

**POTENSI ANTAGONIS JAMUR ENDOFIT PADA TANAMAN LADA
(*Piper nigrum* L.) TERHADAP JAMUR *Phytophthora capsici* Leionian
PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG**

Oleh

**YURICHA KUSUMAWARDANI
MINAT HAMA PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2014**

**POTENSI ANTAGONIS JAMUR ENDOFIT PADA TANAMAN LADA
(*Piper nigrum* L.) TERHADAP JAMUR *Phytophthora capsici* Leionian
PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG**

Oleh

YURICHA KUSUMAWARDANI

105040200111099

**MINAT HAMA PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



SKRIPSI

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

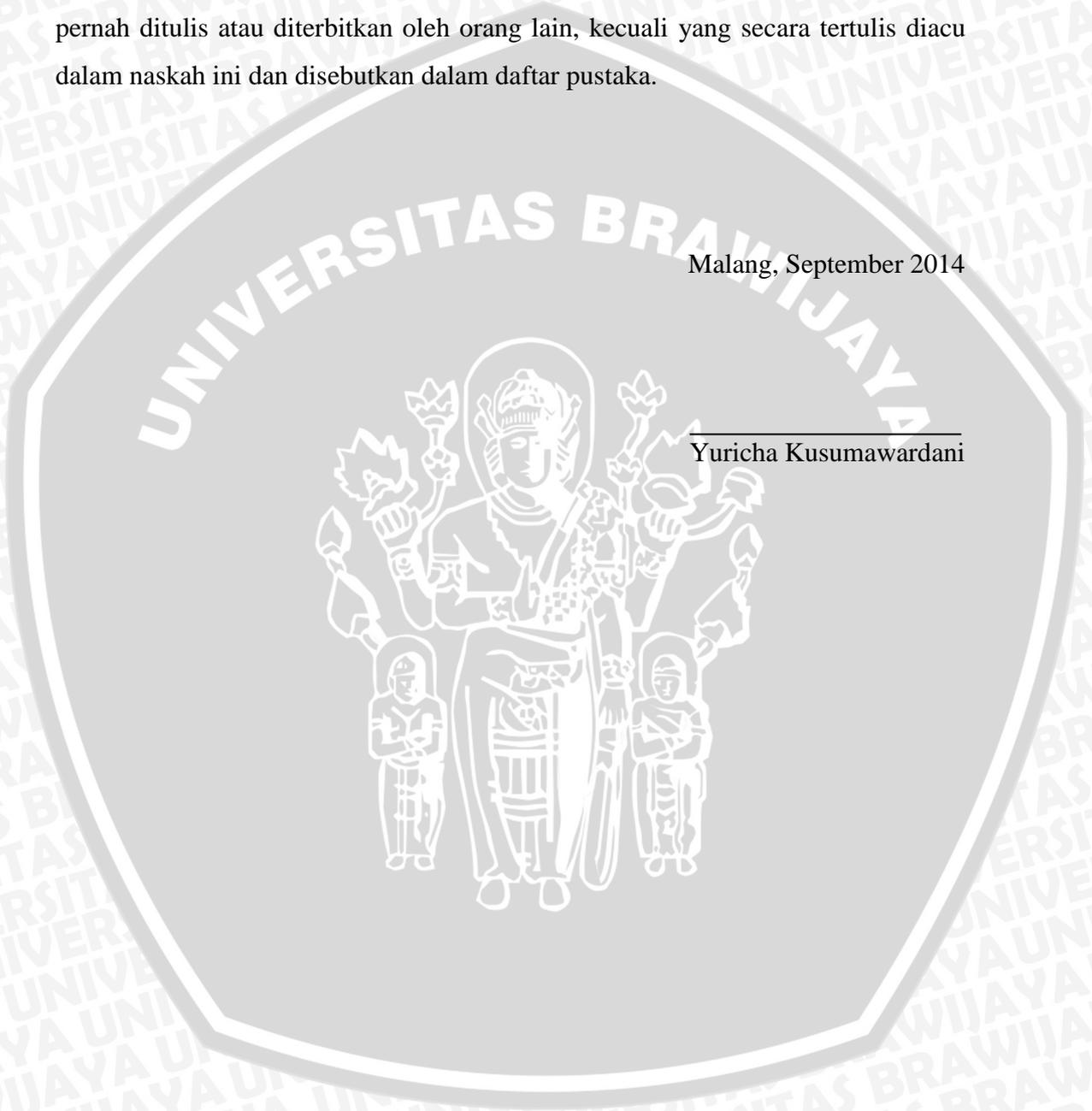
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2014**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, September 2014

Yuricha Kusumawardani



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul skripsi : Potensi Antagonis Jamur Endofit Pada Tanaman Lada
(*Piper nigrum* L.) Terhadap Jamur *Phytophthora capsici* Leionian Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang

Nama Mahasiswa : Yuricha Kusumawardani
NIM : 105040200111099
Jurusan : Hama Penyakit Tumbuhan
Program Studi : Agroekoteknologi
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,

Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D
NIP. 19551212 198003 2 003

Pembimbing Pendamping,

Ir. Abdul Cholil
NIP. 19510807 197901 1 002

Mengetahui

Ketua Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU
NIP. 19550403 198303 1 003

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Dr. Ir. Sri Karindah, MS
NIP. 19520517 197903 2 001

Penguji II

Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS
NIP. 19590705 198601 1 003

Penguji III

Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D
NIP. 19551212 198003 2 003

Penguji IV

Ir. Abdul Cholil
NIP. 19510807 197901 1 002

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Skripsi ini kupersembahkan untuk

Bapak dan Ibu Tercinta serta Almarhumah Kakak Tersayang

Terima Kasih Untuk Doa dan Cintanya.....

RINGKASAN

Yuricha Kusumawardani. 105040200111099. Potensi Antagonis Jamur Endofit Pada Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) Terhadap Jamur *Phytophthora capsici* Leionian Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang. Di bawah bimbingan Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D sebagai Pembimbing Utama dan Ir. Abdul Cholil sebagai Pembimbing Pendamping.

Lada merupakan jenis tanaman rempah yang memiliki peranan penting dalam perekonomian nasional. Namun, pada kurun waktu 2003-2012 ekspor lada Indonesia menurun akibat rendahnya produktivitas dan mutu lada nasional. Hal tersebut disebabkan oleh serangan penyakit busuk pangkal batang (BPB) oleh jamur *Phytophthora capsici*. Sejauh ini, penyakit BPB termasuk sulit dikendalikan meskipun berbagai cara telah direkomendasikan. Oleh karena itu, siasat dan cara baru untuk mengendalikan penyakit tersebut perlu terus diteliti dan dikembangkan. Salah satu cara alternatif pengendalian ramah lingkungan, yaitu dengan memanfaatkan agens hayati berupa jamur endofit yang bersifat antagonistik. Jamur endofit dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit karena menghasilkan alkaloid dan mikotoksin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi jamur endofit antagonistik pada tanaman lada sebagai agens hayati dan menyeleksi isolat jamur endofit melalui metode oposisi langsung untuk mendapatkan isolat jamur endofit yang efektif menekan pertumbuhan jamur *P. capsici*.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan dan Rumah Kaca, Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang pada bulan Februari-Juni 2014. Metode penelitian yang digunakan, yaitu metode eksplorasi dan eksperimen. Eksplorasi jamur endofit dari daun, ranting dan akar tanaman lada diambil dari kebun lada Desa Pujiharjo, Kec. Tirtoyudo, Kab. Malang. Eksperimen meliputi uji antagonis jamur endofit terhadap *P. capsici* secara *in-vitro* dan *in-vivo*.

Jamur endofit yang diperoleh sebanyak 25 isolat, yaitu terdiri dari 16 isolat teridentifikasi antara lain *Acremonium* sp., *Cephalosporium* sp. 1, *Cephalosporium* sp. 2, *Colletotrichum* sp. 1, *Colletotrichum* sp. 2, *Colletotrichum* sp. 3, *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3, *Fusarium* sp. 4, *Humicola* sp. 1, *Humicola* sp. 2, *Scytalidium* sp. 1, *Scytalidium* sp. 2 dan *Trichoderma* sp. serta 9 isolat tidak teridentifikasi antara lain isolat EL 1, isolat EL 2, isolat EL 3, isolat EL 4, isolat EL 5, isolat EL 6, isolat EL 7, isolat EL 8 dan isolat EL 9. Dari 25 jamur endofit yang diujikan secara *in-vitro* mampu menekan pertumbuhan *P. capsici* melalui 3 mekanisme antagonis, yaitu kompetisi, parasitisme dan antibiosis. Tiga isolat jamur endofit yang diseleksi untuk diuji antagonis secara *in-vivo* mampu memperlambat terjadinya infeksi pada batang tanaman lada oleh *P. capsici* dan menekan intensitas serangan.

SUMMARY

Yuricha Kusumawardani. 105040200111099. The Antagonists Potential of Endophytic Fungus on Pepper Plant (*Piper nigrum* L.) Toward *Phytophthora capsici* Leonian Fungus as The Cause of Stem Rot Disease. Supervised by Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D and Ir. Abdul Cholil.

Pepper is a spice plant type which have an important role in the national economy. However, in the period of 2003-2012 pepper exports in Indonesia decreased due to the low of productivity and the national quality of pepper. It is caused by stem base rot disease attacks the (BPB) from the *Phytophthora capsici* fungus. Moreover, BPB diseases are difficult to control although various ways have been recommended. Hence, strategy and new ways to control the disease should be explored and developed. One of the best alternative control is using the biological agents in the form of endophyte fungus which are antagonistic. Endophyte fungal can enhance plant resistance to disease because it produces alkaloid and mikotoxin. This research was conducted to examine the potential antagonistic endophyte fungal on pepper plant as biological agents and select endophyte fungal isolates through direct opposition method to get isolates of endophyte fungal which is effectively suppress the growth of *P. capsici* fungi.

The research was carried out in the Laboratory of Plants Diseases and Greenhouse, Plant Pest and Disease Department, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya Malang in February until June 2014. The research used exploration and experiment method. The exploration of endophyte fungal from leaves, twigs and roots of pepper plant were taken from pepper plants garden at village Pujiharjo, district Tirtoyudo, Malang. The experiments included testing of antagonists endophyte fungal on *P. capsici* by in-vitro and in-vivo.

Endophyte fungal that was retrieved as many as 25 isolates consisted of 16 identified isolates, such as *Acremonium* sp., *Cephalosporium* sp. 1, *Cephalosporium* sp. 2, *Colletotrichum* sp. 1, *Colletotrichum* sp. 2, *Colletotrichum* sp. 3, *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3, *Fusarium* sp. 4, *Humicola* sp. 1, *Humicola* sp. 2, *Scytalidium* sp. 1, *Scytalidium* sp. 2 and *Trichoderma* sp. while 9 unidentified isolates were isolate EL 1, isolate EL 2, isolate EL 3, isolate EL 4, isolate EL 5, isolate EL 6, isolate EL 7, isolate EL 8 and isolate EL 9. The 25 endophyte fungi which had been examined by in-vitro were able to suppress the growth of *P. capsici* through 3 antagonists mechanisms, namely competition, parasitism and antibiotics. Three endophyte fungal isolates were selected to be tested for antagonists by in-vivo were able to inhibit the onset of infections on stem of pepper plants by *P. capsici* and suppress the attacks intensity.

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya. serta shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan suritauladan kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Potensi Antagonis Jamur Endofit Pada Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) Terhadap Jamur *Phytophthora capsici* Leonian Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D selaku dosen pembimbing utama dan Ir. Abdul Cholil selaku dosen pembimbing pendamping atas nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis. Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orang tua dan almarhumah kakak atas doa, kasih sayang, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Kepada Bapak Catur Widodo, Bapak Tomo, Bapak Marsan dan Bapak Irdiyono, rekan-rekan Agroekoteknologi 2010 khususnya Mohammad Kafid Musafa’ dan Evi Nur Aili, rekan-rekan jurusan Hama Penyakit Tumbuhan khususnya Nugroho Sulistyoyo Putro, rekan-rekan Mikologi khususnya Pandu Indra Pratama, Rizatul Maela Tri Intan, Rosy Husna Shofiana, Nurul Umayatul Aliyah, Anggraeni Eka Puspitasari dan Enggar Risbianti Ningtyas serta semua pihak atas bantuan, dukungan, semangat, dan kebersamaan selama ini.

Semoga hasil dari penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkannya.

Malang, September 2014

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Magetan pada tanggal 23 Juli 1991 sebagai putri kedua dari 2 bersaudara dari Bapak Kusriadi dan Ibu Mujiatun.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri Sugihwaras II pada tahun 1998 sampai 2004, pendidikan sekolah menengah pertama diselesaikan di SMP Negeri 1 Maospati pada tahun 2004 sampai 2007 dan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Maospati pada tahun 2007 sampai dengan 2010. Pada tahun 2010, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SNMPTN.

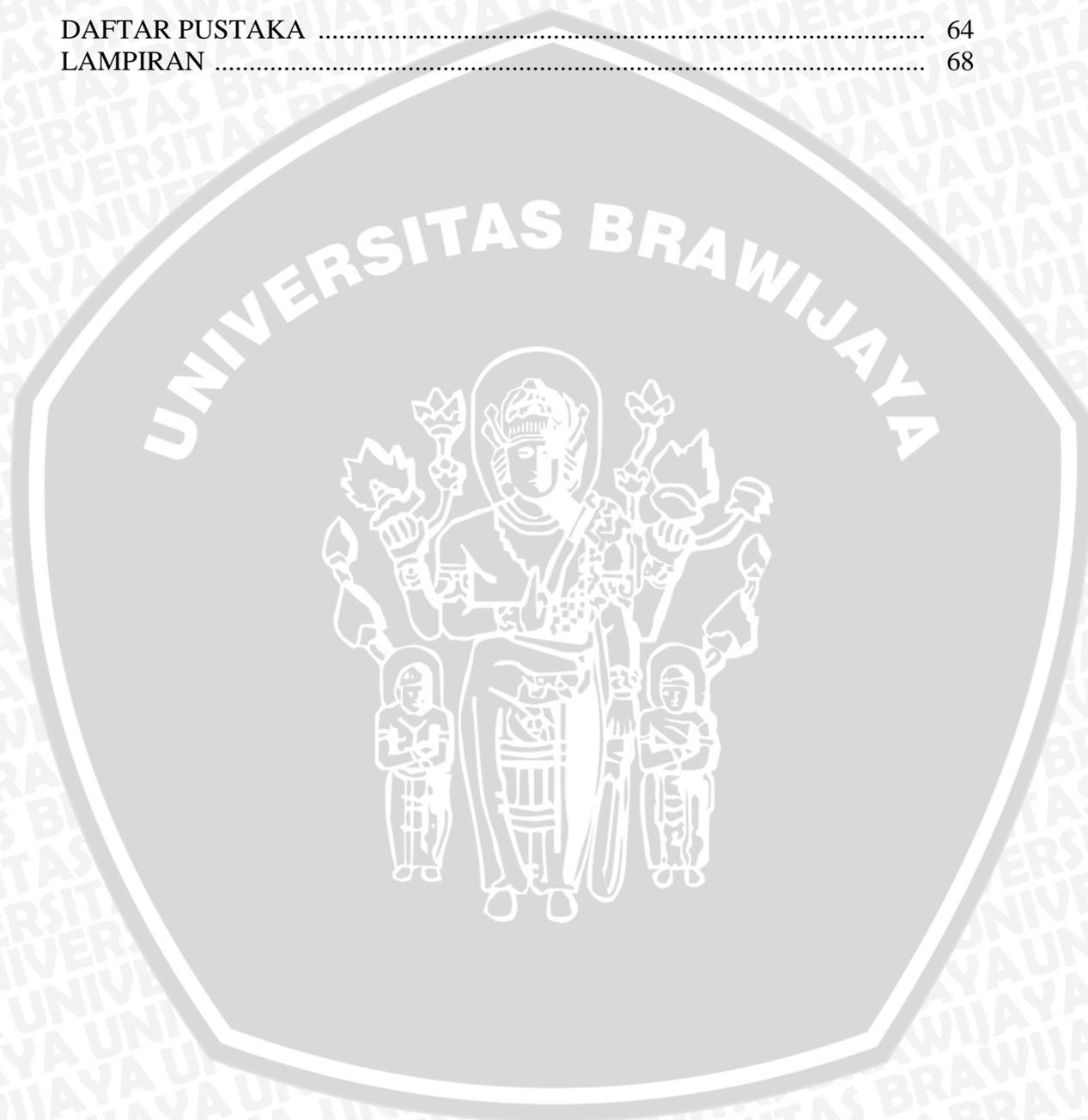
Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis pernah aktif dalam organisasi fakultas, yaitu Pusat Riset dan Kajian Ilmiah Mahasiswa (PRISMA) sebagai pengurus Divisi Kewirausahaan selama kepengurusan periode 2011-2012. Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai anggota tetap HIMAPTA. Penulis juga pernah aktif dalam kepanitiaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) 2011, Diklat Anggota dan Kepenulisan Prisma 2012, Brawijaya's International Agriculture (BIA) 2012, Pekan dan Riset Ilmiah Mahasiswa 2 Nasional (PRISMA 2) 2012.

Selama menjadi mahasiswa, penulis juga pernah menjadi finalis kompetisi Program Kreativitas Mahasiswa Gagasan Tertulis (PKM GT)-Maba 2010, peserta Diklat Anggota dan Kepenulisan Prisma 2011, peserta Tulisan Untuk Negeri (TUN) dan peserta Konferensi Ilmuwan Muda Indonesia (KIMI) dalam rangkaian acara MIPA Untuk Negeri (MUN) 2012, peserta dalam rangka kegiatan Pendidikan Dasar dan Orientasi Terpadu Keprofesional (PROTEKSI) 2012. Penulis pernah melakukan kegiatan magang kerja selama tiga bulan dari 1 Juli sampai 30 September 2013 di PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero).

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	3
3. Tujuan	3
4. Hipotesis	3
5. Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
1. Sistematika Tanaman Lada	4
2. Deskripsi <i>Phytophthora capsici</i>	4
3. Gejala dan Kerusakan Akibat Penyakit Busuk Pangkal Batang	4
4. Morfologi <i>Phytophthora capsici</i>	7
5. Daur Hidup Penyakit Busuk Pangkal Batang	9
6. Ekobioekologi Penyakit Busuk Pangkal Batang	10
7. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Penyakit Busuk Pangkal Batang	10
8. Siklus Hidup <i>Phytophthora capsici</i>	11
9. Definisi Jamur Endofit	12
10. Hubungan Jamur Endofit dengan Inangnya	13
11. Peranan dan Mekanisme Antagonis Jamur Endofit dalam Menghambat Patogen	14
III. BAHAN DAN METODE	16
1. Tempat dan Waktu	16
2. Alat dan Bahan	16
3. Metode	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
1. Isolasi dan Identifikasi Patogen <i>Phytophthora capsici</i>	26
2. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Asal Tanaman Lada	28
3. Uji Antagonis Isolat Jamur Endofit dengan Patogen <i>Phytophthora capsici</i> secara <i>In-vitro</i>	51
4. Uji Antagonis Isolat Jamur Endofit dengan Patogen <i>Phytophthora capsici</i> secara <i>In-vivo</i>	59

V. PENUTUP	63
1. Kesimpulan	63
2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	68



DAFTAR TABEL

Teks

Nomor	Halaman
1. Skor penyakit yang digunakan untuk mengukur keparahan penyakit pada batang	25
2. Jamur endofit yang diperoleh dari jaringan tanaman lada	28
3. Rerata persentase hambatan jamur endofit terhadap patogen <i>P. capsici</i> selama 7 hari pengamatan	51
4. Masa inkubasi penyakit pada batang tanaman lada	59
5. Persentase intensitas serangan patogen <i>P. capsici</i> pada batang tanaman Lada	60

Lampiran

Nomor	Halaman
1. Analisis ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen <i>P. capsici</i> secara <i>in-vitro</i> pada 7 hsp	68
2. Uji lanjut persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen <i>P. capsici</i> secara <i>in-vitro</i> pada 7 hsp	68
3. Analisis ragam persentase intensitas serangan pada batang tanaman lada	69

DAFTAR GAMBAR

Teks

Nomor	Halaman
1. Gejala serangan <i>P. capsici</i> pada daun tanaman lada	5
2. Gejala serangan <i>P. capsici</i> pada tanaman lada	5
3. Gejala serangan <i>P. capsici</i> pada pangkal batang tanaman lada	6
4. Fase kematian tanaman lada akibat serangan <i>P. capsici</i>	6
5. Tipe koloni <i>P. capsici</i>	7
6. Bentuk sporangium <i>P. capsici</i>	8
7. Siklus hidup <i>P. capsici</i>	12
8. Hasil uji Postulat Koch	19
9. Denah pengambilan sampel menggunakan metode sistematik diagonal	19
10. Isolasi jamur endofit dalam cawan petri	20
11. Pemurnian jamur endofit	21
12. Metode oposisi langsung dalam uji antagonisme	23
13. Tipe koloni <i>P. capsici</i>	26
14. Bentuk mikroskopis <i>P. capsici</i>	27
15. Biakan murni <i>Acremonium</i> sp.	29
16. Biakan murni <i>Cephalosporium</i> sp. 1	30
17. Biakan murni <i>Cephalosporium</i> sp. 2	31
18. Biakan murni <i>Colletotrichum</i> sp. 1	32
19. Biakan murni <i>Colletotrichum</i> sp. 2	33
20. Biakan murni <i>Colletotrichum</i> sp. 3	33
21. Biakan murni <i>Curvularia</i> sp.	34

22. Biakan murni isolat EL 1	35
23. Biakan murni isolat EL 2	36
24. Biakan murni isolat EL 3	37
25. Biakan murni isolat EL 4	38
26. Biakan murni isolat EL 5	38
27. Biakan murni isolat EL 6	39
28. Biakan murni isolat EL 7	40
29. Biakan murni isolat EL 8	41
30. Biakan murni isolat EL 9	41
31. Biakan murni <i>Fusarium</i> sp. 1	42
32. Biakan murni <i>Fusarium</i> sp. 2	43
33. Biakan murni <i>Fusarium</i> sp. 3	45
34. Biakan murni <i>Fusarium</i> sp. 4	45
35. Biakan murni <i>Humicola</i> sp. 1	46
36. Biakan murni <i>Humicola</i> sp. 2	47
37. Biakan murni <i>Scytalidium</i> sp. 1	48
38. Biakan murni <i>Scytalidium</i> sp. 2	49
39. Biakan murni <i>Trichoderma</i> sp.	50
40. Histogram rerata persentase hambatan jamur endofit terhadap <i>P. capsici</i> pada 7 hsp	53
41. Mekanisme Antagonis	56
42. Mekanisme parasitisme secara mikroskopis	57
43. Jamur patogen <i>P. capsici</i> yang ditumbuhkan pada potongan media yang Terdapat zona bening	58

44. Hasil uji antagonis secara *in-vivo* pada batang tanaman lada 61



I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Lada (*Piper nigrum* L.) disebut sebagai raja dalam kelompok rempah (*King of Spices*), karena lada adalah salah satu jenis tanaman rempah yang memiliki peranan penting diantara rempah-rempah lainnya (Ditjenbun, 2012). Salah satu peran penting komoditas lada dalam perekonomian nasional, yaitu sebagai sumber devisa, penyedia lapangan kerja, bahan baku industri dan konsumsi langsung. Manfaat lain dari lada, yaitu sebagai bahan baku industri makanan siap saji, obat-obatan, kosmetik, parfum dan penyedap masakan tradisional maupun masakan Eropa (Yuhono, 2007).

Pada tahun 2000 ekspor lada Indonesia masih menempati posisi pertama di dunia (Ditjenbun, 2012), namun pada kurun waktu 2003-2012 ekspor lada Indonesia menempati urutan kedua setelah Vietnam dengan rata-rata produksi per tahun sebesar 59.500 ton (IPC, 2012). Penurunan ini disebabkan melemahnya daya saing akibat rendahnya produktivitas dan mutu lada nasional dengan produktivitas hanya 800 kg/ha atau hanya 50% dari kemampuan genetiknya (Wahyuno *et al.*, 2009). Rendahnya produktivitas dan menurunnya produksi total lada Indonesia tersebut disebabkan oleh gangguan organisme pengganggu tanaman, khususnya infeksi Penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora capsici* Leonian (Syahnen dan Siahaan, 2011; Ginting dan Maryono, 2012).

P. capsici adalah patogen penting dalam budidaya lada di Indonesia yang dapat menginfeksi semua stadia tanaman dan seluruh bagian tanaman sehingga menyebabkan kematian (Chaerani *et al.*, 2013; Wahyuno *et al.*, 2007). Di Indonesia, penyakit BPB menyebabkan kerusakan pada pertanaman lada sebesar 10% sampai 15% per tahun (Wahyuno *et al.*, 2009). Kerugian akibat kematian tanaman lada karena penyakit BPB pada tahun 2010 mencapai Rp. 16 miliar (Chaerani *et al.*, 2013). Serangan penyakit ini tidak hanya ditemukan di sentra produksi lada di Bangka dan Lampung, tetapi saat ini sudah tersebar hampir di seluruh daerah pertanaman lada yang ada di Jawa, Kalimantan dan Sulawesi (Wahyuno *et al.*, 2007).

Sejauh ini, penyakit BPB merupakan penyakit yang termasuk sulit untuk dikendalikan meskipun berbagai cara telah direkomendasikan. Hal tersebut dikarenakan penyakit BPB cepat berkembang dan sulit dideteksi pada awal perkembangannya serta dapat menyebabkan tanaman menjadi layu dan mati dalam waktu yang relatif singkat (Ginting dan Maryono, 2012). Oleh karena itu, siasat dan cara baru untuk dapat mengendalikan penyakit tersebut perlu terus diteliti dan dikembangkan.

Salah satu alternatif pengendalian ramah lingkungan yang dapat dilakukan, yaitu dengan memanfaatkan agens hayati. Agens hayati tersebut dapat berupa jamur endofit yang bersifat antagonistik. Jamur endofit, yaitu jamur yang hidup pada jaringan tanaman sehat tanpa menyebabkan gejala kerusakan pada tanaman inang. Jamur endofit dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit karena menghasilkan alkaloid dan mikotoksin (Sudantha dan Abadi, 2007).

Penelitian mengenai cendawan endofit sebagai biokontrol dilaporkan belum banyak dilakukan terhadap komoditas perkebunan. Pada tanaman kakao, Simanjuntak (2006) berhasil mengisolasi 18 isolat jamur endofit dari daun kakao dan tiga diantaranya merupakan isolat jamur endofit yang memiliki presentase penghambatan $\geq 50\%$ dengan mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi. Tondok (2012) melaporkan bahwa jamur endofit Xylariaceae dan *Calocybe gambosa* yang diisolasi dari buah kakao mampu menekan penyakit busuk buah kakao. Pada tanaman lain, isolat jamur endofit *Trichoderma* spp. dan *Rhizoctonia* spp. mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* dengan cara fisik (kompetisi ruang dan mikoparasit) dan mengeluarkan antibiotik (Sudantha dan Abadi, 2007).

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian ini untuk mengetahui potensi jamur endofit antagonistik pada tanaman lada sebagai agens hayati dalam pengendalian jamur *P. capsici* penyebab busuk pangkal batang pada lada. Diharapkan dalam penelitian ini aplikasi jamur endofit yang bersifat antagonis dapat menekan kualitas dan kuantitas sumber infeksi atau inokulum penyakit, sehingga hasil dari penelitian ini dapat dipelajari untuk dikembangkan

dan digunakan sebagai salah satu rekomendasi dalam pengendalian penyakit BPB yang ramah lingkungan.

2. Rumusan masalah

Salah satu patogen penting dalam budidaya lada di Indonesia adalah jamur *P. capsici* penyebab penyakit BPB. Penyakit BPB sejauh ini, termasuk sulit untuk dikendalikan meskipun berbagai cara telah direkomendasikan. Salah satu alternatif pengendalian ramah lingkungan yang dapat dilakukan, yaitu dengan memanfaatkan agens hayati. Agens hayati tersebut dapat berupa jamur endofit yang bersifat antagonistik. Oleh karena itu, perlu diketahui potensi jamur endofit antagonistik pada tanaman lada yang dapat digunakan sebagai agens hayati, sehingga di masa yang akan datang dapat dipelajari untuk dikembangkan dan digunakan sebagai salah satu alternatif pengendalian penyakit BPB yang baik dan aman.

3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi jamur endofit antagonistik pada tanaman lada sebagai agens hayati, menyeleksi isolat jamur endofit melalui metode oposisi langsung untuk mendapatkan isolat jamur endofit yang efektif menekan pertumbuhan jamur *P. capsici* penyebab busuk pangkal batang pada lada yang bersifat ramah lingkungan serta aman untuk konsumsi.

4. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah bahwa pada tanaman lada terdapat jamur endofit yang bersifat antagonis yang dapat menekan inokulum penyakit BPB pada tanaman lada.

5. Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipelajari untuk dikembangkan dan digunakan sebagai salah satu pilihan alternatif untuk mengendalikan penyakit BPB secara hayati.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Sistematika Tanaman Lada

Sistematika tanaman lada menurut Sarpian (2003), yaitu termasuk kerajaan Plantae, divisi Spermatophyta, kelas Angiospermae, anak kelas Monocotyledonae, ordo Piperales, famili Piperaceae, genus Piper, spesies *Piper nigrum* L.

2. Deskripsi *Phytophthora capsici*

P. capsici merupakan penyakit yang menyebabkan kematian yang tinggi pada tanaman lada (Sarma *et al.*, 2013). Menurut Lamour *et al.* (2012) *P. capsici* termasuk dalam kerajaan Chromista, filum Oomycota, kelas Oomycetes, ordo Peronosporales, famili Peronosporaceae, genus *Phytophthora* dan spesies *capsici*.

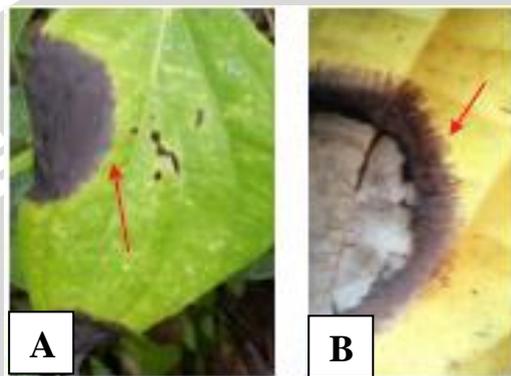
3. Gejala dan Kerusakan Akibat Penyakit Busuk Pangkal Batang

Penyakit BPB pada tanaman lada disebabkan oleh jamur *P. capsici*. Saat ini jamur *P. capsici* telah menyebar di seluruh daerah pertanaman lada di Indonesia. Jamur *P. capsici* dapat menyerang seluruh bagian tanaman dan pada semua umur atau stadia tanaman, mulai dari pembibitan sampai tanaman produktif (Manohara, 2007; Manohara *et al.*, 2014).

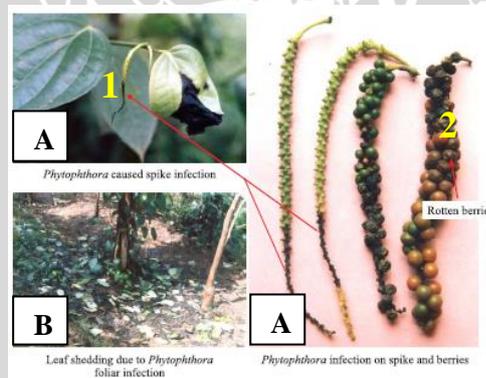
Pada tanaman yang baru terjangkit penyakit BPB, pada daun-daun bawah sering terdapat bercak-bercak bulat, letaknya berada di dekat ujung atau tepi daun, garis tengahnya dapat mencapai 5 cm. Pusat bercak berwarna coklat kelabu dengan tepi lebar berwarna coklat nekrotis (mati) (Semangun, 2000). Serangan *P. capsici* pada daun menyebabkan timbulnya gejala bercak daun pada bagian tengah atau tepi yang berwarna hitam. Bercak hitam dengan tepi bergerigi seperti renda atau adanya serat-serat hitam pada sekeliling tepi bercak akan tampak jelas jika daun diarahkan ke cahaya (Gambar 1). Gejala khas tersebut hanya akan tampak pada bercak yang belum lanjut dan terjadi pada keadaan lembab.

Gejala bercak daun di lapang biasanya muncul setelah terjadinya hujan lebat, yaitu pada daun-daun yang letaknya dekat dengan permukaan tanah sampai ketinggian 50 cm. Pada lapisan air yang ada pada permukaan bawah bercak daun, tampak adanya sporangia patogen. Biasanya daun-daun yang terinfeksi ini

merupakan sumber inokulum bagi tangkai atau cabang yang berada di dekatnya (Manohara, 2007; Manohara *et al.*, 2014). Serangan jamur *P. capsici* pada buah akan menyebabkan buah berwarna hitam dan busuk (Gambar 2A). Gejala ini umumnya banyak ditemukan pada buah yang letaknya dekat dengan permukaan tanah (Manohara *et al.*, 2014).



Gambar 1. Gejala serangan *P. capsici* pada daun tanaman lada, A. Bercak hitam, B. Serat-serat hitam pada sekeliling tepi bercak (Sumber: Sarma *et al.*, 2013)



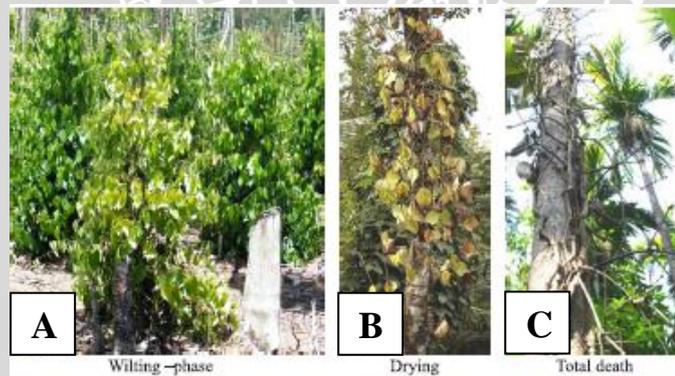
Gambar 2. Gejala serangan *P. capsici* pada tanaman lada, A. Bakal buah (1) dan buah (2) berwarna hitam dan busuk, B. Daun-daun gugur mulai dari bagian bawah menjalar ke atas (Sumber: Sarma *et al.*, 2013)

Serangan *P. capsici* yang membahayakan, yaitu pada pangkal batang atau akar karena dapat menyebabkan kematian tanaman dengan cepat. Gejala berupa kelayuan tanaman secara mendadak (daun tetap berwarna hijau) akan tampak apabila terjadi serangan patogen pada pangkal batang. Infeksi pada pangkal batang biasanya terjadi sampai setinggi 30 cm dari permukaan tanah. Kulit

pangkal batang dan jaringan di bawahnya yang terinfeksi *P. capsici* akan berubah warna. Jika pangkal batang dipotong maka akan tampak warna coklat sampai hitam dan pada keadaan lembab akan tampak lendir yang berwarna kebiruan (Gambar 3) (Manohara *et al.*, 2014; Semangun, 2000).



Gambar 3. Gejala serangan *P. capsici* pada pangkal batang tanaman lada (Sumber: Sarma *et al.*, 2013)

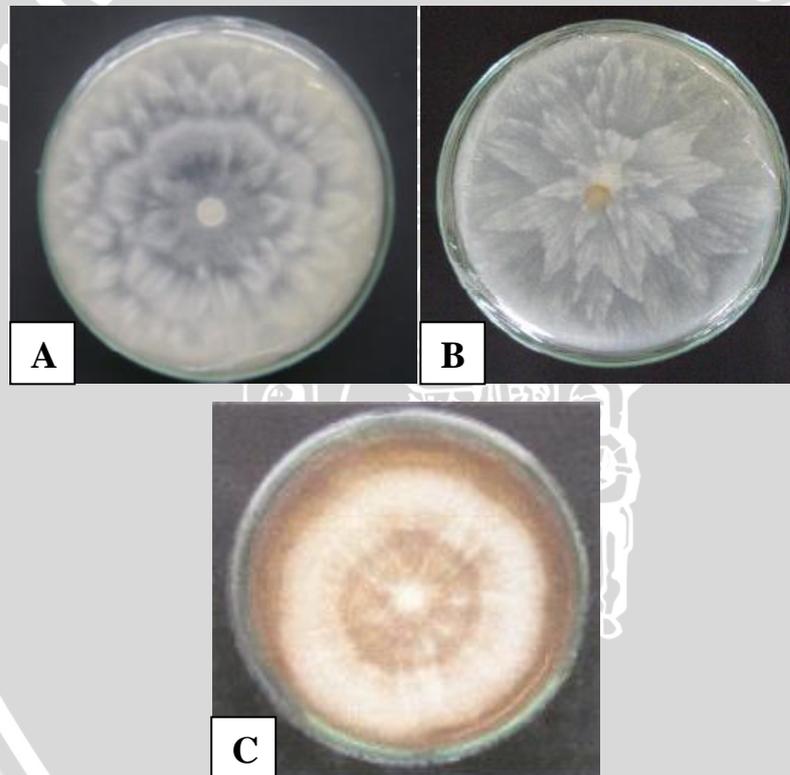


Gambar 4. Fase kematian tanaman lada akibat serangan *P. capsici*, A. Fase tanaman menjadi layu, B. Fase daun-daun menjadi kering dan tetap melekat pada pohon, C. Fase tanaman mati total (Sumber: Sarma *et al.*, 2013)

Serangan jamur *P. capsici* pada akar dapat menyebabkan tanaman layu dan daun-daun berwarna kuning serta menjadi lemas. Daun yang terinfeksi menjadi hitam mulai dari ujungnya dan setelah itu daun gugur. Gugurnya daun mulai dari cabang-cabang yang paling bawah dan menjalar ke atas (Gambar 2B). Setelah tampaknya gejala layu yang pertama kali, biasanya penyakit berkembang

dengan lebih cepat sehingga tanaman dapat mati dalam waktu 10 hari. Bahkan dalam cuaca kering tanaman dapat mati dalam waktu 3 sampai 4 hari. Daun-daun yang kering tetap melekat pada pohon dan berwarna hitam, sehingga tanaman yang mati tampak seperti habis terbakar (Gambar 4). Kerusakan akibat penyakit BPB pada kebun yang disiangi bersih akan lebih parah dibandingkan dengan kebun yang disiangi terbatas, yaitu mencapai 50-80 % (Manohara *et al.*, 2014; Semangun, 2000).

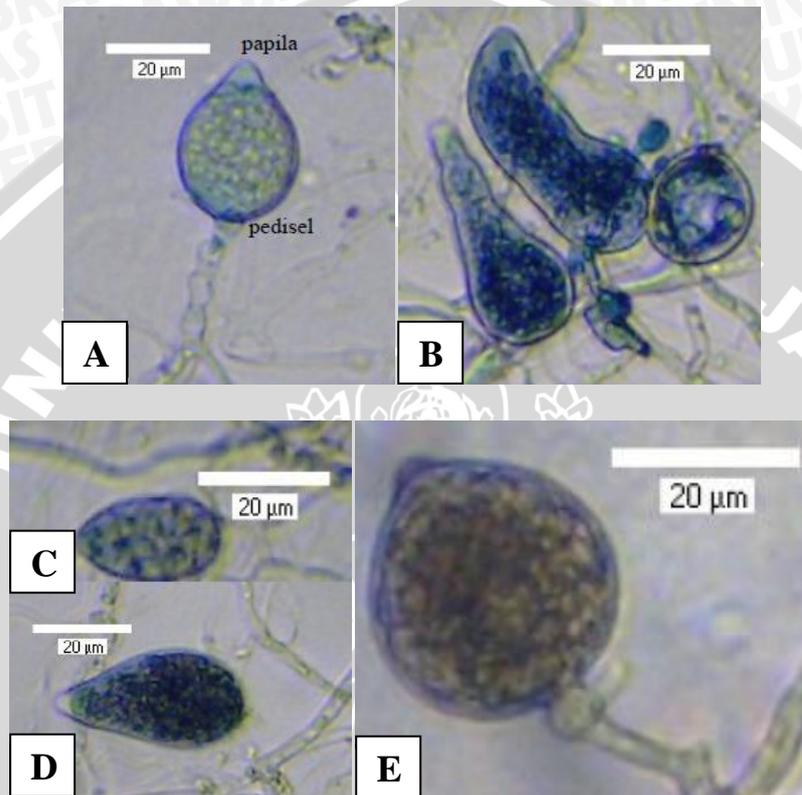
4. Morfologi *Phytophthora capsici*



Gambar 5. Tipe koloni *P. capsici*, A. Tipe *rossaceous*, B. Tipe *stellate*, C. Tipe *cotton* (Sumber: Bande *et al.*, 2011)

Koloni isolat *P. capsici* membentuk pola koloni yang tidak stabil dan terkadang dalam satu isolat ditemukan lebih dari satu pola koloni. Pada umumnya *P. capsici* mempunyai pola koloni *rossaceous* berbentuk bunga mawar atau bintang (Gambar 5) (Bande *et al.*, 2011). *P. capsici* mempunyai tipe kawin

heterothalik, yaitu membutuhkan pasangan yang mempunyai tipe kawin berbeda untuk dapat menghasilkan struktur reproduksi seksual (oospora). Jamur ini juga dapat membentuk klamidospora.



Gambar 6. Bentuk sporangium *P. capsici*, A. Ovoid, B. Distorted, C. Ellipsoid, D. Obpyriform, E. Globose (Sumber: Bande *et al.*, 2011)

Isolat *P. capsici* pada umumnya mempunyai papilla yang jelas pada ujung sporangium. Bentuk sporangium juga sangat bervariasi, mulai dari yang berbentuk bulat hingga yang berbentuk seperti buah pir atau lemon dan merupakan bentuk sporangium yang paling banyak ditemukan pada *Phytophthora* asal lada (Wahyuno *et al.*, 2007). Bentuk sporangium yang lain, yaitu dapat berbentuk ovoid, obpyriform, globose, ellipsoid dan distorted (Gambar 6) (Bande *et al.*, 2011). Tipe percabangan yang dimiliki *P. capsici* adalah tipe sederhana (*simple simpodial*) atau umbel, yaitu beberapa sporangiofor keluar dari suatu tempat sehingga terlihat seperti payung, sporangium dibentuk pada ujung-ujungnya.

5. Daur Hidup Penyakit Busuk Pangkal Batang

Jamur penyebab penyakit BPB terutama dipencarkan oleh air, baik air hujan yang memercik maupun air yang mengalir di permukaan tanah. Tanah dan air yang mengandung *Phytophthora* serta bagian tanaman yang sakit dapat menjadi sumber inokulum (Semangun, 2000). Menurut Manohara *et al.* (2014) dan Semangun (2000), penyebaran penyakit BPB dapat terjadi pada saat musim hujan, yaitu ketika suhu udara menjadi rendah dan kelembaban tinggi serta didukung oleh adanya nutrisi yang cukup, maka akan merangsang struktur istirahat jamur patogen *P. capsici* untuk berkecambah. Tetesan air hujan yang jatuh ke tanah dapat membantu memindahkan propagul dari tanah ke daun yang berada di dekatnya, sehingga memungkinkan terjadinya infeksi. Karena terbawa oleh percikan air hujan, tanah yang mengandung *Phytophthora* banyak yang melekat pada sisi bawah daun dan mengadakan infeksi.

Infeksi pada daun terjadi 4 sampai 6 jam setelah diinokulasi dengan zoospora dan menimbulkan gejala berupa titik hitam setelah 18 sampai 20 jam diinokulasi. Tetapi pada umumnya daun akan gugur sebelum jamur menjalar sampai ke batang. Dengan demikian serangan pada daun tadi dapat memperbanyak jamur yang berada di bawah tanaman itu, sehingga kemungkinan terjadinya infeksi pada pangkal batang juga menjadi besar.

Sporangium *Phytophthora* dari bagian tanaman yang sakit, seperti daun dapat disebarkan oleh angin. Penyebaran jamur *P. capsici* juga dapat terbawa oleh ternak peliharaan, siput atau keong, manusia, alat pertanian bekas dipakai pada tanaman sakit, bahkan dapat terbawa oleh bibit lada karena penanaman setek lada yang sudah sakit sehingga menjadi sumber inokulum bagi daerah pengembangan lada yang baru (Manohara *et al.*, 2014; Semangun, 2000). Sedangkan menurut Manohara (2007) mekanisme penyebaran *Phytophthora* dibagi menjadi 5 kelompok, yaitu di dalam tanah melalui kontak akar, melalui aliran air di permukaan tanah, percikan air dari tanah ke daun, buah atau batang, melalui bagian atas tanaman yang terinfeksi dan bersporulasi serta penyebaran dengan bantuan manusia atau binatang.

6. Ekobiologi Penyakit Busuk Pangkal Batang

Menurut Wahyuno (2009), *P. capsici* mempunyai karakteristik yang membuat ia efektif sebagai parasit tanaman, yaitu mempunyai beberapa bentuk dalam siklus hidupnya (zoospora, chlamidospora dan oospora) (1), membentuk struktur reproduksi (zoospora) dalam waktu 3-5 hari, sehingga mendorong terjadinya multisiklus (2), zoospora bergerak aktif menuju perakaran tanaman (3), mudah terbawa percikan air hujan, irigasi dan udara yang memungkinkan tersebar jauh (4), mampu bertahan di luar jaringan sebagai chlamidospora atau oospora (5), mempunyai siklus biokimia yang berbeda dengan jamur lainnya, menyebabkan tidak banyak jenis fungisida sesuai untuk mengendalikan *P. capsici* (6), tumbuh subur selama musim hujan yang membuat fungisida kontak tidak efektif (7).

Terdapat dua tipe kawin diantara isolat *P. capsici*, yaitu tipe kawin A1 dan A2. Adanya dua tipe kawin tersebut memungkinkan terjadinya plasmogami dan membentuk turunan *P. capsici* yang virulensinya lebih ganas atau lebih lemah daripada induknya. Oospora *P. capsici* dapat terbentuk di dalam jaringan daun, batang atau akar lada yang telah terinfeksi oleh dua tipe kawin A1 dan A2. Adanya oospora hasil perkawinan tersebut juga memungkinkan *P. capsici* dapat bertahan lebih lama di lapang, karena oospora juga berfungsi sebagai struktur bertahan (Wahyuno, 2009).

7. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Penyakit Busuk Pangkal Batang

Menurut Jahuddin (2007) timbulnya suatu penyakit pada suatu tanaman disebabkan oleh tiga faktor, yaitu adanya tanaman yang rentan, patogen yang virulen dan didukung oleh faktor lingkungan. Khususnya penyakit busuk pangkal batang lada yang disebabkan oleh *P. capsici* lebih banyak terjadi pada musim hujan, karena pada kondisi ini tanah menjadi basah dan kadar air tanah meningkat, sehingga jamur patogen banyak berkembang dan sporangia serta zoospora akan menyebar dan menginfeksi akar tanaman. Selain itu, pada musim hujan suhu tanah menjadi rendah yang akan menyebabkan patogen banyak membentuk

zoospora, sehingga populasi atau potensi inokulum patogen dalam tanah semakin banyak. Dimana bertambahnya populasi patogen dalam tanah akan menyebabkan peluang timbulnya penyakit semakin tinggi, sehingga intensitas penyakit pada suatu tanaman tergantung dari jumlah patogen yang ada.

Intensitas penyakit BPB akan meningkat seiring dengan meningkatnya nilai pH tanah. Pada kondisi tanah asam, populasi patogen *P. capsici* akan tertekan. Hal tersebut dikarenakan pertumbuhan optimum jamur *P. capsici* adalah pada pH 6-7, sedangkan mikroba antagonis tumbuh baik pada kondisi asam, misalnya jamur *T. viridae* mampu memproduksi zat glikotoksin dan viridian yang bersifat toksik terhadap jamur lain, dimana toksik tersebut hanya stabil dalam kondisi asam.

Intensitas penyakit BPB akan semakin berat jika kadar C/N tanah semakin rendah. Hal ini disebabkan populasi mikroorganisme yang bersifat antagonis cukup tinggi pada tanah dengan kadar C/N lebih tinggi, sehingga dapat menekan perkembangan populasi *P. capsici* dalam tanah. Semakin tinggi populasi mikroorganisme dalam tanah, maka kehidupan biota dalam tanah tersebut menjadi seimbang, sehingga dapat memberi kondisi yang lebih baik untuk pertumbuhan tanaman dan pertumbuhan mikroorganisme patogen akan tertekan melalui mekanisme produksi toksin, kompetisi tempat atau unsur hara serta dapat menginduksi resistensi tanaman.

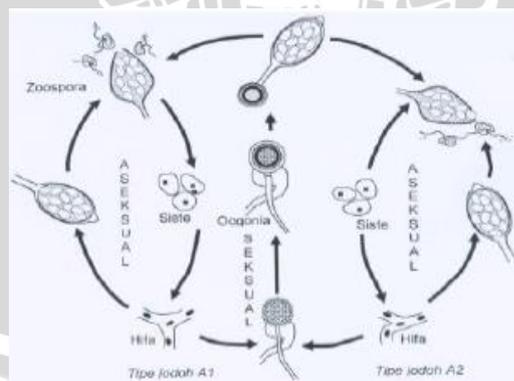
8. Siklus Hidup *Phytophthora capsici*

Menurut Manohara *et al.* (2014) siklus hidup *P. capsici*, yaitu berkembang biak dengan cara aseksual dan seksual (Gambar 7). Secara aseksual membentuk sporangium. Pada keadaan lingkungan yang sesuai, lembab dan suhu berkisar antara 25°C, sporangium yang telah masak dapat langsung berkecambah membentuk tabung kecambah atau membentuk zoospora yang berflagella sehingga dapat bergerak. Lama gerakannya ditentukan oleh suhu air, yaitu pada suhu 20-24 °C zoospora dapat bergerak selama 9 jam, sedangkan pada suhu 28°C dapat bergerak selama 5 jam dan pada suhu 32°C selama 1 jam. 30 menit setelah zoospora berhenti bergerak, akan terjadi perkecambahan bila lingkungan

mendukung. Sebaliknya, apabila keadaan lingkungan tidak mendukung maka akan dibentuk struktur istirahat, yaitu berbentuk kista. Miselia yang berasal dari perkecambahan zoospora dapat langsung menginfeksi tanaman melalui luka atau lubang alami (misalnya stomata).

Kemampuan patogen bertahan hidup pada sisa tanaman lada yang ada di permukaan maupun di dalam tanah mempunyai peranan penting sebagai sumber inokulum. Propagul jamur *P. capsici* dapat bertahan hidup selama 20 minggu di dalam tanah dengan kelengasan 100% kapasitas lapang, tanpa adanya tanaman inang. Di dalam jaringan tanaman terinfeksi seperti daun dan batang, jamur tersebut dapat bertahan hidup masing-masing selama 11 sampai 13 minggu dan 8 sampai 10 minggu.

Perkembangbiakan secara seksual terjadi apabila terdapat dua jenis tipe jodoh yang sesuai bertemu dan selanjutnya akan menghasilkan oospora. Oospora terbentuk dalam keadaan gelap secara *in vitro*, pada kisaran suhu 16-28 °C dan secara *in vivo* oospora dapat dibentuk pada batang, akar dan daun lada. Struktur dinding sel oospora yang relatif tebal dan keras memungkinkan oospora dapat bertahan hidup dalam waktu yang lama. Oospora pada kotoran siput masih dapat hidup walaupun telah melalui sistem pencernaan.



Gambar 7. Siklus hidup *P. capsici* (Sumber: Manohara *et al.* 2014)

9. Definisi Jamur Endofit

Jamur endofit adalah jamur yang semua atau sebagian dari siklus hidupnya berada di dalam jaringan tanaman sehat dan tidak memperlihatkan gejala penyakit

(Tondok, 2012). Sedangkan menurut Azevedo *et al.* (2000) mikroba endofit merupakan mikroorganisme yang berada di dalam tanaman, terutama pada daun, cabang dan batang yang tidak membahayakan inangnya. Berdasarkan pernyataan Clay (1988) jamur endofit dapat ditemukan pada berbagai varietas inang di seluruh dunia, termasuk pada pohon, semak, lumut, rumput-rumputan dan tumbuhan paku. Jamur endofit dimasukkan dalam famili Balansiae yang terdiri dari lima genus, yaitu *Aktinsonella*, *Balansia*, *Balansiopsis*, *Epichloe* dan *Myriogenospora*. Genus *Balansiae* umumnya dapat menginfeksi tanaman tahunan dan hidup secara simbiosis mutualistik dengan tanaman inangnya.

Simbiosis jamur endofit dengan tanaman dapat berupa mutualistik, netralisme dan antagonistik. Pada kondisi ini tanaman inang merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme endofit dalam melengkapi siklus hidupnya. Jamur endofit merupakan mikroorganisme yang berada di dalam jaringan semua tumbuhan tingkat tinggi yang memiliki potensi sebagai sumber agens biologi aktif dan merupakan salah satu kelompok yang paling aktif memproduksi metabolit sekunder (Selim *et al.*, 2012). Kolonisasi jamur endofit pada tanaman dimulai dari masuknya ke jaringan tanaman, perkecambahan spora, penetrasi epidermis dan kolonisasi jaringan (Sudantha, 2010).

10. Hubungan Jamur Endofit dengan Inangnya

Hubungan mikroba endofit dan inangnya dapat berbentuk simbiosis mutualisme sampai hubungan yang patogenik. Hubungan simbiosis mutualisme ditandai dengan hubungan yang saling menguntungkan antara mikroba endofit dan tumbuhan inangnya. Mikroba endofit dapat melindungi tumbuhan inang dari serangan patogen dengan senyawa yang dikeluarkan oleh mikroba endofit, yaitu berupa senyawa metabolit sekunder yang merupakan senyawa bioaktif. Metabolit sekunder yang dihasilkan akan lebih aktif dan spesifik jika diisolasi dari mikroba yang hidup pada biotop yang spesifik. Mikroba endofit dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang karakternya mirip atau sama dengan inangnya. Hal ini disebabkan oleh adanya pertukaran genetik yang terjadi antara inang dan mikroba endofit secara evolusioner (Prihatiningtias dan Wahyuningsih, 2014).

Menurut Wilia *et al.* (2011) jamur endofit melindungi tanaman dari serangan patogen melalui mekanisme kompetisi, induksi resistensi, antagonisme dan mikoparasit. Jamur endofit dapat menginduksi respon metabolisme inang, sehingga tanaman menjadi resisten terhadap patogen dan produksi tanaman menjadi meningkat. Interaksi jamur endofit dengan akar kemungkinan juga mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen yang berada pada bagian atas tanaman.

Jamur endofit juga mampu mempengaruhi fisiologis tanaman, seperti tahan terhadap kekeringan (stress air) dan menghasilkan obat anti tumor (Azevedo *et al.*, 2000). Jamur endofit dalam jaringan tanaman menyebabkan terinduksinya metabolit sekunder yang mampu menghambat jamur lain. Sebagai contoh, mekanisme yang dimiliki oleh jamur endofit sebagai induksi resistensi dapat memacu pertumbuhan tanaman kedelai sehingga tahan terhadap penyakit tanaman dan produksinya meningkat, karena sasaran jamur endofit untuk mengendalikan penyakit dengan meningkatkan pertumbuhan tanaman menyebabkan tanaman menjadi lebih sehat dan dapat menolak serangan patogen (Wilia *et al.*, 2011).

11. Peranan dan Mekanisme Antagonis Jamur Endofit dalam Menghambat Patogen

Mikroba endofit merupakan mikroorganisme yang tumbuh dalam jaringan tumbuhan. Mikroba endofit dapat diisolasi dari jaringan akar, batang, daun dan yang paling umum ditemukan adalah dari jenis fungi. Mikroba endofit dapat menghasilkan senyawa-senyawa bioaktif yang sangat potensial untuk dikembangkan menjadi obat. Hal tersebut dikarenakan mikroba merupakan organisme yang mudah ditumbuhkan, memiliki siklus hidup yang pendek dan dapat menghasilkan sejumlah senyawa bioaktif dalam jumlah besar dengan metode fermentasi.

Beberapa mikroba endofit dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, terpen, steroid, flavonoid, kuinon dan fenol yang sebagian besar mempunyai potensi besar sebagai senyawa bioaktif. Senyawa-senyawa tersebut dapat berfungsi untuk membunuh patogen dan memiliki daya

antimikroba, antioksidan, antimalaria serta antikanker. Mikroba endofit selain memiliki peranan penting dalam dunia pertanian, juga memiliki peranan penting dalam dunia pengobatan dan industri (Prihatiningtias dan Wahyuningsih, 2014).

Menurut Higginbotham *et al.* (2013) jamur endofit merupakan mikrofungi yang tumbuh di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan gejala serangan penyakit. Jamur endofit ini memberikan beberapa manfaat bagi inangnya, yaitu dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan, melindungi inang dari bakteri patogen, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan membantu tanaman untuk lebih tahan terhadap serangan serangga herbivora. Oleh karena itu potensi jamur endofit cukup besar untuk dikembangkan sebagai agens pengendali hayati, karena jamur tersebut hidup dalam jaringan tanaman sehingga berperan langsung dalam menghambat perkembangan patogen dalam tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Salah satu jamur endofit yang berperan sebagai agens pengendali hayati, yaitu jamur *Coniothyrium minitans* yang mampu menekan perkecambahan patogen *Sclerotinia sclerotiorum*. Selain itu, *C. minitans* mampu bertahan dalam tanah yang sudah disterilisasi bertingkat sehingga memiliki potensi yang baik untuk mengendalikan patogen tular tanah *S. sclerotiorum* dan sebagai agens pengendali hayati patogen lainnya (Wilia *et al.*, 2011).

Mekanisme antagonisme jamur endofit dalam menekan perkembangan patogen dapat menjadikan tanaman menjadi tahan karena antibiosis. Jamur endofit menghasilkan alkaloid dan mikotoksin sehingga memungkinkan digunakan untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Jamur endofit menghasilkan senyawa aktif biologis secara *in vitro* antara lain alkaloid, paxillin, lolitrems, dan tetranone steroid. Jamur endofit antagonis juga mempunyai aktivitas tinggi dalam menghasilkan enzim yang dapat digunakan untuk mengendalikan patogen. Jamur endofit *Neotyphodium* sp. menghasilkan enzim β -1,6-glucanase yang menyerupai enzim yang sama yang dihasilkan oleh jamur *Trichoderma harzianum* dan *T. virens* serta mekanisme antagonis antara jamur endofit *Trichoderma* spp. dan jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* adalah mikoparasit dan antibiosis (Sudantha dan Abadi, 2011).

III. BAHAN DAN METODE

1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan mulai bulan Februari sampai dengan Juni 2014 di Laboratorium Penyakit Tumbuhan dan Rumah Kaca Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah *Laminar Air Flow Cabinet*, autoklaf, mikroskop, cawan petri diameter 9 cm, bunsen, jarum ose, *beaker glass* 1000 ml, pinset, spatula, jarum steril, botol media, *scalpel*, *cork borer*, timbangan, *shaker*, *hand sprayer*, pH meter dan mikropipet.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah isolat jamur *P. capsici* yang dieksplorasi dari tanaman bergejala yang diambil dari kebun lada Dusun Demangan Rt. 03 Rw. 18 Kelurahan Pijiharjo Kecamatan Manyaran Kabupaten Wonogiri, isolat jamur endofit yang dieksplorasi dari tanaman sehat di kebun lada Desa Pujiharjo Kecamatan Tirtoyudo Kabupaten Malang, bibit tanaman lada, plastik *wrapping*, alumunium foil, kapas steril, natrium hipoklorit (NaOCl) 2%, NaOCl 5%, alkohol 70%, aquades, media *V8 juice* (10 gram agar, 15 gram dekstrosa, 50 ml *V8 juice*, 2 gram CaCO_3 , 1 kapsul *chloramphenicol* dan 30 mikrolit pimarisin), media *Potato Dextrose Agar* (PDA) (250 gram kentang, 20 gram agar, 20 gram dekstrosa dan 2 kapsul *chloramphenicol*), dan media Ekstrak Kentang Gula (EKG) (250 gram kentang, 20 gram dekstrosa dan 2 kapsul *chloramphenicol*).

3. Metode

Pembuatan media tumbuh

Media buatan yang digunakan untuk isolasi jamur patogen, yaitu media selektif *V8 juice*. Jeffers dan Ferguson (1999) mengemukakan bahwa media selektif untuk *Phytophthora* spp., yaitu media berisi pimarisin yang dimodifikasi dengan menambahkan *V8 juice*. Metode pembuatan media *V8 juice*, yaitu pertama mencampurkan 50 ml *V8 juice* dengan 450 ml aquades, kemudian larutan tersebut disaring dan pH diukur 6,5 menggunakan pH meter. Selanjutnya larutan dipanaskan dan ditambahkan 10 gram agar, 15 gram dekstrosa, 2 gram CaCO_3 ,

serta aquades hingga volume 500 ml, setelah tercampur rata, maka ditambahkan 1 kapsul *chloramphenicol* sebagai antibakteri. Lalu media dimasukkan ke dalam botol media dan ditutup menggunakan kapas steril dan alumunium foil untuk mengurangi adanya kontaminasi mikroorganismenya yang tidak dikehendaki, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf. Setelah sterilisasi media dibiarkan sampai tidak terlalu panas, kemudian ditambahkan 30 mikrolit pimarisin sebagai anti jamur bersekat.

Media buatan yang digunakan untuk isolasi jamur endofit, yaitu media PDA. Menurut Agusta (2009), media yang digunakan dalam proses isolasi adalah media yang kaya nutrisi sehingga memungkinkan untuk mempercepat perkembangan jamur endofit. Media PDA, yaitu media yang kaya nutrisi dan bersifat selektif terhadap jamur endofit. Karbohidrat dan senyawa yang terkandung dalam kentang mampu mendukung pertumbuhan jamur endofit.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan media PDA, yaitu kentang, dekstrosa, agar, *chloramphenicol*, dan aquades. Kentang dan dekstrosa merupakan sumber nutrisi untuk isolat jamur endofit, agar untuk memadatkan media, dan *chloramphenicol* untuk antibakteri.

Metode pembuatan media PDA, yaitu kentang yang telah dikupas dan dipotong kecil-kecil kemudian ditimbang sebanyak 250 gram, dicuci kembali, dan direbus dengan 800 ml aquades. Setelah kentang menjadi lunak selanjutnya kentang ditiriskan dan disisakan sarinya. Kemudian melarutkan 20 gram agar dan 20 gram dekstrosa dalam 200 ml aquades. Selanjutnya mencampur sari kentang dengan larutan agar dan dekstrosa, larutan tersebut kemudian dipanaskan hingga mendidih dan diaduk agar tidak menggumpal dan ditambahkan 2 kapsul *chloramphenicol*. Setelah itu untuk meminimalisir adanya kontaminasi mikroorganismenya yang tidak dikehendaki, media PDA dimasukkan ke dalam botol media dan ditutup menggunakan kapas steril serta alumunium foil, kemudian disterilisasi dengan metode pemanasan basah, yaitu menggunakan autoklaf.

Media cair yang digunakan untuk memperbanyak massa jamur, yaitu media EKG. Metode pembuatan media EKG, yaitu kentang yang telah dikupas dan dipotong kecil-kecil ditimbang sebanyak 250 gram, kemudian dicuci dan

direbus dengan 1 liter aquades. Setelah kentang menjadi lunak selanjutnya kentang ditiriskan dan disisakan sarinya. Sari kentang dipanaskan dan ditambahkan dengan 20 gram dekstrosa, kemudian simpan dalam botol lalu sterilisasi menggunakan autoklaf.

Isolasi patogen *Phytophthora capsici*

Inokulum *P. capsici* diperoleh dengan cara diisolasi langsung dari tanaman lada yang menunjukkan gejala infeksi *P. capsici* seperti terdapat busuk pada pangkal batang, akar berwarna coklat, dan daunnya telah mengalami kelayuan (Syamsuddin dan Ulim, 2013).

Proses isolasi dilakukan dengan cara bagian tanaman yang sakit permukaannya dicuci dengan air mengalir, kemudian memotong jaringan tanaman dengan setengah bagian sakit dan setengah bagian sehat. Selanjutnya, permukaan potongan jaringan tanaman disterilisasi dengan NaOCl 2% selama 1 menit, kemudian alkohol 70% selama 1 menit dan dibilas dengan aquades sebanyak dua kali dengan masing-masing ulangan selama 1 menit. Lalu ditiriskan pada tisu steril sampai benar-benar kering. Setelah kering, potongan jaringan tanaman tersebut ditanam pada media V8 juice. Kemudian diinkubasikan selama 4-7 hari.

Koloni jamur yang diduga *P. capsici* berdasarkan ciri morfologi dimurnikan dengan memindahkan pada media yang baru. Selanjutnya, dilakukan pengamatan mikroskopis menggunakan mikroskop dan diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri *P. capsici* pada pustaka Drenth dan Sendall (2001). Setelah diidentifikasi, koloni *P. capsici* dipindah ke media PDA untuk mengetahui pertumbuhannya pada media PDA. Media PDA, yaitu media yang bersifat umum untuk menumbuhkan beberapa macam jamur dan sebagai media yang digunakan dalam uji antagonis antara jamur *P. capsici* dengan jamur endofit yang diperoleh dari jaringan tanaman lada.

Uji postulat koch

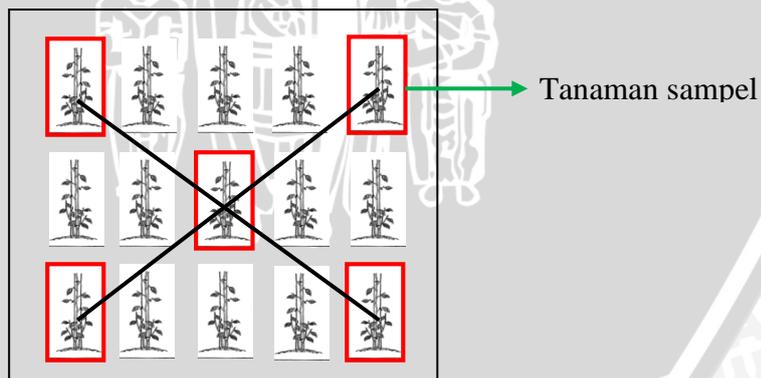
Teknik inokulasi yang digunakan mengikuti prosedur inokulasi pada batang oleh Ginting dan Maryono (2012). Batang lada yang akan diinokulasi

dengan jamur *P. capsici* disemprot dengan aquades steril dan ditunggu sampai kering untuk sterilisasi. Inokulasi dilakukan dengan cara, batang lada 5 cm di atas permukaan tanah dilukai dengan jarum steril sepanjang 1 cm dan sedalam 1 mm kemudian diinokulasi dengan potongan miselium *P. capsici* berumur 7 hari dengan ukuran 1 cm. Sebagai kontrol positif potongan media PDA diletakkan pada permukaan batang lada. Inkubasi dilakukan selama 4 hari pada suhu kamar.



Gambar 8. Hasil uji Postulat Koch pada tanaman lada

Pengambilan sampel untuk eksplorasi jamur endofit



Gambar 9. Denah pengambilan sampel menggunakan metode sistematis diagonal

Pengambilan sampel jamur endofit pada tanaman lada menggunakan metode sampling terpilih (*purposive*), yaitu menentukan titik sampel atau petak terpilih yang dapat mewakili keadaan secara umum. Pengambilan titik sampel

dilakukan secara sistematis diagonal, sehingga didapatkan 5 tanaman dalam satu lahan (Gambar 9).

Sampel yang diambil untuk eksplorasi jamur endofit, yaitu tanaman yang sehat dan tidak menunjukkan adanya gejala infeksi penyakit ataupun serangan hama. Sampel daun yang diambil merupakan daun yang sudah dewasa, sedangkan ranting dipilih secara acak dari beberapa bagian tanaman yang berbeda. Daun dan ranting yang diambil terletak 75 cm dari permukaan tanah. Sedangkan sampel akar diambil pada kedalaman 15-20 cm dari permukaan tanah dengan panjang 15 cm dari pangkal batang dan diameter akar berkisar 0,5-1,5 cm. Selanjutnya, sampel bagian tanaman tersebut dibawa ke laboratorium untuk diisolasi jamur endofitnya.

Isolasi jamur endofit



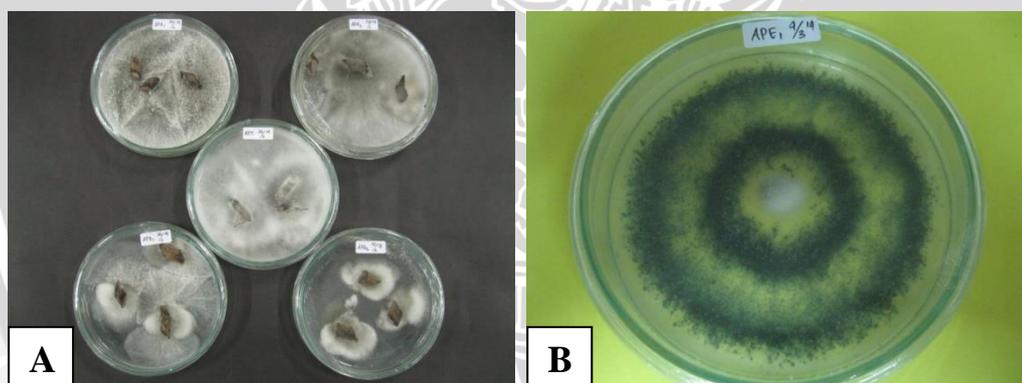
Gambar 10. Isolasi jamur endofit dalam cawan petri

Isolasi jamur endofit dilakukan dengan cara, sampel bagian dari tanaman lada dipotong-potong sepanjang 1-1,5 cm, kemudian disterilisasi permukaannya menggunakan NaOCl 5% selama 1 menit, alkohol 70% selama 1 menit sebanyak dua kali, dan dibilas dengan aquades steril selama 1 menit sebanyak dua kali, lalu potongan sampel dikeringkan di atas tisu. Kemudian setelah kering, sampel dipotong 0,5 cm dan dibelah kemudian ditumbuhkan pada media PDA. Pada aquades bilasan terakhir diambil 1 ml dan dituang ke dalam media PDA yang baru untuk digunakan sebagai kontrol yang bertujuan untuk menentukan apakah

sampel yang diisolasi merupakan jamur endofit atau bukan. Jika pada media kontrol tumbuh jamur, maka sampel daun, ranting, dan akar yang diisolasi bukan merupakan jamur endofit. Untuk pengamatan dilakukan 2 hari sekali selama jamur endofit tampak tumbuh.

Pemurnian jamur endofit

Pemurnian jamur endofit dilakukan pada semua koloni jamur yang tumbuh dan dianggap berbeda berdasarkan kenampakan morfologi makroskopis, yang meliputi warna dan bentuk koloni. Masing-masing jamur tersebut dipisahkan dan dipindahkan ke media PDA yang baru menggunakan jarum ose. Apabila jamur hasil purifikasi pertama yang tumbuh masih bercampur dengan jamur lain, maka perlu dilakukan pemurnian lagi untuk memperoleh isolat jamur endofit yang murni.



Gambar 11. Pemurnian jamur endofit, A. Isolat yang belum dimurnikan, B. Isolat murni

Pembuatan preparat jamur endofit

Tahapan pertama, yaitu menyiapkan kaca preparat, kemudian mengambil sedikit media PDA baru dan diletakkan di atas permukaan kaca preparat. Hal tersebut bertujuan untuk menjaga ketersediaan nutrisi bagi jamur selama masa inkubasi. Selanjutnya, yaitu mengambil isolat jamur endofit menggunakan jarum ose dan diletakkan di atas media PDA yang sudah ada pada permukaan kaca

preparat. Setelah itu, ditutup dengan *cover glass* dan diletakkan pada wadah yang sudah berisi tisu basah steril, kemudian diinkubasi selama 2-3 hari.

Pengamatan dan identifikasi

Isolat jamur endofit yang sudah murni diamati secara makroskopis dan mikroskopis. Menurut Gandjar *et al.* (1999) pengamatan makroskopis meliputi warna dan permukaan koloni (granular, seperti tepung, menggunung, licin, ada atau tidaknya tetesan eksudat), garis-garis radial dari pusat koloni ke arah tepi koloni, lingkaran-lingkaran konsentris dalam cawan petri (konsentris atau tidak konsentris) dan pertumbuhan koloni (cm/hari) yang diukur setiap hari sampai koloni jamur mencapai diameter 9 cm dengan menggunakan penggaris.

Pengamatan mikroskopis menurut Gandjar *et al.* (1999) meliputi sekat hifa (bersekat atau tidak bersekat), pertumbuhan hifa (bercabang atau tidak bercabang), warna hifa (hialin, transparan atau gelap), ada tidaknya konidia dan bentuk konidia (bulat, lonjong, berantai, atau tidak beraturan). Pengamatan mikroskopis dilakukan pada pengamatan hari terakhir (5-7 hari) menggunakan mikroskop. Hasil pengamatan tersebut digunakan untuk identifikasi berdasarkan buku identifikasi *Illustrated Genere of Imperfect Fungi fourth ed* (Barnet dan Hunter, 1960) dan Pengenalan Kapang Tropik Umum (Gandjar *et al.*, 1999).

Uji antagonis isolat jamur endofit dengan patogen *Phytophthora capsici* secara *in-vitro*

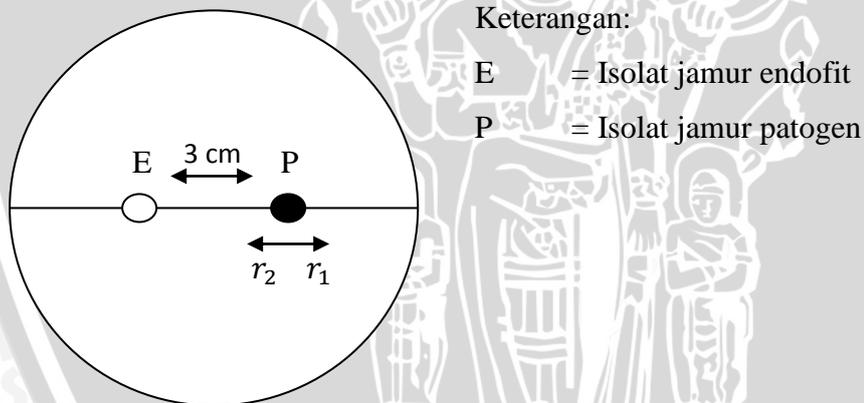
Metode uji antagonis isolat jamur endofit dengan *P. capsici* secara *in-vitro* mengikuti metode yang dilakukan oleh Achmad dan Yulisman (2011), yaitu metode oposisi langsung (Gambar 12). Metode oposisi langsung dilakukan dalam cawan petri berdiameter 9 cm yang berisi media PDA. Inokulum jamur endofit dan *P. capsici* ditanam berdampingan pada media dalam cawan petri masing-masing berjarak 3 cm dari tepi cawan, sehingga jarak antar inokulum 3 cm. Penanaman inokulum jamur endofit dan *P. capsici* pada uji antagonisme dilakukan pada waktu yang sama dan untuk kontrol dilakukan penanaman isolat

patogen pada cawan petri terpisah. Biakan selanjutnya diinkubasi selama 1 minggu dalam suhu ruangan.

Pengamatan dilakukan setiap hari dari saat inokulum ditanam dengan mengukur pertumbuhan koloni untuk mengetahui persentase daya hambat jamur antagonis. Persentase hambatan dihitung berdasarkan rumus yang diadaptasi dari rumus yang dikemukakan oleh Alfizar *et al.* (2013), yaitu:

$$P = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\%$$

Dengan P adalah persentase hambatan, r_1 adalah jari-jari koloni jamur *P. capsici* yang berlawanan arah dengan jamur antagonis dan r_2 adalah jari-jari koloni jamur *P. capsici* menuju ke arah jamur antagonis.



Gambar 12. Metode oposisi langsung dalam uji antagonisme

Uji antagonis isolat jamur endofit dengan patogen *Phytophthora capsici* secara *in-vivo*

Uji antagonis secara *in-vivo* dilakukan dengan menggunakan bibit lada berumur 2 bulan. Sedangkan jamur endofit yang digunakan, yaitu berasal dari hasil seleksi berdasarkan tingkat persentase penghambatan pertumbuhan koloni patogen tertinggi pada uji antagonisme secara *in-vitro* dan dipilih sebanyak 3

isolat jamur endofit serta terdapat 2 isolat yang menunjukkan mekanisme antibiosis.

Jamur endofit hasil seleksi, masing-masing diambil 5 potongan berdiameter 5 mm dari media padat dan dimasukkan ke dalam media cair 100 ml, kemudian diaduk menggunakan *shaker* selama 6 hari. Massa jamur yang sudah berkembang selama 6 hari dihomogenkan dengan blender selama 6 detik. Suspensi kemudian diencerkan sehingga diperoleh kerapatan spora 10^6 per 10 ml air. Pengamatan kerapatan spora dilakukan menggunakan *haemocytometer* dengan rumus menurut Gabriel dan Riyatno (1989), sebagai berikut:

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

Dengan C adalah kerapatan konidia per ml larutan, t adalah jumlah total spora dalam sampel yang diamati, n adalah jumlah kotak sampel (5 kotak besar x 16 kotak kecil) dan angka 0,25 adalah faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*.

Inokulasi antagonis dilakukan pada sore hari dalam kondisi lembab. Sepuluh menit sebelum inokulasi, tanaman disemprot dengan aquades steril dan ditunggu sampai kering, kemudian batang lada 5 cm di atas permukaan tanah dilukai menggunakan jarum steril dan diinokulasi dengan suspensi jamur endofit. Jamur endofit diaplikasikan dengan volume semprot 5 ml per batang menggunakan *hand sprayer*.

Tujuh hari setelah inokulasi jamur endofit, diaplikasikan jamur *P. capsici* pada batang lada. Inokulasi dilakukan dengan cara, batang lada 5 cm di atas permukaan tanah dilukai dengan jarum steril sepanjang 1 cm dan sedalam 1 mm kemudian diinokulasi dengan potongan miselium *P. capsici* berumur 7 hari dengan ukuran 1 cm. Pengamatan dilakukan setiap hari mulai dari hari kedua setelah inokulasi selama 2 minggu. Pengamatan pada batang dilakukan dengan mengukur nekrosis yang terjadi pada situs inokulasi dengan menggunakan skor penyakit yang disajikan pada Tabel 1 (Ginting dan Maryono, 2012). Selanjutnya

dilakukan penghitungan Intensitas Serangan (IS) *P. capsici* berdasarkan rumus menurut Manohara (2007), yaitu sebagai berikut:

$$IS = \frac{\sum(n \times v)}{(N \times V)} \times 100\%$$

Dengan n adalah nilai skoring, N adalah nilai skoring tertinggi, v adalah jumlah tanaman yang menunjukkan nilai skoring tertentu dan V adalah jumlah tanaman seluruhnya.

Tabel 1. Skor penyakit yang digunakan untuk mengukur keparahan penyakit pada batang

Skor penyakit	Gejala atau nekrosis (x)
0	Tidak ada gejala
1	Timbul nekrosis sepanjang 0,5 cm atau kurang
2	0,5 < x < 1 cm, nekrosis tidak melingkari batang
3	x > 1 cm, nekrosis tidak melingkari batang
4	Nekrosis melingkari batang
5	Tanaman layu atau mati

Rancangan

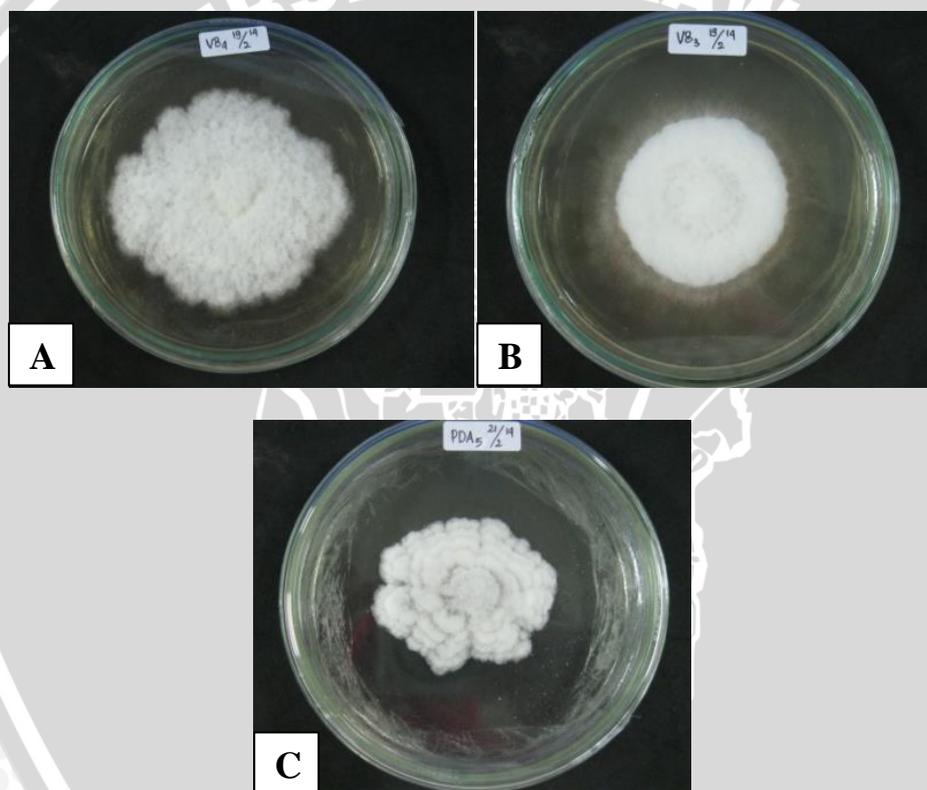
Uji antagonis isolat jamur endofit dengan *P. capsici* secara *in-vitro* dan *in-vivo* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan pada uji antagonis secara *in-vitro* dilakukan sebanyak jamur endofit yang ditemukan dan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan tujuan untuk memastikan bahwa jamur endofit memiliki potensi untuk menghambat pertumbuhan patogen secara *in-vitro*. Sedangkan perlakuan pada uji antagonis secara *in-vivo* dilakukan sebanyak 3 kali dengan 5 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji Duncan dengan taraf kesalahan 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Isolasi dan Identifikasi Patogen *Phytophthora capsici*

Biakan murni jamur *P. capsici* yang didapat pada media V8 juice diperoleh dari hasil isolasi pada daun tanaman lada yang terserang *P. capsici*. Pengamatan morfologi jamur *P. capsici* dilakukan pada koloni berumur 8 hari berdasarkan kenampakan makroskopis dan mikroskopis. Hal tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

Makroskopis



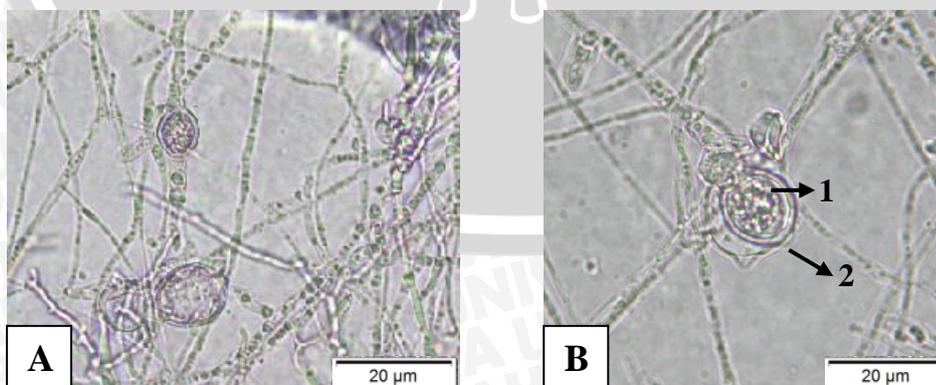
Gambar 13. Tipe koloni *P. capsici*, A. tidak berpola dan berwarna putih, B. Pola menyerupai kapas atau *cotton* dan berwarna putih, C. Pola menyerupai bunga dan berwarna putih

Tipe koloni umumnya sering digunakan sebagai karakter penunjang dalam proses identifikasi. Dari satu isolat *P. capsici* yang diamati memiliki 3 macam pola koloni yang bervariasi, yaitu tidak berpola, membentuk pola menyerupai kapas atau *cotton* dan berpola menyerupai bunga serta berwarna putih seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 13. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Wahyuno *et al.* (2007) bahwa dari 50 isolat *P. capsici* tidak ditemukan isolat yang mempunyai pola koloni stabil, bahkan dalam satu isolat juga sering ditemukan lebih dari satu pola koloni, mulai dari halus tidak berpola hingga yang tebal dan membentuk pola seperti bunga. Sedangkan Bande *et al.* (2011) berhasil menemukan koloni isolat *P. capsici* dapat membentuk pola seperti mawar (*rossaceous*), bintang (*stelate*) dan kapas (*cotton*) dengan penampakan koloni bulat tipis sampai tebal dan berwarna putih. Berdasarkan ciri makroskopis yang telah diuraikan, maka jamur patogen tersebut adalah *P. capsici*.

Mikroskopis

Berdasarkan ciri mikroskopis, isolat *P. capsici* asal lada yang diamati mempunyai hifa yang tidak bersekat dan membentuk klamidospora (Gambar 14A). Bentuk sporangium *P. capsici* yang diamati, yaitu ovoid dan terdapat papilla di ujung sporangiumnya (Gambar 14B). Hal ini sesuai dengan ciri morfologi yang disampaikan oleh Drenth dan Sendall (2001), bahwa sporangium dari *P. capsici* dapat berbentuk ovoid, obovoid atau ellipsoid. Sporangium dapat memiliki papilla yang jelas atau semi papilla dan klamidospora banyak diproduksi oleh isolat dari kakao, lada dan makadamia. Klamidospora, yaitu spora berdinding tebal yang berfungsi sebagai spora tidak aktif. Klamidospora tersebut dapat berada diantara hifa atau di ujung hifa. Berdasarkan deskripsi mikroskopis jamur patogen tersebut, maka jamur ini adalah *P. capsici*.



Gambar 14. A. *P. capsici* yang membentuk klamidospora, B. Sporangium berbentuk ovoid (1) dan terdapat papilla (2)

2. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Asal Tanaman Lada

Biakan murni jamur endofit pada media PDA diperoleh dari hasil isolasi pada jaringan tanaman lada yang sehat. Hasil isolasi dan identifikasi jamur endofit tanaman lada keseluruhan diperoleh 25 isolat jamur, yang terdiri dari 16 isolat teridentifikasi dan 9 isolat tidak teridentifikasi yang selanjutnya diberi nama isolat EL 1 sampai dengan isolat EL 9. Daftar jamur endofit yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jamur endofit yang diperoleh dari jaringan tanaman lada

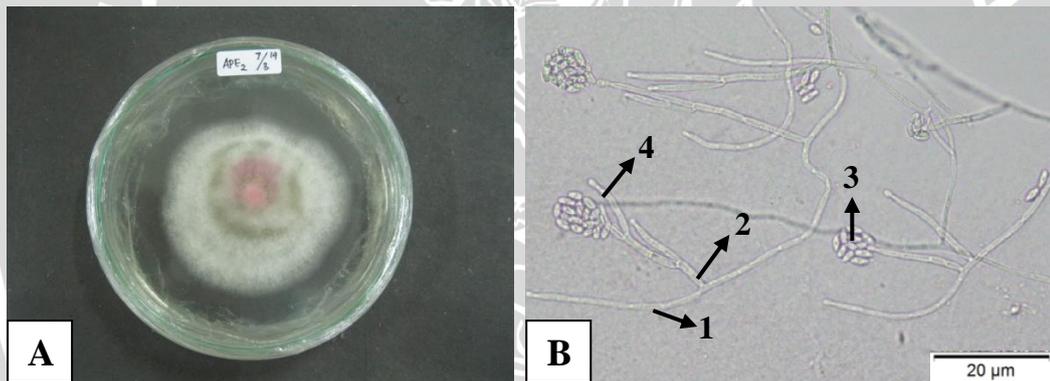
Jaringan Tanaman	Genus
Daun	<i>Cephalosporium</i> sp. 1
	<i>Cephalosporium</i> sp. 2
	<i>Colletotrichum</i> sp. 3
	<i>Curvularia</i> sp.
	Isolat EL 1
	Isolat EL 2
	Isolat EL 5
	Isolat EL 6
	Isolat EL 8
	<i>Fusarium</i> sp. 3
<i>Fusarium</i> sp. 4	
Batang	<i>Scytalidium</i> sp. 1
	<i>Scytalidium</i> sp. 2
Akar	<i>Colletotrichum</i> sp. 1
	Isolat EL 9
	<i>Acremonium</i> sp.
	<i>Colletotrichum</i> sp. 2
	Isolat EL 3
	Isolat EL 4
	Isolat EL 7
	<i>Fusarium</i> sp. 1
	<i>Fusarium</i> sp. 2
<i>Humicola</i> sp. 1	
<i>Humicola</i> sp. 2	
	<i>Trichoderma</i> sp.

Selanjutnya morfologi jamur endofit dideskripsikan berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis, yang dapat diuraikan satu per satu sebagai berikut:

Acremonium sp.

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni jamur pada hari ke-3 masa inkubasi, yaitu 2,2 cm dan mencapai 7 cm pada hari ke-7. Permukaan dan dasar koloni berwarna putih pada bagian tepi dan merah muda pada bagian tengah koloni. Koloni jamur tumbuh menyebar beraturan dengan tekstur permukaan halus (Gambar 15A). Hal ini sesuai dengan Gandjar *et al.* (1999), bahwa pada awal pertumbuhan permukaan koloni jamur tampak agak basah, kemudian menjadi seperti tepung dan tampak seperti kapas dengan warna miselium putih hingga merah muda. Berdasarkan ciri makroskopis yang telah diuraikan, maka jamur endofit tersebut merupakan jamur *Acremonium* sp.



Gambar 15. A. Biakan murni *Acremonium* sp. umur 7 hari, B. Hifa (1), konidiofor (2), konidia (3) dan fialid (4)

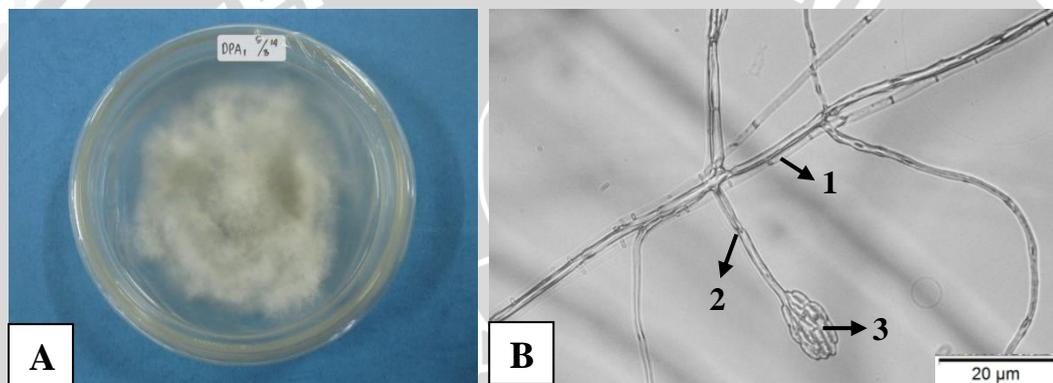
Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidiofor panjang dan terdapat filialid. Konidia berbentuk lonjong, bersel satu, hialin dan bergerombol (Gambar 15B). Hal ini sesuai dengan Gandjar *et al.* (1999) yang menyatakan bahwa ciri mikroskopis jamur *Acremonium* sp. adalah konidiofor seringkali bercabang. Filialid terbentuk pada miselium yang rebah di substrat. Konidia bergerombol membentuk suatu kepala yang berlendir, berbentuk elips hingga silindris pendek dan berwarna hialin. Berdasarkan ciri mikroskopis yang diuraikan, maka jamur endofit tersebut adalah *Acremonium* sp.

Cephalosporium sp. 1

Makroskopis

Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih, setelah hari ke-7 inkubasi koloni berwarna putih kehijauan dengan dasar koloni membentuk lingkaran konsentris yang tipis. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan permukaan bertekstur halus. Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni 3,8 cm pada hari ke-3 inkubasi dan mencapai 8 cm pada hari ke-7 inkubasi (Gambar 16A). Jamur endofit ini merupakan jamur *Cephalosporium* sp.



Gambar 16. A. Biakan murni *Cephalosporium* sp. 1 umur 7 hari, B. Hifa (1), konidiofor (2) dan konidia (3)

Mikroskopis

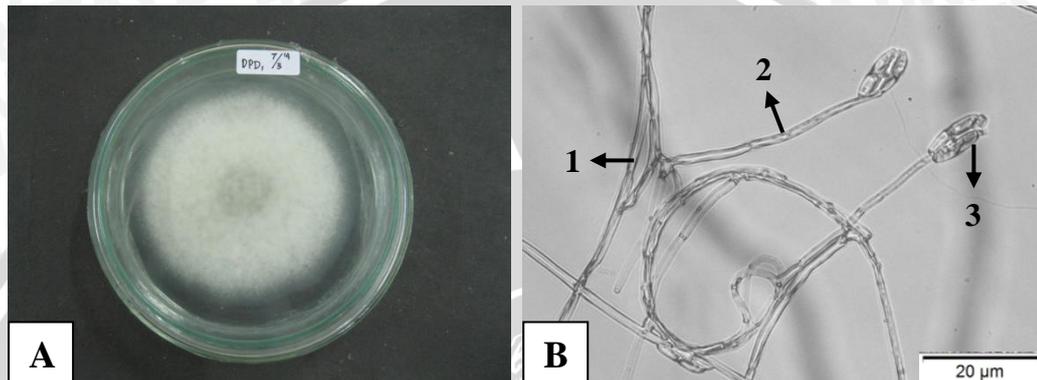
Hifa memanjang dan bercabang, bersekat dan hialin. Konidia hialin, bersel satu dan berkumpul di ujung konidiofor (Gambar 16B). Hal ini sesuai dengan Barnet dan Hunter (1960), bahwa ciri mikroskopis jamur *Cephalosporium* sp. adalah memiliki konidiofor ramping atau membesar dan sederhana. Konidia hialin, bersel satu, terletak di ujung dan berkumpul. Berdasarkan deskripsi mikroskopis yang diuraikan, maka jamur endofit tersebut adalah jamur *Cephalosporium* sp. 1.

Cephalosporium sp. 2

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Hari ke-3 inkubasi, koloni berdiameter 4 cm dan mencapai 8,2 cm pada hari ke-7 inkubasi. Pada awal

pertumbuhan koloni berwarna putih, setelah hari ke-7 inkubasi koloni berwarna putih seperti kapas dengan dasar koloni berwarna putih kecoklatan. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan permukaan bertekstur halus (Gambar 17A). Jamur endofit ini merupakan jamur *Cephalosporium* sp.



Gambar 17. A. Biakan murni *Cephalosporium* sp. 2 umur 7 hari, B. Hifa (1), konidiofor (2) dan konidia (3)

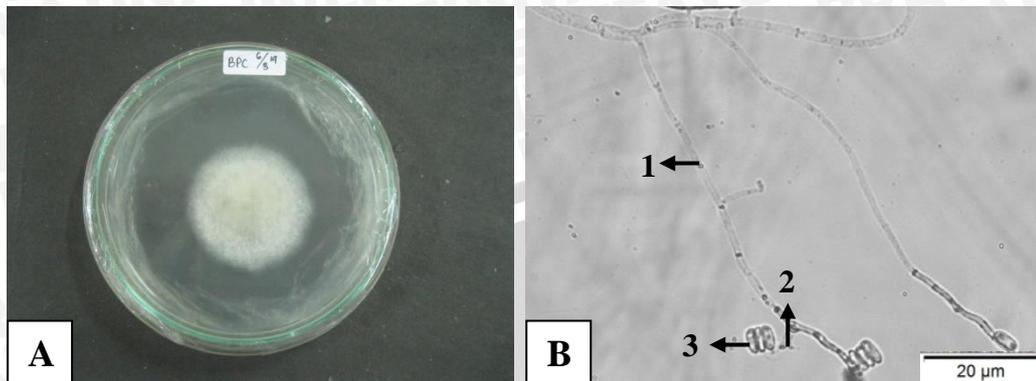
Mikroskopis

Hifa panjang, bercabang, bersekat dan hialin. Konidia hialin, bersel satu dan berkumpul di ujung konidiofor (Gambar 17B). Hal ini sesuai dengan Barnet dan Hunter (1960), bahwa ciri mikroskopis jamur *Cephalosporium* sp. adalah memiliki konidiofor ramping atau membesar dan sederhana. Konidia hialin, bersel satu, terletak di ujung dan berkumpul. Berdasarkan deskripsi mikroskopis yang diuraikan, maka jamur endofit tersebut adalah jamur *Cephalosporium* sp. 2.

***Colletotrichum* sp. 1**

Makroskopis

Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih, setelah hari ke-7 inkubasi koloni tetap berwarna putih dengan dasar berwarna putih pula. Permukaan koloni bertekstur halus. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan diameter koloni pada hari ke-3, yaitu 3,2 cm dan mencapai 4,5 cm pada hari ke-7 (Gambar 18A). Jamur endofit ini merupakan jamur *Colletotrichum* sp.



Gambar 18. A. Biakan murni *Colletotrichum* sp. 1 umur 7 hari, B. Hifa (1), konidiofor (2) dan konidia (3)

Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidiofor pendek. Konidia hialin bersel 1 terletak pada ujung konidiofor. Konidia berbentuk bulat memanjang dan tumpul pada kedua ujungnya (Gambar 18B). Hal ini sesuai dengan Barnet dan Hunter (1960), yang menyatakan bahwa ciri mikroskopis jamur *Colletotrichum* sp. adalah konidiofor bersekat, hialin dan sederhana. Konidia hialin dengan bentuk bulat memanjang (oval) dan tumpul pada kedua ujungnya. Berdasarkan deskripsi mikroskopis, jamur endofit tersebut adalah jamur *Colletotrichum* sp. 1.

***Colletotrichum* sp. 2**

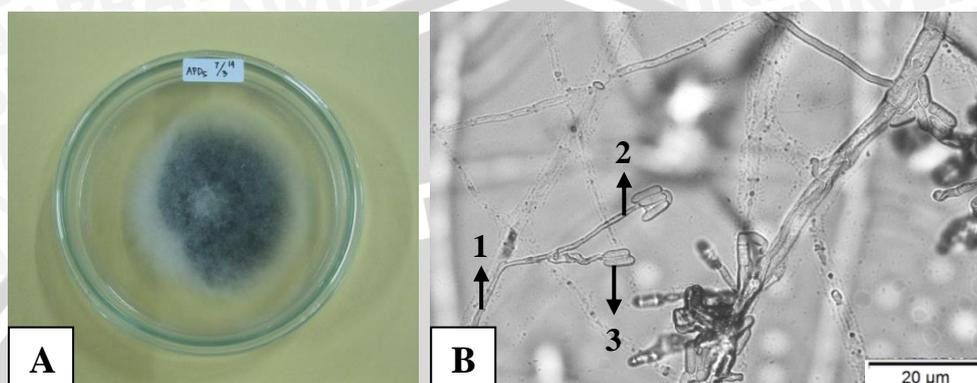
Makroskopis

Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih seperti kapas, setelah hari ke-7 inkubasi, koloni berwarna abu-abu dengan dasar koloni berwarna hitam. Permukaan koloni bertekstur halus dan tumbuh menyebar beraturan. Diameter koloni pada hari ke-3 inkubasi adalah 3,6 cm dan mencapai 8,2 cm pada hari ke-7 (Gambar 19A). Jamur endofit ini adalah jamur *Colletotrichum* sp.

Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidia hialin bersel 1 terletak pada ujung konidiofor dan berbentuk bulat memanjang serta tumpul pada kedua ujungnya (Gambar 19B). Hal ini sesuai dengan Barnet dan Hunter (1960), yang menyatakan bahwa ciri mikroskopis jamur *Colletotrichum* sp. adalah konidiofor

bersekat, hialin dan sederhana. Konidia hialin dengan bentuk bulat memanjang (oval) dan tumpul pada kedua ujungnya. Berdasarkan deskripsi mikroskopis, jamur endofit tersebut adalah jamur *Colletotrichum* sp. 2.

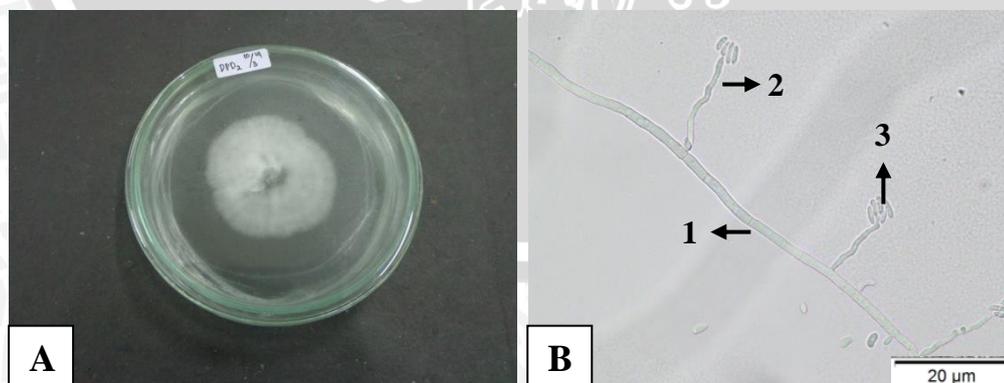


Gambar 19. A. Biakan murni *Colletotrichum* sp. 2 umur 7 hari, B. Hifa (1), konidiofor (2) dan konidia (3)

Colletotrichum sp. 3

Makroskopis

Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih gelap, setelah hari ke-7 inkubasi koloni berwarna putih dengan dasar berwarna putih pula. Permukaan koloni bertekstur halus. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan diameter koloni pada hari ke-3, yaitu 1,4 cm dan mencapai 4,8 cm pada hari ke-7 (Gambar 20A). Jamur endofit ini merupakan jamur *Colletotrichum* sp.



Gambar 20. A. Biakan murni *Colletotrichum* sp. 3 umur 7 hari, B. Hifa (1), konidiofor (2) dan konidia (3)

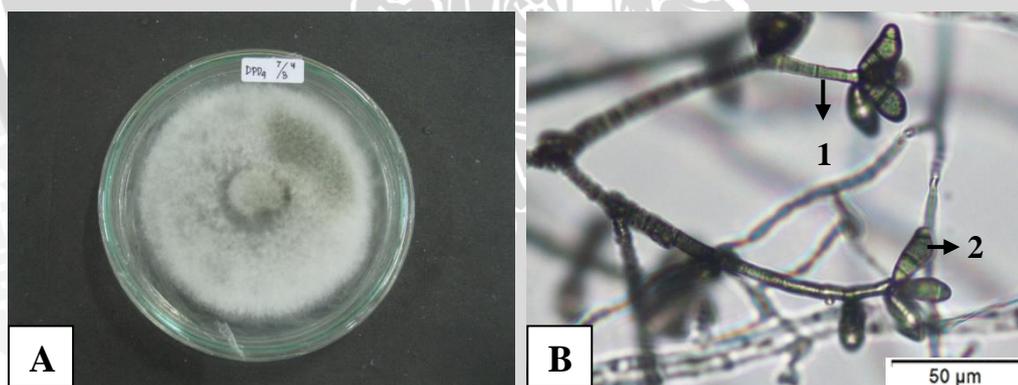
Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidia hialin bersel 1 terletak pada ujung konidiofor dan berbentuk bulat memanjang serta tumpul pada kedua ujungnya (Gambar 20B). Hal ini sesuai dengan Barnet dan Hunter (1960), yang menyatakan bahwa ciri mikroskopis jamur *Colletotrichum* sp. adalah konidiofor bersekat, hialin dan sederhana. Konidia hialin dengan bentuk bulat memanjang (oval) dan tumpul pada kedua ujungnya. Berdasarkan deskripsi mikroskopis, jamur endofit tersebut adalah jamur *Colletotrichum* sp. 3.

Curvularia sp.

Makroskopis

Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih seperti kapas dan setelah hari ke-7 inkubasi, koloni tetap berwarna putih seperti kapas dan membentuk lingkaran tipis di bagian tengah. Dasar koloni berwarna putih kecoklatan. Permukaan koloni bertekstur halus dan tumbuh menyebar beraturan. Diameter koloni 4,6 cm pada hari ke-3 inkubasi dan 8,4 cm pada hari ke-7 inkubasi (Gambar 21A). Jamur endofit ini merupakan jamur *Curvularia* sp.



Gambar 21. A. Biakan murni *Curvularia* sp. umur 7 hari, B. Konidiofor (1) dan konidia (2)

Mikroskopis

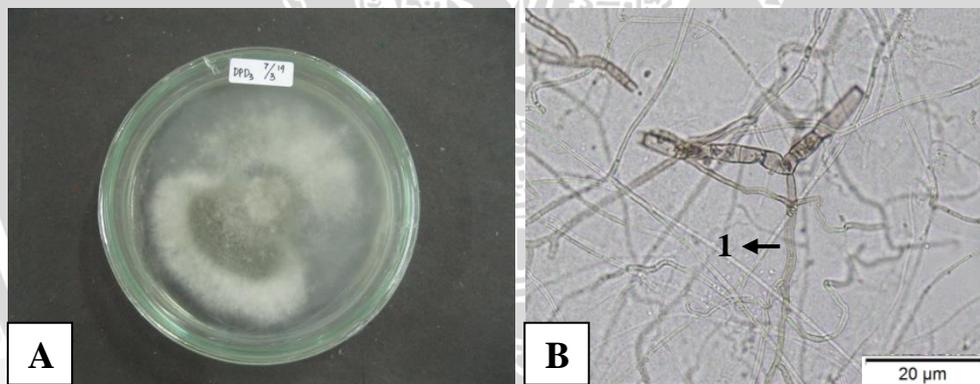
Hifa memanjang, bersekat dan gelap. Konidia berwarna gelap dan bersepta 3 serta membengkok pada bagian sel yang lebih lebar (Gambar 21B). Hal ini

sesuai dengan Barnet dan Hunter (1960), yang menyatakan bahwa ciri mikroskopis jamur *Curvularia* sp. adalah konidiofor berwarna coklat dan sederhana. Konidia bersepta 3 sampai 5 sel dan membengkok pada bagian sel yang lebar. Berdasarkan deskripsi mikroskopis, jamur endofit tersebut adalah jamur *Curvularia* sp.

Isolat EL 1

Makroskopis

Pada hari ke-3 inkubasi, koloni berwarna putih. Pada hari ke-7 inkubasi, koloni tetap berwarna putih dan ada bagian yang berwarna abu-abu dengan dasar koloni mulai menghitam. Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni pada hari ke-3 inkubasi, yaitu 4,4 cm dan pada hari ke-7 inkubasi mencapai 8,7 cm. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan tekstur permukaan halus (Gambar 22A).



Gambar 22. A. Biakan murni isolat EL 1 umur 7 hari, B. Hifa (1)

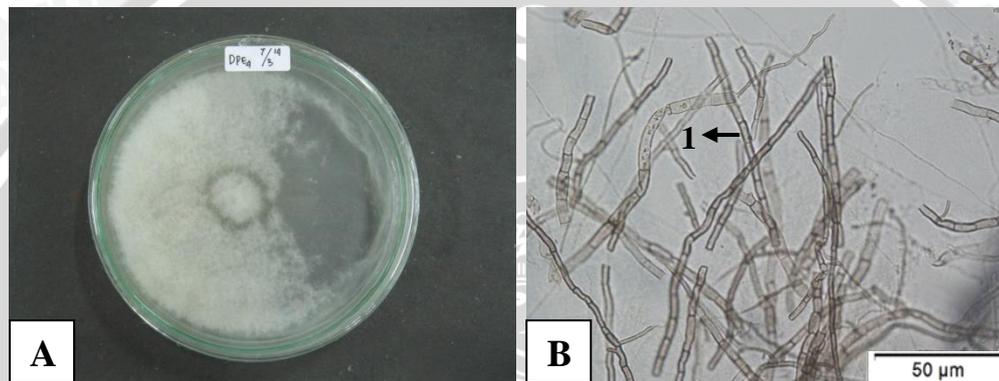
Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Tidak terdapat konidia sampai hari ke-7 inkubasi (Gambar 22B). Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis jamur endofit tersebut, maka jamur endofit ini adalah jamur isolat EL 1 (tidak dapat diidentifikasi).

Isolat EL 2

Makroskopis

Koloni berwarna putih dengan dasar koloni berwarna putih pula. Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni pada hari ke-3 inkubasi, yaitu 4,8 cm dan mencapai 9 cm pada hari ke-7 inkubasi. Koloni tumbuh menyebar beraturan dan bertekstur halus (Gambar 23A).



Gambar 23. A. Biakan murni isolat EL 2 umur 7 hari, B. Hifa (1)

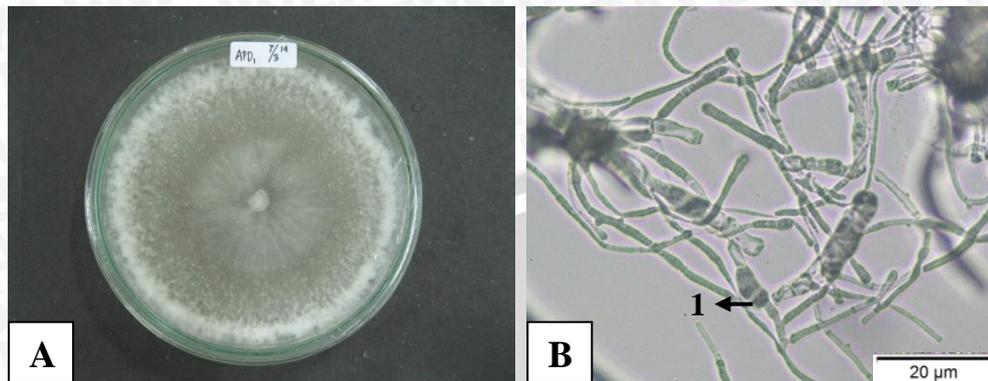
Mikroskopis

Hifa pendek, bersekat dan hialin. Konidia tidak tumbuh sampai hari ke-7 inkubasi (Gambar 23B). Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis jamur endofit tersebut, maka jamur endofit tersebut merupakan jamur isolat EL 2 (tidak dapat diidentifikasi).

Isolat EL 3

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni pada hari ke-4 inkubasi sudah mencapai 9 cm. Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih tipis. Setelah hari ke-7 inkubasi, bagian tengah koloni berwarna putih tipis dan bagian tepi koloni berwarna putih tebal dengan dasar koloni berwarna putih kecoklatan. Koloni jamur tumbuh menyebar beraturan dan membentuk lingkaran konsentris yang tipis. Permukaan koloni bertekstur agak kasar (Gambar 24A).



Gambar 24. A. Biakan murni isolat EL 3 umur 7 hari, B. Klamidospora (1)

Mikroskopis

Hifa memanjang, bercabang, bersekat dan berwarna gelap. Tidak ditemukan konidia hingga hari ke-7 inkubasi. Terdapat bagian yang menggembung di antara hifa (klamidospora) (Gambar 24B). Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopisnya, jamur endofit tersebut merupakan isolat EL 3 (tidak dapat diidentifikasi).

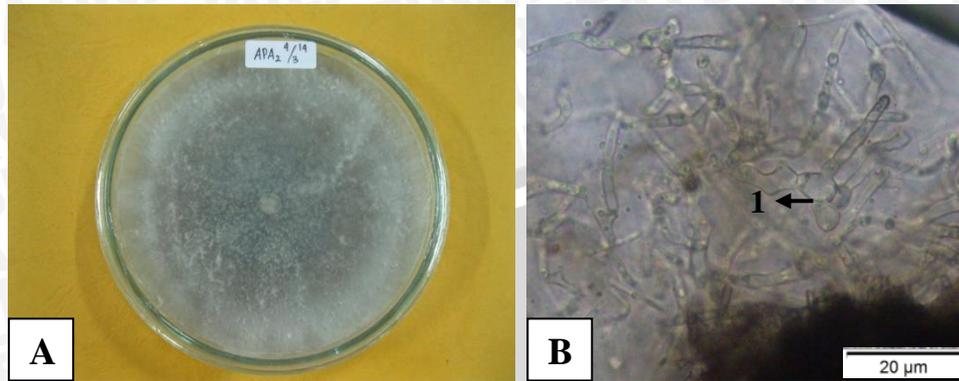
Isolat EL 4

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni mencapai 9 cm pada hari ke-4 inkubasi. Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih tipis berserabut. Setelah hari ke-7 inkubasi, koloni berwarna putih keabuan dan membentuk bercak-bercak gelap dengan dasar koloni berwarna hitam. Koloni jamur tumbuh menyebar beraturan dengan permukaan koloni bertekstur agak kasar (Gambar 25A).

Mikroskopis

Hifa tidak beraturan, bersekat dan hialin. Tidak ditemukan konidia hingga hari ke-7 inkubasi. Terdapat bagian yang menggembung di antara hifa (klamidospora) (Gambar 25B). Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis jamur tersebut, maka jamur endofit ini merupakan isolat EL 4 (tidak dapat diidentifikasi).

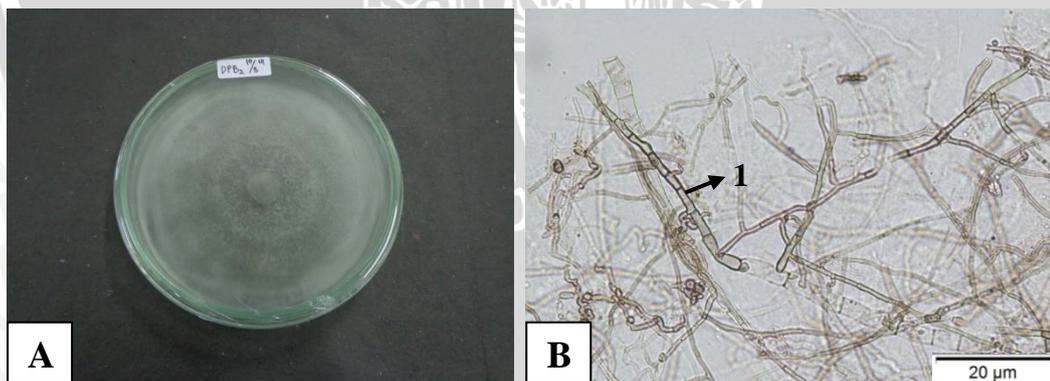


Gambar 25. A. Biakan murni isolat EL 4 umur 7 hari, B. Klamidospora (1)

Isolat EL 5

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni pada hari ke-3 inkubasi 4,3 cm dan mencapai 9 cm pada hari ke-7 inkubasi. Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih tipis. Setelah hari ke-7 inkubasi, koloni berwarna putih keabuan dengan dasar koloni berwarna putih keabuan pula. Koloni jamur tumbuh menyebar beraturan dengan permukaan koloni bertekstur halus (Gambar 26A).



Gambar 26. A. Biakan murni isolat EL 5 umur 7 hari, B. Hifa (1)

Mikroskopis

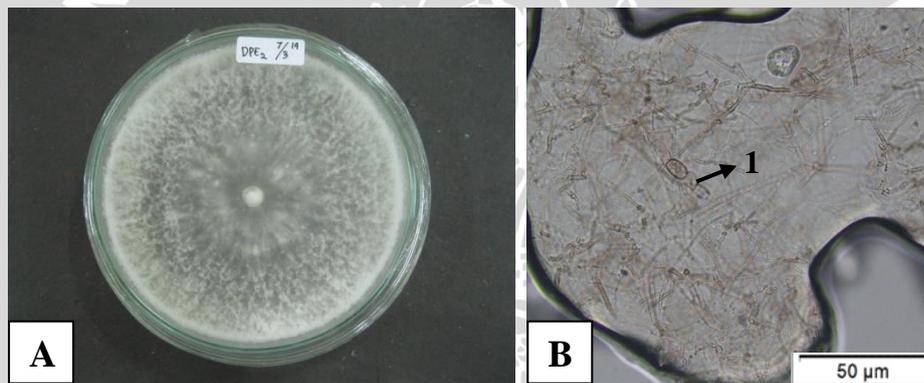
Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Tidak ditemukan konidia hingga hari ke-7 inkubasi (Gambar 26B). Berdasarkan deskripsi makroskopis dan

mikroskopis jamur tersebut, maka jamur endofit ini merupakan isolat EL 5 (tidak dapat diidentifikasi).

Isolat EL 6

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni sudah mencapai 9 cm pada hari ke-4 inkubasi. Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih tipis, kemudian putih merata dengan permukaan koloni menjadi agak kasar. Koloni jamur tumbuh menyebar beraturan dengan dasar koloni berwarna putih (Gambar 27A).



Gambar 27. A. Biakan murni isolat EL 6 umur 7 hari, B. Hifa (1)

Mikroskopis

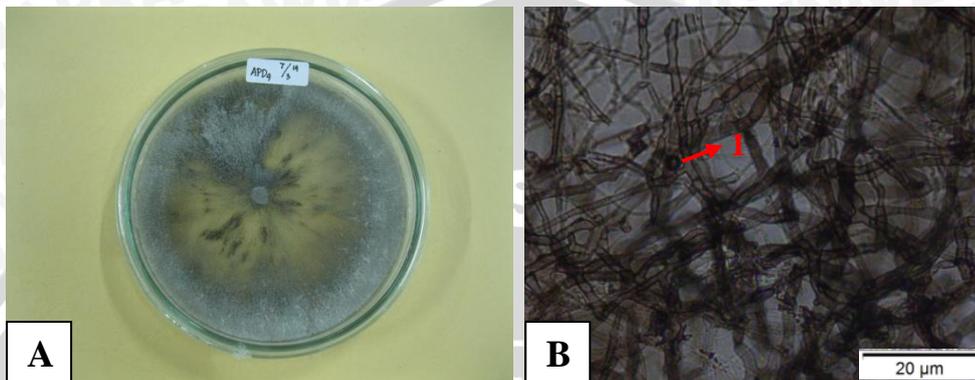
Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Tidak ditemukan konidia hingga hari ke-7 inkubasi (Gambar 27B). Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis jamur tersebut, maka jamur endofit ini merupakan isolat EL 6 (tidak dapat diidentifikasi).

Isolat EL 7

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Pada hari ke-3 inkubasi, diameter koloni sudah mencapai 9 cm. Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih tipis berserabut. Setelah hari ke-7 inkubasi, koloni berwarna putih keabuan pada bagian

tepi dan tipis pada bagian tengah, membentuk bercak-bercak gelap dengan dasar koloni berwarna hitam. Koloni jamur tumbuh menyebar beraturan dengan permukaan koloni bertekstur agak kasar (Gambar 28A).



Gambar 28. A. Biakan murni isolat EL 7 umur 7 hari, B. Klamidospora (1)

Mikroskopis

Hifa tidak beraturan, bersekat dan hialin. Tidak ditemukan konidia hingga hari ke-7 inkubasi. Terdapat bagian yang menggelembung di antara hifa (klamidospora) (Gambar 28B). Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis jamur tersebut, maka jamur endofit ini merupakan isolat EL 7 (tidak dapat diidentifikasi).

Isolat EL 8

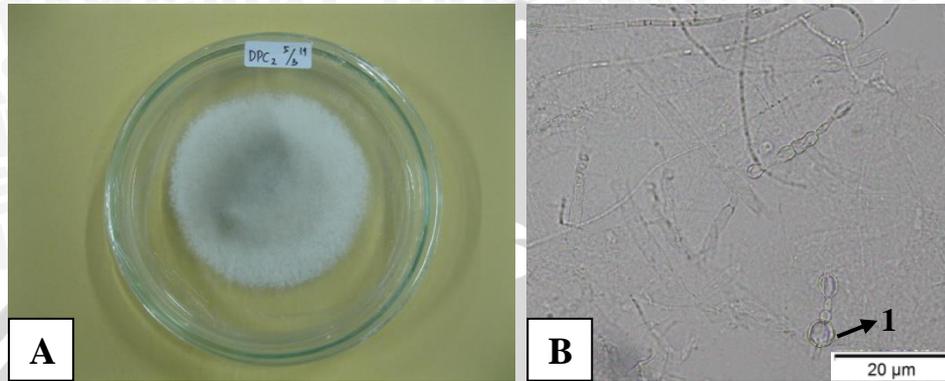
Makroskopis

Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih seperti kapas, kemudian menebal dan menjadi putih keabuan pada hari ke-7 inkubasi dengan dasar koloni berwarna putih. Diameter koloni 3,1 cm pada hari ke-3 inkubasi dan mencapai 6,7 cm pada hari ke-7 inkubasi. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan permukaan koloni bertekstur halus (Gambar 29A).

Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Tidak ditemukan konidia hingga hari ke-7 inkubasi dan terdapat klamidospora (Gambar 29B). Berdasarkan deskripsi

makroskopis dan mikroskopis jamur tersebut, maka jamur endofit ini merupakan isolat EL 8 (tidak dapat diidentifikasi).

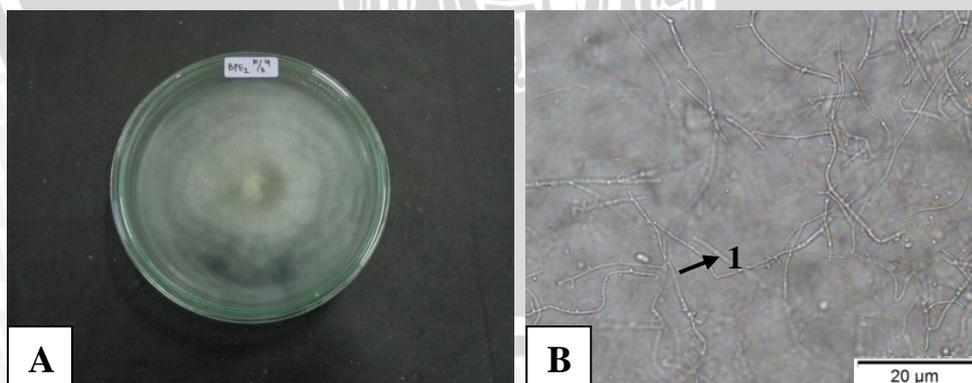


Gambar 29. A. Biakan murni isolat EL 8 umur 7 hari, B. Klamidospora (1)

Isolat EL 9

Makroskopis

Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih tipis, kemudian menjadi putih tipis seperti kapas dengan dasar koloni berwarna putih kekuningan dan membentuk lingkaran konsentris. Diameter koloni pada hari ke-3 inkubasi, yaitu 3,5 cm dan mencapai 9 cm pada hari ke-7 inkubasi. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan permukaan koloni bertekstur halus (Gambar 30A).



Gambar 30. A. Biakan murni isolat EL 9 umur 7 hari, B. Hifa (1)

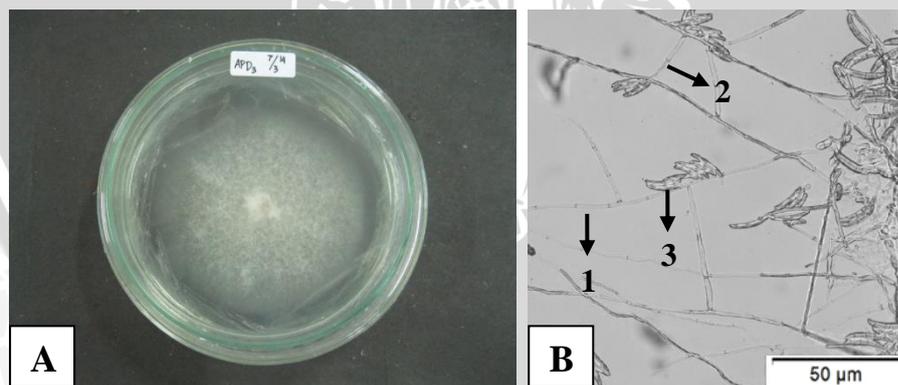
Mikroskopis

Hifa memanjang, tidak bersekat dan hialin. Tidak ditemukan konidia sampai hari ke-7 inkubasi (Gambar 30B). Dari deskripsi makroskopis dan mikroskopis yang telah dijelaskan, maka jamur endofit ini adalah isolat EL 9 (tidak dapat diidentifikasi).

Fusarium sp. 1

Makroskopis

Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih tipis dan kemudian menjadi putih tulang dengan warna dasar koloni juga putih tulang. Koloni tumbuh menyebar beraturan dan permukaan bertekstur halus. Diameter koloni pada hari ke-3 masa inkubasi, yaitu 3,3 cm dan mencapai 7,7 cm pada hari ke-7 masa inkubasi (Gambar 31A). Menurut Gandjar *et al.* (1999), koloni jamur *Fusarium sp.* tumbuh baik pada media PDA. Permukaan koloni berwarna putih, jingga pucat, oker keabu-abuan, krem pucat atau merah lembayung atau aerial seperti kapas dengan warna balik koloni dapat berwarna abu-abu pucat hingga violet gelap keabu-abuan, ungu muda atau agak krem.



Gambar 31. A. Biakan murni *Fusarium sp. 1* umur 7 hari, B. Hifa (1), konidiofor (2) dan konidia (3)

Mikroskopis

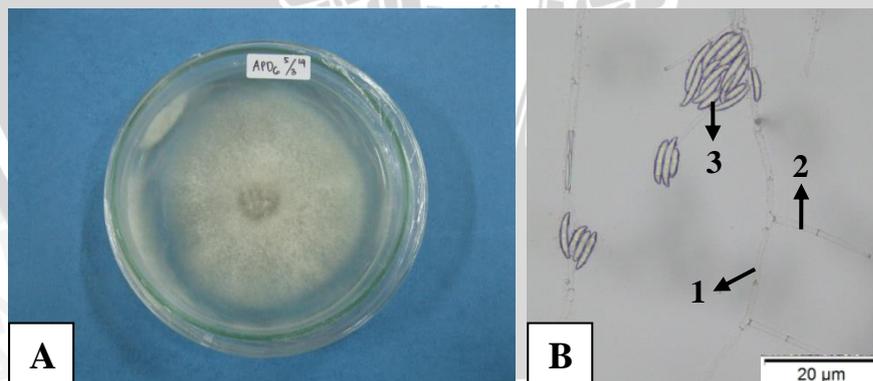
Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidia bersekat antara 3 sampai 4 dan berbentuk menyerupai bulan sabit (Gambar 31B). Hal ini sesuai dengan

Barnet dan Hunter (1960), yang menyatakan bahwa ciri mikroskopis jamur *Fusarium* sp. adalah hifa tidak beraturan dan bercabang. Konidiofor sederhana, konidia terdiri dari beberapa sel dengan bentuk bengkok dan tajam pada kedua ujungnya seperti bulan sabit, berkumpul atau hanya satu. Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis yang telah diuraikan, maka jamur endofit tersebut adalah jamur *Fusarium* sp. 1.

Fusarium sp. 2

Makroskopis

Hari ke-3 sampai ke-7 inkubasi pertumbuhan koloni berwarna putih dengan dasar koloni berwarna putih pula. Diameter koloni pada hari ke-3 inkubasi, yaitu 3 cm dan mencapai 7,5 cm pada hari ke-7 inkubasi. Permukaan koloni tumbuh menyebar beraturan dan bertekstur halus (Gambar 32A). Menurut Gandjar *et al.* (1999), koloni jamur *Fusarium* sp. tumbuh baik pada media PDA. Permukaan koloni berwarna putih, jingga pucat, oker keabu-abuan, krem pucat atau merah lembayung atau aerial seperti kapas dengan warna balik koloni dapat berwarna abu-abu pucat hingga violet gelap keabu-abuan, ungu muda atau agak krem.



Gambar 32. A. Biakan murni *Fusarium* sp. 2 umur 7 hari, B. Hifa (1), konidiofor (2) dan konidia (3)

Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidiofor panjang sederhana dengan konidia bersekat 3 dan berbentuk menyerupai bulan sabit (Gambar 32B). Hal ini sesuai dengan Barnett dan Hunter (1960), yang menyatakan bahwa ciri mikroskopis jamur *Fusarium* sp. adalah hifa tidak beraturan dan bercabang. Konidiofor sederhana, konidia terdiri dari beberapa sel dengan bentuk bengkok dan tajam pada kedua ujungnya seperti bulan sabit, berkumpul atau hanya satu. Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis jamur endofit tersebut adalah jamur *Fusarium* sp. 2.

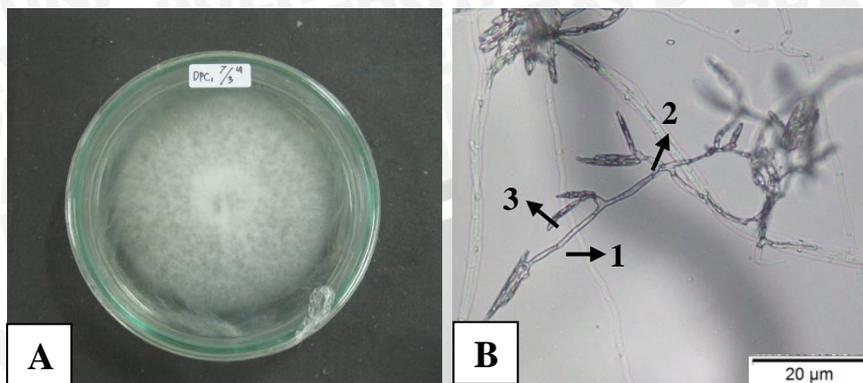
***Fusarium* sp. 3**

Makroskopis

Pada hari ke-3 inkubasi pertumbuhan koloni berwarna putih seperti kapas, pada hari ke-7 inkubasi pertumbuhan koloni berwarna putih dengan dasar koloni berwarna putih pula. Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni pada hari ke-3 inkubasi, yaitu 3,9 cm dan mencapai 8,2 pada hari ke-7 inkubasi. Permukaan koloni tumbuh menyebar beraturan dan bertekstur halus (Gambar 33A). Menurut Gandjar *et al.* (1999), koloni jamur *Fusarium* sp. tumbuh baik pada media PDA. Permukaan koloni berwarna putih, jingga pucat, oker keabu-abuan, krem pucat atau merah lembayung atau aerial seperti kapas dengan warna balik koloni dapat berwarna abu-abu pucat hingga violet gelap keabu-abuan, ungu muda atau agak krem.

Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidiofor panjang sederhana dengan konidia bersekat dan berbentuk menyerupai bulan sabit (Gambar 33B). Hal ini sesuai dengan Barnett dan Hunter (1960), bahwa ciri mikroskopis jamur *Fusarium* sp. adalah hifa tidak beraturan dan bercabang. Konidiofor sederhana, konidia terdiri dari beberapa sel dengan bentuk bengkok dan tajam pada kedua ujungnya seperti bulan sabit, berkumpul atau hanya satu. Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopisnya, jamur endofit ini merupakan jamur *Fusarium* sp. 3.

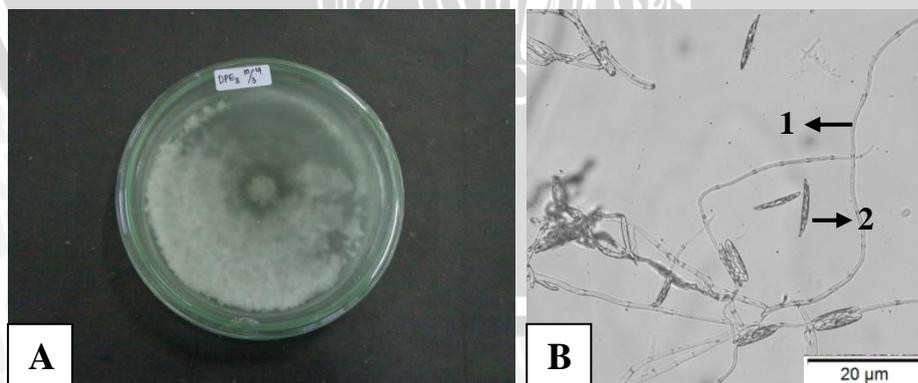


Gambar 33. A. Biakan murni *Fusarium sp. 3* umur 7 hari, B. Hifa (1), konidiofor (2) dan konidia (3)

Fusarium sp. 4

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni hari ke-3 inkubasi adalah 5 cm dan mencapai 9 cm pada hari ke-7 inkubasi. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan permukaan bertekstur halus. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan permukaan bertekstur halus. Koloni berwarna putih dengan dasar berwarna putih kehijauan (Gambar 34A). Menurut Gandjar *et al.* (1999), koloni jamur *Fusarium sp.* tumbuh baik pada media PDA. Permukaan koloni berwarna putih, jingga pucat, oker keabu-abuan, krem pucat atau merah lembayung atau aerial seperti kapas dengan warna balik koloni dapat berwarna abu-abu pucat hingga violet gelap keabu-abuan, ungu muda atau agak krem.



Gambar 34. A. Biakan murni *Fusarium sp. 4* umur 7 hari, B. Hifa (1) dan konidia (2)

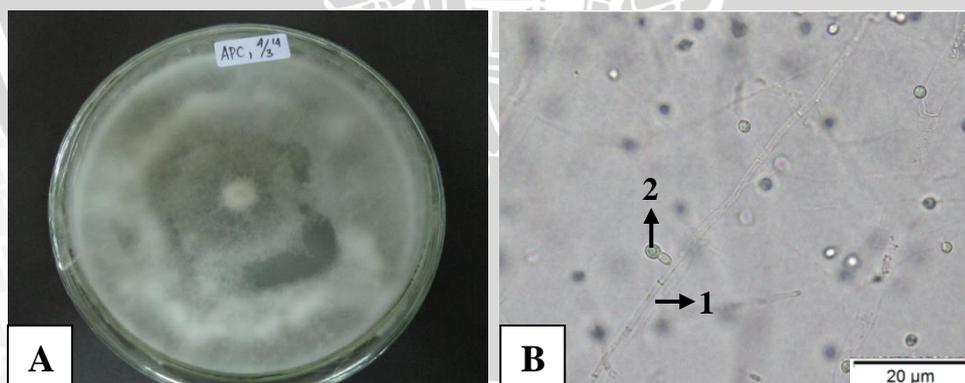
Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidia bersekat dan berbentuk menyerupai bulan sabit (Gambar 34B). Hal ini sesuai dengan Barnet dan Hunter (1960), bahwa ciri mikroskopis jamur *Fusarium* sp. adalah hifa tidak beraturan dan bercabang. Konidiofor sederhana, konidia terdiri dari beberapa sel dengan bentuk bengkok dan tajam pada kedua ujungnya seperti bulan sabit, berkumpul atau hanya satu. Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis jamur endofit tersebut merupakan jamur *Fusarium* sp. 4.

Humicola sp. 1

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Hari ke-3 inkubasi, diameter koloni sudah mencapai 9 cm. Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih tipis seperti kapas. Setelah hari ke-7 inkubasi koloni berwarna putih tipis keabuan dengan dasar koloni berwarna putih tipis keabuan pula. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan tekstur permukaan halus menyerupai kapas (Gambar 35A). Berdasarkan ciri makroskopis yang disampaikan oleh Gandjar *et al.* (1999), koloni berwarna putih keabu-abuan seperti kapas pada media PDA.



Gambar 35. A. Biakan murni *Humicola* sp. 1 umur 7 hari, B. Hifa (1) konidia (2)

Mikroskopis

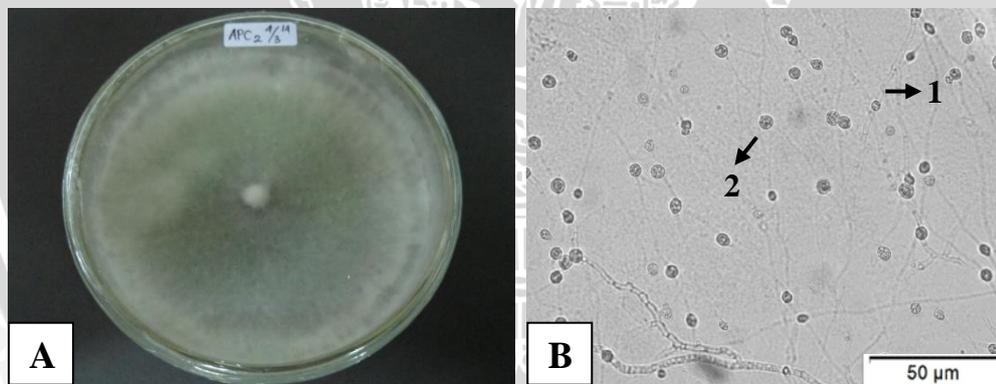
Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidia berbentuk bulat, berdinding sel dan berinti (Gambar 35B). Hal ini sesuai dengan ciri mikroskopis yang

disampaikan oleh Barnet dan Hunter (1960), bahwa konidiofor sederhana atau jarang dengan cabang pendek. Konidia tunggal berbentuk bulat atau semibulat dan bersel satu. Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopisnya, maka jamur ini adalah jamur *Humicola* sp. 1.

Humicola sp. 2

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Diameter koloni mencapai 9 cm pada hari ke-3 inkubasi. Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih tipis seperti kapas. Setelah hari ke-7 inkubasi koloni berwarna putih tipis keabuan dengan dasar koloni berwarna putih tipis keabuan pula. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan tekstur permukaan halus (Gambar 36A). Hal ini sesuai dengan ciri makroskopis yang disampaikan oleh Gandjar *et al.* (1999), bahwa koloni berwarna putih keabu-abuan seperti kapas pada media PDA.



Gambar 36. A. Biakan murni *Humicola* sp. 2 umur 7 hari, B. Hifa (1) konidia (2)

Mikroskopis

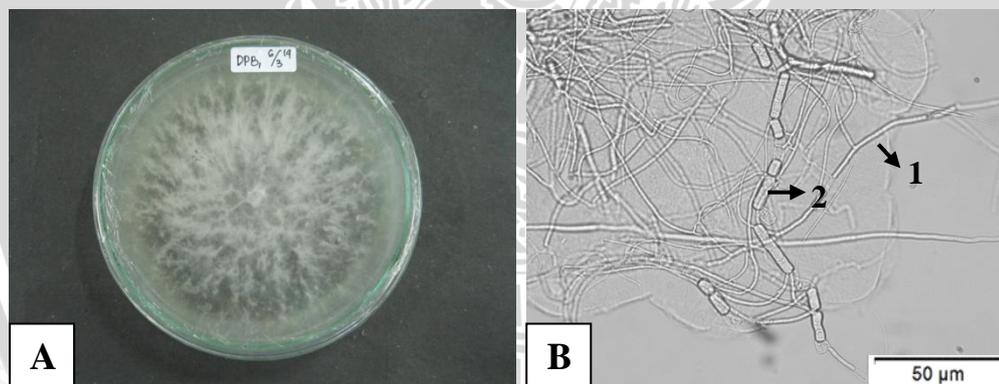
Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidia berbentuk bulat dan memiliki banyak inti di dalamnya (Gambar 36B). Hal ini sesuai dengan Barnet dan Hunter (1960), yang menyatakan bahwa ciri mikroskopis *Humicola* sp. adalah konidiofor sederhana atau jarang dengan cabang pendek. Konidia tunggal berbentuk bulat atau semibulat dan bersel satu. Berdasarkan ciri makroskopis dan

mikroskopis yang diuraikan, maka jamur endofit tersebut merupakan jamur *Humicola* sp. 2.

Scytalidium sp. 1

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Pada hari ke-4 inkubasi, diameter koloni sudah mencapai 9 cm. Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih, kemudian miselium agak menghitam dan tumbuh ke atas dengan dasar koloni berwarna kehitaman. Koloni tumbuh menyebar beraturan dengan tekstur permukaan halus (Gambar 37A). Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Gandjar *et al.* (1999), bahwa ciri makroskopis jamur *Scytalidium* sp. adalah koloni berwarna hitam kecoklatan dan balik koloni berwarna hitam. Miselium tumbuh pada permukaan agar tetapi ada juga yang tumbuh masuk ke dalam agar.



Gambar 37. A. Biakan murni *Scytalidium* sp. 1 umur 7 hari, B. Hifa (1) konidia (2)

Mikroskopis

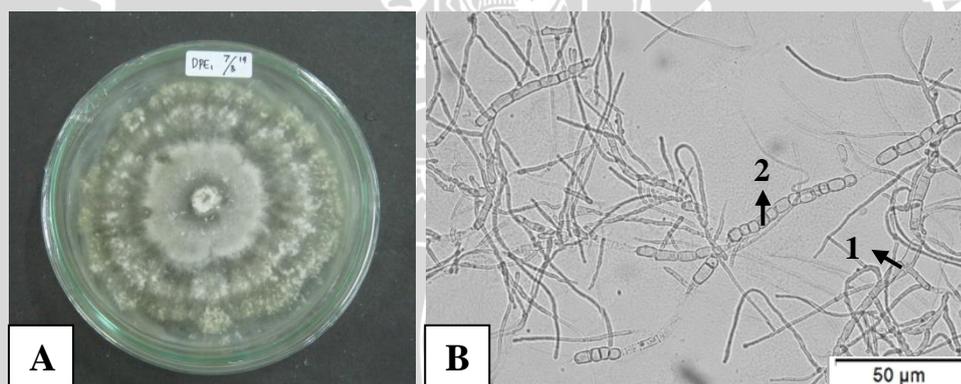
Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidia hialin dan menyerupai patahan-patahan hifa (Gambar 37B). Hal ini sesuai dengan Gandjar *et al.* (1999), bahwa spesies ini membentuk arthrokonidia dan terdapat dua macam konidia, yaitu dapat berwarna hialin atau berwarna coklat. Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis jamur endofit ini merupakan jamur *Scytalidium* sp.

1.

Scytalidium sp. 2

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Pada hari ke-3 inkubasi, diameter koloni 4,2 cm dan mencapai 9 cm pada hari ke-6 inkubasi. Pada awal pertumbuhan koloni berwarna putih, kemudian menjadi abu-abu kecoklatan dengan dasar koloni berwarna abu-abu kecoklatan pula. Koloni tumbuh menyebar beraturan dan membentuk lingkaran konsentris. Permukaan koloni bertekstur agak kasar (Gambar 38A). Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Gandjar *et al.* (1999), bahwa ciri makroskopis jamur *Scytalidium* sp. adalah koloni berwarna hitam kecoklatan dan balik koloni berwarna hitam. Miselium tumbuh pada permukaan agar tetapi ada juga yang tumbuh masuk ke dalam agar.



Gambar 38. A. Biakan murni *Scytalidium* sp. 2 umur 7 hari, B. Hifa (1) konidia (2)

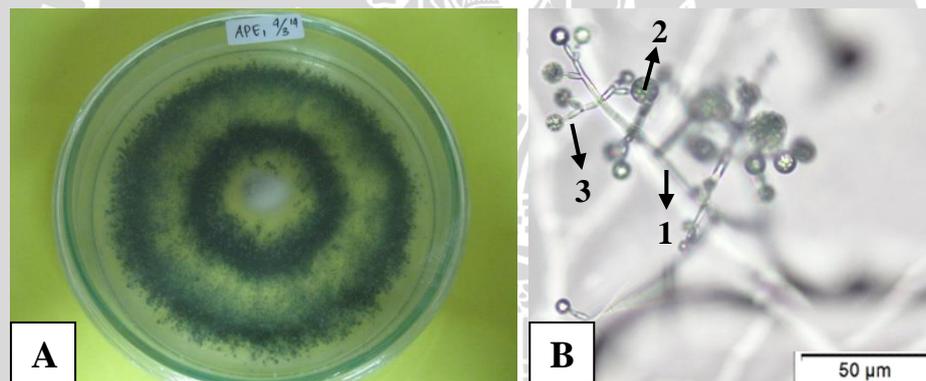
Mikroskopis

Hifa memanjang, bersekat dan hialin. Konidia hialin dan menyerupai patahan-patahan hifa (Gambar 38B). Hal ini sesuai dengan Gandjar *et al.* (1999), bahwa spesies ini membentuk arthrokonidia dan terdapat dua macam konidia, yaitu dapat berwarna hialin atau berwarna coklat. Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis yang telah diuraikan, maka jamur endofit ini merupakan jamur *Scytalidium* sp. 2.

Trichoderma sp.

Makroskopis

Koloni tumbuh cepat pada media PDA. Hari ke-3 inkubasi, diameter koloni mencapai 9 cm. Pada awal pertumbuhan koloni tidak berwarna, kemudian berwarna putih dan berubah menjadi hijau tua dengan dasar koloni berwarna abu-abu. Permukaan koloni jamur bertekstur kasar. Koloni tumbuh menyebar beraturan dan membentuk lingkaran konsentris (Gambar 39A). Hal ini sesuai dengan ciri makroskopis yang disampaikan oleh Gandjar *et al.* (1999), bahwa pada awal pertumbuhan koloni jamur berwarna hialin, kemudian menjadi putih kehijauan dan selanjutnya hijau redup terutama pada bagian yang menunjukkan banyak terdapat konidia dengan dasar koloni tidak berwarna.



Gambar 39. A. Biakan murni *Trichoderma* sp. umur 7 hari, B. Konidiofor (1), konidia (2) dan fialid (3)

Mikroskopis

Konidiofor bercabang dan membentuk seperti pohon cemara. Memiliki fialid dengan konidia yang bergerombol diujungnya. Konidia berbentuk bulat dengan ukuran kecil-kecil (Gambar 39B). Hal ini sesuai dengan ciri mikroskopis jamur *Trichoderma* sp. yang disampaikan Gandjar *et al.* (1999), yaitu konidiofor dapat bercabang menyerupai piramida. Fialid tampak langsing dan panjang. Konidia berbentuk semi bulat hingga oval pendek dan berdinding halus. Berdasarkan deskripsi makroskopis dan mikroskopis, jamur endofit tersebut adalah *Trichoderma* sp.

3. Uji Antagonis Isolat Jamur Endofit dengan Patogen *Phytophthora capsici* secara *In-vitro*

Pengujian antagonis dilakukan terhadap 25 isolat jamur endofit dengan patogen *P. capsici* pada media PDA. Pengamatan daya hambat dilakukan mulai hari pertama setelah perlakuan (hsp) sampai dengan 7 hsp, yaitu dengan menghitung persentase hambatan yang terjadi. Hasil rerata persentase hambatan jamur endofit terhadap patogen *P. capsici* selama 7 hari pengamatan disajikan pada Tabel 3.

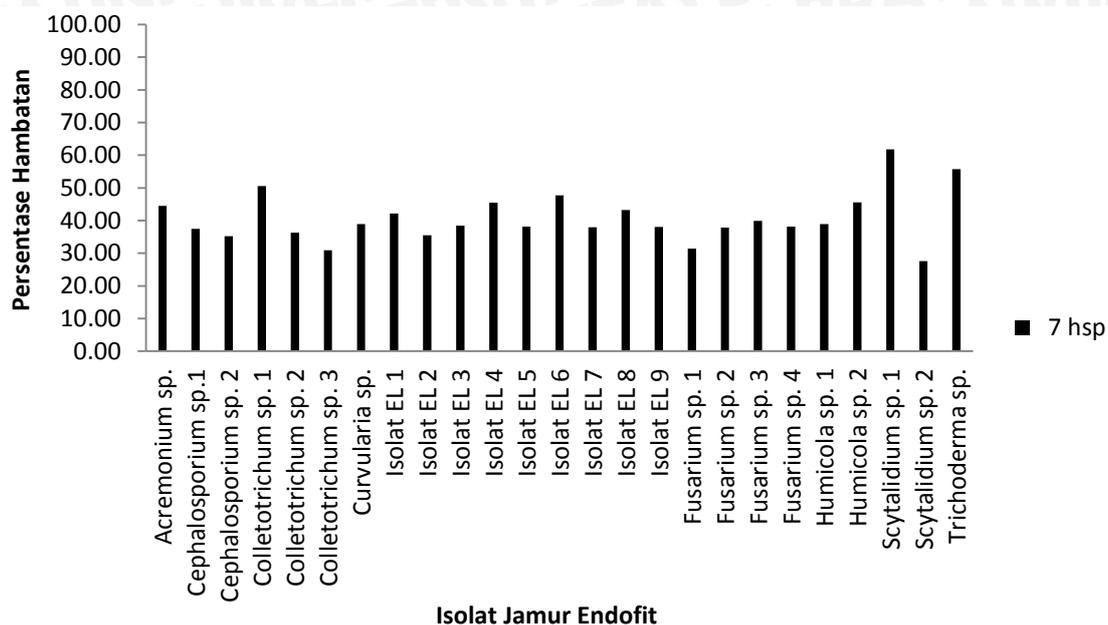
Tabel 3. Rerata persentase hambatan jamur endofit terhadap patogen *P. capsici* selama 7 hari pengamatan

Jamur Endofit	Rerata Persentase Hambatan (%)						
	1 hsp	2 hsp	3 hsp	4 hsp	5 hsp	6 hsp	7 hsp
<i>Acremonium</i> sp.	20,00	12,12	14,88	21,02	28,93	38,59	44,51
<i>Cephalosporium</i> sp. 1	6,66	13,33	9,54	17,64	24,96	32,22	37,51
<i>Cephalosporium</i> sp. 2	8,33	3,33	8,47	19,27	22,16	29,06	35,18
<i>Colletotrichum</i> sp. 1	19,44	13,69	18,37	28,49	38,43	43,88	50,51
<i>Colletotrichum</i> sp. 2	0,00	3,33	2,22	18,27	24,44	31,73	36,28
<i>Colletotrichum</i> sp. 3	11,11	11,12	12,25	17,84	17,65	26,82	30,90
<i>Curvularia</i> sp.	0,00	8,33	15,62	22,01	29,55	34,87	38,90
Isolat EL 1	17,77	17,84	14,22	20,90	31,88	37,64	42,14
Isolat EL 2	0,00	15,09	16,09	19,01	27,33	31,73	35,53
Isolat EL 3	41,66	15,74	16,23	19,71	21,69	33,73	38,42
Isolat EL 4	33,33	26,19	16,80	22,15	30,89	38,65	45,43
Isolat EL 5	0,00	0,00	6,82	19,44	26,19	34,58	38,10
Isolat EL 6	13,33	12,12	19,04	30,24	39,85	45,29	47,71
Isolat EL 7	0,00	3,33	7,50	15,55	25,44	34,31	37,92
Isolat EL 8	5,55	3,03	9,20	20,11	30,27	36,52	43,25
Isolat EL 9	0,00	6,66	2,38	7,84	24,10	31,77	38,06
<i>Fusarium</i> sp. 1	8,33	4,16	2,77	9,23	16,45	22,96	31,37
<i>Fusarium</i> sp. 2	20,83	18,41	29,44	24,86	29,76	34,79	37,85
<i>Fusarium</i> sp. 3	6,66	6,66	9,23	24,61	32,70	37,35	39,93
<i>Fusarium</i> sp. 4	28,88	13,33	15,29	23,20	31,83	34,31	38,13
<i>Humicola</i> sp. 1	8,33	10,31	22,22	23,04	32,59	37,03	38,88
<i>Humicola</i> sp. 2	0,00	6,06	25,46	35,77	39,32	41,16	45,61
<i>Scytalidium</i> sp. 1	8,33	12,72	35,23	51,92	58,32	61,42	61,83
<i>Scytalidium</i> sp. 2	0,00	5,50	5,55	8,88	13,17	20,86	27,57
<i>Trichoderma</i> sp.	6,66	11,61	43,76	50,30	55,27	55,74	55,74

Berdasarkan data pada Tabel 3, maka dapat dilihat adanya perbedaan persentase hambatan dari 25 isolat jamur endofit yang ditemukan dalam menekan pertumbuhan jamur *P. capsici*. Dalam uji antagonisme secara *in-vitro*, penghambatan dari jamur endofit mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Adanya hambatan dari 17 jamur endofit sudah mulai terlihat sejak hari pertama setelah perlakuan dan terdapat 8 isolat jamur endofit yang belum dapat menghambat pertumbuhan jamur *P. capsici*. Pengamatan pada 2 hsp, hambatan terbesar terjadi pada isolat EL 4, yaitu sebesar 26,19%.

Pada pengamatan 3 hsp ditemukan r_2 dari jamur *P. capsici* yang berhenti pertumbuhannya dikarenakan sudah bersinggungan dengan jamur endofit, tetapi r_1 masih mengalami pertumbuhan walaupun lambat. Jamur endofit tersebut adalah *Humicola* sp. 2 dengan hambatan sebesar 25,46% dan *Scytalidium* sp. 1 dengan besar hambatan 35,23%. Namun, hambatan tertinggi terjadi pada jamur *Trichoderma* sp. dengan persentase hambatan sebesar 43,76%. Purwantisari dan Hastuti (2009), menyatakan bahwa koloni *Trichoderma* sp. memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat dan mempunyai sifat antagonis yang tinggi terhadap jamur-jamur patogen tanaman budidaya.

Jamur endofit *Scytalidium* sp. 1 memiliki nilai hambatan tertinggi mulai dari pengamatan 4 hsp sampai dengan 7 hsp, yaitu dengan besar hambatan 51,92% - 61,83%. Pada hari terakhir pengamatan, yaitu 7 hsp terdapat 3 isolat jamur endofit yang memiliki nilai hambatan lebih dari 50% dan 22 jamur endofit lainnya memiliki besar hambatan kurang dari 50%. Meskipun demikian, 22 isolat jamur endofit tersebut mampu menghambat pertumbuhan patogen *P. capsici*. Rerata persentase hambatan jamur endofit terhadap *P. capsici* pada 7 hsp dapat dilihat pada Gambar 40.



Gambar 40. Histogram rerata persentase hambatan jamur endofit terhadap *P. capsici* pada 7 hsp

Berdasarkan diagram batang yang disajikan pada Gambar 40, nilai persentase hambatan dari 25 jamur endofit yang diujikan berkisar antara 27,57% sampai dengan 61,83%. 3 jamur endofit, yaitu *Colletotrichum* sp. 1, *Trichoderma* sp. dan *Scytalidium* sp. 1 mampu menekan pertumbuhan *P. capsici* lebih dari 50% secara *in-vitro*.

Jamur *Colletotrichum* sp. 1 mempunyai daya hambat sebesar 50,51%. Van Bael (2012) melaporkan bahwa terdapat asosiasi antara daun *Manihot esculenta* dengan jamur endofit *Colletotrichum tropical*. Adanya jamur endofit *C. tropical* tersebut menyebabkan semut (serangga pemakan daun) tidak menyukai rasa daun. Selain itu, juga terjadi peningkatan produksi metabolit sekunder yang bersifat toksin setelah terjadi luka atau kerusakan jaringan pada tanaman.

Besarnya hambatan yang dihasilkan oleh jamur *Trichoderma* sp. adalah 55,74%. Menurut Sudantha dan Abadi (2007), *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan enzim β (1,3) glukukanase dan selulase sehingga mampu mendegradasi dinding sel patogen inang. Sedangkan jamur endofit *Scytalidium* sp. 1 mampu menekan pertumbuhan *P. capsici* sebesar 61,83% karena pertumbuhannya yang cepat, seperti yang disampaikan oleh Purwantisari dan

Hastuti (2009), bahwa jamur yang tumbuh cepat mampu mengungguli dalam penguasaan ruang dan pada akhirnya dapat menekan pertumbuhan jamur lawannya.

Hasil analisis ragam persentase hambatan jamur endofit terhadap *P. capsici* secara *in-vitro* pada 7 hsp (Tabel lampiran 1) menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata, sehingga dilakukan uji lanjutan menggunakan uji Duncan pada taraf kesalahan 0,05 (Tabel lampiran 2).

Pada perlakuan tanpa jamur endofit besarnya hambatan adalah 0%, ini dikarenakan pada kontrol tidak ada agens antagonis yang dapat menghambat pertumbuhan *P. capsici*, sehingga kontrol berbeda nyata terhadap semua perlakuan.

Pada perlakuan endofit *Acremonium* sp. menghasilkan hambatan sebesar 44,51% yang memberikan pengaruh tidak nyata terhadap semua perlakuan. Perlakuan dengan jamur *Cephalosporium* sp. 1 dan *Cephalosporium* sp. 2 mampu menghambat pertumbuhan *P. capsici* berturut-turut sebesar 37,51% dan 35,18%. Nilai hambatan kedua jamur tersebut tidak saling berbeda nyata, tetapi berbeda nyata terhadap hambatan jamur *Scytalidium* sp. 1.

Endofit *Colletotrichum* sp. 1, *Colletotrichum* sp. 2 dan *Colletotrichum* sp. 3 besarnya hambatan berturut-turut, yaitu 50,51%, 36,28% dan 30,90%. Hambatan *Colletotrichum* sp. 1 berbeda nyata dengan hambatan *Colletotrichum* sp. 3 dan *Scytalidium* sp. 2. Selain itu, *Colletotrichum* sp. 3 juga berbeda nyata terhadap hambatan yang dihasilkan *Scytalidium* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. Sedangkan hambatan *Colletotrichum* sp. 2 berbeda nyata dengan hambatan dari jamur *Scytalidium* sp. 1.

Perlakuan endofit *Curvularia* sp. mampu menekan pertumbuhan patogen *P. capsici* sebesar 38,90%. Hal tersebut berbeda nyata dengan kemampuan *Scytalidium* sp. 1 dalam menghambat *P. capsici*. Sedangkan perlakuan dengan endofit isolat EL 1 menghambat *P. capsici* sebesar 42,14%, isolat EL 2 35,53%, isolat EL 3 38,42%, isolat EL 4 45,43%, isolat EL 5 38,10%, isolat EL 6 47,71%, isolat EL 7 37,92%, isolat EL 8 43,25% dan besarnya hambatan isolat EL 9 adalah 38,06%. Hambatan dari sembilan isolat tersebut tidak saling berpengaruh,

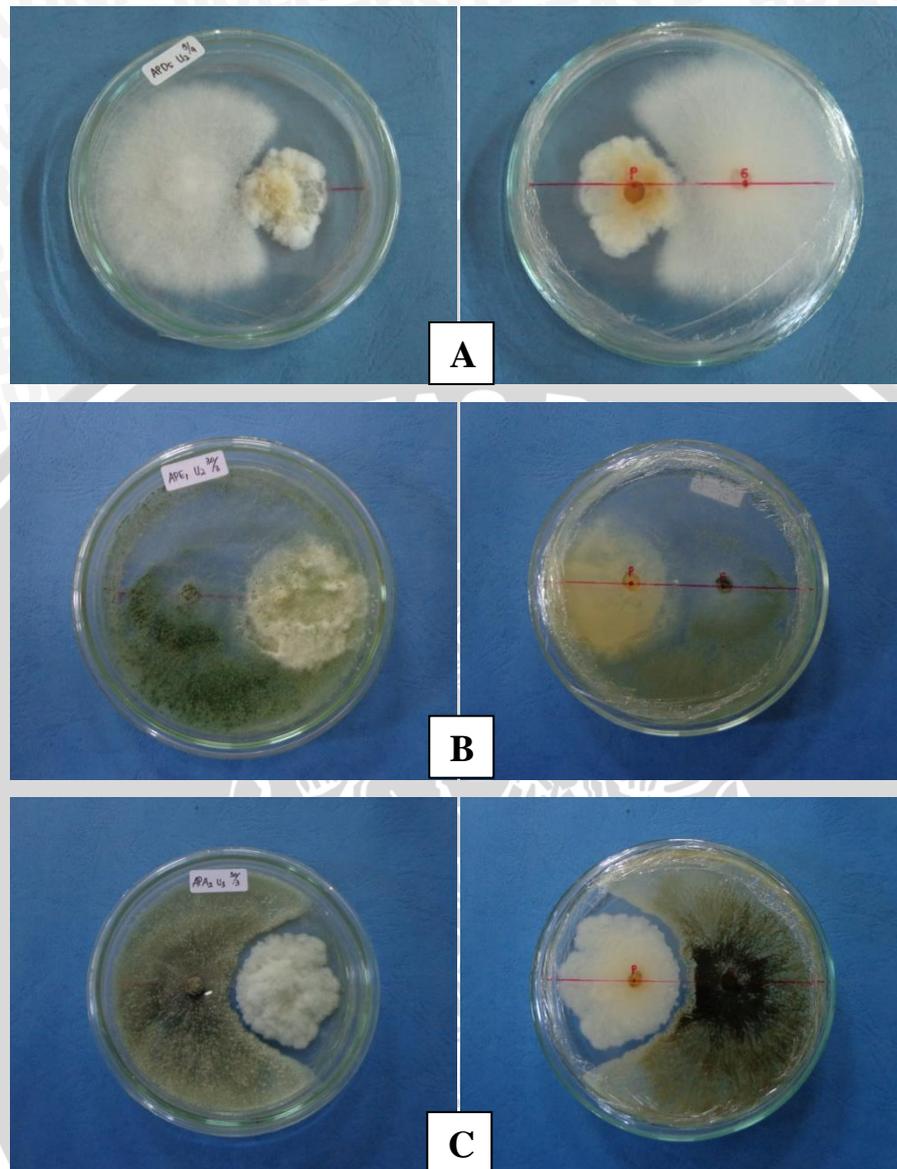
tetapi isolat EL 1, isolat EL 2, isolat EL 3, isolat EL 5, isolat EL 7, isolat EL 8 dan isolat EL 9 memberikan perbedaan yang nyata terhadap hambatan jamur *Scytalidium* sp. 1. Sedangkan isolat EL 6 berbeda nyata terhadap hambatan dari jamur *Scytalidium* sp. 2.

Besarnya hambatan yang dihasilkan oleh endofit *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3 dan *Fusarium* sp. 4 secara berturut-turut adalah 31,37%, 37,85%, 39,39% dan 38,13%. Nilai hambatan yang dihasilkan empat jamur tersebut tidak terlihat pengaruh yang nyata, tetapi *Fusarium* sp. 1 menghasilkan hambatan yang berbeda nyata dengan *Scytalidium* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. Sedangkan hambatan dari *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3 dan *Fusarium* sp. 4 berbeda nyata dengan hambatan dari jamur *Scytalidium* sp. 1.

Perlakuan endofit *Humicola* sp. 1 dan *Humicola* sp. 2 mampu memberikan hambatan sebesar 38,88% dan 45,61%. Dari dua isolat tersebut nilai hambatan yang dihasilkan tidak menunjukkan pengaruh yang nyata, tetapi hambatan dari jamur *Humicola* sp. 1 menunjukkan pengaruh nyata terhadap hambatan jamur *Scytalidium* sp. 1.

Hambatan dari endofit *Scytalidium* sp. 1 dan *Scytalidium* sp. 2 berturut-turut adalah 61,83% dan 27,57%. Hambatan jamur *Scytalidium* sp. 1 berbeda nyata dengan hambatan *Scytalidium* sp. 2. Sedangkan hambatan dari jamur *Scytalidium* sp. 2 berbeda nyata dengan hambatan jamur *Colletotrichum* sp. 1, isolat EL 6 dan *Trichoderma* sp. Sedangkan perlakuan endofit *Trichoderma* sp. mampu menghambat *P. capsici* sebesar 55,74% dan menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap hambatan jamur *Colletotrichum* sp. 3, *Fusarium* sp. 1 dan *Scytalidium* sp. 2.

Hasil uji antagonis secara *in-vitro* juga menunjukkan bahwa 25 jamur endofit yang diujikan dapat menekan pertumbuhan *P. capsici* melalui 3 mekanisme antagonis. Mekanisme antagonisme yang dihasilkan oleh jamur endofit ditunjukkan pada Gambar 41, yaitu mekanisme kompetisi, parasitisme dan antibiosis.

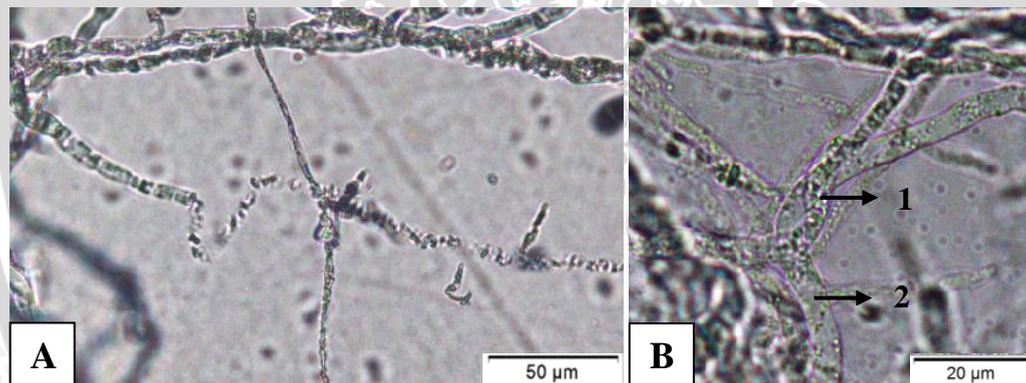


Gambar 41. Mekanisme antagonis, A. Kompetisi, B. Parasitisme dan C. Antibiosis

Mekanisme kompetisi ditunjukkan oleh 19 isolat endofit, antara lain jamur *Acremonium* sp., *Cephalosporium* sp. 1, *Cephalosporium* sp. 2, *Colletotrichum* sp. 1, *Colletotrichum* sp. 2, *Colletotrichum* sp. 3, *Curvularia* sp., isolat EL 1, isolat EL 2, isolat EL 5, isolat EL 6, isolat EL 8, *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3, *Fusarium* sp. 4, *Humicola* sp. 1, *Humicola* sp. 2 dan *Scytalidium* sp. 1. Mekanisme kompetisi tersebut ditunjukkan dengan lambatnya pertumbuhan jari-jari patogen yang menuju jamur endofit yang diujikan. Hal itu didukung oleh

pernyataan Octriana (2011), bahwa kompetisi antara agens hayati dengan patogen menyebabkan patogen tidak memiliki ruang untuk tempat hidupnya, sehingga pertumbuhannya terhambat.

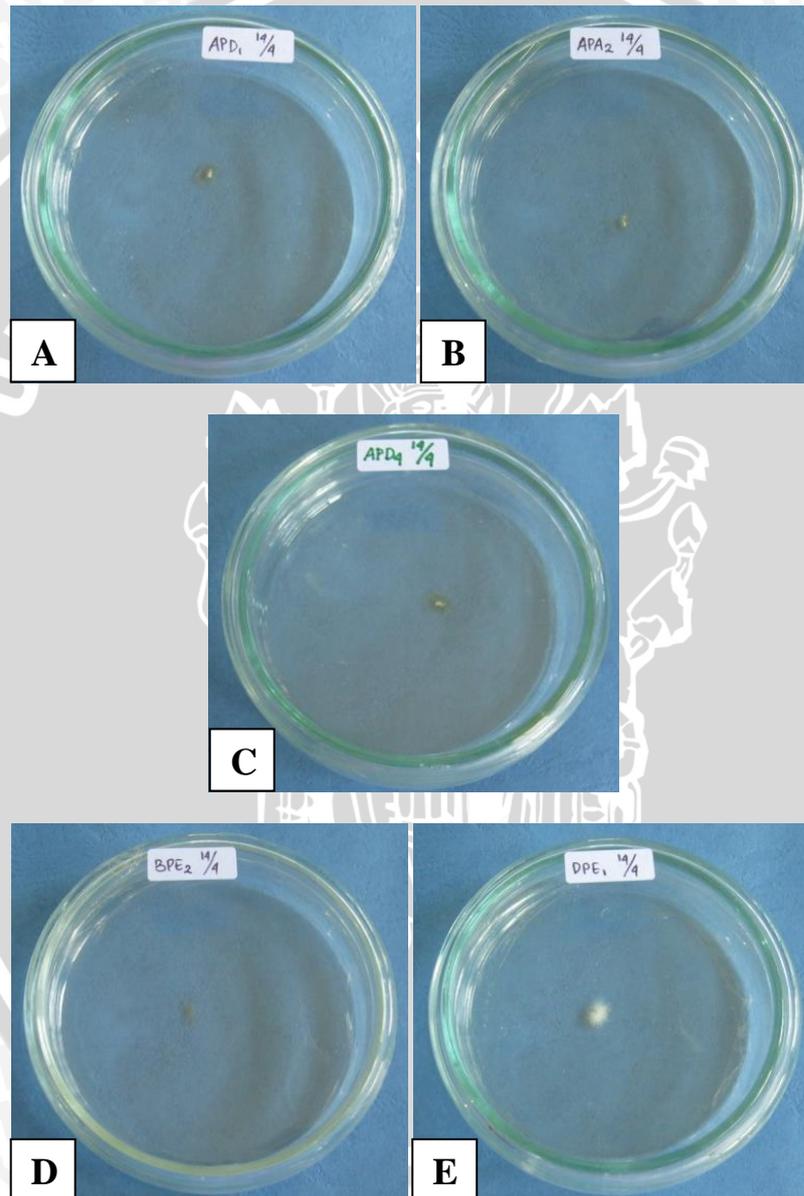
Satu isolat jamur endofit yang diuji menunjukkan adanya mekanisme parasitisme, yaitu *Trichoderma* sp. Mekanisme parasitisme yang terjadi ditunjukkan dari pertumbuhan jamur endofit yang tumbuh menutupi seluruh permukaan media termasuk patogen *P. capsici*. Sedangkan secara mikroskopis dapat ditunjukkan oleh adanya lisis pada miselium jamur patogen dan hifa endofit yang melilit jamur patogen tersebut (Gambar 42). Purwantisari dan Hastuti (2009), melaporkan bahwa semakin cepat pertumbuhan jamur antagonis, maka pertumbuhan jamur patogen akan semakin terdesak karena kehabisan ruang tumbuh.



Gambar 42. Mekanisme parasitisme secara mikroskopis, A. Miselium *P. capsici* yang terlisis oleh jamur endofit, B. Hifa *P. capsici* yang terlilit oleh jamur endofit, hifa *Trichoderma* sp. (1) dan hifa *P. capsici* (2)

Lima jamur endofit yang lain menunjukkan mekanisme antibiosis, yaitu isolat EL 3, isolat EL 4, isolat EL 7, isolat EL 9 dan *Scytalidium* sp. 2. Hal ini ditunjukkan dengan adanya zona bening di antara jamur endofit yang diujikan dan jamur *P. capsici*. Jamur endofit yang mengeluarkan zat antibiosis juga dapat dibuktikan dengan tidak tumbuhnya jamur patogen pada potongan media yang terdapat zona bening, namun terdapat 1 ulangan yang menunjukkan hasil berbeda, yaitu jamur patogen tumbuh pada permukaan potongan media yang terdapat zona bening (Gambar 43). Hal ini diduga karena produksi toksin dari endofit terhenti

akibat media yang dipotong dan sekaligus terjadi penguapan zat antibiosis pada potongan media tersebut. Sudantha dan Abadi (2011) menyebutkan bahwa jamur endofit antagonis mempunyai aktivitas tinggi dalam menghasilkan enzim yang dapat digunakan untuk mengendalikan patogen.



Gambar 43. Jamur patogen *P. capsici* yang ditumbuhkan pada potongan media yang terdapat zona bening yang dihasilkan A. isolat EL 3, B. isolat EL 4, C. isolat EL 7, D. isolat EL 9 dan E. *Scytalidium* sp. 2

4. Uji Antagonis Isolat Jamur Endofit dengan Patogen *Phytophthora capsici* secara *In-vivo*

Pengujian antagonis terhadap *P. capsici* pada batang tanaman lada, dilakukan dengan mengujikan 3 isolat jamur endofit yang terseleksi melalui uji antagonis secara *in-vitro* dengan kontrol tanpa perlakuan endofit. Jamur endofit yang digunakan, yaitu *Trichoderma* sp., isolat EL 3 dan isolat EL 4. Jamur endofit yang digunakan, dipilih dengan mempertimbangkan potensinya sebagai agens antagonis. *Trichoderma* sp. digunakan karena kemampuannya dalam pengendalian memiliki spektrum yang luas. Hal ini didukung oleh Purwantisari dan Hastuti (2009) yang menyebutkan, bahwa *Trichoderma* spp. dapat menjadi hiperparasit pada beberapa jenis jamur penyebab penyakit tanaman, pertumbuhannya yang sangat cepat dan tidak menjadi penyakit untuk tanaman tingkat tinggi. Sedangkan isolat EL 3 dan isolat EL 4 dipilih karena menunjukkan mekanisme antibiosis, dimana antibiosis dapat menjadikan tanaman lebih tahan terhadap patogen (Sudantha dan Abadi, 2011).

Inokulasi endofit dilakukan 7 hari sebelum inokulasi patogen *P. capsici*, hal ini supaya jamur endofit dapat beradaptasi dan berkolonisasi terlebih dahulu dengan lingkungannya. Pengamatan masa inkubasi penyakit dilakukan sejak 2 hari setelah inokulasi (hsi) sampai dengan 14 hsi. Sedangkan intensitas serangan dihitung per hari dengan metode skoring. Berikut data masa inkubasi penyakit pada batang tanaman lada:

Tabel 4. Masa inkubasi penyakit pada batang tanaman lada

Perlakuan Endofit	Masa inkubasi
Kontrol	3 hsi
Isolat EL 3	7 hsi
Isolat EL 4	8 hsi
<i>Trichoderma</i> sp.	7 hsi

Hasil uji antagonis 3 isolat jamur endofit terhadap *P. capsici* secara *in-vivo*, menunjukkan adanya perbedaan waktu lamanya masa inkubasi penyakit. sedangkan rerata persentase intensitas serangan penyakit pada batang tanaman

lada juga menunjukkan perbedaan. Berikut tabel yang menyajikan rerata intensitas serangan *P. capsici* pada batang tanaman lada.

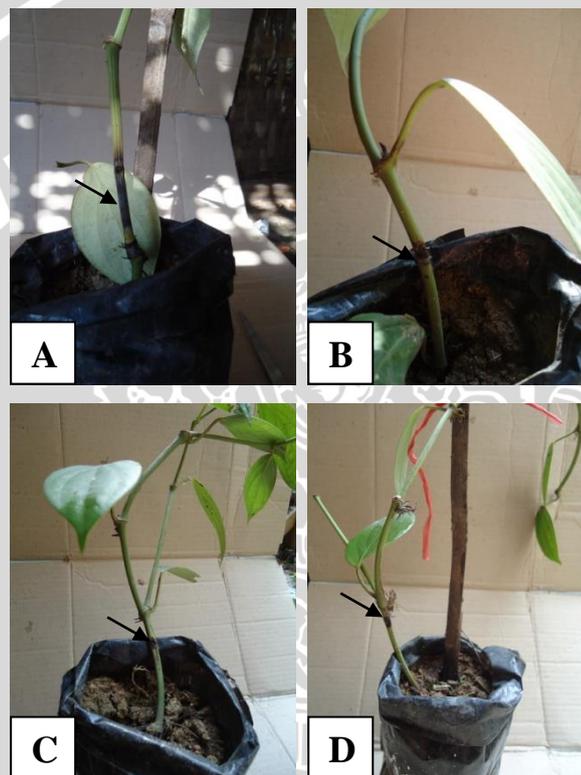
Tabel 5. Persentase intensitas serangan patogen *P. capsici* pada batang tanaman lada

Perlakuan Endofit	Rerata Persentase Intensitas Serangan (%)
Kontrol	26,40
Isolat EL 3	16,80
Isolat EL 4	17,60
<i>Trichoderma</i> sp.	17,60

Analisis ragam persentase intensitas serangan *P. capsici* pada batang tanaman lada secara *in-vivo* (Tabel lampiran 3) menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata antar perlakuan. Pada kontrol, yaitu batang tanaman lada hanya diinokulasi dengan patogen *P. capsici* mulai menunjukkan gejala penyakit pada 3 hsi. Intensitas serangan yang terjadi pada kontrol sebesar 26,40%. Serangan patogen pada perlakuan endofit isolat EL 3 terjadi pada 7 hsi dengan intensitas serangan *P. capsici* pada batang tanaman lada menunjukkan nilai 16,80%. Intensitas serangan yang terjadi pada batang tanaman lada yang diinokulasi dengan isolat EL 4 adalah 17,60% dan mulai terjadi serangan pada 8 hsi. Sedangkan besarnya intensitas serangan pada batang lada yang diinokulasikan *Trichoderma* sp., yaitu 17,60% dan terjadi serangan patogen sejak 7 hsi (Gambar 44).

Hasil uji antagonis jamur endofit terhadap patogen *P. capsici* secara *in-vivo*, menunjukkan bahwa 3 isolat jamur endofit mampu menekan pertumbuhan *P. capsici* pada batang tanaman lada. Hal itu dibuktikan dengan lambatnya masa inkubasi penyakit pada batang tanaman lada yang diberi perlakuan endofit. Isolat EL 4 menunjukkan potensi yang lebih baik daripada isolat EL 3 dan *Trichoderma* sp. Kemampuan *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan patogen *P. capsici* diduga karena hifa *Trichoderma* sp. bertemu dengan hifa *P. capsici*, sehingga terjadi penyerapan nutrisi oleh *Trichoderma* sp. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Gusnawaty *et al.* (2013), bahwa ketika mikoparasit mencapai inangnya kemudian hifanya membelit hifa inang dengan membentuk struktur

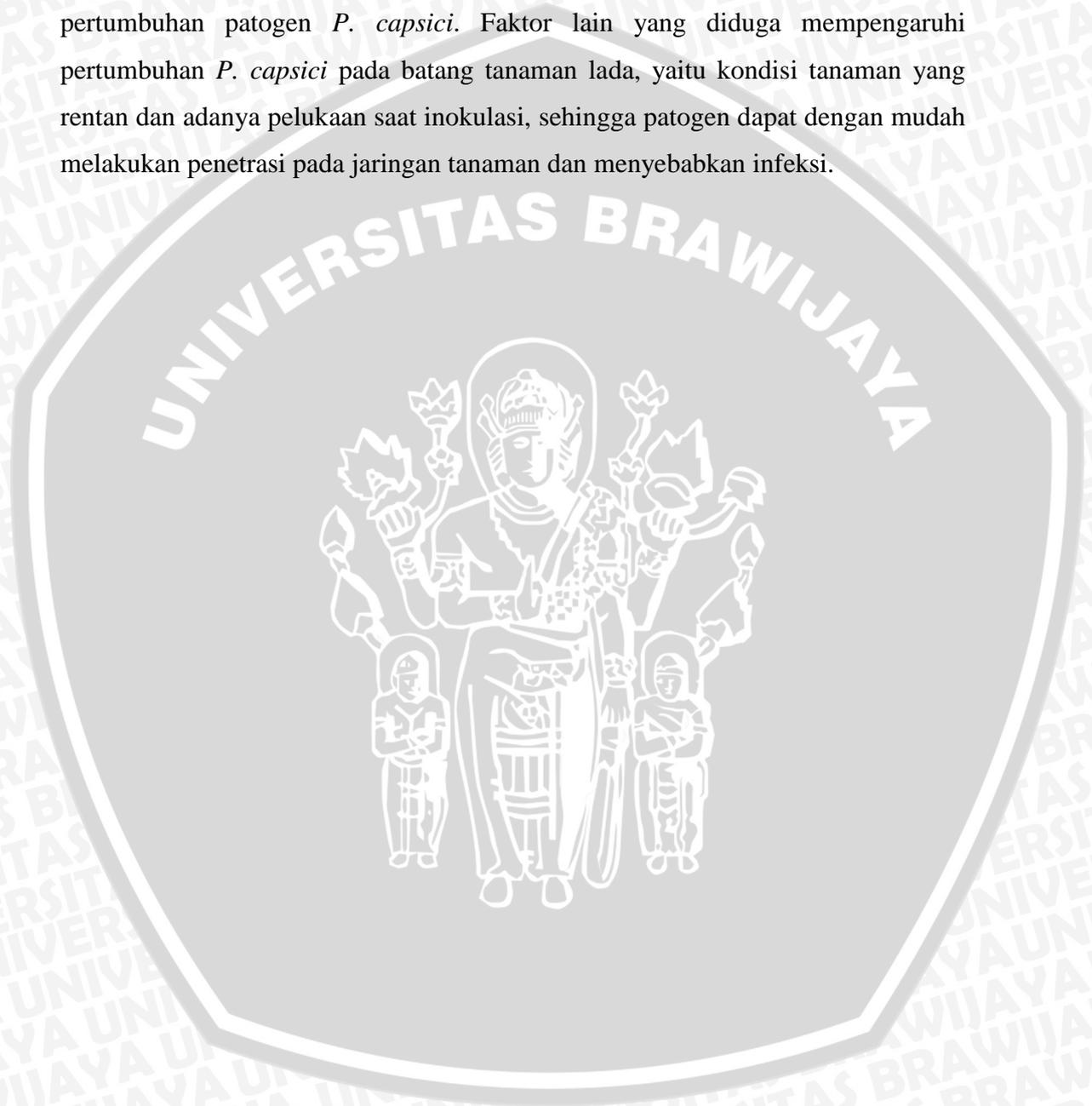
seperti kait, maka akan terjadi penyerapan nutrisi pada inang. Sedangkan isolat EL 3 dan isolat EL 4 dapat menekan pertumbuhan *P. capsici* diduga karena zat antibiosis yang dihasilkan. Hal itu sesuai dengan pernyataan, bahwa jamur endofit yang menghasilkan alkaloid dan mikotoksin memungkinkan digunakan untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Sudantha dan Abadi, 2011).



Gambar 44. Hasil uji antagonis secara *in-vivo* pada batang tanaman lada, A. kontrol, B. Perlakuan isolat EL 3, C. Perlakuan isolat EL 4 dan D. Perlakuan *Trichoderma* sp.

Beberapa isolat jamur endofit yang digunakan dalam penelitian ini telah diketahui dapat menghambat pertumbuhan patogen *P. capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman lada. Hal ini dikarenakan jamur endofit dan inangnya dapat membentuk hubungan yang saling menguntungkan. Mikroba endofit dapat melindungi tumbuhan inang dari serangan patogen dengan senyawa yang dikeluarkan. Senyawa yang dikeluarkan mikroba endofit berupa senyawa metabolit sekunder yang merupakan senyawa bioaktif dan dapat berfungsi untuk

membunuh patogen (Prihatiningtias dan Wahyuningsih, 2014). Namun, pada penelitian ini masih terdapat gejala yang muncul walaupun intensitasnya rendah. Hal ini diduga disebabkan oleh faktor lingkungan yang mendukung bagi pertumbuhan patogen *P. capsici*. Faktor lain yang diduga mempengaruhi pertumbuhan *P. capsici* pada batang tanaman lada, yaitu kondisi tanaman yang rentan dan adanya pelukaan saat inokulasi, sehingga patogen dapat dengan mudah melakukan penetrasi pada jaringan tanaman dan menyebabkan infeksi.



V. PENUTUP

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat 25 isolat jamur endofit yang berhasil diisolasi dari tanaman lada, yaitu terdiri dari 16 isolat teridentifikasi antara lain *Acremonium* sp., *Cephalosporium* sp. 1, *Cephalosporium* sp. 2, *Colletotrichum* sp. 1, *Colletotrichum* sp. 2, *Colletotrichum* sp. 3, *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3, *Fusarium* sp. 4, *Humicola* sp. 1, *Humicola* sp. 2, *Scytalidium* sp. 1, *Scytalidium* sp. 2 dan *Trichoderma* sp. serta 9 isolat tidak teridentifikasi antara lain isolat EL 1, isolat EL 2, isolat EL 3, isolat EL 4, isolat EL 5, isolat EL 6, isolat EL 7, isolat EL 8 dan isolat EL 9.
2. 25 jamur endofit yang diujikan secara *in-vitro* mampu menekan pertumbuhan *P. capsici* melalui 3 mekanisme antagonis, yaitu kompetisi, parasitisme dan antibiosis. Jamur endofit *Acremonium* sp., *Cephalosporium* sp.1, *Cephalosporium* sp.2, *Colletotrichum* sp.1, *Colletotrichum* sp.2, *Colletotrichum* sp.3, *Curvularia* sp., isolat EL 1, isolat EL 2, isolat EL 5, isolat EL 6, isolat EL 8, *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3, *Fusarium* sp. 4, *Humicola* sp. 1, *Humicola* sp. 2 dan *Scytalidium* sp. 1 menghambat pertumbuhan *P. capsici* melalui mekanisme kompetisi. Jamur endofit *Trichoderma* sp. menghambat *P. capsici* melalui mekanisme parasitisme. Sedangkan jamur endofit isolat EL 3, isolat EL 4, isolat EL 7, isolat EL 9 dan *Scytalidium* sp. 2 menghambat *P. capsici* melalui mekanisme antibiosis.
3. tiga isolat jamur endofit yang diseleksi untuk diuji antagonis secara *in-vivo* mampu memperlambat terjadinya infeksi pada batang tanaman lada oleh *P. capsici* dan menekan intensitas serangan.

2. Saran

Dalam penelitian ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang:

1. Uji patogenesis jamur endofit pada tanaman lada.
2. Uji antagonisme secara *in-vivo* pada skala lahan dan dilakukan di beberapa lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad dan D. Yulisman. 2011. Potensi Dua Isolat Lokal *Pleurotus* sp. sebagai Antagonis terhadap *Ganoderma* sp. Jurnal Littri. 17(4): 174-178.
- Agusta, A. 2009. Biologi dan Kimia Jamur Endofit. ITB. Bandung. 110 hlm.
- Alfizar; Marlina dan F. Susanti. 2013. Kemampuan Antagonis *Trichoderma* sp. terhadap Beberapa Jamur Patogen In Vitro. J. Floratek. 8: 45-51.
- Azevedo, J.L.; Jr.W. Maccheroni; J.O. Pereira and W. Luiz de Araujo. 2000. Endophytic Microorganisms: A Review on Insect Control and Recent Advances on Tropical Plants. Journal of Biotechnology. 3(1): 40-65.
- Bande, L.A.S.; B. Hadisutrisno; S. Somowiyarjo dan B.H. Sunarminto. 2011. Karakteristik *Phytophthora capsici* Isolat Provinsi Sulawesi Tenggara. Agriplus. 21(1): 75-82.
- Barnet, H.L. and B.B. Hunter. 1960. Illustrated Genere of Imperfect Fungi. Fourth Edition. Burgess Publishing Company. USA. 450 pp.
- Chaerani; S. Koerniati; D. Manohara. 2013. Analisis Keragaman Genetik *Phytophthora capsici* Leonian Asal Lada (*Piper nigrum* L.) Menggunakan Penanda Molekuler. Jurnal Littri. 19(1): 23-32.
- Clay, K. 1988. Fungal Endophytes of Grasses: A Defensive Mutualism Between Plants and Fungi. Ecology. 69(1): 10-16.
- Ditjenbun (Direktorat Jenderal Perkebunan). 2012. Peningkatann Produksi. Produktivitas dan Mutu Tanaman Rempah dan Penyegar: Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Lada Tahun 2013. Jakarta. 29 hlm.
- Drenth, A. and B. Sendall. 2001. Practical Guide to Detection and Identification of Phytophthora. CRC for Tropical Plant Protection. Brisbane Australia. 41 pp.
- Gabriel, B.P. dan Riyanto. 1989. Metharizium annisopilae (Met-sech) Sor. Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya. Proyek Pengembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan. Departemen Pertanian.
- Gandjar, I.; R.A. Samson; K.T. Vermeulen; A. Oetari dan I. Santoso. 1999. Pengenalan Kapang Tropik Umum. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. 137 hlm.
- Ginting, C. dan T. Maryono. 2012. Penurunan Keparahan Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Lada Akibat Aplikasi Bahan Organik dan *Trichoderma harzianum*. J. HPT Tropika. 12(2): 162-168.

- Gusnawaty, H.S.; Asniah; M. Taufik dan Faulika. 2013. Uji Potensi *Trichoderma* Indigenous Sulawesi Tenggara sebagai Biofungisida terhadap *Phytophthora capsici* secara In-vitro. Jurnal Agroteksos. 3(3): 139-143.
- Higginbotham, S.J; A.E. Arnold; A. Ibanez; C. Spadafora; P.D. Coley and T.A. Kursar. 2013. Bioactivity of Fungal Endophytes as a Function of Endophyte Taxonomy and The Taxonomy and Distribution of Their Host Plants. Evidence from a Panamanian Drug Discovery Project. 8(9): 1-11.
- IPC (International Pepper Community). 2012. Total Export of Pepper from Producing Countries in MT dan Total Production of Pepper by Country, 2003-2012 in MT. <http://www.ipcnet.org/n/psy2012/id.html>, diunduh tanggal 10 Januari 2014.
- Jahuddin, R.; Baharuddin dan T. Kuswinanti. 2007. Pengaruh Beberapa Faktor Lingkungan dan Bakteri Antagonis terhadap Tingkat Serangan Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang (*Phytophthora capsici*) pada Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.). Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVIII Komda Sul-Sel. hlm 250-262.
- Jeffers, S.N. and A.J. Ferguson. 1999. Detecting Multiple Species of *Phytophthora* in Container Mixes from Ornamental Crop Nurseries. The American Phytopathological Society: Plant Disease. 83(12): 1129-1136.
- Lamour, K.H.; R. Stam; J. Jupe and E. Huitema. 2012. Pathogen Profile: The Oomycete Broad-Host-Range Pathogen *Phytophthora capsici*. Molecular Plant Pathology. 13(4): 329-337.
- Manohara, D. 2007. Bercak Daun *Phytophthora* sebagai Sumber Inokulum Penyakit Busuk Pangkal Lada (*Piper nigrum* L.). Bul. Littro. 18(2): 177-187.
- Manohara, D.; D. Wahyuno dan R. Noveriza. 2014. Penyakit Busuk Pangkal Batang Tanaman Lada dan Strategi Pengendaliannya. <http://balitro.litbang.deptan.go.id/ind/images/file/Perkembangan%20TRO/edsusvol17no2/1Dyah.pdf>, diunduh tanggal 10 Januari 2014.
- Mayee, C.F. and V.V. Datar. 1986. Phytopathometry. Departement of Plant Pathology. Maratwada Agricultural Univ. India. 146 pp.
- Octriana, L. 2011. Potensi Agen Hayati dalam Menghambat Pertumbuhan *Phyitium* sp. secara In vitro. Buletin Plasma Nutfah. 17(2): 138-142.
- Prihatiningtias, W. dan M.S.H. Wahyuningsih. 2014. Prospek Mikroba Endofit sebagai Sumber Senyawa Bioaktif. Fakultas Farmasi UGM. Yogyakarta.

- Purwantisari, S. dan R.B. Hastuti. 2009. Uji Antagonisme Jamur Patogen *Phytophthora infestans* Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang dengan Menggunakan *Trichoderma* spp. Isolat Lokal. Bioma. 11(1): 24-32.
- Sarma, Y.R.; D. Manohara; T. Premkumar dan S.J. Eapen. 2013. Disease and Insect Pests of Black Pepper (*Piper nigrum* L.). International Pepper Community (IPC). Jakarta. 116 pp.
- Sarpian, T. 2003. Pedoman Berkebun Lada dan Analisis Usaha Tani. Kanisius. Yogyakarta. 139 hlm.
- Selim, K.A.; A.A. El-Beih; T.M. Abdel-Rahman and A.I. El-Diwany. 2012. Biology of Endophytic Fungi. Current Research in Environmental and Applied Mycology Doi 10.5943/cream/2/1/3. 31-82.
- Semangun, H. 2000. Penyakit-penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 835 hlm.
- Simanjuntak, S.S. 2006. Eksplorasi Cendawan Endofit Daun Sebagai Agen Pengendalian Hayati Penyakit Busuk Buah (*Phytophthora palmivora*) Butl. Kakao (*Theobroma cacao*). Skripsi. Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sudantha, I.M. dan A.L. Abadi. 2007. Identifikasi jamur Endofit dan Mekanisme Antagonismenya terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* pada Tanaman Vanili. Agroteksos. 17(1): 23-38.
- Sudantha, I.M. 2010. Pengujian Beberapa Jenis Jamur Endofit dan Saprofit *Trichoderma* spp. terhadap Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Kedelai. Agroteksos. 20(2-3): 90-102.
- Sudantha, I.M. dan A.L. Abadi. 2011. Uji Efektivitas Beberapa Jenis Jamur Endofit *Trichoderma* spp. Isolat Lokal NTB terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* Penyebab Penyakit Busuk Batang pada Bibit Vanili. Crop Agro. 4(2): 64-73.
- Syahnen dan I.R.T.U. Siahaan. 2011. Pemetaan Lokasi Penanaman Lada dan Serangan Penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) di Propinsi Lampung dan Propinsi Bangka Belitung. BBP2TP (Laboratorium Lapangan Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan). Medan. 10 hlm.
- Syamsuddin dan M.A. Ulim. 2013. Daya Hambat Rizobakteri Kandidat Agens Biokontrol terhadap Pertumbuhan Koloni Patogen *Phytophthora capsici* Secara In Vitro. J. Floratek. 8: 64-72.

- Tondok, E.T. 2012. Keragaman Cendawan Endofit pada Buah Kakao dan Potensinya dalam Pengendalian Busuk Buah *Phytophthora*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Van Bael, S.A.; C. Estrada; S.A. Rehner; J.F. Santos and W.T. Wcislo. 2012. Leaf Endophyte Load Influences Fungal Garden Development in Leaf-Cutting ants. *BMC Ecology* 2012. 12:23.
- Wahyuno, D. 2009. Pengendalian Terpadu Busuk Pangkal Batang Lada. *Perspektif*. 8(1): 17-29.
- Wahyuno, D.; D. Manohara dan D.N. Susilowati. 2007. Variasi Morfologi dan Virulensi *Phytophthora capsici* Asal Lada. *Buletin Plasma Nutfah*. 13(2): 70-81.
- Wahyuno, D.; D. Manohara; R.T. Setiyono. 2009. Ketahanan Beberapa Lada Hasil Persilangan terhadap *Phytophthora capsici* Asal Lada. *Jurnal Littri*. 15(2): 77-83.
- Wilia, W.; Y. Alia dan T. Novita. 2011. Eksplorasi Cendawan Endofit dari Beberapa Varietas Kedelai sebagai Agens Pemacu Pertumbuhan Tanaman. 13(1): 33-38.
- Yuhono, J.T. 2007. Agribisnis Lada dan Strategi Pengembangannya. *Jurnal Litbang Pertanian*. 26(2): 76-81.

LAMPIRAN

Tabel lampiran 1. Analisis ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen *P. capsici* secara *in-vitro* pada 7 hsp

SK	db	JK	KT	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	25	8912,80	356,51	3,85**	1,72	2,15
Galat	52	4815,83	92,61			
Total	77	13728,64				

Tabel lampiran 2. Uji lanjut persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen *P. capsici* secara *in-vitro* pada 7 hsp

Perlakuan Endofit	Rerata Persentase Hambatan (%) *
Kontrol	00,00 a
<i>Acremonium</i> sp.	44,51 bcdef
<i>Cephalosporium</i> sp. 1	37,51 bcde
<i>Cephalosporium</i> sp. 2	35,18 bcde
<i>Colletotrichum</i> sp. 1	50,51 def
<i>Colletotrichum</i> sp. 2	36,28 bcde
<i>Colletotrichum</i> sp. 3	30,90 bc
<i>Curvularia</i> sp.	38,90 bcde
Isolat EL 1	42,14 bcde
Isolat EL 2	35,53 bcde
Isolat EL 3	38,42 bcde
Isolat EL 4	45,43 bcdef
Isolat EL 5	38,10 bcde
Isolat EL 6	47,71 cdef
Isolat EL 7	37,92 bcde
Isolat EL 8	43,25 bcde
Isolat EL 9	38,06 bcde
<i>Fusarium</i> sp. 1	31,37 bcd
<i>Fusarium</i> sp. 2	37,85 bcde
<i>Fusarium</i> sp. 3	39,93 bcde
<i>Fusarium</i> sp. 4	38,13 bcde
<i>Humicola</i> sp. 1	38,88 bcde
<i>Humicola</i> sp. 2	45,61 bcdef
<i>Scytalidium</i> sp. 1	61,83 f
<i>Scytalidium</i> sp. 2	27,57 b
<i>Trichoderma</i> sp.	55,74 ef

*) Angka disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antar perlakuan.



Tabel lampiran 3. Analisis ragam persentase intensitas serangan pada batang tanaman lada

SK	db	JK	KT	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	3	310,40	103,46	1,03	3,24	5,29
Galat	16	1606,40	100,40			
Total	19	1916,80				

