tempat, misalnya jenis bakteri endofit yang dapat hidup dalam tanaman namun tidak menimbulkan penyakit bagi inangnya. Menurut Purwanto, dkk (2014), bakteri tersebut mampu menghasilkan senyawa aktif yang mengandung zat-zat antibiotik,

antimalaria, dan antifungi. Pada tanaman, kehadiran bakteri endofit menyanggah proses pertumbuhan tanaman dan meningkatkan resistensi tanaman terhadap serangan penyakit dengan menghasilkan senyawa antibiotik (Bandara, *et.al.* 2006).

Hasil penelitian Agustin (2011) menunjukkan penyemprotan dan penyiraman agensia hayati *Trichoderma virens* dan *Pseudomonas florencens* mampu menekan infeksi *Peronospora parasitica* dan meningkatkan berat basah tanaman caisin. Saputra (2015) menambahkan bahwa *Bacillus* spp. dapat menekan penyakit lincat yang disebabkan oleh infeksi ganda *Ralstonia solanacearum* dan nematoda *Meloidogyne incognita* pada tembakau Temanggung sehingga intensitas penyakitnya hanya sebesar 23,3% sedangkan pada kontrol sebesar 63%.

Salah satu spesies dari Genus *Bacillus* yang berpotensi sebagai agen antagonis hayati terhadap penyakit pada tanaman cabai rawit adalah *Bacillus megaterium*. Bakteri ini memproduksi enzim amilase, protease, kitosan, antibiotik seperti senyawa megacin dan zat antagonis lainnya (Khalil *et. al.* 2009). Ruimin Fu, *et. al.* (2015) melaporkan bahwa pada uji kultur ganda dan uji kultur-filtrat, kemampuan antagonis sel dan fermentasi kaldu *Bacillus megaterium* MHT6 dapat menghambat pertumbuhan *Fusarium moniliforme* L8 dengan zona hambat 7 ± 0.010 mm.

Kong , *et. al.* (2010) menambahkan bahwa *B. megaterium* memiliki kemampuan menghambat penyakit pasca panen yang disebabkan oleh *Aspergillus flavus* pada biji kacang tanah. Pada uji *in vitro*, persentase

penghambatan kultur-filtrat, suspensi supernatan (1×10^8 CFU / ml) dan suspensi pellet (1×10^8 CFU / ml), masing-masing mencapai $30,6 \pm 4,5$, $35,1 \pm 4,8$ dan $21,7 \pm 5,2$. Sedangkan suspensi supernatan *B. megaterium* pada 1×10^8 CFU /ml secara signifikan menekan spora *A. flavus* di PDB. Akan tetapi, aktivitas efek metabolit dari *B. megaterium* lebih kuat penghambatannya terhadap *A. flavus* ($p < 0,05$) terjadi di cawan petri berisi media PDA.

Selain *B. megaterium*, *Bacillus cereus* juga berpotensi dalam menghambat pertumbuhan organisme patogen. Menurut Resti (2013), *Bacillus cereus* mampu menekan persentase serangan *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* pada bawang merah yang menyebabkan penyakit hawar daun bakteri (HDB) dengan persentase serangan 8,33% dan intensitas penyakit sebesar 7,83 %. Suryadi, dkk (2015) dalam penelitiannya menyatakan bahwa metabolit sekunder yang diproduksi dari ekstrak bakteri *B. cereus* 11UJ dapat menekan pertumbuhan cendawan *Rhizoctonia solani* dan *Pyricularia oryzae* yang cukup baik pada konsentrasi 1000 ppm, serta dapat diketahui bahwa aktivitas anticendawan yang dihasilkan lebih efektif menghambat pertumbuhan *Pyricularia oryzae* pada padi.

Bakteri endofit yang akan dikembangkan sebagai agens pengendali hayati penyakit layu Fusarium pada cabai rawit perlu mendapatkan beberapa pengujian. Tidak hanya menguj secara *in vitro*, namun juga perlu dilakukan uji secara *in vivo*. Sudir dan Suparyono (2000) menjelaskan bahwa telah ditemukan beberapa bakteri agens hayati pada skala *in vitro* yang berpotensi mengendalikan penyakit hawar pelepah padi, namun belum diketahui secara

pasti jenis bakteri dan kemampuannya pada skala *in vivo*. Padahal, potensi pengendalian terhadap patogen pada skala *in vitro* tidak selalu merefleksikan kemampuan yang sama pada skala *in vivo* (Fravel 1988). Penelitian Rustam, dkk (2005) menunjukkan bahwa bakteri antagonis kode BRA61 dan ES32 cukup menghambat serangan penyakit pada tanaman pisang secara *in vitro*, akan tetapi tidak mampu menekan gejala penyakit serupa saat diuji secara *in vivo*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* memiliki potensi sebagai bakteri antagonis pengendali penyakit tanaman. Salah satunya sebagai pengendali penyakit daun pada tanaman cabai rawit akibat jamur patogen. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian secara *in vitro* dan *in vivo* dengan judul “Uji Potensi Antagonis Bakteri Endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Daun pada Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)”.

1.2 Rumusan Masalah

Pelaksanaan penelitian ini memiliki rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*?
2. Apakah bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* mampu menekan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman cabai rawit?

1.3 Tujuan

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kemampuan bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.
2. Untuk mengetahui kemampuan bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* dalam menekan pertumbuhan penyakit layu Fusarium pada tanaman cabai rawit.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Bakteri *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.
2. Bakteri *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* mampu menekan penyakit layu Fusarium pada tanaman cabai rawit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Dapat memberikan informasi baru mengenai bakteri *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* yang dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati pada tanaman.
2. Dapat digunakan sebagai referensi bagi peneliti untuk penelitian lanjutan.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Isolat bakteri endofit *Bacillus cereus* diperoleh dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang hasil isolasi dari tanaman temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*).
2. Isolat bakteri endofit *Bacillus megaterium* diperoleh dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang hasil isolasi dari tanaman kenikir (*Cosmos caudatus*).
3. Isolat jamur *Fusarium oxysporum* diperoleh dari hasil isolasi pada tanaman cabai rawit.
4. Benih cabai yang digunakan adalah varietas hibrida Dewata F1.
5. Uji *in vitro* menggunakan metode *dual culture*. Sedangkan uji *in vivo* menggunakan metode perendaman akar (Raharini dkk, 2012).
6. Pada uji *in vivo*, kerapatan jamur patogen *Fusarium oxysporum* yang digunakan adalah $1,35 \times 10^7$ konidium/ml (Diarta, 2016). Adapun kerapatan bakteri *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* adalah 10^8 cfu/ml (Saputra dkk, 2015).
7. Parameter yang diamati adalah persentase daya hambat bakteri antagonis terhadap pertumbuhan jamur patogen secara *in vitro* (Melysa dkk, 2013). Pada uji *in vivo* parameter uji meliputi masa inkubasi, persentase intensitas

penyakit pada daun cabai rawit (Wuryandari, 2015), tinggi tanaman, dan persentase tingkat kejadian penyakit (Khaeruni, 2012).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.)

Tanaman cabai rawit memiliki klasifikasi sebagai berikut (Simpson, 2010):

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Class : Magnoliopsida
Ordo : Solanales
Family : Solanaceae
Genus : *Capsicum*
Species : *Capsicum frutescens* L.

Cabai rawit adalah salah satu tanaman perdu dengan tinggi sekitar 50-135 cm yang tumbuh tegak lurus ke atas.. Kulit batangnya tipis sampai agak tebal. Pada stadium tanaman muda kulit berwarna hijau, kemudian berubah menjadi hijau kecoklatan saat memasuki stadium tua (dewasa). Akar tanaman ini berupa akar tunggang yang dapat tumbuh secara vertikal di dalam tanah hingga mencapai kedalaman 30-60 cm (Tjandra, 2011; Rukmana, 2002).

Peciptaan tanaman cabai rawit yang memiliki banyak manfaat bagi manusia telah dijelaskan dalam Al Qur'an atas kuasa-Nya. Allah SWT tidak hanya menciptakan manusia sebagai khalifah di bumi, melainkan menciptakan makhluk lain untuk memberikan pelajaran dan manfaat bagi kelangsungan

hidup manusia itu sendiri. Al Qur'an Surat Al Zumar ayat 21 Allah SWT berfirman:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ نُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا

مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهْبِجُ فَتَرْهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي

الْأَلْبَابِ ﴿٢١﴾

Artinya: "Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu **tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya**, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal".(QS. Az Zumar ayat 21).

Lafadz زَرْعًا yang artinya 'Tanam-tanaman' menunjukkan bahwa di bumi terdapat berbagai macam tumbuhan yang memiliki bermacam-macam warna sebagai ciri khas. Sama halnya dengan tumbuhan cabai rawit yang memiliki bermacam varietas dengan ciri-ciri bunga ataupun wana buah yang berbeda-beda seperti cabai rawit merah, cabai rawit hijau dan lain sebagainya. Semua varietas tersebut adalah bentuk kekuasaan Allah SWT Yang Maha Perkasa (Quthb, 2003).

Allah SWT kembali berfirman dalam Surah yang lain yaitu QS. Ibrahim ayat 32:

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا

لَكُمْ وَسَخَّرَ لَكُمْ الْفُلُوكَ لِتَجْرِيَ فِي الْبَحْرِ بِأَمْرِهِ ۗ وَسَخَّرَ لَكُمْ الْأَنْهَارَ ﴿٣٢﴾

Artinya: “Allah-lah yang telah menciptakan langit dan bumi dan menurunkan air hujan dari langit, kemudian Dia mengeluarkan dengan air hujan itu **berbagai buah-buahan menjadi rezki untukmu**; dan Dia telah menundukkan bahtera bagimu supaya bahtera itu, berlayar di lautan dengan kehendak-Nya, dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu sungai-sungai” (QS. Ibrahim ayat 32).

Ath-Thabari (2009) menafsirkan ayat di atas bahwasannya hanya Allah SWT yang mampu menghidupkan pohon dan tanaman, kemudian dari pohon dan tanaman tersebut keluarlah buah sebagai rezeki yang dapat dimakan oleh makhluk Allah yang lainnya. Buah cabai rawit yang muncul dari pohon tersebut merupakan bukti bahwa Allah memiliki kuasa dalam menghidupkan segala makhluk-Nya. Selain itu, Allah juga menciptakannya dengan memberikan manfaat sebagai bahan tambahan makanan untuk manusia.



Gambar 2.1 Morfologi Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)
(Sumber: Anonim, 2013)

Daun cabai rawit tumbuh tunggal dengan bentuk bervariasi yaitu mulai dari lancip sampai bulat telur dan meruncing pada ujungnya. Daun berwarna hijau tua mengkilap, dan tumbuh pada tunas-tunas samping berurutan atau tersusun secara spiral pada batang utama. Panjang daun berkisar antara 1,5 cm-10 cm dan lebarnya antara 0,5 cm – 5 cm (Tindall, 1983).

Bunga tanaman cabai rawit tumbuh kecil di ketiak-ketiak daun dan ujungnya beruas, jumlahnya 1 atau 2 bahkan bisa lebih, dan berwarna hijau kekuningan. Mahkota bunga berwarna kekuningan atau kuning kehijauan dengan diameter 0,5 cm – 1 cm, berbentuk bintang bersudut 5 atau 6. Benang sari 5 buah tegak dengan warna ungu pada kepala benang sari. Kelopak bunga berukuran kecil, berbentuk bintang sudut 5. Tangkai bunga tegak dengan panjang 1,5 cm – 2,5 cm dan warnanya hijau muda (Pracaya, 1994).

Tanaman cabai rawit mampu tumbuh pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Namun, daerah yang paling cocok untuk pertumbuhan tanaman ini adalah pada ketinggian 0-500 m dpl. Selain itu, cabai rawit juga tumbuh secara baik di tanah yang subur, gembur, memiliki aerasi yang baik (bersarang), dan pH tanah antara 6-7 (Setyaningrum dan Cahyo, 2014).

2.2 Kandungan Gizi dan Manfaat Cabai Rawit

Cabai rawit memiliki beragam kandungan gizi diantaranya: karbohidrat, protein, lemak, kalsium (Ca), besi (Fe), fosfor (P), dan vitamin A, B, C.. Selain itu, juga banyak mengandung vitamin A, B, C . Tanaman ini juga menghasilkan senyawa - senyawa alkaloid, seperti kapsaisin, flavonoid,

kapsantin, karotenid, alkaloid, resin, dan minyak atsiri (Arifin, 2010; Tjandra, 2011:).

Cabai rawit kering mengandung mengandung mengandung 1.000 SI vitamin A, sedangkan cabai rawit segar mengandung 11.050 SI vitamin A. Sementara itu, cabai hijau segar hanya memiliki 260 SI vitamin A, cabai merah segar 470 SI, dan cabai merah kering 576 SI (Arifin, 2010).

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi (Gizi) dalam Setiap 100 gram Cabai Rawit Segar dan Kering

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

(Sumber: Rukmana, 2002)

Buah cabai rawit selain memiliki banyak kandungan dan disamping kegunaannya sebagai bumbu masakan, ia juga berkhasiat untuk melegakan hidung tersumbat pada penyakit sinusitis, mengobati migrain (sakit kepala sebelah), menguatkan kembali tangan dan kaki yang lemas, mengobati penyakit rematik, sakit perut, dan kedinginan. Kegunaan lainnya adalah dari segi estetika yaitu sebagai tanaman hias di beberapa pekarangan (Tjandra, 2011).

Senyawa kapsaisin yang terdapat dalam cabai dikenal memiliki aktivitas anti kanker. Menurut Widiati dan Suhardjono, (2010), *The American Association for Cancer Research* menemukan bahwa senyawa kapsaisin diduga dapat menghancurkan sel kanker prostat dengan menyebabkan apoptosis sel. Tidak hanya itu, uji klinis di Jepang dan Cina juga menunjukkan bahwa senyawa tersebut dapat menghambat pertumbuhan sel leukemia secara langsung.

2.3 Faktor Pertumbuhan dan Perkembangan Cabai Rawit

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai diantaranya: tanah, air, iklim, dan faktor biotik seperti gangguan hama dan penyakit tanaman, serta tumbuhan pengganggu.

1. Iklim

Beberapa faktor iklim yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman cabai diantaranya yaitu: sinar matahari, suhu udara, curah hujan, kelembaban, angin, dan penguapan. Tanaman ini membutuhkan penyinaran yang baik untuk proses persemaian pada awal pertumbuhannya. Apabila kurang mendapatkan sinar matahari, tanaman cabai mengalami etiolasi yang berakibat pada produksi buah cabai yang berkurang dan jumlah cabang sedikit (Tjahjadi, 1991). Selain itu, peranan penting cahaya matahari adalah untuk membantu proses fotosintesis, perbungaan, dan proses pembentukan serta pemasakan buah cabai (Prajnanta, 2001).

Curah hujan yang tinggi akan menyebabkan hasil panen menurun bahkan hingga kegagalan panen. Buah cabai khususnya yang masih muda apabila

tertimpa hujan secara terus-menerus akan mudah rontok dengan sendirinya. Tanaman cabai tumbuh dengan baik pada daerah yang kelembaban udara sedang.hingga tinggi. Suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman ini berkisar 18°-30°C. Kecepatan angin yang kencang akan merusak tanaman cabai, karena akan menggugurkan bunga dan buah, mematahkan ranting, bahkan dapat merobohkan tanaman. Selain itu, tingkat penguapan yang tinggi dapat mengakibatkan produksi cabai menurun (Tjahjadi, 1991).

2. Tanah

Karakteristik tanah yang cocok digunakan untuk pertumbuhan tanaman cabai adalah banyak mengandung unsur organik, seperti tanah liat dan tanah pasir. Pemberian bahan organik berupa pupuk kandang atau kompos, juga ikut berperan baik pada proses pertumbuhan cabai (Tjahjadi, 1991).

3. Air

Air adalah unsur penting yang diperlukan oleh tanaman untuk proses fotosintesis dan respirasi. Unsur ini berfungsi sebagai cairan pengisi tubuh tanaman, dan sebagai pelarut unsur hara yang terdapat di dalam tanah (Prajnanta, 2001).

4. Faktor Biotik

Selain faktor-faktor abiotik di atas, juga terdapat faktor biotik yang ikut memengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan cabai rawit. Serangan dari hama, patogen penyebab penyakit tanaman, dan gulma adalah faktor biotik yang sering menyebabkan kegagalan panen cabai (Tjahjadi, 1991).

2.4 Jamur *Fusarium oxysporum*

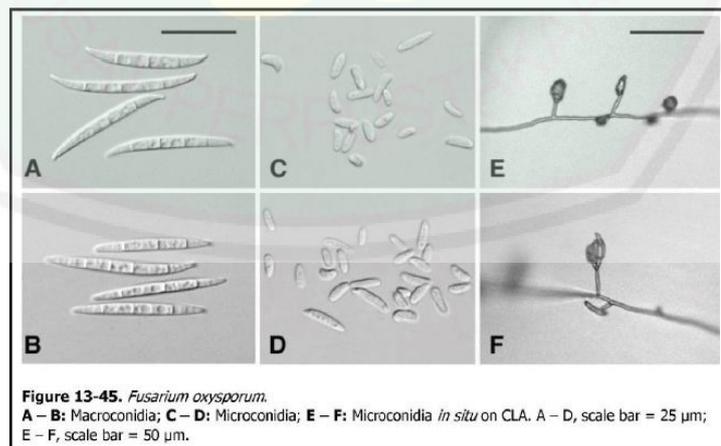
Jamur *Fusarium oxysporum* termasuk kelas Ascomycetes yang mulanya digolongkan dalam kelas Deuteromycetes karena hanya bereproduksi secara aseksual dengan alat reproduksi yang disebut konidia. Tetapi, penelitian terbaru telah menemukan adanya fase seksual dalam bentuk teleomorf (Lesli and Summerell, 2006).

Patogen *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu Fusarium pada cabai memiliki (Djaenuddin, 2011):

Kingdom	: Fungi
Devisi	: Mycota
Class	: Hypomycetes
Ordo	: Hyphales (Moniliales)
Family	: Tuberculariaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>
Spesies	: <i>Fusarium oxysporum</i>

Spesies *Fusarium oxysporum* memiliki miselium yang berseptat dan dapat tumbuh pada berbagai medium agar. Miselium tersebut mulanya tidak berwarna, tetapi semakin tua warna miselium berubah menjadi krem. Pada miselium yang lebih tua tersebut jamur kemudian membentuk klamidospora. Jamur jenis ini banyak membentuk mikrokonidia bersel satu, tidak berwarna, bulat telur atau lonjong, berukuran 6-15 x 2,5-4 μm . Selain itu juga membentuk makrokonidia dengan bentukan seperti kumparan, tidak berwarna, mayoritas berseptat dua atau tiga, berukuran 25-33 x 3,5-5,5 μm (Semangun 2004).

Damayanti (2009) menambahkan ciri-ciri makroskopis jamur *Fusarium oxysporum* yaitu permukaan koloninya berwarna ungu, kasar, berserabut dan bergelombang serta tepinya bergerigi. Jamur ini termasuk fungi aseksual yang menghasilkan tiga macam spora yaitu mikronidia, makronidia, dan klamidospora. Mikrokonidia adalah spora bersel satu atau dua yang dihasilkan *Fusarium* pada semua kondisi dan dapat menginfeksi tanaman (Gambar 2.2). Makrokonidia adalah spora berbentuk sabit dengan jumlah sel tiga sampai lima dan biasanya ditemukan pada permukaan (Gambar 2.2). Klamidospora adalah spora yang dapat menginfeksi tanaman pada waktu dorman, serta sporanya dapat berkembang di air (Gambar 2.2). Selain itu, jamur ini juga memiliki bentukan konidiofor yang bercabang banyak, bertangkai kecil, dan sering kali berpasangan. Pada tanaman inang, miselium tumbuh dan berkembang di dalam jaringan pembuluh. Namun, juga terdapat di antara sel-sel, yaitu di dalam kulit dan di jaringan parenkim di dekat terjadinya infeksi.



Gambar 2.2 Morfologi *Fusarium oxysporum*
 (Sumber : Damayanti, 2009)

Fusarium oxysporum bila ditumbuhkan pada media PDA mula-mula miseliumnya berwarna putih, lalu setelah tua berubah menjadi kuning pucat atau krem dan pada kondisi tertentu akan berubah warna menjadi merah muda keunguan. Miselium bersepat dan membentuk percabangan. Beberapa isolat biasanya membentuk pigmen biru atau merah di dalam medium (Djaenuddin, 2011).

Struktur kapang *Fusarium oxysporum* yang hidup sebagai saprofit adalah dalam bentuk miselium. Selain itu fungi dapat hidup di dalam tanah dalam keadaan dorman yakni dalam struktur yang sangat resisten terhadap pengaruh lingkungan ekstrim yang disebut sebagai klamidiospora. Tanah yang terinfeksi sukar disterilkan dari fungi ini (Pranata, 1993). Fungi ini berkembang pada suhu tanah 21°C-33°C, dengan suhu optimumnya adalah 25°C-28°C. (Semangun, 1996). Jamur *F.oxysporum* tumbuh baik di tanah dengan kisaran pH 4,5-6,0; sedangkan pada media biakan murni kisaran pH adalah 3,6-8,4. Adapun pH optimum untuk proses menghasilkan spora sekitar 5,0 (Djaenuddin, 2011). Serangan hebat terjadi pada tanah yang kaya nitrogen tetapi miskin kalium (Rukmana, 1999).

2.5 Penyakit Layu Fusarium

Penyakit tanaman layu Fusarium menunjukkan gejala pertama berupa memucatnya tulang-tulang daun terutama bagian atas yang diikuti merunduknya tangkai, hingga akhirnya tanaman layu dan mati (Semangun, 2004). Fahrudin (2000) menambahkan bahwa penampakan batang tanaman

yang terserang penyakit ini apabila dipotong akan menunjukkan sebuah cincin kecoklatan pada berkas pembuluhnya.

Infeksi penyakit layu *Fusarium* pada daun tanaman inang didahului dengan menguningnya daun-daun bagian bawah (Gambar 2.3). Jika bagian tanaman yang terinfeksi penyakit ini dipotong di dekat pangkal batang atau dikelupas maka akan nampak suatu cincin coklat pada berkas pembuluh. Ketika intensitas serangan berat, gejala akan tampak terutama pada tanaman bagian atas. Dampak lain dari penyakit ini juga dapat mengakibatkan tanaman menjadi tumbuh kerdil. (Semangun, 2004).



Gambar 2.3 Serangan Layu *Fusarium* pada Cabai Merah
(Sumber : Meilin, 2014)

Keefektifan serangan jamur patogen ini ditentukan berdasarkan jumlah spora yang dihasilkan, karena spora merupakan bagian dari jamur yang memiliki peranan paling penting pada proses pertumbuhan jamur itu sendiri. Kapasitas penyebaran dari *Fusarium oxysporum* merupakan kemampuan mendistribusi dari dalam lingkungan inang. Daya tahan dan virulensi patogen

pada tanaman bergantung pada agen biotik yang berasosiasi di dalam tanaman. (Diniyah, 2010).

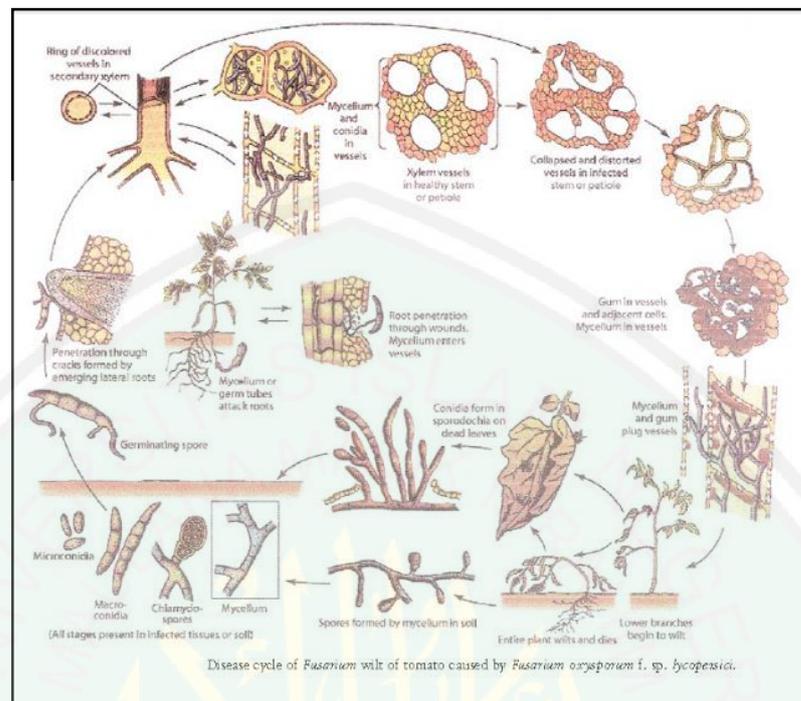
Yunasfi (2002) menjelaskan bahwa patogen-patogen seperti jamur mampu menghasilkan zat-zat kimia yang dapat menimbulkan berbagai gejala penyakit tanaman meskipun tidak terdapat organisme penyebab penyakit. Salah satu senyawa yang dihasilkan oleh *Fusarium* spp adalah asam fusarat. Asam fusarat atau asam 5-n butilpiridin-2-karboksilat merupakan antibiotik sekaligus zat racun yang larut dalam air. Toksin ini mengganggu permeabilitas membran pada jaringan tanaman dan pada akhirnya mempengaruhi kebutuhan air tanaman. Pergerakan air dalam tanaman yang terhambat menyebabkan terjadinya layu patologis dengan akibat fatal berupa kematian tanaman seperti kasus-kasus penyakit layu pada kapas dan tomat yang disebabkan oleh *Fusarium* spp.

Beberapa faktor pendukung perkembangan penyakit layu sistem pembuluh pada tanaman antara lain: intensitas cahaya yang rendah, kelembaban tanah yang rendah, pH yang rendah, suhu udara, panjang hari yang pendek, nutrisi N dan P yang rendah, serta nutrisi K yang tinggi (Booth, 1985). Penyakit tanaman berkembang pada temperatur tanah 21° - 33 ° C, dengan temperatur optimum sebesar adalah 28°C (Semangun, 1996). Kelembaban tanah yang ekstrem dapat menekan pertumbuhan tanaman tetapi memacu pertumbuhan dan perkembangan penyakit layu *Fusarium* (Mehrotra, 1980). Faktor lain yang mempengaruhi adalah unsur nitrogen yang melimpah tetapi miskin akan kalium (Semangun, 1996).

2.6 Daur Penyakit Layu *Fusarium* pada Cabai Rawit

Jamur *Fusarium oxysporum* tumbuh dari perkecambahan spora yang membentuk struktur hifa yang sebagian memiliki dinding pemisah dan sebagian ada yang tidak. Kumpulan hifa kemudian membentuk massa yang disebut miselium. Miselium adalah struktur jamur yang berperan dalam proses penyerapan dan eksploitasi nutrisi yang dapat menghasilkan spora reproduktif (Saragih, 2009). Miselium terdapat di dalam jaringan pembuluh, di dalam kulit dan di jaringan parenkim pada tanaman. *F. oxysporum* f.sp. *capsici* hidup sebagai saprofit dan parasit pada berbagai tanaman terutama pada bagian pembuluhnya, sehingga tanaman menjadi mati karena aktivitas toksin (Sastrahidayat, 1989).

Fase saprofit adalah fase pertumbuhan jamur yang tahan terhadap segala kondisi. Akar tanaman yang luka memudahkan pertumbuhan jamur untuk berkembang pada berkas pembuluh. Ketika berkas ini mati dan keadaan udara menjadi lembab, jamur menghasilkan spora berwarna putih keunguan pada akar yang terinfeksi. Penyebaran spora mudah terjadi melalui bantuan angin, air pengairan dan alat pertanian (Semangun, 1996).



Gambar 2.4 Siklus Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman (Anonim, 2015)

2.7 Agen Pengendali Hayati

Pengendalian hayati merupakan upaya pengurangan jumlah inokulum patogen dalam keadaan aktif maupun dorman yang berlangsung alami atau melalui manipulasi lingkungan, inang atau agen antagonis dengan introduksi secara massal satu atau lebih organisme antagonis (Cook & Baker 1983).

Beberapa mekanisme pengendalian hayati, antara lain adalah sebagai berikut (Istikorini, 2002):

1. Antagonisme

Antagonis adalah suatu sifat organisme yang menimbulkan kerugian bagi organisme lain yang tumbuh dan berasosiasi dengannya. Aktivitas antagonisme meliputi (a) kompetisi nutrisi dan ruang dalam jumlah terbatas namun diperlukan oleh OPT, (b) antibiosis sebagai hasil sekresi antibiotik atau senyawa kimia lain oleh mikroorganisme tertentu namun berbahaya bagi OPT

dan, (c) predasi, hiperparasitisme, mikroparasitisme atau bentuk interaksi lain yang melawan secara kuat terhadap OPT oleh mikroorganisme yang lain.

2. Ketahanan Terimbas

Ketahanan terimbas adalah ketahanan yang berkembang setelah tanaman diinokulasi lebih awal dengan elisitor biotik dan elisitor abiotik. Elisitor biotik meliputi mikroorganisme non patogenik, avirulen, dan saprofit, sedangkan elisitor abiotik berupa asam salisilik, asam 2-kloroetil fosfonik. Seperti contoh kacang buncis yang diimbas *Colletotrichum lindemuthianum* ras non patogenik menjadi tahan terhadap ras patogenik (Agrios, 1988).

3. Proteksi Silang

Tanaman yang berasosiasi dengan strain virus lemah hanya sedikit mengalami kerusakan, namun terlindungi dari infeksi strain yang kuat. Strain yang dilemahkan antara lain dapat dibuat menggunakan pemanasan *in vivo*, pendinginan *in vivo* dan dengan asam nitrit.

2.8 Bakteri Endofit sebagai Agen Antagonis

Salah satu mikroorganisme antagonis adalah mikroba endofit. Nugroho (2004) menjelaskan mikroba endofit merupakan istilah untuk mikroorganisme meliputi jamur dan bakteri yang hidup dan tumbuh baik dalam jaringan tanaman dan bersifat nonpatogenik. Istilah 'endofit' digunakan untuk organisme yang hidup dalam jaringan tanaman yang tidak mengakibatkan timbulnya penyakit pada tanaman mikoriza maupun rhizobium.

Bakteri endofit hanya dapat dilihat dengan cara mengisolasi dari tanaman terlebih dahulu, kemudian diamati menggunakan mikroskop. Ukurannya yang

sangat kecil menunjukkan bahwa Sang Pencipta memiliki kuasa dalam menciptakan makhluk-Nya sesuai dengan apa yang dikehendak-Nya. Seperti yang dijelaskan dalam QS. Al Furqan ayat 2:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُن لَّهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ

وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ﴿٢﴾

Artinya: " yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu baginya dalam kekuasaan(Nya), dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya " (QS.Al Furqan ayat 2).

Menurut tafsir Ibnu Katsir, kalimat *وَأَمْشَىٰ فَتَقَدَّرَ تَقْدِيرًا* "Telah menciptakan segala sesuatu dan menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya", yang berarti segala sesuatu selain Dia adalah makhluk (yang diciptakan) dan *marbub* (yang berada di bawah kekuasaan-Nya). Dia-lah Sang Pencipta segala sesuatu, sedangkan segala sesuatu yang diciptakannya berada di bawah kekuasaan, aturan dan tatanan serta takdir-Nya. Bakteri endofit dalam hal ini merupakan salah satu makhluk Allah SWT yang telah ditetapkan dengan ukuran kecil untuk menyesuaikan fungsi dan manfaatnya di bumi (Ghoffar, 2007).

Baktei endofit dapat ditemukan di berbagai varietas tanaman inang seperti pohon, semak, tanaman jenis rumput-rumputan, lumut, tumbuhan paku dan lumut kerak (Clay, 1991). Pada jaringan tanaman, koloni bakteri terakumulasi dalam jumlah populasi \pm cfu (*coloni forming units*) per gram bahan tanaman.

Istilah endofit mulanya ditujukan pada semua organisme yang hidup di permukaan tanaman yang kemudian melakukan infeksi internal, mikroba-mikroba mutualistik, mikroba-mikroba komensalisme dan patogen diam atau hidup tanpa menimbulkan gejala-gejala pada tanaman inangnya (Hidayati, 2004).

Simbiosis antara tanaman dengan bakteri endofit bersifat netral, mutualisme atau komensalisme (Bacon & Hinton, 2006). Simbiosis mutualisme terjalin ketika bakteri endofit memberikan proteksi tanaman terhadap patogen dengan menghasilkan senyawa metabolit sekunder, sedangkan tanaman inang menyediakan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman (Simarmata, 2007).

Mekanisme kerja bakteri endofit dalam pengendalian hayati antara lain : mengeluarkan senyawa antimikroba; kompetisi ruang dan nutrisi; kompetisi mikro nutrisi seperti halnya zat besi dan produksi siderofor; serta mampu menginduksi ketahanan resisten tanaman (Bacon & Hinton 2006). Keberagaman jenis bakteri endofit merefleksikan banyaknya mekanisme perlawanan terhadap organisme patogen yang dapat pula menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat menyerang kembali bakteri endofit tersebut (Bacon & Hinton 2006).

Selain sebagai agens pengendali hayati, hampir semua jenis bakteri endofit juga dapat berguna dalam memacu pertumbuhan tanaman, terutama sebagai agen penghasil hormon pertumbuhan tanaman seperti auksin, sitokinin dan etilen (Bacon & Hinton 2006). Bakteri tersebut juga mampu meningkatkan

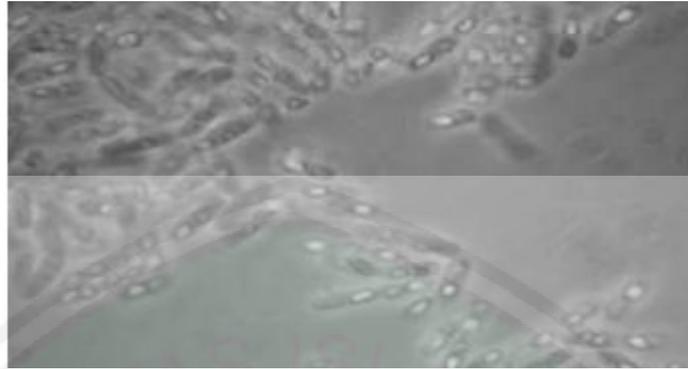
kandungan zat besi dalam tanah, fosfor dan nitrogen bagi tanaman (Bacon & Hinton 2006).

Interaksi yang terjalin antara mikroba dengan tanaman inangnya dapat berupa hal-hal sebagai berikut (Strobel, 2002): Tanaman inang sebagai produsen bagi mikroba endofit yang hidup di dalamnya.

- a. Tanaman inang menghasilkan substrat dan zat-zat yang penting dan diperlukan bagi pertumbuhan, siklus hidup dan pertahanan diri mikroba endofit.
- b. Mikroba endofit berperan penting pada siklus nutrisi khususnya jamur endofit dalam proses biodegradasi ketika tanaman inangnya mati.
- c. Mikroba endofit mampu memproduksi senyawa yang serupa dengan tanaman inang karena terjadi transfer genetik.

2.9 Bakteri *Bacillus cereus*

Bacillus cereus termasuk bakteri batang-Gram positif yang mempunyai ukuran lebar $1,0 \mu\text{m} - 1,2 \mu\text{m}$ dan panjang $3 \mu\text{m} - 5 \mu\text{m}$, bersifat aerob, dengan suhu pertumbuhan maksimum $37^\circ\text{C} - 48^\circ\text{C}$ dan minimum $5^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$ serta pH pertumbuhan yang sesuai berkisar $5,5 - 8,5$. *B. cereus* bersifat kosmopolit dengan suhu pertumbuhan optimum 30°C . Bakteri ini merupakan saprofit ringan yang tidak berbahaya lazim terdapat dalam tanah, air, udara, dan tumbuh-tumbuhan serta mampu membentuk endospore yang tahan oleh kondisi panas (Jawetz *et. al.*, 1996).



Gambar 2.5 Spora dari Bakteri *Bacillus cereus*
(Senewe dkk, 2012)

Bacillus cereus memiliki klasifikasi sebagai berikut (Radji, 2011):

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Firmicutes
Classis	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Familia	: Bacillaceae
Genus	: <i>Bacillus</i>
Spesies	: <i>Bacillus cereus</i>

Bacillus cereus menghasilkan endospore berbentuk oval atau silinder yang ukuannya tidak melebihi sel induknya dan dapat menimbulkan keracunan makanan. Proses sporulasi pada bakteri terjadi saat makanan yang telah dimasak dihangatkan kembali sehingga terbentuk toksin yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Bakteri ini juga menjadi penyebab penyakit pneumonia (Pelczar dan Chan, 2005).

Allah berfirman dalam QS. Ali Imran ayat 191 sebagai berikut:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ

وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: "(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka" (QS. Ali Imran ayat 191).

Ayat di atas menjelaskan bahwa terciptanya langit dan bumi serta fenomena alam berupa pergantian siang dan malam merupakan salah satu bentuk kuasa Allah yang diciptakan tanpa sia-sia sebagai sebuah tantangan bagi ilmuwan untuk dapat mengetahui prosesnya secara alamiah (Kementerian Agama RI, 2010). Kesesuaian ayat ini terlihat pada kuasa Allah SWT yang telah menciptakan bakteri patogen pada makanan namun memiliki manfaat lain bagi tanaman, sehingga bakteri ini tidak hidup hanya sebagai agen penyakit. Hal tersebut membuktikan bahwa Allah tidak pernah menciptakan sesuatu yang tidak berguna bagi makhluk-Nya.

Bacillus cereus memproduksi senyawa biocercin yang dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus albus* pada media uji protease pepton agar. Selain itu, bakteri ini juga dapat menghasilkan senyawa mycocercin yang merupakan antibiotik peptida penghambat mikroorganisme jenis yeast dan mold dengan rentang *Minimal Inhibitory Concentration* (MIC) antara 19.5-78 µg/ mL (Hoffmaster *et al.* 2008).

2.10 Bakteri *Bacillus megaterium*

Bacillus megaterium merupakan salah satu bakteri Gram positif, basil dan dapat menghasilkan endospora. Bakteri ini bersifat aerobik, tetapi juga dapat bersifat anaerobik pada kondisi tertentu. Bakteri family Bacillaceae ini sebagian besar merupakan mikro flora saprofit yang dapat hidup di tanah, air, lautan, dan banyak habitat alam lainnya (Reddy *et.al*, 2010).



Gambar 2.6. *Bacillus megaterium* dengan pewarnaan gram Sudan Black B dan Safranin (Sumber: Wikipedia, 2017)

Adapun klasifikasi *Bacillus megaterium* adalah sebagai berikut (Brook, 2001) :

Kingdom	: Prokaryota
Divisi	: Protophyta
Class	: Schizomycetes
Ordo	: Eubacteriales
Family	: Bacillaceae
Genus	: <i>Bacillus</i>
Spesies	: <i>Bacillus megaterium</i>

Bakteri *B. megaterium* tumbuh baik pada suhu 25°C - 45°C, mampu membentuk endospore, bereaksi positif pada uji gula-gula glukosa, xylose,

arabinose, sukrosa, mannitol, dan maltosa, namun bereaksi negatif pada uji laktosa. Media pertumbuhan yang cocok untuk kultur bakteri tersebut adalah media Nutrient Broth (NB), sedangkan yang tidak cocok adalah media MCA, Sitrat, Indol, MR-VP. Bakteri *B.megaterium* merupakan bakteri motil yang tidak dapat meghidrolisis zat pati, sensitif terhadap senyawa penisilin, bereaksi positif dengan β -hemolisa, katalase positif, oksidase positif, tidak mampu mereduksi nitrat dan methylen blue (Bergey, 2005).

Bacillus megaterium menghasilkan beberapa produk yang diantaranya adalah protein seperti penisilin asilase yang digunakan untuk membuat penisilin sintetik; berbagai amilase yang menarik dalam modifikasi pati pada industri kue; dehidrogenase glukosa yang digunakan untuk regenerasi kofaktor NADH / NADPH dalam reaksi biokimia dan tes glukosa darah. Selanjutnya, digunakan untuk produksi piruvat, vitamin B12; racun fungisida dan oxetanocin; viral inhibitor aktif pada HIV (human immunodeficiency virus), virus hepatitis B, dan ulkus kornea herpes simpleks (Vary *et. al*, 2007).

Beberapa protein yang menarik, yang dihasilkan oleh *B. megaterium* adalah keluarga P-450 sitokrom monooxygenases. Hal ini dikarenakan mereka memiliki kesamaan yang cukup besar untuk eukariotik P-450 yang penting dalam banyak kondisi penyakit (Vary *et. al*, 2007). Protease netral, yang digunakan di industri penyamakan kulit di Indonesia, juga diproduksi dan disekresi oleh *B. megaterium*. Selain itu, *B. megaterium* dikenal kemampuannya untuk mensintesis vitamin B12 aerobik dan anaerobik (Raux *et al*, 1998).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk menguji kemampuan antagonis isolat bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* dan *in vivo*.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Oktober 2017. Pengujian secara *in vitro* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, sedangkan pengujian secara *in vivo* dilakukan di *Green House* di Dusun Kasim RT:03 RW: 08 Desa Ploso Kecamatan Selopuro Kabupaten Blitar.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Independen

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji kemampuan bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* yang ditumbuhkan dalam media kultur NA.

3.3.2 Variabel Dependen

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* dan *in vivo*.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya yaitu : autoklaf, incubator, Laminar Air Flow (LAF), hotplate, stirrer, neraca analitik, shacker incubator, Erlenmeyer 500 ml, Erlenmeyer 250 ml, spektrofotometer, beaker glass, pipet tetes, *object glass*, deck glass, mikroskop computer, cawan petri, bunsen, pisau cutter steril, ose, mikropipet, tabung reaksi, botol flakon, blue tip, polybag, tray, jangka sorong, skop, spatula, dan alat tulis.

3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah : bibit cabai rawit varietas Dewata F1, isolat *Bacillus cereus*, isolat *Bacillus megaterium*, daun cabai rawit yang terserang penyakit layu Fusarium, media NA (Nutrient Agar), media PDA (Potato Dextrose Agar), media NB (Nutrient Broth), media PDB (Potato Dextrose Broth), aquades, aquades steril, kapas, kain kasa, aluminium foil, spiritus, plastik, pewarna LCB (*Lactophenol Cotton Blue*), tanah, pupuk kandang, kertas saring steril, alcohol 70%, dan kloramfenikol.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dilakukan dengan cara membungkus alat-alat menggunakan kertas, aluminium foil dan plastik tahan panas. Sedangkan bahan-bahan disterilkan dengan cara membungkus tempat bahan dan bahan menggunakan plastik tahan panas. Sterilisasi kemudian dilanjutkan dengan memasukkan alat dan bahan ke dalam autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit.

3.5.2 Pembuatan media kultur NA (Nutrient Agar)

Media NA sebanyak 20 g dilarutkan dengan 1000 ml aquades di dalam erlenmeyer. Media kemudian dihomogenkan dengan cara pengadukan dan pemanasan menggunakan *hot plate* dan *stirrer*. Campuran media tersebut disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit. Media selanjutnya dituang dalam cawan petri yang telah steril masing-masing 10 ml dan dibiarkan memadat (Handayani, 2015).

3.5.3 Pembuatan Media kultur PDA (*Potato Dextrose Agar*)

Media PDA sebanyak 39 g dilarutkan dengan 1000 ml aquades di dalam erlenmeyer. Media kemudian ditambahkan antibiotik kloramfenikol sebanyak 200 mg/L (Suciatmih, 2015) dicampur menggunakan *hot plate* dan *stirrer* hingga homogen. Larutan kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit. Media dituang ke dalam cawan petri yang telah disterilisasi masing-masing sebanyak ±10 ml hingga memadat (Lampiran 11) (Handayani, 2015).

3.5.4 Pembuatan Media Suspensi Bakteri NB (*Nutrient Broth*)

Media NB sebanyak 8 g dilarutkan dengan 1000 ml aquades steril di dalam erlenmeyer. Media kemudian dihomogenkan menggunakan *hot plate* dan *stirrer*. Selanjutnya, media disterilisasi dengan menggunakan autoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C (Pratiwi, 2015).

3.5.5 Pembuatan media PDB (*Potato Dextrose Broth*)

Media PDB sebanyak 24 gram di larutkan dengan 1000 ml aquades steril di dalam erlemeyer. Media kemudian ditambahkan kloramfenikol sebanyak 200 mg/L (Suciatmih, 2015) dan dihomogenkan dengan hot plate stirrer. Selanjutnya media disterilisasi dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit (Handayani, 2015).

3.5.6 Peremajaan Bakteri Endofit

Isolat bakteri endofit *Bacillus megaterium* dan *Bacillus cereus* diremajakan pada media Nutrient Agar. Masing-masing isolat diambil sebanyak satu ose, dan digoreskan pada cawan petri yang berisi media NA padat. Media yang telah berisi isolat kemudian diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 28°C (Zarkasyi, 2008).

3.5.7 Uji Konfirmasi Bakteri

3.5.7.1 Uji Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram isolat bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* dilakukan dengan mengambil 1 ose bakteri yang diulaskan pada *object glass* setipis mungkin, kemudian difiksasi. Tahap berikutnya, bakteri ditetesi larutan kristal violet selama 30 detik, lalu dibilas dengan aquades. Selanjutnya bakteri diberi 1 tetes larutan iodium, kemudian dibilas dengan aquades. Setelah 30 detik, preparat dicuci dengan alkohol selama 10-20 detik dan dibilas dengan aquades. Pewarnaan terakhir dengan pemberian larutan safranin sebanyak 1 tetes dan didiamkan selama 30 detik, lalu dibilas dengan aquades. Kelebihan air pada preparat diserap menggunakan tisu bersih,

kemudian preparat diamati di bawah mikroskop. Bakteri gram positif menunjukkan sel berwarna keunguan, sedangkan sel bakteri gram negatif akan berwarna merah (Febbiyanti, 2012).

3.5.7.2 Uji Motilitas

Uji motilitas bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* dilakukan dengan mengambil 1 ose (ose lurus) kultur bakteri endofit lalu ditusukkan pada media NA tegak yang terdapat dalam tabung reaksi. Bakteri kemudian diinkubasi selama 1 x 24 jam dengan suhu 37°C. apabila terdapat rambatan bakteri pada bekas tusukan, maka bakteri bersifat motil, namun bila tidak terdapat rambatan pada bekas tusukan artinya bakteri bersifat non motil (Lampiran 11) (Sardiani dkk, 2015).

3.5.7.3 Uji Katalase

Kultur murni isolat bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* dalam cawan petri diambil 1 ose dan diulaskan pada *object glass* steril. Kemudian, ulasan bakteri ditetesi reagen H₂O₂ sebanyak 2-3 tetes. Hasil bernilai positif apabila terbentuk gelembung gas, dan bernilai negatif jika tidak terbentuk gelembung gas (Lampiran 11) (Sardiani dkk, 2015).

3.5.8 Isolasi dan Identifikasi Jamur *Fusarium oxysporum*

Isolasi jamur dilakukan dengan teknik *direct plating* (Suciatmih, 2011). Jamur patogen *Fusarium oxysporum* didapatkan dengan mengisolasi daun cabai rawit yang terserang penyakit layu Fusarium. Daun tersebut dicuci bersih di bawah air mengalir, kemudian diiris dengan ukuran 1 x 1 cm, direndam ke dalam gelas ukur berisi aquades steril. Irisan kemudian diambil dan direndam ke

dalam alkohol 70 % selama 5 menit. Selanjutnya, irisan dicuci kembali ke dalam aquades steril dan ditiriskan di atas tissue steril (Lampiran 11). Irisan daun tersebut diletakkan di dalam cawan petri yang berisi media PDA. Media kemudian dinkubasi selama 5-7 hari pada suhu kamar (Irawan dkk, 2015). Peremajaan isolat dilakukan ketika isolat telah memenuhi cawan petri (\pm 7 hari) (Mukarlina dkk, 2010).

Proses identifikasi dilakukan melalui pengamatan ciri-ciri makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan secara makroskopis dilakukan dengan melihat langsung warna koloni, bentuk koloni, dan tepi koloni kapang. Sedangkan pengamatan ciri-ciri mikroskopis dengan melihat bentuk konidia, hifa, dan letak konidiofor kapang menggunakan mikroskop komputer (Arifah, 2016).

Pada pengamatan mikroskopis dilakukan dengan membuat mikrokultur dari isolat kapang patogen yang telah diisolasi. Media PDA steril ukuran 0,5 x 0,5 cm (potongan blok agar) dipotong dan dipindahkan di atas *object glass*. *Object glass* diletakkan dalam cawan petri yang dilapisi tisu yang telah dibasahi dengan sedikit aquades steril. Koloni sampel uji kemudian diinokulasikan pada blok agar menggunakan jarum ose dan ditutup dengan *deck glass*. Diinkubasi media tersebut pada suhu 20°C – 25 °C selama 5 -7 hari. Setelah masa inkubasi, *deck glass* diangkat dengan hati – hati lalu letakkan diatas *object glass* steril yang telah diberi satu tetes larutan *Lactophenol Cotton Blue* sebagai pewarna. Kemudian preparat diamati di bawah mikroskop komputer dan hasil pengamatan dicocokkan dengan buku identifikasi fungi karangan Barnet (1972) (Yosmar dkk, 2013).

3.5.9 Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap *Fusarium oxysporum* secara *In Vitro*

Uji antagonisme secara *in vitro* menggunakan *dual culture assay* (Suryanti dkk, 2013). Pengujian dilakukan dengan menumbuhkan secara berpasangan potongan koloni patogen *Fusarium oxysporum* berdiameter 0,9 cm dengan potongan koloni bakteri antagonis (*Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium*) berdiameter 0,9 cm pada cawan petri yang berisi media PDA (Lampiran 11) (Muthahanas, 2008). Biakan kemudian diinkubasi pada suhu kamar.

Terdapat empat perlakuan pada uji ini yaitu:

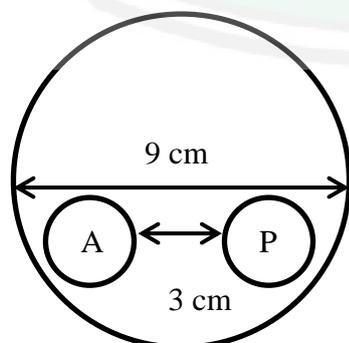
A = kontrol (isolat *Fusarium oxysporum*),

B = Isolat *Fusarium oxysporum* dan *Bacillus cereus*,

C = Isolat *Fusarium oxysporum* dan *Bacillus megaterium*, dan

D = Isolat *Fusarium oxysporum* + *Bacillus cereus* + *Bacillus megaterium*

Masing-masing isolat uji diletakkan pada jarak 3 cm (diameter cawan petri = 9 cm) dari patogen. Masing-masing perlakuan dibuat pengulangan sebanyak 6 kali. Cara peletakan inokulum dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini (Alfizar dkk, 2013).



Keterangan :

A=Inokulum Antagonis

P = Inokulum Patogen

Gambar 3.1 Skema uji *dual culture* antara inokulum antagonis dan patogen

Parameter yang diamati yaitu: 1) persentase penghambatan bakteri endofit dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen. Semakin tinggi tingkat penghambatan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*, maka semakin besar potensi bakteri endofit yang berposisi sebagai antagonis. Pada percobaan ini, tingkat penghambatan antagonis dihitung dengan rumus (1) (Sudantha dkk, 2011); 2) Pengamatan mekanisme antagonis yang dilakukan bakteri endofit terhadap jamur patogen secara mikroskopis dengan melihat penampakan miselium jamur.

Persentase hambatan dihitung mulai umur 3 HSI sampai 7 HSI. Adapun perhitungan persentase hambatan tersebut dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini (Melysa dkk, 2013):

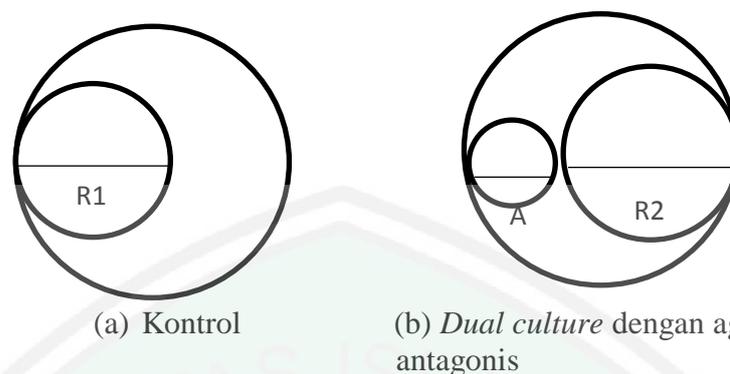
$$\text{PIRG (\%)} : \frac{R1-R2}{R1} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan :

PIRG= *Percentage Inhibition of Radial Growth* (% hambatan)

R1 = diameter patogen tanpa antagonis (kontrol)

R2 = diameter patogen dengan antagonis



Gambar 3.2 Skema uji *dual culture* (a) R1 = diameter patogen tanpa antagonis (kontrol) dan (b) R2 = diameter patogen dengan agen antagonis

3.5.10 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran dari tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1. Media dicampurkan hingga merata kemudian dimasukkan ke dalam plastik tahan panas untuk sterilisasi. Sterilisasi ini bertujuan untuk mematikan semua jenis mikroorganisme di dalam media. Sterilisasi media dilakukan dengan menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 30 menit, kemudian didinginkan hingga suhu ruang. Media yang telah steril kemudian dimasukkan ke dalam plastik polibag ukuran 25 x 25 sebanyak $\frac{1}{2}$ bagian \pm 2 kg media tanam (Wibisono dkk, 2014).

3.5.11 Pembibitan

Proses pembibitan diawali dengan perendaman benih dalam air hangat ($50 - 55^{\circ}\text{C}$) selama \pm 15 – 30 menit. Kemudian benih di semai satu per satu di dalam tray. Perendaman benih tersebut bertujuan untuk mempermudah perkecambahan benih (Lampiran 11) (Ralahalu dkk, 2013).

3.5.12 Penanaman dan Pemeliharaan

Bibit cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) yang berusia 4 minggu (Kawuri, 2012) dipindahkan ke dalam polybag untuk uji *in vivo*. Bibit ditanam sedalam 5 cm pada lubang tanam yang telah dibuat dengan jarak tanaman antar polybag 50 cm. Penyiraman dan penyiangan gulma dilakukan sesuai kebutuhan (Soesanto, 2010).

3.5.13 Penyiapan Suspensi Patogen dan Antagonis

Suspensi *Bacillus* spp. dibuat dalam medium NB digojog (*shaker incubator*) selama 3 hari dengan kecepatan 150 rpm pada suhu ruang (Diarta, 2016). Adapun kerapatan *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* dan adalah 10^8 cfu/ml (Saputra dkk, 2015). Sedangkan biakan murni *F. oxysporum* pada PDA dipindah secara aseptis ke dalam *Potato Dextrose Broth* (PDB) dalam tabung Erlenmeyer, dan digojog (*shaker incubator*) dengan kecepatan 150 rpm selama 6 hari pada suhu ruang. Kerapatan *Fusarium oxysporum* yang digunakan adalah $1,35 \times 10^7$ konidium/ml (Lampiran 11) (Diarta, 2016).

3.5.14 Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap *Fusarium oxysporum* secara *In Vivo*

Perlakuan pada uji *in vivo* menggunakan metode perendaman akar tanaman cabai rawit (*C. frutescens* L.) dengan *Fusarium oxysporum* dan kultur bakteri antagonis masing-masing 30 detik, selanjutnya penyiraman spora *Fusarium oxysporum* dan kultur bakteri antagonis masing-masing 20 ml pada media tanam steril 2 kg di polybag secara bersamaan, sedangkan kontrol tidak menggunakan bakteri antagonis (Raharini dkk., 2012). Pengamatan dilakukan selama 30 hari.

Uji *in vivo* dalam penelitian ini menggunakan tiga perlakuan berbeda yang diulang sebanyak 6 kali. Masing-masing polybag ditumbuhkan satu bibit cabai rawit. Adapun perlakuannya terdiri dari :

A = kontrol (tanpa perlakuan bakteri endofit dan diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum*),

B = diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum* dan *Bacillus cereus*,

C = diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum* dan *Bacillus megaterium*,

D = diinokulasi jamur *Fusarium oxysporum*, *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium*.

Parameter yang diamati pada uji ini adalah :

1. Masa inkubasi

Masa inkubasi diamati mulai dari inokulasi patogen sampai munculnya gejala layu pada tanaman cabai. Masa inkubasi diamati setiap hari intensitas penyakit layu akibat jamur *Fusarium oxysporum* (Wuryandarai, 2015).

2. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diukur mulai dari pangkal batang di atas permukaan tanah sampai ujung tanaman tertinggi. Pengukuran dilakukan setiap minggu sejak tujuh hari setelah inokulasi patogen sampai berakhirnya waktu pengamatan (satuan cm) (Lampiran 11) (Khaeruni, 2012).

3. Kejadian Penyakit

Perhitungan tingkat kejadian penyakit pada tanaman dilakukan dengan cara mengamati gejala eksternal pada tanaman. Perhitungan dilakukan setiap minggu setelah timbulnya gejala awal. Tingkat kejadian penyakit dihitung

dengan menggunakan metode Abbolt dengan rumus sebagai berikut (Khaeruni, 2012):

$$KP = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

KP = tingkat kejadian penyakit (%),

n = jumlah tanaman layu yang diamati,

N = jumlah tanaman yang diamati.

Adapun kategori tingkat serangan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman cabai rawit berdasarkan gejala yang dimunculkan secara visual adalah sebagai berikut (Sudana, 1992):

1. Tingkat layu : < 11 % (sangat tahan)
 2. Tingkat layu : > 11 – 45 % (tahan)
 3. Tingkat layu: >45–60% (sedang)
 4. Tingkat layu : > 60 – 85 % (rentan)
 5. Tingkat layu : > 85 – 100 % (sangat rentan)
4. Intensitas penyakit

Intensitas penyakit tersebut diamati perkembangan gejala layu setiap 5 hari sampai hari ke- 30 setelah inokulasi (Wuryandarai, 2015). Adapun rumus intensitas penyakit adalah sebagai berikut (Soesanto, 2010) :

$$IP = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

IP = Intensitas penyakit (%),

n = Jumlah daun bergejala dalam setiap kategori,

v = Nilai kategori serangan,

Z = Nilai kategori serangan tertinggi, dan

N = Jumlah daun yang diamati,

dengan kategori : 0 = Tidak ada gejala,

1 = Gejala daun menguning 0-20%,

2 = Gejala daun menguning 21-40%,

3 = Gejala daun menguning 41-60%,

4 = Gejala daun menguning 61-80%,

5 = Gejala daun menguning >80%.

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisa menggunakan Program SPSS 16.0. Data mulanya dilakukan uji normalitas menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* dan uji homogenitas menggunakan *Levene Statistic*. Data yang memiliki distribusi normal dan homogen (syarat uji parametrik) kemudian dianalisa menggunakan *One Way Anova*. Jika terdapat perbedaan nyata maka dilakukan uji Duncan taraf 5% (Raharini dkk, 2012).

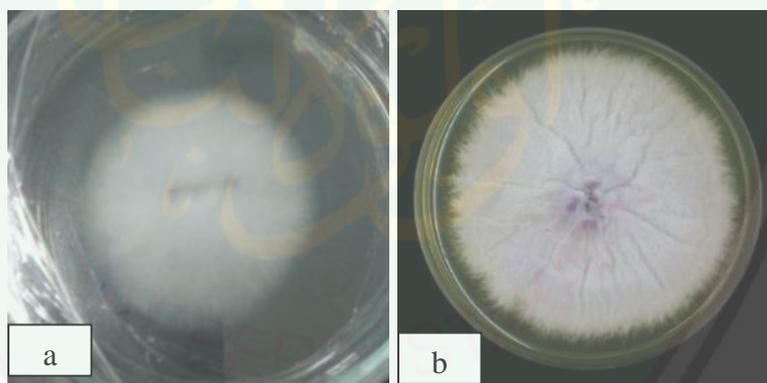
Apabila terdapat data berdistribusi tidak normal maka data tersebut dilakukan uji statistik non parametrik *Kruskall Wallis* atau dilakukan transformasi data (Sari, 2015). Ketentuan juga berlaku apabila data tidak homogen, maka dilakukan uji statistik non parametrik *Welch* (Singh, 2015).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Antagonis Bakteri *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap *Fusarium oxysporum* secara *In Vitro*

Isolat *Fusarium oxysporum* yang diisolasi dari tanaman cabai rawit berpenyakit memiliki ciri-ciri makroskopi: miselium muda berwarna putih kemudian semakin tua berubah warna menjadi merah muda hingga keunguan, hifa kasar dan berserabut serta tepinya bergerigi. Hal ini sesuai dengan Damayanti (2009) yang menyatakan bahwa *Fusarium oxysporum* memiliki permukaan koloni yang kasar, berserabut, bergelombang, bertepi gerigi, dan berwarna ungu.

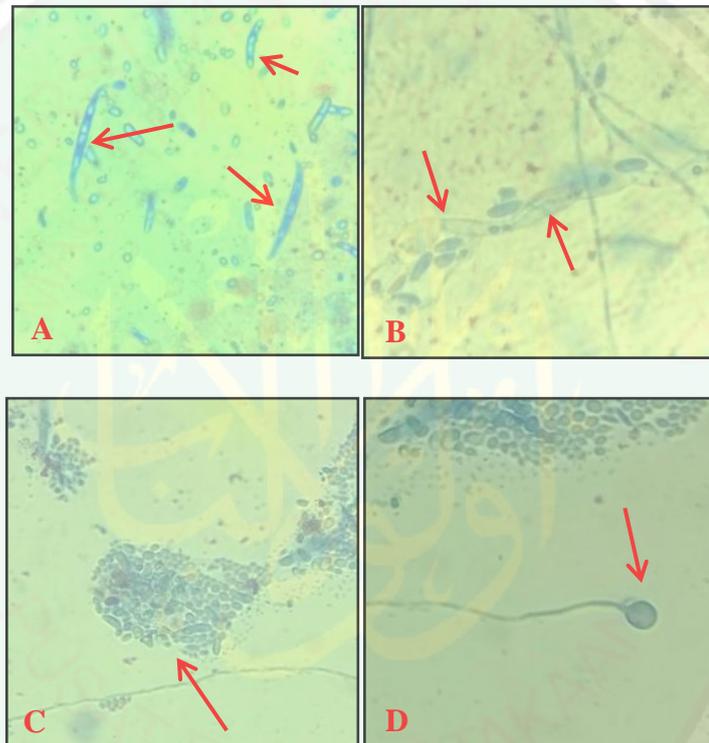


Keterangan : a. Isolat pribadi, b. Isolat dari Yuri (2012)

Gambar 4.1 Isolat *Fusarium oxysporum* secara makroskopi

Adapun pada pengamatan mikroskopi, jamur memiliki hifa panjang dan berseptat; memiliki makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit dan berseptat; mikrokonidia berbentuk bulat-lonjong yang banyak, dan terdapat klamidiospora (Gambar 4.2). Hal ini sesuai dengan Damayanti (2009) yang menjelaskan bahwa *Fusarium oxysporum* menghasilkan tiga macam spora aseksual yaitu mikrokonidia, makrokonidia, dan klamidiospora. Mikrokonidia

adalah spora bersel satu atau dua yang dihasilkan jamur dalam semua kondisi dan dapat menginfeksi tanaman. Makrokonidia adalah spora berbentuk sabit dengan jumlah sel tiga sampai lima dan biasanya ditemukan di permukaan. Adapun klamidiospora adalah spora yang dapat menginfeksi tanaman pada waktu dorman dan dapat berkembang di air.



Keterangan: A: Makrokonidia; B: Hifa berseptat (tanda panah); C: Mikrokonidia; D: Klamidiospora

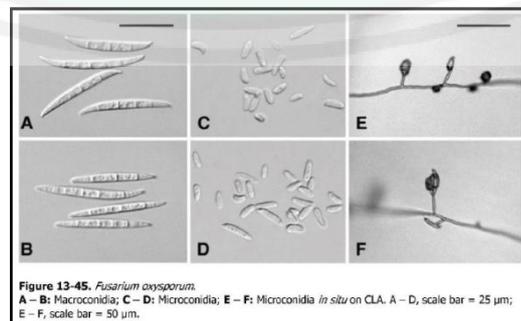


Figure 13-45. *Fusarium oxysporum*.
A - B: Macroconidia; C - D: Microconidia; E - F: Microconidia *in situ* on CLA. A - D, scale bar = 25 μ m;
E - F, scale bar = 50 μ m.

Sumber : Damayanti (2009)

Gambar 4.2 Struktur *Fusarium oxysporum* secara mikroskopis

Uji konfirmasi bakteri endofit dalam penelitian ini meliputi pewarnaan gram, uji motilitas, dan uji katalase. Pada uji pewarnaan gram, pada pengamatan menggunakan mikroskop, bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* (sel bewarna biru-keunguan).menunjukkan ciri-ciri berbentuk basil dan ber-Gram positif. Hasil uji motilitas, kedua bakteri endofit golongan *Bacillus* tersebut menunjukkan motil positif dengan ditandai adanya rambatan pertumbuhan bakteri pada bekas tusukan ose. Adapun hasil uji katalase, masing-masing bakteri menghasilkan gelembung setelah ditetesi H₂O₂ yang menunjukkan reaksi positif (Lampiran 11).

Hasil konfirmasi bakteri endofit sependapat dengan Jawetz *et. al* (1996) yang menyatakan bahwa *Bacillus cereus* termasuk dalam bakteri batang, Gram positif, berukuran 1,0 µm– 1,2 µm, panjang 3 µm - 5 µm, bersifat aerob, dengan suhu optimum 30°C, katalase positif (Yusra dkk, 2014), dan bakteri motil (Harmon *et. al*, 1992). Menurut Reddy *et. al* (2010), *Bacillus megaterium* merupakan bakteri Gram positif, basil dan menghasilkan endospora. Selain itu, bakteri ini bersifat aerobik, namun juga dapat bersifat anaerobik pada kondisi tertentu. Bergey (2005) menambahkan bahwa *Bacillus megaterium* merupakan bakteri motil yang tidak dapat menghidrolisis pati, dan positif katalase.

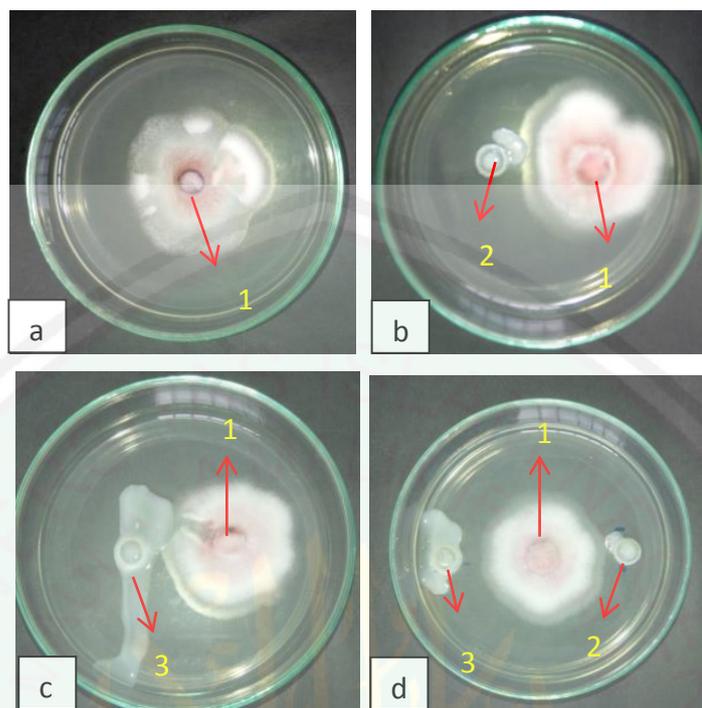
Hasil penelitian uji *in vitro* menunjukkan bahwa bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* memiliki kemampuan sebagai agen antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada cabai rawit. Kemampuan tersebut diperoleh dengan mengukur persentase perbandingan

diameter jamur patogen *Fusarium oxysporum* uji dalam metode *dual culture* dengan diameter jamur patogen kontrol. Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong (cm) selama 3 hari setelah inokulasi sampai 7 hari setelah inokulasi pada suhu ruang.

Tabel 4.1. Rerata Persentase Daya Hambat Bakteri Endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap *Fusarium oxysporum* selama umur 3 HSI - 7 HSI

No.	Perlakuan	Kisaran Daya Hambat (%)	Rerata Daya Hambat (%)
1	B	0 – 23 _a	6.9 ± 7.2
2	C	0 – 35 _b	13.8 ± 8.8
3	D	0 – 23 _{ab}	10.2 ± 6.5

Keterangan: B = *Bacillus cereus* + *Fusarium oxysporum*; C = *Bacillus megaterium* + *Fusarium oxysporum*; D = *Bacillus cereus* + *Bacillus megaterium* + *Fusarium oxysporum*. Huruf yang sama di belakang angka dalam kolom menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.



Keterangan:

1: isolat jamur *Fusarium oxysporum*; 2: isolat *Bacillus cereus*; 3: isolat *Bacillus megaterium*.

a. Kontrol (jamur *Fusarium oxysporum*);

b. *B. cereus* dan *F. oxysporum*

c. *B. megaterium* dan *F. oxysporum*

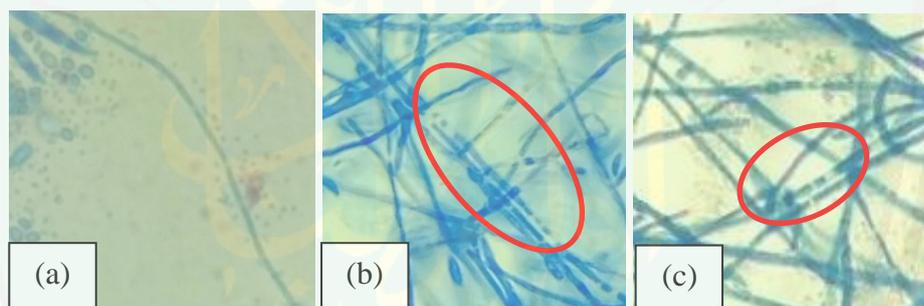
d. Uji kombinasi : *B.cereus* + *F. oxysporum* + *B. megaterium*

Gambar 4.3 Uji antagonis menggunakan metode *dual culture* (7 hsi)

Berdasarkan data pada Tabel 4.1, perlakuan C dengan isolat bakteri endofit *Bacillus megaterium* memiliki kemampuan antagonis tertinggi terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* sebesar 35%, sedangkan kemampuan antagonis terendah ditunjukkan oleh isolat *Bacillus cereus* dengan 23%. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan yang menggunakan bakteri endofit *B. megaterium* berpengaruh secara signifikan terhadap presentase daya hambat terhadap *Fusarium oxysporum* (Sig. = 13,8). Adapun perlakuan yang kombinasi tidak terdapat pengaruh yang berbeda nyata dengan Sig. = 10,2,

sedangkan perlakuan dengan bakteri endofit *B. cereus* menunjukkan pengaruh yang signifikan dengan Sig. = 6,9 (Lampiran 2).

Secara makroskopis, tidak nampak area hambat yang jelas antara koloni bakteri endofit *Bacillus* dengan miselium jamur patogen *Fusarium oxysporum* (Gambar 4.3). Zona hambat merupakan zona bening yang menandakan bahwa bakteri mengeluarkan zat antibiotik. Hal tersebut diduga bakteri endofit kurang maksimal dalam bermetabolisme karena media yang digunakan kurang sesuai. Menurut Saputra, dkk (2015), mekanisme antibiosis sangat dipengaruhi oleh komposisi medium baik secara kuantitatif maupun kualitatif.



Keterangan: (a) Kontrol: Jamur *Fusarium oxysporum* (hifa normal); (b) Isolat *Bacillus cereus* dan *Fusarium oxysporum*; (c) Isolat *Bacillus megaterium* dan *Fusarium oxysporum*

*) Lingkaran merah menunjukkan hifa yang tidak normal

Gambar 4.4 Pengamatan mekanisme antagonis isolat bakteri endofit dan patogen *Fusarium oxysporum*

Hasil pengamatan secara mikroskopis, hifa patogen *F. oxysporum* yang di uji antagonis dengan kedua bakteri endofit *Bacillus* menampilkan pertumbuhan yang tidak normal bila dibandingkan dengan hifa patogen kontrol. Hifa tersebut mengalami lisis seperti untaian tali yang terputus-putus yang diduga karena adanya senyawa antifungi yang disekresi oleh bakteri *Bacillus* sehingga mampu merusak dinding sel dan struktur hifa jamur patogen.

Hal ini sesuai dengan Abidin, dkk (2015) yang menyatakan bahwa bakteri golongan *Bacillus* sp. memiliki mekanisme antagonis berupa antibiosis dengan memproduksi senyawa antifungi yang dapat mengakibatkan pertumbuhan hifa menjadi abnormal (malformasi). Selain itu, juga akibat aktivitas enzim kitinase yang menyebabkan dinding sel jamur mengalami lisis.

Perbedaan kemampuan bakteri antagonis pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa *Bacillus megaterium* memiliki kemampuan antagonis yang lebih kuat dibandingkan *Bacillus cereus*. Hal ini diduga *B. megaterium* memiliki senyawa antibiotik yang mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum* lebih besar. Berdasarkan temuan Kong *et.al* (2010), *B. megaterium* mampu menghambat pertumbuhan *A. flavus* pada kacang tanah karena memproduksi senyawa-senyawa antibiotik dalam media kultur. Jung dan Kim (2005) menjelaskan kemampuan hambat *Bacillus megaterium* mampu mencapai lebih dari 50% terhadap jamur patogen *Alternaria kikuchiana* (pada buah pir), *Fusarium oxysporum* (pada mentimun), dan *Fusarium solani* (pada ginseng). Bakteri ini memiliki spektrum antifungi yang lebih luas daripada bafilomycin dari *Streptomyces* yang diketahui dapat menghambat *P. capsici*.

B. megaterium diketahui mampu mensekresi enzim ekstraselular yang telah dijelaskan oleh Bertagnolli *et.al* (1996) berupa endoproteinase netral yang terdapat kalsium, fosfolipase A, dan glukonase. Enzim-enzim tersebut diketahui mampu menginaktivasi enzim ekstraseluler dari patogen *R. solani*. Sehingga, dapat pula diduga terhambatnya pertumbuhan *F. oxysporum fsp. capsici* dikarenakan adanya enzim ekstraselular dari *B. megaterium*.

Hasil uji *in vitro* menggunakan *Bacillus cereus* menunjukkan tingkat anatgonisme yang rendah (Tabel 4.1). Meskipun demikian pada pengamatan mikroskopis, nampak hifa patogen mengalami lisis dan pertumbuhan abnormal. Hal ini diduga akibat adanya senyawa antifungi yang dihasilkan oleh *B. cereus* yang mengindikasikan bahwa bakteri ini juga memiliki mekanisme antibiosis terhadap jamur patogen. Sejalan dengan pendapat Huang *et. al.* (2005), bahwa bakteri *Bacillus cereus* 28-9 dapat memproduksi senyawa kitinase (ChiCW dan ChiCH) yang mampu menghambat perkecambahan konidia *Botrytis elliptica* pada bunga lili. Li *et. al.* (2012) menambahkan bahwa *B. cereus* juga dapat mengubah morfologi struktur hifa dan pembentukan spora *B. cinerea*. Ajilogba *et. al* (2013) ikut melaporkan bahwa *B. cereus* mampu menghambat pertumbuhan patogen *Fusarium solani* pada tanaman tomat dengan persentase hambatan 55,70%.

Menurut Prastya, dkk (2014), kategori presentase daya hambat yang kuat yaitu >40%; sedang (40%<x>30%), lemah (<30%); dan tidak memiliki kemampuan (0%). Berdasarkan tersebut, kemampuan *Bacillus megaterium* dalam menghambat jamur *Fusarium oxysporum* termasuk sedang karena memiliki persentase daya hambat 35%, sedangkan kemampuan *Bacillus cereus* termasuk kategori lemah dengan persentase daya hambat 23%. Adapun perlakuan kombinasi kedua bakteri endofit juga termasuk kategori lemah karena memiliki persentase daya hambat 23%. Namun, kedua isolate bakteri endofit tersebut memiliki potensi sebagai agen antagonis yang dapat dimanfaatkan. Wibisono, dkk (2014) menambahkan bahwa standar kualitas uji

daya hambat agen hayati yang baik yaitu memiliki kemampuan penghambatan $\geq 70\%$ secara *in vitro*.

Interaksi yang terbentuk antara bakteri endofit yang berpotensi sebagai antagonis terhadap patogen telah ditetapkan oleh Sang Pencipta sebagai bentuk kuasa-Nya untuk menciptakan segala sesuatu yang dikehendaki-Nya. Allah SWT berfirman dalam QS. Thaha ayat 50 yaitu:

قَالَ رَبُّنَا الَّذِي أَعْطَى كُلَّ شَيْءٍ خَلْقَهُ ثُمَّ هَدَى ﴿٥٠﴾

Artinya: “Musa berkata: ***"Tuhan Kami ialah (Tuhan) yang telah memberikan kepada tiap-tiap sesuatu bentuk kejadiannya, kemudian memberinya petunjuk"*** (QS. Thaha ayat 50).

Ayat di atas menurut tafsir Ibnu Katsir, firman Allah “ *(Rabb) yang telah memberikan kepada tiap-tiap sesuatu bentuk kejadiannya, kemudian memberinya petunjuk*” memiliki artian bahwa Allah SWT telah menetapkan amal perbuatan, ajal, dan rizki, kemudian semua makhluk hidup berjalan berdasarkan ketetapan tersebut tanpa ada yang dapat menghindarinya, dan tidak seorangpun mampu keluar darinya. Sama halnya dengan bakteri endofit yang berpotensi sebagai agen antagonis, ia telah ditetapkan oleh Allah SWT menyeimbangkan lingkungan sekitar dengan menghambat pertumbuhan patogen agar tidak terjadi kerusakan yang lebih besar (Ghoffar, 2007).

Penjelasan serupa dengan kandungan Al Qur'an Surah Al A'laa ayat 3 yaitu:

وَالَّذِي قَدَّرَ فَهَدَىٰ ﴿٣﴾

Artinya:” dan **Dia yang menentukan kadar (masing-masing) dan memberi petunjuk**” (QS. Al A’laa ayat 3).

Makna “*taqdir*” berakar pada kata “*qaddara*” yang dimaksudkan untuk seluruh skema perkembangan ke arah tujuan untuk apa makhluk hidup diciptakan. Selain itu, kata “*hidayat*” berasal dari kata “*hada*” yang artinya ‘petunjuk Ilahiah’. Faqih (2006) menafsirkan bahwasannya terdapat rencana yang tepat dalam proses perkembangan segala ciptaan Allah dan telah diberikan pula petunjuk oleh-Nya untuk mencapai tujuan dari terciptanya makhluk tersebut. Seperti pada penelitian ini, bakteri endofit maupun jamur patogen diciptakan dengan membawa tugas dan tujuan hidup yang telah ditentukan. Bakteri endofit memiliki fungsi atau manfaat sebagai agen yang dapat membantu proses pertumbuhan tumbuhan inang dan tidak menyebabkan penyakit pada inangnya tersebut. Berbanding terbalik dengan jamur patogen, ia diciptakan sebagai mikroorganisme yang dapat mengganggu pertumbuhan makhluk hidup lain untuk menunjang pertumbuhannya sendiri. Kedua makhluk tersebut membuktikan bahwa setiap makhluk hidup yang diciptakan memiliki tugas yang berbeda-beda sesuai dengan takdir yang telah ditetapkan oleh Allah SWT.

4.2 Uji Antagonis Bakteri Endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* secara *In Vivo*

Kemampuan antagonis dua bakteri endofit Genus *Bacillus* dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici*

secara *in vivo* dilakukan langsung pada tanaman cabai rawit dengan menggunakan metode celup akar bibit cabai. Adapun parameter yang menunjukkan kemampuan bakteri tersebut antara lain yaitu:

4.2.1 Masa Inkubasi

Tabel 4.2. Masa Inkubasi Penyakit Layu Fusarium Menyerang Tanaman Cabai Rawit

Perlakuan	Kisaran Masa Inkubasi (hari)
B	2 – 5 _a
C	3 – 16 _b
D	1 – 5 _a
Kontrol (A)	3

Keterangan: A: isolat kontrol *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* (*Foc*); B: Inokulasi *Bacillus cereus* + *Foc*; C : Inokulasi *Bacillus megaterium* + *Foc*; D : Inokulasi *Bacillus cereus* + *Bacillus megaterium* + *Foc*. Huruf yang sama di belakang angka dalam kolom menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa masa inkubasi paling cepat pada tanaman cabai yang diisolasi kedua endofit *B. cereus* + *B. megaterium* + *F.oxysporum* (kode D4) (Lampiran 3) dengan waktu satu hari setelah inokulasi (hsi). Namun masa inkubasi paling lama ditunjukkan pada tanaman yang diinokulasi *B. megaterium* (C4) yaitu selama 16 (hsi). Berdasarkan hasil analisis uji Duncan, perlakuan C pada tanaman yang diinokulasi *B. megaterium* dan *F.oxysporum* menunjukkan pengaruh yang signifikan, sedangkan pada kedua perlakuan B (*B. cereus* + *F.oxysporum*) dan D (perlakuan kombinasi) pengaruh yang ditunjukkan tidak signifikan atau dapat dikatakan sama.

Masa inkubasi penyakit dapat diketahui dengan mengamati gejala-gejala serangan penyakit pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman setiap harinya. Gejala yang ditunjukkan tanaman cabai rawit yang terinfeksi *F. oxysporum* berupa menguningnya daun-daun cabai rawit yang kemudian tanaman menjadi layu dan berangsur-angsur mati (Gambar 4.5). Gejala tersebut muncul akibat tanaman mengalami gangguan sistem transportasi unsur air dan hara yang diperlukan oleh tanaman. Akibatnya, tanaman menjadi layu dan apabila pertumbuhan patogen di dalam tanaman semakin meningkat, tanaman dapat mengalami kematian.



Gambar 4.5 Perkembangan tanaman cabai rawit yang terserang penyakit Layu Fusarium

Prabowo, dkk (2006) menjelaskan bahwa masa inkubasi patogen yang cepat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang sesuai namun menghambat proses pertumbuhan tanaman. Perbedaan masa inkubasi tanaman yang terinfeksi patogen dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan yang

menyebabkan masing-masing tanaman memiliki respon ketahanan penyakit yang berbeda-beda sehingga dalam kasus ini meskipun diinokulasi dengan *F.oxysporum f.sp. capsici* yang sama namun hasil yang ditunjukkan dapat berbeda. Sejalan dengan Palupi, dkk (2015), masing-masing tanaman memiliki karakter ketahanan penyakit yang berbeda-beda karena adanya asal-usul gen dan pengaruh lingkungan.

Pemberian *B. megaterium* (kode C4) pada tanaman menunjukkan masa inkubasi lebih lama karena diduga terjadi persaingan pertumbuhan antara bakteri endofit dan patogen dimana patogen memerlukan cukup waktu untuk menginfeksi inangnya. Sesuai dengan Prabowo, dkk (2006) patogen yang menetrasi ke tanaman akan sukar melakukannya apabila sistem perakaran terdapat agen antagonis.

Berdasarkan Tabel 4.2, kedua endofit *Bacillus* berpotensi antagonis karena peranannya yang mampu menghambat masa inkubasi patogen pada tanaman di dalam *green house* meskipun hasil yang ditunjukkan rendah. Menurut Wayne *et. al.* (2000) genus *Bacillus* dapat menghasilkan endospora yang berpotensi sebagai agen hayati yang mampu bertahan pada kondisi panas dan kering, sehingga cocok bila diaplikasikan di lapangan.

4.2.2 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman cabai rawit diamati setiap 7 hari sekali setelah inokulasi selama 30 hari (Tabel 4.3). Berdasarkan data Tabel 4.3 pada 28 hsi, isolat *Bacillus megaterium* memacu pertumbuhan tinggi tanaman dengan rata-rata tertinggi sebesar 7,1 cm. Adapun tanaman berpenyakit yang diberi perlakuan

Bacillus cereus dan perlakuan kombinasi kedua endofit memiliki rata-rata tinggi tanaman berturut-turut sebesar 3,4 cm dan 3,9 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *B. megaterium* ikut membantu pertumbuhan tanaman terutama dalam meningkatkan tinggi tanaman.

Tabel 4.3. Rata-rata Tinggi Tanaman Cabai Rawit

Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman (cm)			
	7 hsi	14 hsi	21 hsi	28 hsi
B	2,5	3,1	3,4	3,4
C	3,0	3,9	4,7	7,1
D	2,5	2,9	3,0	3,9
Kontrol (A)	3	3,2	3,2	3,2

Keterangan:

A: isolat kontrol *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* (*Foc*)

B: Inokulasi *Bacillus cereus* dan *Foc*;

C : Inokulasi *Bacillus megaterium* dan *Foc*;

D : Inokulasi *Bacillus cereus* + *Bacillus megaterium* + *Foc*



Gambar 4.6 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Cabai Rawit yang diberi perlakuan *B. megaterium* dan *F. oxysporum*

Data hasil pengamatan pada Tabel 4.3 berdasarkan uji *Kolmogorov Smirnov* tidak memenuhi syarat uji normalitas, sehingga dalam hal ini dilakukan transformasi data untuk mendekati data normal (Feng *et. al.*, 2014).

Berdasarkan uji lanjut Duncan hasil transformasi, perlakuan C dengan isolat *Bacillus megaterium* dan *F. oxysporum* menunjukkan pengaruh yang signifikan pada taraf 5% terhadap tinggi tanaman cabai rawit. Berbeda dengan hasil analisis yang ditunjukkan perlakuan B (isolat *Bacillus cereus* dan *F. oxysporum*) dan D (perlakuan kombinasi kedua bakteri endofit dan *F. oxysporum*) yaitu tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap tinggi tanaman.

Munculnya tinggi tanaman cabai rawit yang bervariasi diakibatkan oleh pemberian isolat endofit dan patogen yang saling mempengaruhi. Rendahnya tinggi tanaman diduga akibat aktifitas pertumbuhan patogen *Foc* yang lebih dominan sehingga menghambat proses pertumbuhan tanaman. Menurut Saragih (2009), miselium jamur *F. oxysporum* pada tanaman inang memiliki kemampuan menghasilkan spora reproduktif dengan mengabsorpsi nutrisi dari tanaman sehingga mengakibatkan proses pertumbuhan tanaman terganggu. Salah satu diantaranya berdampak pada pertumbuhan tinggi tanaman yang kurang maksimal.

Keberadaan bakteri endofit pada tanaman cabai rawit pada penelitian ini selain sebagai antagonis terhadap patogen, juga untuk memacu proses pertumbuhan tanaman. Khaeruni dan Gusnawaty (2012) mengemukakan bahwa rhizobakteri di dalam tanaman dapat membantu produksi hormon IAA, melarutkan fosfat, dan memfiksasi nitrogen nonsimbiotik. Kemampuan tersebut memobilisasi proses penyerapan unsur hara tanah dan metabolisme tanaman serta mengubah konsentrasi berbagai fitohormon pertumbuhan.

Bacillus megaterium menurut Zou *et. al.*. (2010) adalah salah satu PGPR pelarut fosfat yang efektif dan mampu menghasilkan senyawa volatil yang dapat memacu pertumbuhan tanaman. Sivasakthi *et. al.* (2014) melaporkan bahwa *B. megaterium* dapat memperbaiki kinerja sistem perakaran, membantu pemanjangan akar dan kandungan akar pada tanaman mint. Selain itu, bakteri ini juga mampu meningkatkan ketersediaan mineral, penyerapan, pertumbuhan tanaman lada dan mentimun. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa *B. megaterium* selain sebagai biokontrol, ia juga mampu sebagai rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman cabai rawit.

Tanaman cabai rawit yang terserang penyakit oleh mikroorganisme patogen secara tersirat dijelaskan oleh Allah SWT dalam firman-Nya QS. Al Hijr ayat 19-20 yaitu sebagai berikut:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَوْزُونٍ ﴿١٩﴾ وَجَعَلْنَا لَكُمْ

فِيهَا مَعِيشَ وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرَازِقِينَ ﴿٢٠﴾

Artinya: “ dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran. Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezki kepadanya.

Menurut Quthb (2003), ayat di atas menjelaskan tentang kebesaran alam yang banyak terdapat tumbuh-tumbuhan dengan berbagai ukuran hidup subur di alam. Arti lafadz “*mauzun*” dalam ayat di atas adalah Allah menciptakan

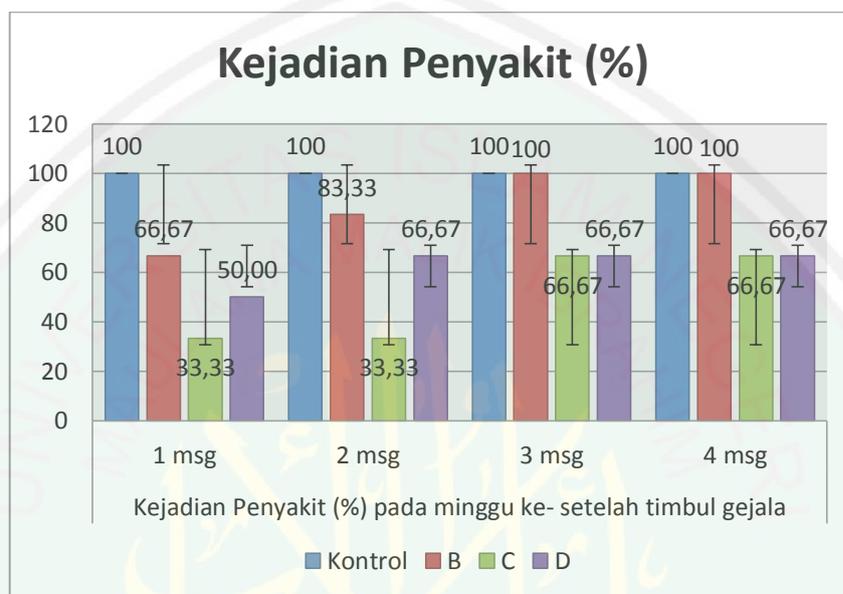
setiap tumbuhan yang ada di bumi dengan sangat rapi, teliti dan tepat. Allah menciptakan beragam makhluk sebagai sarana pemenuhan keperluan hidup bagi makhluk lainnya. Hal tersebut terlihat dari lafadz “*ma’ayisy*” yang merupakan bentuk jamak “*ma’isyah*” yang artinya “*keperluan-keperluan hidup*”. Berdasarkan tafsir tersebut, tanaman cabai rawit diciptakan sebagai pemenuhan keperluan manusia terutama sebagai bahan masakan penyedap rasa. Adapun makhluk hidup seperti bakteri endofit yang mampu menghambat patogen penyebab tanaman bermanfaat untuk menjaga kelestarian tanaman inangnya.

Menurut Huang *et. al.* (2005) pada penelitiannya, *Bacillus cereus* 28-9 dapat memproduksi dua senyawa kitinase (ChiCW dan ChiCH) yang mampu menghambat perkecambahan konidia *Botrytis elliptica* pada tanaman lili. Pada uji *in vivo*, bakteri ini juga dapat menghasilkan metabolit antifungi dan terlibat dalam induksi ketahanan tanaman. Ajilogba *et. al.* (2013) menambahkan fakta bahwa *B. cereus* mampu melarutkan fosfat dan menghasilkan hormon IAA yang membantu meningkatkan tinggi tanaman, pemanjangan akar, dan membantu mempercepat munculnya tunas. Hal tersebut menunjukkan bahwa *B. cereus* juga dapat digunakan sebagai rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman, dalam kasus ini adalah tanaman cabai rawit, di samping sebagai agen biokontrol hayati.

4.2.3 Kejadian Penyakit

Kejadian penyakit tanaman cabai rawit dapat diamati pada proses layu akibat *F. oxysporum f.sp. capsici* yang diinokulasi bersamaan dengan kultur

bakteri endofit *B. cereus* dan *B. megaterium* pada awal pemindahan bibit ke dalam polybag. Tanaman diamati setiap minggu dari minggu pertama hingga minggu ke empat setelah timbulnya gejala (msg).



Keterangan : kontrol (A) : isolat kontrol *Fusarium oxysporum* (*Foc*); B : *B. cereus* dan *Foc*; C : *B. megaterium* dan *Foc*; dan D: *B. cereus* + *Foc* + *Bacillus megaterium*

Gambar 4.7 Diagram Persentase Kejadian Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Rawit

Berdasarkan Gambar 4.7, kelompok tanaman yang memiliki persentase kejadian penyakit terbesar adalah kelompok perlakuan B yang diinokulasi *B. cereus* dan *F.oxysporum f.sp. capsici*. Pada kelompok ini, tanaman mengalami tingkat kelayuan yang meningkat tiap minggu setelah timbul gejala (msg) dengan persentase berturut-turut 66,67%; 83,33%; 100%; 100%. Kelompok tanaman perlakuan C yang diinokulasi dengan *B. megaerium* dan *F.oxysporum f.sp. capsici* menunjukkan tingkat kejadian penyakit paling rendah serta mengalami peningkatan persentase pada minggu ke-3 setelah timbul gejala dengan persentase 33,33%; 33,33%; 66,67%; 66,67%. Pada perlakuan

kombinasi (D) yang menggunakan dua bakteri endofit *Bacillus* uji dan *Foc* pada tanaman, menunjukkan grafik kejadian kelayuan yang meningkat pada minggu ke-2 dan mengalami grafik yang tetap pada minggu ke-3 dan ke-4 setelah timbul gejala dengan persentase berturut-turut 50%; 66,67%; 66,67%; 66,67%.

Tabel 4.4 Ringkasan Uji *Welch* pada Kejadian Penyakit Tanaman Cabai Rawit

Robust Tests of Equality of Means				
kejadian_penyakit				
	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Welch	4.755	2	5.262	.066
a. Asymptotically F distributed.				

Hasil uji statistik, data tidak memenuhi asumsi homogenitas sehingga dilakukan uji alternatif *Welch* (Singh, 2015). Berdasarkan uji tersebut didapatkan $\text{Sig} > 0,05$ (0,066) dan $F \text{ hitung} < F \text{ tabel} = 4,755$ yang artinya H_0 diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata kejadian penyakit untuk tiga perlakuan yang berbeda menunjukkan hasil yang sama. Oleh karena itu, dilakukan uji lanjut *Post-Hoc Games-Howell* (Singh, 2015) (Lampiran 8).

Tabel 4.5 Ringkasan Uji *Games Howell* Kejadian Penyakit

Multiple Comparisons				
kejadian_penyakit Games-Howell				
(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.
perl B	perl C	37.50000	12.50111	.056
	perl D	24.99750	9.00090	.092
perl C	perl B	-37.50000	12.50111	.056
	perl D	-12.50250	10.48798	.516
perl D	perl B	-24.99750	9.00090	.092
	perl C	12.50250	10.48798	.516

Berdasarkan uji *Games-Howell* pada Tabel 4.5, perbedaan rata-rata kejadian penyakit antara perlakuan satu dengan perlakuan lainnya menunjukkan nilai Sig. lebih dari 0,05 (Sig. > 0,05), sehingga disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh rata-rata kejadian penyakit antara pemberian isolat *B. cereus* dan pemberian isolat *B. megaterium* adalah sama (Sig. = 0,056). Sama halnya dengan rata-rata kejadian penyakit antara pemberian isolat *B. cereus* dan perlakuan kombinasi (Sig. = 0,092) yang tidak terdapat pengaruh. Serta rata-rata kejadian penyakit antara pemberian isolat *B. megaterium* dengan perlakuan kombinasi juga tidak berpengaruh (Sig. = 0,516).

Kejadian penyakit layu *Fusarium* pada cabai rawit ditandai dengan munculnya gejala menguning pada daun, dan timbulnya kecoklatan pada batang yang berangsur-angsur mengalami layu hingga akhirnya mati (Gambar 4.8). Hal ini sependapat dengan Semangun (2004) yang menjelaskan bahwa layu tanaman akibat *F. oxysporum* memiliki ciri-ciri seperti daun bagian bawah menguning, tanaman menjadi kerdil, dan apabila pangkal batang dipotong

maka akan tampak cincin coklat pada berkas pembuluh. Serangan berat juga terdapat pada tanaman bagian atas.



Keterangan: a. Daun menguning dan mulai menggulung; b. Tanaman mati akibat layu Fusarium

Gambar 4.8 Gejala Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Rawit

Proses layu hingga kematian tanaman cabai rawit juga dijelaskan oleh

Allah dalam firman-Nya yaitu:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا

الْوَانِعِ ثُمَّ يَهْبِجُ فَتَرَهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿٢١﴾

Artinya: "Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal (QS. Az Zumar ayat 21).

Shihab (2002) menjelaskan bahwa ayat di atas menguraikan bukti-bukti bahwa Allah SWT memiliki kekuasaan menurunkan hujan, menciptakan mata air, menumbuhkan berbagai tumbuhan, hingga sampai proses penguraiannya. Ayat tersebut sesuai pula dengan pengamatan di *green house* terkait kejadian

layu akibat patogen *F. oxysporum* yang mengakibatkan terhambatnya unsur air yang diperlukan oleh tanaman, sehingga tanaman mengalami layu yang berangsur-angsur mati.

Jamur patogen *F. oxysporum* menghasilkan enzim pektase yang mengandung polisakarida dan pektat yang menyerang jaringan xylem sehingga kerja jaringan tersebut terhambat. Selain itu jamur ini juga mampu memproduksi asam fusarat yang bekerja merusak proses metabolisme tanaman inang sehingga tanaman kehilangan unsur air dan garam yang berpengaruh terhadap permeabilitas membran sel dan berdampak negatif pada proses metabolisme (Raharini dkk, 2012).

Pemberian bakteri endofit pada tanaman yang terserang penyakit dimaksudkan sebagai agen antagonis yang mampu menekan pertumbuhan patogen. Hal ini sependapat dengan Hidayah *et. al.* (2015) yang mengatakan bahwa kelompok bakteri antagonis mampu menghasilkan senyawa yang mudah menguap (*volatile compound*) dan memiliki fungsi antibiotik yang menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman, namun berperan meningkatkan pertumbuhan tanaman atau biasa disebut *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR).

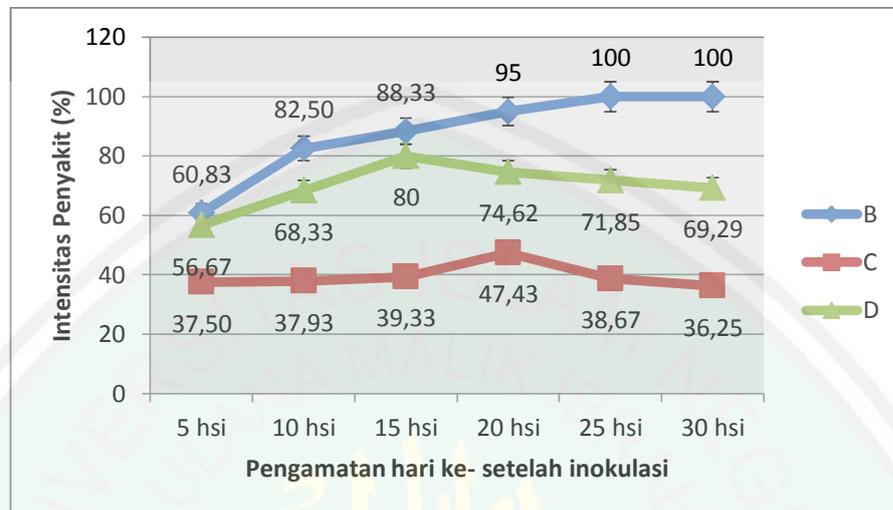
Tanaman cabai rawit yang diinokulasi *B. cereus* dan *Foc* memiliki tingkat ketahanan yang sangat rentan dengan persentase kejadian penyakit 100% (4 msg). Hasil tersebut menunjukkan bahwa *B. cereus* kurang mampu menekan penyakit layu Fusarium pada tanaman cabai rawit. Berbeda dengan hasil yang dikemukakan oleh Huang *et. al.* (2005), *B. cereus* 28-9 mampu menghasilkan

enzim kitinase yang dapat menekan pertumbuhan *Botrytis elliptica* penyebab penyakit hawar daun pada bunga lili. Selain itu, keberadaan bakteri ini juga dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit, mampu menghasilkan metabolit antifungi dan kompetisi di sekitar permukaan daun.

Pada tanaman cabai rawit yang diinokulasi dengan *B. megaterium* dan *Foc*, memperlihatkan ketahanan yang rentan dengan persentase kejadian penyakit 66,67% (4 msg). Hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan pengaplikasian *B. cereus* pada tanaman yang artinya *B. megaterium* pada penelitian ini kurang mampu menekan pertumbuhan patogen secara *in vivo*. Berdasarkan penelitian Chakraborty *et. al.* (2006), *B. megaterium* mampu mengurangi intensitas penyakit busuk akar coklat akibat patogen *Fomes lamaoensis* pada teh di dalam tanah. Spesies *Bacillus* ini juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman inang karena memproduksi hormon IAA, pelarut fosfat, dan siderofor. Siderofor diketahui dapat mengikat unsur besi yang tidak bisa membantu proses pertumbuhan patogen.

Khaeruni dan Gusnawaty (2012) menjelaskan bahwa salah satu mekanisme antagonis terhadap patogen tular tanah adalah kompetisi ruang dan nutrisi. Hal ini sesuai dengan pengamatan bahwa saat diinokulasi bakteri endofit dan jamur patogen pada tanaman, terjadi sebuah interaksi antara kedua mikroorganisme tersebut yang menampakkan layu penyakit dan ketahanan penyakit pada cabai rawit.

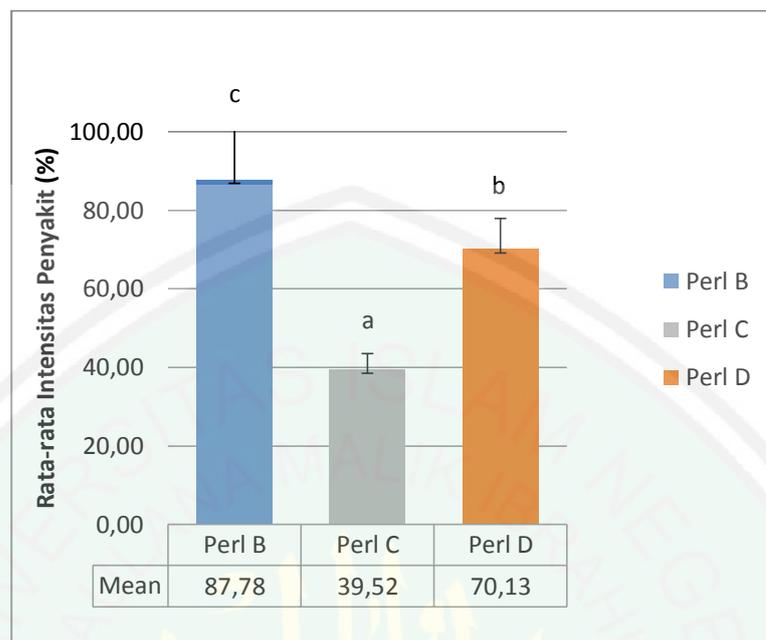
4.2.4 Intensitas Penyakit



Keterangan : B : *B. cereus* dan *Foc*; C : *B. megaterium* dan *Foc*; D : *B. cereus* + *Foc* + *B. megaterium*

Gambar 4.9. Persentase Intensitas Penyakit Tanaman Cabai Rawit dengan Berbagai Perlakuan selama 30 hsi

Intensitas penyakit tanaman cabai rawit pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan *B. cereus* mengalami keparahan penyakit layu Fusarium dengan persentase mencapai 100%. Tanaman cabai rawit yang paling rendah keparahan penyakitnya adalah tanaman yang diinokulasi *B. megaterium* dengan persentase paling kecil mencapai 36,25%.



Keterangan : B: *B. cereus* dan *Foc*; C: *B.megaterium* dan *Foc*; D: *B. cereus* + *Foc* + *B.megaterium*

Gambar 4.10. Diagram Rata-rata Intensitas Penyakit dari Masing-masing Perlakuan berdasarkan Uji Duncan 5%.

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa tanaman cabai rawit yang mengalami intensitas penyakit akibat *Foc* paling tinggi adalah tanaman yang diinokulasikan dengan *B. cereus* dengan rata-rata $87,78 \pm 14,87$ %, sedangkan tanaman dengan intensitas penyakit paling rendah adalah tanaman yang diinokulasi endofit *B. megaterium* dengan rata-rata $39,52 \pm 4,02$ %. Berdasarkan statistik uji Duncan, masing-masing perlakuan menunjukkan berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya pada taraf 5%.

Perbedaan yang signifikan dari masing-masing perlakuan diduga karena masing-masing endofit membentuk interaksi yang berbeda-beda dengan patogen di dalam tanaman karena persaingan nutrisi. Hal ini sejalan dengan pendapat Riana (2011) yang mengatakan bahwa beberapa mekanisme kerja

agen biokontrol hayati dapat berupa kompetisi zat makanan, antibiosis dan parasitisme.

Hasil kompetisi antara kedua endofit dan patogen mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang ditandai oleh timbulnya gejala. Gejala yang ditunjukkan pada penelitian ini berupa gejala penyakit tanaman akibat *Foc* dengan ditandai menguningnya daun-daun pada tanaman dan timbul warna kecoklatan pada batang apabila batang tersebut dipotong. Intensitas serangan yang tinggi dapat mengakibatkan tanaman menjadi layu dan berangsur-angsur menjadi mati.

Wandani *et.al* (2015) menjelaskan bahwa tanaman yang terserang *Fusarium oxysporum* menunjukkan gejala batang yang rusak (layu) akibat sekresi toksin berupa asam fusarat dan asam dehidrofusarat. Kedua asam tersebut menghambat proses fotosintesis sehingga tanaman inang tidak dapat memproduksi glukosa dan menyebabkan tanaman layu akibat kehilangan unsur air.

Menurut Riana (2011), bakteri golongan *Bacillus* mempunyai kemampuan menghasilkan berbagai macam antibiotik untuk bakteri maupun jamur seperti zwittermicin-A, kanomisin, dan lipopeptida dari surfaktin, fengycin, dan iturin. Beberapa spesies seperti *B.cereus* memproduksi senyawa kitinase yang dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen. Hal tersebut tidak sepenuhnya sesuai dengan hasil pengamatan yang telah dilakukan karena pada tanaman yang diinokulasi *B. cereus* memiliki tingkat intensitas penyakit lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Peningkatan diduga terjadi karena

faktor pendukung dan kompetisi nutrisi di dalam tanaman dan tanah kurang memacu pertumbuhan bakteri endofit terutama pada proses metabolisme.

Bacillus megaterium berdasarkan Bertagnolli *et. al.* (1996) dapat digunakan sebagai agen biokontrol karena kemampuannya memproduksi endoproteinase yang dapat menonaktifkan enzim-enzim ekstraselular dari patogen *Rhizoctonia solani*. Hal ini sependapat dengan hasil pengamatan bahwa *B. megaterium* yang diinokulasikan ke dalam tanaman berpenyakit layu Fusarium mampu menghambat pertumbuhan patogen *Foc.* Aktivitas tersebut diduga karena adanya pengaruh senyawa antifungi yang dihasilkan oleh bakteri *B. megaterium*.

Endoproteinase yang dihasilkan oleh *Bacillus megaterium* pada penelitian Bertagnolli *et. al.* (1996) mampu menginaktivasi enzim selulase, fosfolipase A, pektinasi dan pektin lyase dari cendawan *Rhizoctonia solani*. Adapun enzim kitinase *Bacillus cereus* menurut Suryadi, dkk (2013) tergolong dalam enzim dengan stabilitas rendah. Semakin rendah stabilitas suatu enzim, maka enzim semakin tidak stabil dalam melakukan fungsinya. Sehingga dapat diduga bahwa senyawa yang dihasilkan oleh *B. megaterium* lebih baik dalam menginaktivasi senyawa ekstraseluler *Fusarium oxysporum* dibandingkan dengan *Bacillus cereus*.

Tingginya tingkat intensitas penyakit pada tanaman akibat jamur patogen dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti angin, serangga dan manusia dimana menurut Wibisono, dkk (2014), penyebaran penyakit tanaman akibat jamur patogen dapat disebabkan oleh beberapa agensia seperti air, angin,

burung, serangga, dan manusia. Angin salah satu agensia yang berpotensi besar dalam menyebarkan spora jamur dalam jarak jauh.

Keberhasilan pengendalian penyakit layu *Fusarium* akibat mikroorganisme patogen pada skala *green house* tidak dapat berlangsung stabil dan memuaskan, sehingga isolat yang mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen dalam skala laboratorium belum tentu akan sama dengan hasil pengujian dalam skala *green house*. Hal ini dibenarkan oleh pendapat Muthahanas dan Erna (1993) yang menjelaskan bahwa keberhasilan pengendalian penyakit pada tanaman dipengaruhi beberapa faktor seperti media tumbuh, jenis tanah, fase pertumbuhan tanaman, dan suhu di dalam *green house*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Penggunaan bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* menunjukkan bahwa kedua bakteri mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* dengan persentase hambatan oleh *Bacillus cereus* adalah 23 % dan *Bacillus megaterium* adalah 35 %.
2. Penggunaan bakteri endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* menunjukkan bahwa kedua bakteri mampu menekan pertumbuhan penyakit Layu Fusarium pada tanaman cabai rawit dengan bakteri endofit jenis *Bacillus megaterium* yang lebih baik sebagai agen antagonis di skala lapangan.

5.2 Saran

Penelitian ini seyogyanya dilakukan uji lanjutan mengenai gambaran histologi akar, batang dan daun pada tanaman untuk mengetahui seberapa besar dampak kerusakan yang terjadi pada organ tanaman inang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zainul., Luqman Qurata Aini, Abdul Latief Abadi. 2015. Pengaruh Bakteri *Bacillus* sp. DAN *Pseudomonas* sp. terhadap Pertumbuhan Jamur Patogen *Sclerotium rolfsii* Sacc. Penyebab Penyakit Rebah Semai pada Tanaman Kedelai. *Jurnal HPT*. Volume 3 Nomor 1.
- Agrios, G. N. 1988. *Plant Pathology*. Professor and Chairman Dept. of Plant Pathology University of Florida. Academic Press Inc. Guinesville.
- Agustin, S. E. 2011. Efektivitas pengendalian *Perenospora parasitica* Pers, ex Fr dengan menggunakan *Pseudomonas flourecens*, *Trichoderma virens*, *Bacillus* sp dan Fungisida Sintetik pada Tanaman Caisin (tidak dipublikasikan).
- Ajillogba, Caroline F., Olubukola Oluranti Babalola, and Faheem Ahmad. 2013. Antagonistic Effects of *Bacillus* Species in Biocontrol of Tomato *Fusarium* Wilt. *Studies on Ethno-Medicine*. Vol. 7. No. 3.
- Al Qurthubi, Syaikh Imam. 2008. *Tafsir Al Qurthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Alfizar, Marlina, dan Fitri Susanti. 2013. Kemampuan Antagonis *Trichoderma* sp. Terhadap Beberapa Jamur Patogen In Vitro. *J. Floratek*. Vol. 8.
- Al-Jauziyah, Ibnu Qayyim. 1994. *Sistem Kedokteran Nabi: Kesehatan dan Pengobatan Menurut Petunjuk Nabi Muhammad SAW*. Semarang: PT. Karya Toha Putra.
- Al-Mubarak, Ahmad Zaki. 2006. *Pendekatan Strukturalisme Linguistik dalam Tafsir Al-Qur'an Kontemporer "ala" M.Shahrur*. Yogyakarta : eLSAQ.
- Anonim. 2013. *Cara Budidaya Cabai Rawit Cepat Untung*. <http://pelanet-ilmu.blogspot.co.id/2015/09/cara-budidaya-cabai-rawit-cepat-untung.html>. (Diakses pada tanggal 10 Mei 2017).
- Anonim. 2015. مسبب مرض الذبول الفيوزارمى فى الطماطم *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* دورة حياة الفطر. <https://plantdiseasepathology.blogspot.com/2015/11/fusarium-oxysporum-f-sp-lycopersici.html>. (Diakses pada tanggal 3 Juli 2018).
- Arifah, Hizbiyah R. 2016. Potensi Fungi Endofit Daun Kenikir (*Cosmos sulphureus* Cav.) sebagai Aantagonis Terhadap *Fusarium oxysporum* Penyebab Pokahbung Pada Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Skripsi*. (tidak dipublikasikan). Malang: Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
- Arifin, I., 2010, Pengaruh Cara dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Cabai Rawit (*Capsicum frutencens* L var. Cengek). *Skripsi*. (tidak dipublikasikan). Malang: Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
- Ath-Thabari, Abu Ja'far Muhammad bin Jarir. 2009. *Tafsir Ath-Thabari*. Terj, Misbah, Anshari Taslim, dkk. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Bacon, C.W., D.M. Hinton, and A. Hinton Jr. 2006. Growth-Inhibiting Effects of Concentrations of Fusaric Acid on The Growth of *Bacillus mojavensis* and Other Biocontrol Bacillus Species. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 100.
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Produksi Cabai Besar, Cabai Rawit, Dan Bawang Merah Tahun 2014*. Berita Resmi Statistik. No. 53/08/35/Th.XIII.

- Baker, K. F. dan R. J. Cook. 1983. *Biological Control Of Plant Pathogen*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnsota.
- Bandara, W.M.MS., Gamini Seneviratnea, and S A Kulasoorya. 2006. Interactions Among Endophytic Bacteria and Fungi: Effects and Potentials. *J. Biosci.* Volume 31. No. 5.
- Bergey, D. H, Brenner, J. D, Garrity, M. G, and Staley, J.T. 2005. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Second Edition*. United States of America : Springer.
- Bertagnolli, B.L., Dal Soglio F.K, Sinclair J.B. 1996. Extracellular Enzyme Profiles Of The Fungal Pathogen *Rhizoctonia solani* Isolate 2B-12 And Of Two Antagonists, *Bacillus megaterium* Strain B153-2-2 And *Trichoderma harzianum* Isolate Th008. I. Possible Correlations With Inhibition Of Growth And Biocontrol. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 48.
- Booth S. 1985. *The Genus Fusarium*. England: The Lavenham Press Ltd.
- Chakraborty, Usha., Bishwanath Chakraborty And Merab Basnet. 2006. Plant Growth Promotion And Induction Of Resistance In *Camellia sinensis* by *Bacillus megaterium*. *Journal of Basic Microbiology*. 46 .
- Clay, K. 1991. *Fungal endophytes of grasses: A Devensive Mutualism Between Plants and Fungi. Ecology*. Vol.69. No. 1.
- Diarta, I Made., Cokorda Javandira, dan I Ketut Widnyana. 2016. Antagonistik Bakteri *Pseudomonas* spp. Dan *Bacillus* spp. Terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Tanaman Tomat. *Jurnal Bakti Saraswati*. Vol. 05. No. 01.
- Diniyah, Shohihatud. 2010. Potensi Bakteri Endofit sebagai Penghambat Pertumbuhan Bakteri (*R. solanacearum*) dan Jamur (*Fusarium* sp. dan *P. infestan*) Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman. *Skripsi*. (tidak dipublikasikan). Malang: Jurusan Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Djaenudin, D., Marwan, H., Subagjo, H., & A. Hidayat. 2011. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian*. Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian.
- Faqih, Allamah Kamal dan Tim Ulama. 2006. *Tafsir Nurul Quran*. Jakarta: Penerbit Al-Huda.
- Febbiyanti, Tri Rapani. 2012. Penapisan Jamur dan Bakteri Antagonis terhadap Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microparus*) dari Rhizosfer Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata* Prain). *Jurnal Penelitian Karet*. Volume 30. No.1.
- Feng, Changyong., Hongyue Wang, Naiji Lu, and Xin M. Tu. 2014. Log-transformation and its implications for data analysis. *Shanghai Archives of Psychiatry*. Volume 26. No. 2.
- Fravel D.R. 1988. *Role Antibiosis in The Biocontrol of Plant Disease*. Annu. Rev. Phytopathol.
- Ghoffer, M. A. 2007. *Tafsir Al Qur'an Ibnu Katsir*. Jakarta: Pustaka Imam Syafi'i.
- Handayani, Putri Nur. 2015. Isolasi, seleksi, dan Uji Aktivitas Antimikroba Kapang Endofit dari Daun Tanama Jamblang (*Syzygium cumini* L.) terhadap

- Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, dan *Aspergillus niger*. Skripsi. (tidak dipublikasikan). Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan.
- Harmon SM, Goepfert JM and Bennet RW. 1992. *Compendium of Method For The Microbiological Examination of Food. 3rd ed.* Washington: American Public Health Association.
- Hidayah, Nurul ., dan Titiiek Yulianti. 2015. Uji Antagonisme *Bacillus cereus* terhadap *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotium rolfsii*. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. Vol. 7. No. 1.
- Hidayati, Elik Nur. 2004. Eksplorasi Bakteri Endofit Umbi Kentang Antagonis Terhadap Penyakit *Erwinia carotovora* var *Carotovora* Patogen Penyebab Penyakit Busuk Lunak (Soft root) Pada Umbi 75 Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L). Skripsi (Tidak dipublikasikan). Jurusan Hama dan penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Hoffmaster AR, Novak RT, Marston CK, Gee JE, Pruckler JM, Wilkins PP. 2008. Genetic Diversity of Clinical Isolates of *Bacillus cereus* Using Multilocus Sequence Typing. *BMC Microbiology*. Vol. 8. No. 1.
- Huang, C, Wang, T, Chung, S & Chen, C 2005, Identification Of An Antifungal Chitinase From A Potential Biocontrol Agent, *Bacillus cereus* 28–9. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology*. Volume 38. No.1.
- Irawan, Arif., Illa Aggraeni, dan Margaretta Christita. 2015. Identifikasi Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Bibit Cempaka (*Magnolia elegans* (Blume.) H. Keng) dan Teknik Pengendaliannya. *Jurnal Wasian*. Vol. 2. No. 2.
- Istikorini, Y., 2002. *Pengendalian Penyakit Tumbuhan Secara Hayati Yang Ekologis dan Berkelanjutan*. http://www.rudycet.com/PPS702-ipb/05123/yunik_istikorini.htm. (diakses 12 April 2017).
- Jawetz, E., J. Melnick, dan E. Adelberg. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran. Penerjemah Edi Nugroho dan R.F Maulany. Edisi 20*. Jakarta : Kedokteran EGC.
- Jung, Hye Kyoung and Sang-Dal Kim. 2005. An Antifungal Antibiotic Purified from *Bacillus megaterium* KL39, A Biocontrol Agent of Red-Pepper Phytophthora-Blight Disease. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. No.15. Vol. 5.
- Kahar, M. Syahrul. 2017. Kajian Atom dalam Penciptaan Berpasangan. *SPEKTRA : Jurnal Kajian Pendidikan Sains*. Volume 3. No. 1.
- Kawuri R. 2012. Pemanfaatan *Streptomyces thermocarboxydis* untuk Mengendalikan Penyebab Penyakit Busuk Daun pada Lidah Buaya (*Aloe barbadensis* Mill) di Bali. *Disertasi Doktor*. (tidak dipublikasikan). Bali: Program Studi Ilmu Pertanian. Universitas Udayana.
- Kementerian Agama RI. 2010. *Al-Qur'an Dan Tafsirnya* Jilid 2. Jakarta: Lentera Abadi.
- Khaeruni, Andi., dan Gusnawaty Hs. 2012. Penggunaan *Bacillus* spp. sebagai Agens Biokontrol untuk Mengendalikan Penyakit Layu Fusarium Pada Tanaman Cabai. *JURNAL AGROTEKNOS*. Vol.2. No.3.
- Khaeruni, A., Wahab, A, Taufik, M, dan Sutariati, GAK. 2013. Keefektifan Waktu Aplikasi Formulasi Rizobakteri Indigenus untuk Mengendalikan

- Layu Fusarium dan Meningkatkan Hasil Tanaman Tomat di Tanah Ultisol. *Jurnal Hortikultura*. Vol. 23 No. 4.
- Khalil, Rowaida., Fatima Djadouni, Yasser Elbahloul and Sanaa Omar. 2009. The Influence Of Cultural And Physical Conditions On The Antimicrobial Activity Of Bacteriocin Produced By A Newly Isolated *Bacillus megaterium* 22 Strain. *African Journal of Food Science*. Vol .3. No.1.
- Kong, Qing., Shihua Shan, Qizheng Liu, Xiudan Wang, and Fangtang Yu. 2010. Biocontrol of *Aspergillus flavus* on peanut kernels by use of a strain of marine *Bacillus megaterium*. *International Journal of Food Microbiology*. Vol.139.
- Kristiana, Riajeng. 2012. Isolasi, Identifikasi, Skrining dan Penghambatan Kapang Rizosfer terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Tesis*.(tidak dipublikasikan). Depok: Program Studi Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia.
- Laili, Nur dan Dwi Agustiyani. 2016. Karakterisasi Dan Uji Aktivitas Biokontrol Bakteri Endofit dari Lombok terhadap Kapang Patogen *Fusarium oxysporum* f.sp.*lycopersici*. Prosiding Seminar Nasional II Tahun 2016. Malang: Kerjasama Prodi Pendidikan Biologi FKIP dengan Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan (PSLK) Universitas Muhammadiyah Malang.
- Leslie,J.F. and Summerell, B.A. 2006 .*The Fusarium Laboratory Manual*. USA: Blackwell Publishing.
- Li, F, Ma, H, Liu, J, Zhang, C 2012, Antagonistic Effects of *Bacillus cereus* Strain B-02 On Morphology, Ultrastructure, And Cytophysiology of *Botrytis cinerea*. *Polish Journal of Microbiology*. Volume 61. No. 2.
- Mahartha, Komang Adi ., Khamdan Khalimi, dan Gusti Ngurah Alit Susanta Wirya. 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.
- Maulidah, Silvana., Heru Santoso, Hadi Subagyo, dan Qiki Rifqiyyah. 2012. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Dan Pendapatan Usaha Tani Cabai Rawit (Studi Kasus Di Desa Bulupasar, Kecamatan Pagu, Kabupaten Kediri). *SEPA : Vol. 8 No. 2*.
- Mehrotra, R.S. 1980. *Plant Pathology*. New Delhi: Tata McGrw Hill Publ. Lim
- Melysa, Nur Fajrin, Suharjono, Dan Mutia Erti Dwiastuti. 2013. Potensi *Trichoderma* sp. Sebagai Agen Pengendali *Fusarium* sp. Patogen Tanaman Strawberry (*Fragaria* sp.) . *Jurnal Biotropika*. Vol. 1 No. 4.
- Mukarlina, Siti Khotimah, Dan Reny Rianti. 2010. Uji Antagonis *Trichoderma harzianum* Terhadap *Fusariums* spp. Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) Secara In Vitro. *Jurnal Fitomedika* Vol. 7. No. 2.
- Muthahanas, Irwan., dan Erna Listiana. 2008. Skrining *Streptomyces* sp. Isolat Lombok Sebagai Pengendali Hayati Beberapa Jamur Patogen Tanaman. *CropAgro*. Vol. 1. No.2.

- Naully, D. 2016. Fluktuasi dan Disparitas Harga Cabai di Indonesia. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*. Vol. 1. No. 1.
- Nugraheni, Endah S. 2010. Karakterisasi Biologi Isolat-Isolat *Fusarium* sp Pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Asal Boyolali. *Skripsi*. (tidak dipublikasikan). Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Nugroho, D. 2004. Eksplorasi Bakteri Endofit Pada Akar Tanaman Kentang yang Berpotensi Sebagai Antagonis *Pseudomonas solanacearum*. *Skripsi*. (tidak dipublikasikan). Malang: Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Nurzannah, Sri Endah., Lisnawita dan Darma Bakti. 2014. Potensi Jamur Endofit Asal Cabai Sebagai Agens Hayati Untuk Mengendalikan Layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) pada Cabai dan Interaksinya. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. Volume 2. No. 3.
- Palupi, Hendra., Izmi Yulianah dan Respatijarti. 2015. Uji Ketahanan 14 Galur Cabai Besar (*Capsicum annuum* L.) terhadap Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum* spp) dan Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*). *Jurnal Produksi Tanaman*. Volume 3. No. 8.
- Pelczar, M.J. dan Chan, E.C.S. 2005. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press.
- Prabowo, Albertus Kurniawan Edi and Nur , Prihatiningsih and Loekas, Soesanto. 2006. *Potency Of Trichoderma harzianum In Controlling Nine Isolates Of Fusarium oxysporum Schlecht. f.sp. zingiberi Trujillo On Galanga*. *JIPI*. Volume 8. No. 2.
- Pracaya. 1994. *Bertanam Lombok*. Yogyakarta: Kanisius.
- Prajnanta, F. 2001. *Agribisnis Cabai Hibrida*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pranata, T. 1993. *Resistensi Beberapa Varietas Tomat Terhadap Fusarium oxysporum*. Jember: FP UNEJ.
- Prastya, M. Eka., Agung Supriyadi1, Endang Kusdiyantini. 2014. Eksplorasi Rhizobakteri Indigenous Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* Linn.) dari Pertanian Semi Organik Desa Batur Kabupaten Semarang Sebagai Agen Hayati Pengendali Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*. *Jurnal Biologi*, Volume 3 No 3.
- Pratiwi, Arini E. 2015. Isolasi, Seleksi Dan Uji Aktivitas Antibakteri Mikroba Endofit dari Daun Tanaman *Garcinia benthami* Pierre terhadap *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Shigella dysenteriae*, dan *Salmonella typhimurium*. *Skripsi*. (tidak dipublikasikan). Jakarta: Program Studi Farmasi. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Purwanto, Ukhradiya M.S., Fachriyan Hasmi Pasaribu, dan Maria Bintang. 2014. Isolasi Bakteri Endofit dari Tanaman Sirih Hijau (*Piper betle* L.) dan Potensinya sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri. *Current Biochemistry*. Volume 1. No. 1.
- Quthb, Sayyid. 2003. *ITafsir fi zhilalil-Qur'an Jilid 7*, terjemahan As'ad Yasin. Jakarta: Gema Insani Press.
- Radji, M. 2010. *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi & Kedokteran*. Jakarta : EGC.

- Raharini, Aninda Oktavia., Retno Kawuri1, Dan Khamdan Khalimi. 2012. Penggunaan *Streptomyces* sp. Sebagai Biokontrol Penyakit Layu pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) yang Disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici*. *AGROTROP*. Volume. 2. No.2.
- Ralahalu, M. A., M. L. Hehanussa, dan L. L. Oszaer. 2013. Respons Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annum* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Hormon Tanaman Unggul. *Agrologia*. Vol. 2. No. 2.
- Ranuwijaya, Utang. 2016. Hadits yang Menakutkan Yahudi. *Saintifika Islam*. Vol. 3. No. 2.
- Raux E., Leech H.K., Beck R., Schubert H.L., Santander P.J., Roessner C.A.. 2003. Identification and functional analysis of enzymes required for precorrin-2 dehydrogenation and metal ion insertion in the biosynthesis of sirohaem and cobalamin in *Bacillus megaterium*. *Biochem J*. 370:505–516.
- Resti, Zurai., Trimurti Habazar , Deddi Prima Putra, dan Nasrun. 2013. Skrining Dan Identifikasi Isolat Bakteri Endofit Untuk Mengendalikan Penyakit Hawar Daun Bakteri Pada Bawang Merah. *J. Hpt Tropika*. Vol. 13. No. 2.
- Reddy, DM. Shiva., Mohan BK., Nataraja, S., Krishnappa M, and Abhilash M. 2010. Isolation and Molecular Characterization of *Bacillus megaterium* Isolated From Different Agro Climatic Zones Of Karnataka and Its Effect On Seed Germination And Plant Growth of *Sesamum indicum*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical*. Volume 1 Issue 3.
- Riana, Eko. 2011. Seleksi dan Formulasi Konsorsium Bakteri untuk Mengendalikan Penyakit Blas (*Pyricularia oryzae*) pada Tanaman Padi. *Skripsi* (Tidak Dipublikasikan). Bogor: Departemen Biologi. Fakultas MIPA. ITB.
- Rostini, N. 2011. *Enam Jurus Bertanam Cabai Bebas Hama dan Penyakit*. Jakarta: Agromedia.
- Ruimin Fu, Feng Yu, Yanan Gu, Tingting Xue, Yanzhao Guo, Yaya Wang, Xiaowei Wu, Maolin Du and Wuling Chen. 2015. Improvement of Antagonistic Activity of *Bacillus megaterium* MHT6 against *Fusarium moniliforme* using He-Ne Laser Irradiation. *International Journal Of Agriculture & Biology*. Vol. 17.
- Rukmana, R. 1999. *Usaha Tani Pisang*. Yogyakarta: Kanisius.
- _____. 2002. *Usaha Tani Cabai Rawit*. Yogyakarta: Kanisius.
- Rustam, B. Tjahjono, Widodo, dan Supriadi. 2005. The Potential of Rhizospheric Bacteria in Controlling Blod Disease of Banana. *J. ISSAAS*. Vol. 11. No. 3.
- Saputra, Rachmad., Triwidodo Arwiyanto, Dan Arif Wibowo. 2015. Uji aktivitas antagonistik beberapa isolat *Bacillus* spp. terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada beberapa varietas tomat dan identifikasinya. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*. Vol. 1. No. 5.
- Saragih, Saud Daniel. 2009. Jenis-jenis Fungi pada Beberapa Tingkat Kematangan Gambut. *Skripsi*. (tidak dipublikasikan). Sumatera Utara: Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Saraswati, I Gusti Agung Eka., Made Pharmawati, dan I Ketut Junitha. 2012. Karakter Morfologi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Yang

- Dipengaruhi Sodium Azida Pada Fase Generatif Generasi M1. *Jurnal Biologi*. Volume XVI. No. 1.
- Sardiani, N., Magdalena Litaay, Risco G. Budji, Dody Priosambodo, Syahribulan, dan Zaraswati Dwyana. 2015. Potensi Tunikata *Rhopalaea sp* sebagai Sumber Inokulum Bakteri Endosimbion Penghasil Antibakteri; 1. Karakterisasi Isolat. *Jurnal Alam dan Lingkungan*. Volume 6. No.11.
- Sari, Nia. 2015. *Pengolahan dan Analisis Data Statistik dengan SPSS*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sastrahidayat, I. R.1989. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Semangun H. 1996. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- _____. 2000. *Penyakit – Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- _____. 2004. *Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia*. Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Senewe, Emmy., Redsway Maramis dan Christina Salaki. 2012. Pemanfaatan Bakteri Entomopatogenik *Bacillus cereus* Terhadap Hama *Spodoptera litura* Pada Tanaman Kubis. *Eugenia*. Vol. 18 No. 2.
- Setyaningrum, H.D dan Cahyono. 2014. *Panen Sayur secara rutin di lahan Sempit*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Shihab, M. Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah, Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an. Volume 4*. Jakarta: Lentera Hati.
- Simarmata, R. 2007. Isolasi Mikroba Endofitik dari Tanaman Obat Sambung Nyawa (*Gynura procumbens*) dan Analisis Potensinya sebagai Antimikroba. *J. p. Hayati*. Vol. 13.
- Singh, Amanjot. 2015. Efficiency and Profitability of The Selected Pharmaceutical Companies: An Analytical Study. *Journal of Research in Pharmaceutical Science*. Volume 2. Issue 7.
- Simpson, M. G., 2010, *Plant Systematics, Elsevier, Burlington*. U. S. A.: USA. Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts.
- Sivasakthi, S., G. Usharani, dan P. Saranraj. 2014. Biocontrol Potentiality of Plant Growth Promoting Bakteria (PGPR)- *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A Review. *African Journal of Agricultural*. Volume 9. No. 16.
- Soesanto, Loekas., Endang Mugiastuti, Dan Ruth Feti Rahayuniati. 2010. Kajian Mekanisme Antagonis *Pseudomonas fluorescens* P60 Terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* Pada Tanaman Tomat *In Vivo*. *J. Hpt Tropika*. Vol. 10, No. 2.
- Strobel, G.A. 2002. Microbial Gifts From Rainforests. *Can. J. Plant Phathology*. Vol. 24.
- Suciatmih, Yuliar, dan D. Supriyati. 2011. Isolasi, Identifikasi, dan Skrining Jamur Endofit Penghasil Agen Biokontrol dari Tanaman Di Lahan Pertanian dan Hutan Penunjang Gunung Salak. *J. Tek. Ling*. Vol. 12 No. 2.
- Suciatmih. 2015. Diversitas Jamur Endofit Pada Tumbuhan Mangrove Di Pantai Sampiran Dan Pulau Bunaken, Sulawesi Utara. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. Vol. 1. No. 1.

- Sudana, M dan L. Rohani. 1992. Isolasi dan Karakteristik *Pseudomonas* Bakteriocinogenik yang menghambat pertumbuhan *Pseudomonas solanacearum*. Hlm. 82-96 dalam *Prosiding Seminar Nasional Bioteknologi III*, 21 – 23 Oktober 1992. PAU Bioteknologi UGM. Yogyakarta.
- Sudantha, I Made., I Gusti Made Kusnarta, Dan I Nyoman Sudana. 2011. Uji Antagonisme Beberapa Jenis Jamur Saprofit Terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Pisang Serta Potensinya Sebagai Agens Pengurai Serasah. *Agroteksos*. Vol. 21 No.2-3.
- Sudir Dan Suparyono. 2000. Evaluasi Bakteri Antagonis sebagai Agensia Pengendali Hayati Penyakit Hawar Pelepah dan Busuk Batang Padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. Vol. 19. No. 2.
- Suleiman, M.K., Bhat, S. Jacob and R.R. Thomas. 2011. Germination Studies in *Lycium shawii* Roem. And Schult. *World Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 7. No.1.
- Supriati, L., R. B. Mulyani. dan Y. Lambang. 2010. Kemampuan Antagonisme Beberapa Isolat *Trichoderma* sp., Indigenous terhadap *Sclerotium rolfsii* Secara *in vitro*. *J. Agroscientific*. Vol. 17. No. 3.
- Suryadi Y, Priyatno TP, Susilowati DN, Samudra IM, Yudistira N, Purwakusumah ED. 2013. Isolasi dan karakterisasi kitinase asal *B. cereus* 11UJ. *Jurnal Biologi Indonesia*. Vol. 9. No. 1.
- Suryadi, Yadi., I Made Samudra, Tri Puji Priyatno, Dwi Ningsih Susilowati, dan Puji Lestari, Sutoro. 2015. Aktivitas Anticendawan *Bacillus cereus* 11UJ terhadap *Rhizoctonia solani* dan *Pyricularia oryzae*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. Vol. 11. No. 2.
- Suryanti, Ida Ayu P., Yan Ramona, dan Meitini w. Proborini. 2013. Isolasi dan Identifikasi Jamur Penyebab Penyakit Layu dan Antagonisnya pada Tanaman Kentang yang Dibudidayakan di Bedugul, Bali. *Jurnal Biologi* Vol. XVI. No. 2.
- Sylvia D.M., G.H. Peter, J.F. Jeffry and A.Z. David. 2005. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Edisi ke2. New Jersey: Prentice Hall Pearson Ed. Inc.
- Tindall, H. D. 1983. *Vegetable in The Tropics*. London: Mac Milan Press Lt.
- Tjahjadi, Nur. 1991. *Bertanam Cabai*. Yogyakarta: Kanisius.
- Tjandra, E., 2011, *Panen Cabai Rawit Di Polybag*. Yogyakarta: Cahaya Atma Pustaka.
- Triharso. 2004. *Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Vary, Patricia S.; Biedendieck, Rebekka; Fuerch, Tobias; Meinhardt, Friedhelm; Rohde, Manfred; Deckwer, Wolf-Dieter; Jahn, Dieter. 2007. *Bacillus megaterium*—from simple soil bacterium to industrial protein production host. *Applied Microbiology & Biotechnology*. Vol. 76. Issue 5.
- Wandani, Selly Apristin T., Yuliani, dan Yuni Sri Rahayu. 2015. Uji Ketahanan Lima Varietas Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum*) terhadap Penyakit Tular Tanah (*Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*). *LenteraBio*. Vol. 4. No.3.

- Wayne LN, Munakata N, Horneck G, Melosh HJ, Setlow P. 2000. Resistance of Bacillus Endospores To And Extreme Terrestrial And Extraterrestrial Environments. *Microbiol Mol Biol Rev.* 64.
- Wibisono, Agung., Abdul Majid, dan Paniman Ashna Mihardjo. 2014. Efektivitas Beberapa Isolat *Pseudomonas fluorescens* untuk Mengendalikan Patogen Jamur *Rhizoctonia solani* Pada Tanaman Kedelai. *Berkala Ilmiah PERTANIAN.* Vol. X, No. X.
- Widianti, A. dan Suhardjono, 2010, Uji Toksisitas Akut Ekstrak Etanol Buah Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) Terhadap Larva Artemia salina Leach dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BST). *Skripsi.* (tidak dipublikasikan). Semarang: Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang.
- Wuryandari, Yenny., Sri Wiyatiningsih, dan Maroeto. 2015. Formula Berbahan Aktif *Pseudomonad fluoresen* dan Pengaruhnya terhadap Perkembangan Penyakit Layu Pada Cabai. *J. Hpt Tropika.* Vol. 15. No. 1.
- Wuryya, Rahmi., Netty Suharti , dan Roslinda Rasyid. 2013. Isolasi dan Uji Kualitatif Hidrolisat Jamur Penghasil Enzim Selulase dari Tanah Tumpukan Ampas Tebu. *Jurnal Farmasi Andalas.* Vol. 1. No. 1.
- Yosmar R, Suharti N, dan Rasyid R. 2013. Isolasi dan Uji Kualitatif Hidrolisat Jamur Penghasil Enzim Selulase dari Tanah Tumpukan Ampas Tebu. *Jurnal Farmasi Andalas.* Vol. 1. No. 1.
- Yuri. 2012. *Fusarium oxyporum.* <http://thunderhouse4-yuri.blogspot.com/2012/06/fusarium-oxysporum.html>. (Diakses pada 3 Juli 2018).
- Yusra, Fauzan Azima, Novelina, dan Periadnadi. 2014. Isolasi Dan Identifikasi Mikroflora Indigenous Dalam Budu. *AGRITECH, Vol. 34, No. 3.*
- Zarkasyi, Hafidh. 2008. Biosorpsi Logam Merkuri (Hg) oleh Bacillus megaterium Asal Hilir Sungai Cisadane. *Skripsi.* Sarjana Biologi. Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah.
- Zou, Changsong., Zhifang Li, and Diqui Yu. 2010. *Bacillus megaterium* Strain XTBG34 Promotes Plant Growth by Producing 2-Pentylfuran. *The Journal of Microbiology.* Volume 48. No. 4.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Hasil Pengamatan Daya Hambat Agen Antagonis terhadap Patogen *Fusarium oxysporum* secara *In Vitro*

Kode	PIRG (%)				
	3 hsi	4 hsi	5 hsi	6 hsi	7 hsi
kontrol (A)	0	0	0	0	0
B 1	18	7	18	16	18
B 2	0	0	0	0	0
B 3	1	0	23	8	8
B 4	4	0	0	0	3
B 5	2	0	5	10	11
B 6	9	2	13	16	15
C 1	15	5	6	13	16
C 2	30	23	31	0	35
C 3	20	10	14	13	15
C 4	13	7	19	20	21
C 5	13	7	16	18	18
C 6	4	0	3	5	6
D 1	16	7	15	15	6
D 2	0	0	1	5	2
D 3	15	5	10	8	10
D 4	20	10	19	18	18
D 5	13	2	13	23	15
D 6	8	0	9	12	10

Keterangan :

A : isolat kontrol *Fusarium oxysporum* (*Foc*);

B : *B. cereus* dan *Foc*;

C : *B. megaterium* dan *Foc*; dan

D: *B. cereus* + *Foc* + *Bacillus megaterium*

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{❖ PIRG (\%)} &= \frac{\text{diameter patogen kontrol} - \text{diameter patogen dengan antagonis}}{\text{diameter patogen kontrol}} \times 100\% \\ \text{❖ PIRG (\%)} &\text{ dari perlakuan B} = (2,87 - 2,35) / 2,87 \times 100\% \\ &= 0,52 / 2,87 \times 100\% \\ &= 18\% \end{aligned}$$

Lampiran 2. Data Hasil Analisis Uji Antagonis Bakteri Endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* secara *In Vitro*.

NPar Tests

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		90
Normal Parameters ^a Mean		.0000000
Std. Deviation		7.92466086
Most Extreme Differences	Absolute	.084
	Positive	.084
	Negative	-.066
Kolmogorov-Smirnov Z		.799
Asymp. Sig. (2-tailed)		.546

a. Test distribution is Normal.

Oneway**Test of Homogeneity of Variances**

PIRG

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.987	2	87	.377

ANOVA

PIRG	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	728.956	2	364.478	6.316	.003
Within Groups	5020.333	87	57.705		
Total	5749.289	89			

Post Hoc Tests**Homogeneous Subsets****PIRG**

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
perl B	30	6.9000	
perl D	30	10.1667	10.1667
perl C	30		13.8667
Sig.		.099	.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 3. Tabel Data Hasil Pengamatan Masa Inkubasi *Fusarium oxysporum* pada Tanaman Cabai Rawit yang Diinokulasi Bakteri Endofit

Perlakuan	Hari Ke-	Σ	Rerata
Kontrol (A)	3	3	3
B1	5	21	3,5
B2	3		
B3	2		
B4	5		
B5	2		
B6	4		
C1	7	46	7,67
C2	3		
C3	12		
C4	16		
C5	3		
C6	5		
D1	3	18	3
D2	2		
D3	5		
D4	1		
D5	4		
D6	3		

Keterangan :

A : isolat kontrol *Fusarium oxysporum* (*Foc*);

B : *B. cereus* dan *Foc*;

C : *B. megaterium* dan *Foc*; dan

D : *B. cereus* + *Foc* + *Bacillus megaterium*

Lampiran 4. Data Hasil Analisis Masa Inkubasi *Fusarium oxysporum* pada Tanaman Cabai Rawit yang Diinokulasi Bakteri Endofit

NPar Test

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		18
Normal Parameters ^a	Mean	.0000000
	Std. Deviation	3.73269427

Most Extreme Differences	Absolute	.277
	Positive	.277
	Negative	-.176
Kolmogorov-Smirnov Z		1.176
Asymp. Sig. (2-tailed)		.126
a. Test distribution is Normal.		

Oneway

Descriptives

trans_masa_inkubasi

	N	Mean	Std. Deviation
Perl B	6	1.9741	.35117
Perl C	6	2.7372	.89970
Perl D	6	1.8357	.39540
Total	18	2.1823	.69764

Test of Homogeneity of Variances

trans_masa_inkubasi

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.680	2	15	.050

Oneway**ANOVA**

trans_masa_inkubasi

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.828	2	1.414	3.895	.043
Within Groups	5.446	15	.363		
Total	8.274	17			

Post Hoc Tests**Homogeneous Subsets**

trans_masa_inkubasi

Duncan

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Perl D	6	1.8357	
Perl B	6	1.9741	
Perl C	6		2.7372
Sig.		.696	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 5. Tabel Data Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman Cabai Rawit yang Terserang Penyakit Layu Fusarium

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			
	7 hsi	14 hsi	21 hsi	28 hsi
Kontrol (A)	3	3,2	3,2	3,2
A1 U1	2,7	4,8	6,5	6,7
A1 U2	2,8	3,4	3,4	3,4
A1 U3	1,5	1,5	1,5	1,5
A1 U4	3	3,2	3,2	3,2
A1 U5	1,5	1,7	1,7	1,7
A1 U6	3,2	4	4	4
A2 U1	2,3	3,5	4,2	4,2
A2 U2	2,2	2,8	2,8	2,8
A2 U3	3,2	3,9	5,7	13,2
A2 U4	3,8	4,4	4,9	4,9
A2 U5	1,5	2	2	2
A2 U6	4,7	6,8	8,6	15,3
A3 U1	3,5	4,2	4,2	4,2
A3 U2	1,5	1,5	1,5	1,5
A3 U3	3,5	3,8	4	6
A3 U4	1,5	1,5	1,5	1,5
A3 U5	3,1	3,6	3,6	3,6
A3 U6	2,1	2,6	3,4	6,4

Keterangan :

A : isolat kontrol *Fusarium oxysporum* (*Foc*);

B : *B. cereus* dan *Foc*;

C : *B.megaterium* dan *Foc*; dan

D: *B. cereus* + *Foc* + *Bacillus megaterium*

Lampiran 6. Data Hasil Analisis Tinggi Tanaman Cabai Rawit yang Terserang Penyakit Layu Fusarium

NPar Tests

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		trans_tinggi
N		72
Normal Parameters ^a	Mean	.4909
	Std. Deviation	.23154
Most Extreme Differences	Absolute	.107
	Positive	.107
	Negative	-.094
Kolmogorov-Smirnov Z		.912
Asymp. Sig. (2-tailed)		.376
a. Test distribution is Normal.		

Oneway

Descriptives

trans_tinggi			
	N	Mean	Std. Deviation
perlakuan B	24	.4445	.20304
perlakuan C	24	.5881	.25348
perlakuan D	24	.4401	.21263
Total	72	.4909	.23154

Test of Homogeneity of Variances

trans_tinggi

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.291	2	69	.748

ANOVA

trans_tinggi					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.341	2	.170	3.390	.039
Within Groups	3.466	69	.050		
Total	3.806	71			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

trans_tinggi

Duncan

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
perlakuan D	24	.4401	
perlakuan B	24	.4445	
perlakuan C	24		.5881
Sig.		.945	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 7. Tabel Data Hasil Pengamatan Kejadian Penyakit pada Tanaman Cabai Rawit oleh Patogen *Fusarium oxysporum*

Perlakuan	Kondisi Tanaman Cabai Rawit (minggu ke- setelah timbul gejala)			
	1 msg	2 msg	3 msg	4 msg
Kontrol (A)	X	x	X	x
B1	√	√	X	x
B2	X	x	X	x
B3	X	x	X	x
B4	√	x	X	x
B5	X	x	X	x
B6	X	x	X	x
C1	√	√	X	x
C2	X	x	X	x
C3	√	√	√	√
C4	√	√	X	x
C5	X	x	X	x
C6	√	√	√	√
D1	√	x	X	x
D2	X	x	X	x
D3	√	√	√	√
D4	X	x	X	x
D5	X	X	X	x
D6	√	√	√	√

Keterangan : √ : tanaman hidup; x : tanaman layu

A : isolat kontrol *Fusarium oxysporum* (Foc);

B : *B. cereus* dan Foc;

C : *B.megaterium* dan Foc; dan

D: *B. cereus* + Foc + *Bacillus megaterium*

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{❖ Kejadian Penyakit (\%)} &= \frac{\text{jml.tanaman yang layu}}{\text{jml.tanaman yang diamati setiap perlakuan}} \times 100\% \\ \text{❖ KP (\%)} \text{ dari perlakuan B} &= \frac{4}{6} \times 100\% \\ &= 66,67\% \end{aligned}$$

Lampiran 8. Hasil Analisis Kejadian Penyakit pada Tanaman Cabai Rawit oleh Patogen *Fusarium oxysporum*

NPar Tests

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		12
Normal Parameters ^a	Mean	.0000000
	Std. Deviation	18.46515985
Most Extreme Differences	Absolute	.167
	Positive	.131
	Negative	-.167
Kolmogorov-Smirnov Z		.580
Asymp. Sig. (2-tailed)		.889
a. Test distribution is Normal.		

Oneway**Descriptives**

kejadian_penyakit

	N	Mean	Std. Deviation
perl B	4	87.5000	15.95596
perl C	4	50.0000	19.24886
perl D	4	62.5025	8.33500
Total	12	66.6675	21.32078

Test of Homogeneity of Variances

kejadian_penyakit

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.186	2	9	.032

ANOVA

kejadian_penyakit

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2916.583	2	1458.292	6.299	.019
Within Groups	2083.750	9	231.528		
Total	5000.333	11			

Robust Tests of Equality of Means

kejadian_penyakit

	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Welch	4.755	2	5.262	.066

a. Asymptotically F distributed.

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

kejadian_penyakit
Games-Howell

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Perl B	Perl C	37.50000	12.50111	.056
	Perl D	24.99750	9.00090	.092
Perl C	Perl B	-37.50000	12.50111	.056
	Perl D	-12.50250	10.48798	.516
Perl D	Perl B	-24.99750	9.00090	.092
	Perl C	12.50250	10.48798	.516

Lampiran 9. Tabel Data Hasil Pengamatan Intensitas Penyakit pada Tanaman Cabai Rawit oleh Patogen *Fusarium oxysporum*

Tabel 9a. Jumlah Daun Berpenyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Rawit

Perlakuan	skor (v)	Σ daun gejala (n)					
		5 hsi	10 hsi	15 hsi	20 hsi	25 hsi	30 hsi
Kontrol (A)	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0
	5	4	4	4	4	4	4
B	0	6	3	2	0	0	0
	1	3	0	1	0	0	0
	2	1	0	0	2	0	0
	3	1	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0
	5	13	18	21	22	24	24
C	0	14	15	15	16	26	29
	1	1	3	4	3	2	2
	2	0	1	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0
	4	1	0	0	0	0	0
	5	8	10	11	16	17	17
D	0	6	5	2	3	4	5
	1	5	2	3	4	4	4
	2	0	1	0	0	0	0
	3	1	1	1	1	1	1
	4	0	0	0	0	0	0
	5	12	15	18	18	18	18

Keterangan : A : isolat kontrol *Fusarium oxysporum* (Foc);
 B : *B. cereus* dan Foc;
 C : *B. megaterium* dan Foc; dan
 D : *B. cereus* + Foc + *Bacillus megaterium*

Tabel 9b. Intensitas Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Rawit berdasarkan Jumlah Daun yang Terserang

Perlakuan	IP (%)					
	5 hsi	10 hsi	15 hsi	20 hsi	25 hsi	30 hsi
Kontrol (A)	100	100	100	100	100	100
B	60,83	82,50	88,33	95	100	100
C	37,50	37,93	39,33	47,43	38,67	36,25
D	56,67	68,33	80	74,62	71,85	69,29

Keterangan :

A : isolat kontrol *Fusarium oxysporum* (Foc);

B : *B. cereus* dan Foc;

C : *B. megaterium* dan Foc; dan

D : *B. cereus* + Foc + *Bacillus megaterium*

Perhitungan :

$$\diamond \text{ Intensitas Penyakit (\%)} = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan : n : jumlah daun bergejala dalam setiap kategori

v : nilai kategori serangan (skor)

Z : nilai kategori serangan tertinggi

N : jumlah daun yang diamati

$$\begin{aligned}
 \text{❖ IP (\%)} \text{ dari perlakuan C} &= \{[(14*0) + (1*1) + (0*2) + (0*3) + (1*4) + \\
 &\quad (8*5)]/(5*24)\} * 100\% \\
 &= [(0+1+0+0+4+40)/120] * 100\% \\
 &= (45/120) * 100\% \\
 &= 37,50 \%
 \end{aligned}$$

Lampiran 10. Hasil Analisis Intensitas Penyakit pada Tanaman Cabai Rawit oleh Patogen *Fusarium oxysporum*

NPar Tests

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		18
Normal Parameters ^a	Mean	.0000000
	Std. Deviation	21.29830187
Most Extreme Differences	Absolute	.203
	Positive	.171
	Negative	-.203
Kolmogorov-Smirnov Z		.861
Asymp. Sig. (2-tailed)		.449
Test distribution is Normal.		

Oneway**Descriptives**

tensitas Penyakit

	N	Mean	Std. Deviation
Perl B	6	87.7767	14.86787
Perl C	6	39.5183	4.01567
Perl D	6	70.1267	7.81860
Total	18	65.8072	22.55199

Test of Homogeneity of Variances

Intensitas Penyakit

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.616	2	15	.106

Oneway**ANOVA**

Intensitas Penyakit

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7154.519	2	3577.259	35.975	.000
Within Groups	1491.549	15	99.437		
Total	8646.068	17			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Intensitas Penyakit

Duncan

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Perl C	6	39.5183		
Perl D	6		70.1267	
Perl B	6			87.7767
Sig.		1.000	1.000	1.000

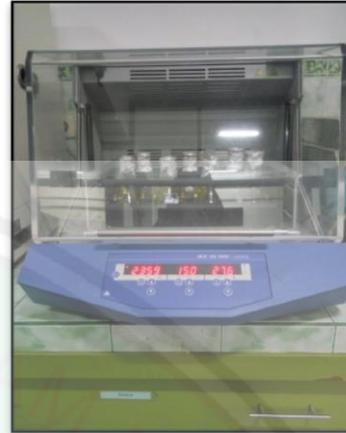
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian



Pembuatan Media PDA

Proses Isolasi Jamur *Fusarium oxysporum* dari daun cabai rawit sakitProses uji *dual culture*Pengukuran diameter koloni jamur patogen pada uji *dual culture*



Pembuatan suspensi kultur *F.oxysporum* Penggojogan isolat dalam media cair



Penghitungan kerapatan isolat menggunakan spektrofotometer



Penyemaian benih cabai rawit di tray



Perendaman bibit cabai rawit pada suspensi kultur *Bacillus cereus*



Pengukuran tinggi tanaman



Uji Motilitas Bakteri *B. megaterium* (terdapat rambatan pertumbuhan bakteri pada bekas tusukan bakteri)



Uji Katalase Positif Bakteri *B. cereus* (terdapat gelembung)



Isolat *Bacillus megaterium* pada pengamatan mikroskop (1000x)



Isolat *Bacillus cereus* pada pengamatan mikroskop (1000x)



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

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Fista Nisaul Hikmah
 NIM : 13620043
 Program Studi : S1 Biologi
 Semester : Genap 2018
 Pembimbing : Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si
 Judul Skripsi : Uji Potensi Antagonis Bakteri Endofit *Bacillus cereus* Dan *Bacillus megaterium* Terhadap Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Daun Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1	7 Maret 2017	Konsultasi Bab I	<i>UF</i>
2	17 April 2017	Revisi Bab I dan Konsultasi Bab I, II, III	<i>UF</i>
3	4 Mei 2017	Revisi Bab I,II,III dan Acc	<i>UF</i>
4	6 April 2018	Konsultasi Bab IV dan V	<i>UF</i>
5	25 April 2018	Revisi Bab I,II,III,IV,V	<i>UF</i>
6	5 Juli 2018	Revisi Naskah Skripsi Pasca Ujian Sidang	<i>UF</i>

Pembimbing Skripsi,

Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si
 NIP. 196505091999032002



Malang, 6 Juli 2018
 Ketua Jurusan,

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



