

**EKSPLORASI JAMUR ENDOFIT PADA AKAR DAN DAUN
ANGGREK DENDROBIUM (*Dendrobium* sp.) DAN POTENSI
ANTAGONISMENYA TERHADAP PENYAKIT BERCAK
DAUN CERCOSPORA (*Cercospora* sp.)**

Oleh
SAGITA AYU NUR AULYA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2020**



**EKSPLORASI JAMUR ENDOFIT PADA AKAR DAN DAUN
ANGGREK DENDROBIUM (*Dendrobium* sp.) DAN POTENSI
ANTAGONISMENYA TERHADAP PENYAKIT BERCAK
DAUN CERCOSPORA (*Cercospora* Sp.)**

Oleh
SAGITA AYU NUR AULYA
155040207111137

**MINAT STUDI HAMA DAN 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 DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2020**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas diajukkan rujukannya dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Januari 2020

Sagita Ayu Nur Aulya



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul penelitian : Eksplorasi ir Endofit pada Akar dan Daun Anggrek *Dendrobium* (*Dendrobium* sp.) dan Uji Potensi Antagonismenya Terhadap Penyakit Bercak Daun *Cercospora* (*Cercospora* sp.)

Nama Mahasiswa : Sagita Ayu Nur Aulya

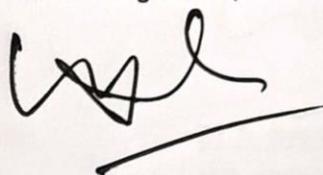
NIM : 155040207111137

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS.

NIP. 1955022 198103 1 006

Mengetahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan



Ludman Qurata Aini, SP., Ph.D.

NIP. 19720919 199802 1 001

Tanggal Persetujuan : 31 DEC 2019

LEMBAR PENGESAHAN

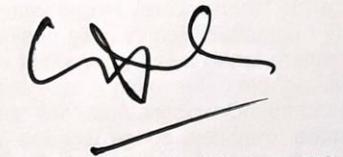
Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



Dr. Anton Mumbudin, SP., MP.
NIP. 19771130 2005011 002

Penguji II



Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS.
NIP. 1955022 198103 1 006

Penguji III



Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.
NIP. 19580208 198212 1 001

Tanggal Lulus : 02 JAN 2020



RINGKASAN

SAGITA AYU NUR AULYA. 155040207111137. Eksplorasi Jamur Endofit pada Akar dan Daun Anggrek *Dendrobium* (*Dendrobium* sp.) dan Potensi Antagonismenya Terhadap Penyakit Bercak Daun *Cercospora* (*Cercospora* Sp.). Dibawah bimbingan Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS. Selaku Dosen Pembimbing.

Anggrek *Dendrobium* (*Dendrobium* sp.) merupakan genus terbesar dari famili *Orchidaceae*. Anggrek ini sering diteliti karena kandungan senyawa bioaktif obatnya dan interaksinya dengan mikoriza, akan tetapi relatif kurang dieksplorasi keberadaan jamur endofitnya. Anggrek *Dendrobium* dapat berasosiasi dengan jamur endofit membentuk simbiosis mutualisme. Jamur endofit dapat bermanfaat sebagai agens biokontrol menekan pertumbuhan jamur patogen *Cercospora* sp. penyebab penyakit bercak daun pada anggrek *Dendrobium*. Persentase serangan penyakit ini dapat mencapai lebih dari 90% dari 500 saham pembibitan anggrek *Dendrobium*. Pengendalian penyakit tersebut dapat dilakukan dengan agens biokontrol berupa jamur endofit sebagai fungisida hayati. Jamur endofit memiliki kelebihan yaitu ramah lingkungan jika dibandingkan dengan penyemprotan fungisida kimia yang justru dapat merusak kelestarian lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk, (1) mengetahui keanekaragaman genus jamur endofit pada akar dan daun anggrek *Dendrobium*, (2) mengetahui jamur endofit yang berpotensi sebagai agens biokontrol dalam menekan patogen *Cercospora* sp. dan (3) mengetahui jamur endofit dengan persentase penghambatan terbaik dalam menekan patogen *Cercospora* sp. penyebab penyakit bercak daun *Cercospora*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Oktober 2019 di pembudidayaan tanaman anggrek DD Orchid Nursery, Junrejo, Kota Batu dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi survei lokasi, sterilisasi alat dan bahan, pembuatan media tumbuh jamur, isolasi jamur endofit dan patogen, uji patogenesitas pada jamur endofit dan uji Postulat Koch pada jamur patogen, pengamatan dan identifikasi, dan pengujian antagonis jamur endofit dengan jamur patogen *Cercospora* sp.. Metode analisis data menggunakan metode analisis dengan uji ANOVA, apabila perlakuan terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan Uji Duncan (DMRT) pada taraf 5%.

Hasil penelitian antara lain terdapat 12 isolat jamur endofit yang berhasil ditemukan dari akar dan daun tanaman anggrek. Dua belas isolat tersebut terdiri dari 9 isolat yang telah teridentifikasi antara lain, *Aspergillus* sp. 1, *Acremonium* sp., *Aspergillus* sp. 2, *Aspergillus* sp. 3, *Aspergillus* sp. 4, *Penicillium* sp. 1, *Gonatotryum* sp., *Penicillium* sp. 2, *Trichoderma* sp. Serta 3 isolat yang belum teridentifikasi Endofit 1, Endofit 2 dan Endofit 3. Persentase hambatan terbesar terdapat pada isolat *Aspergillus* sp. 3 dan *Trichoderma* sp. dengan nilai rerata persentase hambatan adalah 100.0%. Sedangkan persentase hambatan terendah terdapat pada isolat *Aspergillus* sp. 4. Dengan nilai rerata persentase hambatan adalah 32.5%.

SUMMARY

SAGITA AYU NUR AULYA. 155040207111137. The Exploration of Endophytic Fungus on Roots and Leaves of Dendrobium Orchid (*Dendrobium* sp.) And Potential Antagonism Test Against The Cercospora Leaf Spot (*Cercospora* sp.). Supervised by Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS.

Dendrobium orchid (*Dendrobium* sp.) is the largest genus of the *Orchidaceae* family. This orchid is often researched because of their medical bioactive compound and their interactions with mycorrhizae, however, their fungal endophytic communities are relatively less explored. *Dendrobium* orchids can associate with endophytic fungi formed symbiosis of mutualism. Endophytic fungi can be useful as biocontrol agents to suppressed the growth of pathogen *Cercospora* sp. causes of leaf spot disease in *Dendrobium* orchids. The percentage of this disease attack can reach more than 90% of 500 *Dendrobium* nursery stock. Control of *Cercospora* leaf spot can be resolved by biocontrol agents used antagonistic fungi. Endophytic fungi have advantages such as being environmentally friendly compared to spraying chemical fungicides which actually can be damaged the environment. The aims of the present study are, (1) to determine the diversity of endophytic fungi in the roots and leaves of *Dendrobium* orchid, (2) to determine the endophytic fungi that have potential as biocontrol agents to supressed of *Cercospora* sp. and (3) to detemine endophytic fungus with the best percentage of inhibition to supressed *Cercospora* leaf spot caused by *Cercospora* sp. This study was conducted in February until October 2019 at DD Orchid Nursery orchid cultivation, Junrejo, Batu City and Plant Disease Laboratory, Department of Pests and Plant Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang.

The study methods is surveying location, sterilization of tools and materials, manufacturing of Potato Dextrose Agar (PDA), isolation of endophytic and pathogen fungi, Koch's Postulate test and pathogenicity test, observation and identification, and antagonicity tests between endophytic fungi and pathogen fungi. Data analysis of this study used analytical methods with ANOVA test at the level of 5% (0.05 If the result of antagonicity tests is significantly different, if the treatment results are real differences, then proceed with the Duncan Test (DMRT) at error level 5%.

The results of study showed 12 endophytic fungi isolates that have been successfully isolated from the roots and leaves of orchid plants. Twelve isolates composed of 9 identified isolates, among others *Aspergillus* sp. 1, *Acremonium* sp., *Aspergillus* sp. 2, *Aspergillus* sp. 3, *Aspergillus* sp. 4, *Penicillium* sp. 1, *Gonatotryum* sp., *Penicillium* sp. 2, *Trichoderma* sp. and 3 isolates were unidentified among other Endophytic 1, Endophytic 2 and Endophytic 3. The highest percentage of inhibition was *Aspergillus* sp. 3 and *Trichoderma* sp. with mean percentage of resistance is 100.0%. While the lowest percentage of inhibition was founded in isolates of *Aspergillus* sp. 4. with mean percentage of resistance is 32.5%.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
I. PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tujuan	Error! Bookmark not defined.
1.3 Hipotesis	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Tanaman Anggrek	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Sejarah Tanaman Anggrek ...	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Perkembangan Tanaman Anggrek	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Klasifikasi Tanaman Anggrek Dendrobium	Error! Bookmark not defined.
2.1.4 Morfologi dan Karakteristik Tanaman Anggrek	Error! Bookmark not defined.
2.2 Jamur Endofit	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Definisi Jamur Endofit	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Biodiversitas Jamur Endofit ...	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Keragaman Jamur Endofit pada Anggrek Dendrobium	Error! Bookmark not defined.
2.2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kelimpahan Jamur Endofit	Error! Bookmark not defined.
2.2.5 Interaksi Jamur Endofit dengan Tanaman Inang	Error! Bookmark not defined.
2.2.6 Peran Jamur Endofit dalam Pengendalian Penyakit	Error! Bookmark not defined.
2.3 Jamur Patogen <i>Cercospora</i> sp.	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Klasifikasi Jamur <i>Cecospora</i> sp.	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Morfologi dan Karakteristik Jamur <i>Cecospora</i> sp.	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Keragaman Jamur <i>Cecospora</i> sp. pada Anggrek	Error! Bookmark not defined.
2.3.4 Gejala Penyakit Bercak Daun Anggrek	Error! Bookmark not defined.



2.3.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Bercak Daun Cercospora.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Uji Antagonis.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 Pengertian Uji Antagonis	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 Mekanisme Antagonis	Error! Bookmark not defined.
III. METODOLOGI.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Kerangka Konseptual Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Kerangka Operasional Penelitian ..	Error! Bookmark not defined.
3.3 Waktu dan Tempat	Error! Bookmark not defined.
3.4 Alat dan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.5 Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.6 Analisis Data.....	Error! Bookmark not defined.
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	Error! Bookmark not defined.
4.1 Isolasi dan Identifikasi Jamur Cercospora sp.	Error! Bookmark not defined.
4.2 Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit	Error! Bookmark not defined.
4.3 Uji Antagonis Jamur Endofit Terhadap Jamur Patogen <i>Cercospora</i> sp. Secara <i>In Vitro</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4 Pembahasan Umum	Error! Bookmark not defined.
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Bentuk batang sympodial dan monopodial anggrek.....	7
2.	Mikroskopis jamur <i>Cercospora</i> sp.....	14
3.	Makroskopis jamur <i>Cercospora</i> sp.....	14
4.	Bercak daun angrek disebabkan <i>Cercospora odontoglossi</i>	15
5.	Bercak daun anggrek akibat <i>Cercospora epipactidis</i>	15
6.	Kerangka konseptual penelitian.....	18
7.	Kerangka operasional penelitian.....	19
8.	Denah pengambilan sampel anggrek <i>Dendrobium</i> dengan metode sistematis.....	21
9.	Skema peletakan miselium patogen <i>Cercospora</i> sp. dengan jamur endofit pada media PDA secara <i>in vitro</i>	25
10.	Posisi R1 dan R2 koloni jamur <i>Cercospora</i> sp.....	26
11.	Gejala serangan bercak daun cercospora pada anggrek usia 2 bulan.....	27
12.	Makroskopis jamur patogen <i>Cercospora</i> sp.....	28
13.	Mikroskopis jamur <i>Cercospora</i> sp.....	29
14.	Makroskopis dan mikroskopis jamur <i>Aspergillus</i> sp. 1.....	30
15.	Makroskopis dan mikroskopis jamur <i>Acremonium</i> sp.....	31
16.	Makroskopis dan mikroskopis jamur Endofit 1.....	32
17.	Makroskopis dan mikroskopis jamur <i>Aspergillus</i> sp. 2.....	32
18.	Makroskopis dan mikroskopis jamur <i>Aspergillus</i> sp. 3.....	33
19.	Makroskopis dan mikroskopis jamur <i>Aspergillus</i> sp. 4.....	34
20.	Makroskopis dan mikroskopis jamur <i>Penicillium</i> sp. 1.....	34
21.	Makroskopis dan mikroskopis jamur Endofit 2.....	35
22.	Makroskopis dan mikroskopis jamur <i>Gonatobotryum</i> sp.....	36
23.	Makroskopis dan mikroskopis jamur <i>Penicillium</i> sp. 1.....	37
24.	Makroskopis dan mikroskopis jamur Endofit 3.....	38
25.	Makroskopis dan mikroskopis jamur <i>Trichoderma</i> sp.....	38
26.	Histogram rerata persentase penghambatan jamur endofit terhadap jamur patogen <i>Cercospora</i> sp. selama 7 HSI.....	39
27.	Hasil uji antagonis isolat jamur endofit terhadap jamur patogen <i>Cercospora</i> sp pada 7 HSI.....	41
28.	Makroskopis jamur <i>Cercospora</i> sp. dengan perlakuan kontrol.....	42
29.	Kenampakan makroskopis hasil uji antagonisme <i>Cercospora</i> sp. dengan beberapa jamur endofit.....	44



DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Klasifikasi jamur endofit.....	8
2.	Karakteristik morfologi makro dan mikroskopis jamur <i>Cercospora</i> sp.	9
3.	Karakteristik morfologi makro dan mikroskopis jamur <i>Cercospora</i> sp. ..	14
4.	Hasil isolasi jamur endofit tanaman pada anggrek <i>Dendrobium</i>	29
5.	Mekanisme penghambatan jamur antagonis terhadap patogen <i>Cercospora</i> sp. pada media PDA.....	43
6.	Rerata persentase daya hambat 12 isolat jamur endofit terhadap <i>Cercospora</i> sp. selama 7 HSI.....	46

No.	Lampiran	Halaman
1.	Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen <i>Cercospora</i> sp. pada 1 HSI.....	56
2.	Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen <i>Cercospora</i> sp. pada 2 HSI.....	56
3.	Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen <i>Cercospora</i> sp. pada 3 HSI.....	56
4.	Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen <i>Cercospora</i> sp. pada 4 HSI.....	56
5.	Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen <i>Cercospora</i> sp. pada 5 HSI.....	56
6.	Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen <i>Cercospora</i> sp. pada 6 HSI.....	56
7.	Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen <i>Cercospora</i> sp. pada 7 HSI.....	57
8.	Uji patogenisitas jamur endofit pada daun anggrek sehat.....	57
9.	Isolasi jamur endofit pada akar dan daun tanaman anggrek sehat. ...	57
10.	Isolasi jamur <i>Cercospora</i> sp. pada daun tanaman anggrek terserang bercak daun <i>Cercospora</i>	57





I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Anggrek *Dendrobium* (*Dendrobium* sp.) merupakan salah satu genus terbesar dari famili *Orchidaceae* yang meliputi lebih dari 2.000 spesies. Anggrek *Dendrobium* sebagian besar hidup secara epifit yaitu menempel pada batang, cabang, atau ranting dari tumbuhan lain tanpa mengganggu pertumbuhannya. Anggrek ini sering diteliti karena kandungan senyawa bioaktif obatnya (Alkaloid dan Steroid) (Mangunwardoyo, 2011) dan interaksinya dengan mikoriza, akan tetapi relatif kurang dieksplorasi keberadaan jamur endofitnya.

Jamur endofit dan anggrek *Dendrobium* dapat berasosiasi dengan membentuk simbiosis mutualisme yaitu sebuah hubungan yang saling menguntungkan. Anggrek menyediakan sumber makanan untuk jamur endofit, sebaliknya tanaman inang memperoleh proteksi terhadap patogen dari senyawa yang dihasilkan jamur endofit. Miselia jamur endofit telah dilaporkan mengandung dan mengeluarkan berbagai zat yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman yaitu, auksin (IAA) (Menurut Maor *et al.*, 2004), GA (Tsavkelova *et al.*, 2006) dan vitamin B2, B6 dan B9 (asam folat) (Tudzynski *et al.*, 2002). Beberapa laporan bahkan menunjukkan bahwa jamur endofit dapat meningkatkan kebugaran tanaman inang (Rodriguez *et al.*, 2009), menghasilkan berbagai senyawa fungsional berupa senyawa antikanker, antivirus, antibakteri, antifungi, hormon pertumbuhan tanaman (Noverita *et al.*, 2009), dan potensinya sebagai agens biokontrol (Arnold dan Herre, 2003).

Sebagai agens biokontrol, jamur endofit dapat dimanfaatkan untuk pengendalian secara hayati dari serangan jamur patogen, salah satunya jamur patogen *Cercospora* sp. penyebab penyakit bercak daun *Cercospora* pada anggrek *Dendrobium*. Penyakit bercak daun *Cercospora* pada anggrek *Dendrobium* sebelumnya telah dilaporkan di Florida, Thailand, Kalimantan, Australia dan sebagian besar wilayah tropis dari tempat *dendrobium* ditanam. Menurut McMillan *et al.* (2008), persentase serangan penyakit ini dapat mencapai lebih dari 90% dari 500 saham pembibitan anggrek *Dendrobium*. Penyakit ini ditandai dengan gejala bercak yang relatif kecil dan terpisah, atau dapat membesar dan menyatu yang kemudian menghasilkan hawar daun. Perkembangan penyakit ini akan semakin baik jika cuaca dalam keadaan lembab, gelap, panas dengan curah hujan tinggi, dan varietas yang rentan.

Penggunaan jamur endofit sebagai fungisida hayati dalam pengendalian penyakit bercak daun *Cercospora* memiliki kelebihan yaitu ramah lingkungan dibandingkan dengan penyemprotan fungisida kimia. Menurut Reddy (2010), pengendalian penyakit bercak daun *Cercospora* pada anggrek sebenarnya dapat dilakukan dengan penyemprotan fungisida berbahan aktif metil tiofanat dan mankozeb. Namun seperti yang telah diketahui secara umum penggunaan bahan kimia berupa fungisida sintetis yang berkelanjutan dapat menimbulkan residu yang berdampak buruk terhadap kelestarian lingkungan. Sehingga berdasarkan pertimbangan tersebut digunakan alternatif lain berupa jamur endofit dalam pengendalian patogen *Cercospora* sp. pada anggrek *Dendrobium*.

Studi mengenai keanekaragaman hayati anggrek *Dendrobium* lebih banyak diteliti dibandingkan dengan keberadaan jamur endofitnya, terutama yang berasal dari jaringan tanaman inangnya sendiri untuk menekan penyakit yang disebabkan oleh patogen. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai jamur endofit yang bersimbiosis dengan akar dan daun tanaman anggrek serta potensinya sebagai agens biokontrol dalam menekan penyakit bercak daun *Cercospora* pada anggrek *Dendrobium*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Mengetahui keanekaragaman genus jamur endofit pada akar dan daun anggrek *Dendrobium*, (2) Mengetahui jamur endofit yang berpotensi sebagai agens biokontrol dalam menekan patogen *Cercospora* sp., (3) Mengetahui jamur endofit dengan persentase penghambatan terbaik dalam menekan patogen *Cercospora* sp. penyebab penyakit bercak daun *Cercospora*.

1.3 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian yaitu ditemukan beberapa genus jamur endofit pada akar dan daun tanaman anggrek. Jamur endofit yang berhasil ditemukan berpotensi sebagai agens biokontrol atau agens antagonis menekan pertumbuhan patogen *Cercospora* sp. penyebab penyakit bercak daun anggrek *Dendrobium*.

1.4 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi terkait keberadaan genus jamur endofit pada akar dan daun anggrek, serta strategi pengendalian hayati berupa jamur endofit yang dapat menekan pertumbuhan penyakit bercak daun *Cercospora* pada anggrek *Dendrobium*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Anggrek

2.1.1 Sejarah Tanaman Anggrek

Anggrek memiliki posisi ratu di antara bunga potong. Mereka termasuk keluarga '*Orchidaceae*', keluarga terbesar dengan kerajaan tumbuhan terbesar. Orang-orang Yunani kuno lah yang pertama memperhatikan tanaman ini. Nama 'Orchid' berasal dari kata Yunani 'Orchis' yang berarti testis. Theophrastus (370–285 B.C atau sekitar tahun 370–285 SM) adalah filsuf Yunani yang pertama-tama memanggilnya dengan nama 'Orchis'. Alasannya karena umbi bawah tanah dari terestrial umum Anggrek menyerupai testis anjing dan itulah alasan nyata bagi Theophrastus memberi julukan Orchis kepada tanaman ini. Anggrek juga disebut dengan istilah 'lan' dalam bahasa Cina yang tercantum dalam buku tertua tentang filsafat Cina yang ditulis oleh Eki-Kyo di mana Confucius (551–479 SM) adalah rekan penulisnya. Dia mengatakan saat berkenalan dengan pria baik itu, dia merasa seperti memasuki sebuah ruangan yang penuh dengan 'lan' atau anggrek yang harum (Shodhganga, 2012).

2.1.2 Perkembangan Tanaman Anggrek

Menurut Shodhganga (2012), evolusi anggrek dari budaya penghobi menjadi penanam komersial sangat lambat karena sebagian besar anggrek yang dikumpulkan dari daerah yang berbeda tidak dapat menyesuaikan diri dengan kondisi tempat baru dan karenanya dia mati. Orang Yunani dan Romawi awal mula memandang anggrek tinggi karena kemampuannya dalam pengobatan bukan pada kualitas estetika mereka. Baru pada tahun 1700-an minat terhadap Anggrek mulai berkembang. Selama awal 1700-an kapten laut, misionaris dan ahli botani mulai memperkenalkan anggrek ke Inggris dari seluruh belahan dunia. Permintaan akan bunga-bunga eksotis dan indah ini begitu besar sehingga anggrek menjadi bisnis besar dalam waktu yang cukup singkat. Kolektor kaya dan pembibitan komersial menugaskan penjelajah tanaman profesional untuk mengumpulkan tanaman dari daerah khatulistiwa di seluruh dunia. Ribuan tanaman dikumpulkan dan dikirim ke Eropa karena permintaannya yang besar dan dijual dengan harga yang sangat tinggi.

Beberapa waktu setelah 1821, Conrad Loddiges seorang ahli botani dan holtikultura dari Jerman dan putra-putranya mulai menanam anggrek pada skala komersial di pembibitan mereka di Hackney dekat London. Inilah yang mendasari

lahirnya industri Anggrek. Conrad Loddiges kemudian mulai memproduksi tanaman Anggrek berbunga untuk dijual kepada tuan tanah, yang mampu membangun rumah kaca yang digunakan untuk ruang tumbuh anggrek.

Hampir seabad berlalu sebelum produksi komersial bunga potong mulai populer dijual. Sun Kee Nursery dibuka di Singapura pada tahun 1913 – mulai memproduksi: anggrek tipe semprotan untuk dijual sebagai bunga potong. Lewis Knudson dari Cornell University melakukan revolusi dalam pertumbuhan anggrek pada tahun 1922. Dia menemukan bahwa benih anggrek berkecambah dengan mudah dalam botol kaca yang mengandung nutrisi dan agar-agar. Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Wimber (1963), Morel (1964) dan Hamilton (1965) menyempurnakan metode dimana sejumlah kecil planlet dapat diperoleh dari ujung pucuk tunggal tanaman anggrek.

Sejumlah besar buku tentang anggrek telah ditulis. Buku paling awal tentang anggrek adalah dalam bahasa Jepang disunting oleh Joan Matsuoka dan setelah itu ditulis ulang dalam bahasa Cina dan diterbitkan kembali pada tahun 1772 dengan ilustrasi blok. Meningkatnya apresiasi dan popularitas anggrek, beberapa organisasi kemudian banyak dibentuk. Diantaranya, American Orchid Society yang didirikan di Boston pada tahun 1921 yang berperan sebagai pelopor. Diantara negara-negara Asia, Jepang, Filipina, Malaysia, Thailand dan baru-baru ini India. Banyak jurnal anggrek juga diterbitkan dari banyak negara. Sebut saja "The Orchid Review" yang diterbitkan oleh R.A. Rolfe pada tahun 1893 dan "American Orchid Society Bulletin" pada tahun 1932.

Tujuan dari konferensi Anggrek dunia adalah untuk menyatukan semua Orchidologists terkemuka, penanam dan pecinta Anggrek untuk mendiskusikan masalah mereka dan berbagi pengetahuan mereka satu sama lain. Konferensi Anggrek dunia pertama diadakan di Missouri Botanic Gardens, St. Louis, AS pada tahun 1954 dan yang kedua pada tahun 1957. Hawaii, London, Singapura, California, Sydney, Kolombia, Bangkok adalah tempat-tempat lain di mana konferensi semacam itu telah diadakan di tahun-tahun berikutnya hingga saat ini.

2.1.3 Klasifikasi Tanaman Anggrek Dendrobium

Menurut Dressler dan Dodson (2000), klasifikasi anggrek Dendrobium adalah sebagai berikut: Kingdom: Plantae, Divisi: Spermatophyta, Subdivisi: Angiospermae, Kelas: Monocotyledoneae, Ordo: Orchidales, Famili: Orchidaceae, Subfamili: Epidendroideae, Suku: Epidendreae, Subsuku:

Dendrobiinae, Genus: *Dendrobium*, Spesies: *D. macrophyllum*, *D. canaliculatum*,
D. lineale, *D. bifalce*, *D. Secundum*.

Para ahli botani mengelompokkan genus *Dendrobium* dalam beberapa seksi berbeda. Holttum, 1965 (dalam Widiastoety et al., 2010). mengelompokkan genus *Dendrobium* dalam 20 seksi, antara lain: 1) *Diplocaulobium*, 2) *Desmotrichum*, 3) *Sarcopodium*, 4) *Bolbidium*, 5) *Euphlebiium*, 6) *Latourea*, 7) *Callista*, 8) *Eugenanthe*, 9) *Nigrohirsutae*, 10) *Phalaenanthe*, 11) *Ceratobium*, 12) *Stachyobium*, 13) *Pedilonum*, 14) *Distichophyllum*, 15) *Rhopalanthe*, 16) *Aporum*, 17) *Oxystophyllum*, 18) *Strongyle*, 19) *Grastidium*, dan 20) *Conostalix*.

2.1.4 Morfologi dan Karakteristik Tanaman Anggrek

Umumnya struktur tanaman anggrek terdiri atas batang, akar, daun, dan bunga. Memahami bagian-bagian anggrek dan karakteristiknya merupakan salah satu cara yang mudah untuk menentukan habitatnya.

1. Bunga

Daun bunga pada anggrek terdiri atas 3 sepal dan 3 petal. Sepal akan membuka terlebih dulu apabila bunga mulai mekar. Ketiga sepal ini biasanya memiliki bentuk yang agak sama. Sepal yang terletak paling atas disebut sepalum dorsale. Kedua sepal lainnya dinamakan sepal lateral, masing-masing terletak di sebelah kiri dan kanan bawah. Ketiganya terletak dalam satu lingkaran. Selain 3 sepal, terdapat pula 3 petal, yang pada waktu bunga masih kuncup terbungkus oleh sepal. Ketiga petal ini dinamakan daun mahkota. Kedua petal yang paling atas mempunyai bentuk yang sama, sedangkan petal yang ketiga berlainan bentuknya. Seperti juga sepal, petal tersusun dalam suatu lingkaran. Dua petal yang di atas disebut petal lateral dan petal yang ketiga disebut labellum atau bibir. Di Indonesia *labellum* kerap kali disebut lidah, yang sebetulnya adalah terminologi yang keliru. Bentuk bibir atau *labellum* tiap-tiap jenis anggrek berlainan (Purwanto, 2016).

Bagian yang penting dari anggrek adalah bunga. Dari bunga inilah anggrek dapat dikenali dan dibedakan dengan tanaman lain yang bukan anggrek. Bunga anggrek memiliki lima bagian utama, yaitu sepal (daun kelopak), petal (daun mahkota), stamen (benang sari), pistil (putik), dan ovari (bakal buah). Sepal anggrek berjumlah tiga buah, sepal bagian atas disebut sepal dorsal, sedangkan dua lainnya disebut sepal lateral. Anggrek memiliki tiga buah petal, petal kesatu dan kedua letaknya berseling dengan sepal. Petal ketiga mengalami modifikasi

menjadi labellum (bibir). Satu ciri lain dari anggrek adalah resupinasi atau perpuntiran (Kartikaningrum *et al.*, 2004).

Morfologi bunga anggrek sedikit rumit yaitu memiliki struktur batang yang disebut colum, di bagian apikal colum memiliki antera yang di dalamnya terdapat serbuk sari yang disebut pollinarium. Stigma terletak sub apikal pada colum yang disebut rostellum. Keberhasilan penyerbukan terjadi ketika pollinarium dapat dimasukkan ke rostellum tersebut (Chaturvedi dan Chaturvedi dalam Hartati dan Darsana, 2014).

2. Daun

Daun anggrek dapat dibedakan menjadi dua, yaitu daun duplikatif dan daun konvolutif. Daun duplikatif adalah daun yang sewaktu masih muda separuh helaian daun bagian atas menempel pada belahan bagian yang lain. Sementara daun konvolutif merupakan daun yang sewaktu masih muda melipat sedemikian rupa sehingga sisi daun yang satu menggulung dan menempel pada sisi daun yang lain (Purwanto, 2016).

Bentuk daun anggrek seperti tanaman monokotil lain, di mana tulang daun sejajar dengan tepi daun dan berakhir di ujung daun. Daun anggrek dikatakan duplikatif apabila bagian-bagian tepi daun tidak saling menutupi dan dikatakan konvolutif apabila salah satu tepi daun menutupi tepi daun lainnya (Kartikaningrum *et al.*, 2004).

3. Buah

Bentuk buah anggrek berbedabeda tergantung jenisnya, akan tetapi rata-rata merupakan buah lentera atau capsular yang memiliki enam rusuk. Tiga rusuk merupakan rusuk sejati, sedangkan tiga rusuk lainnya merupakan tempat melekatnya dua tepi daun buah yang berlainan. Di tempat bersatunya tepi daun buah itu terdapat biji yang ketika masak akan pecah. Dalam satu buah anggrek sebesar kelingking terdapat ratusan ribu bahkan jutaan biji anggrek yang sangat lembut dengan ukuran yang sangat kecil. Biji-biji anggrek tersebut tidak mempunyai endosperm sebagai cadangan makanan (Purwanto, 2016).

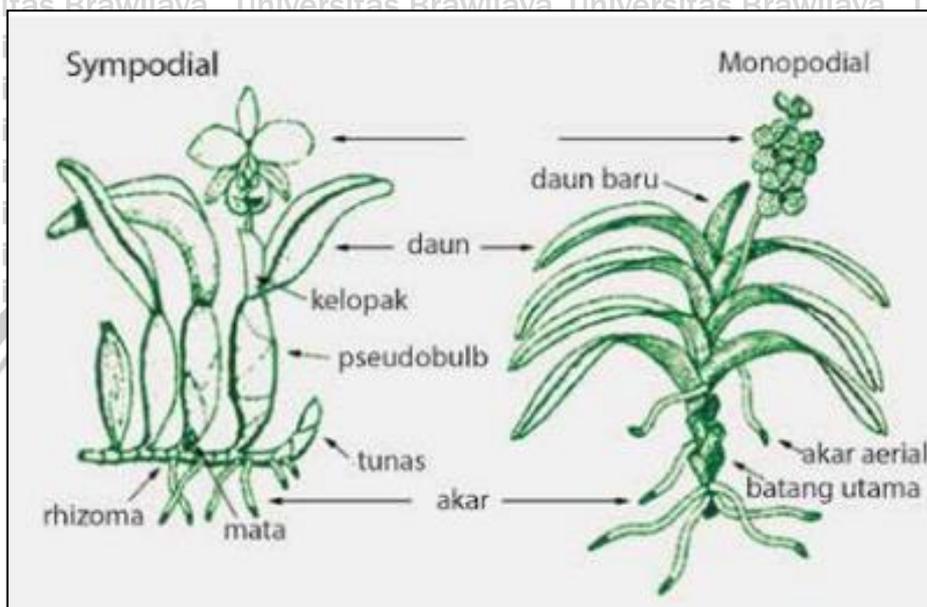
4. Batang

Menurut Purwanto (2016), batang anggrek ada yang berbentuk monopodial dan ada yang sympodial.

a. Bentuk batang monopodial yaitu batang tanaman hanya mempunyai sumbu utama. Artinya, ujung batang terus tumbuh dan tidak terbatas panjangnya,

tumbuh terus ke atas. Bentuk ini terdapat pada *Vanda*, *Arachnis*, *Renanthera*, *Aerides*, dan *Rynchostylis*.

- b. Bentuk batang sympodial yaitu tanaman yang memiliki batang utama tersusun oleh ruas-ruas tahunan, masing-masing ruas dimulai dengan daun sisik dan berakhir dengan setangkai pembungaan. Pertumbuhan ujung-ujung batang pada tipe ini terbatas. Misalnya pada jenis *Cattleya*, *Dendrobium*, dan *Oncidium*.



Gambar 1. Bentuk batang sympodial dan monopodial Anggrek

5. Akar

Akar anggrek memiliki keistimewaan berbeda dengan akar tanaman lain. Pada anggrek dapat ditemui akar tanah (pada anggrek terrestria), akar lekat dan akar udara (pada anggrek epifit dan semi epifit, juga semi terrestria) (Purwanto, 2016).

2.2 Jamur Endofit

2.2.1 Definisi Jamur Endofit

Jamur endofit adalah jamur yang terdapat di dalam sistem jaringan tanaman seperti di daun, akar, bunga dan ranting tanaman. Jamur ini menginfeksi tumbuhan sehat pada jaringan tertentu dan dapat menghasilkan mitotoksin, enzim serta antibiotika (Carol dan Clay, 1988 dalam Herawati *et al.*, 2015). Mikroba Endofit adalah mikroba yang hidup membentuk koloni di dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan tanaman inangnya (Kuncoro dan Noor, 2011).

Mikroba endofit didefinisikan sebagai mikroba yang hidup di dalam jaringan tumbuhan tanpa menyebabkan efek negatif langsung yang nyata seperti dikemukakan oleh Stone *et al.* (2000), menyatakan bahwa kemungkinan terjadi hubungan simbiosis mutualisme antara mikroba endofit dan tanaman inangnya, namun ternyata ada pula endofit yang saprofit agresif atau patogen oportunist. Mikroba endofit umumnya berupa bakteri dan kapang, namun jenis kapang yang lebih sering diisolasi (Prasetyoputri dan Atmosukarto, 2006).

2.2.2 Biodiversitas Jamur Endofit

Kurang lebih 1 juta spesies baru cendawan endofit akan berhasil ditemukan dan diidentifikasi. Beberapa taxa dominan umumnya dijumpai pada satu atau pada beberapa spesies tanaman inang, dan interaksi seperti ini dapat diklasifikasikan sebagai *host-specific endophyte*. Penelitian menunjukkan terdapat perbedaan spesies cendawan endofit yang diisolasi dari tanaman yang berbeda pada satu lokasi yang sama (Petrini *et al.*, 1992 dalam Khastini, 2016). Selain spesifitas di tingkat spesies, spesifitas cendawan endofit pada organ dan jaringan yang berbeda juga diketahui. Jenis cendawan endofit berbeda didapatkan dari satu jenis tanaman pada bagian tanaman yang berbeda yakni pada akar, kulit pohon, dan daun. Cendawan endofit yang tumbuh pada akar tumbuhan sebagian besar berbeda dengan cendawan endofit yang tumbuh pada batang, daun, bunga, buah atau biji tumbuhan (Bills, 1997).

Secara umum cendawan endofit terbagi menjadi dua kelompok besar kedekatan evolusinya, taksonomi, tanaman inang, dan fungsi ekologinya yang dijelaskan dalam Tabel 1 yaitu cendawan endofit dari kelompok Clavipitaceae dan kelompok Non Clavipitaceae (Khastini, 2016).

Tabel 1. Klasifikasi Jamur Endofit (Rodriguez *et al.*, 2006 dalam Khastini, 2016)

Kriteria	Clavipitaceous		Non Clavipitaceous	
	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
Kisaran Inang	Sempit	Luas	Luas	Luas
Lokasi jaringan inang terinfeksi	Tunas dan rhizoma	Tunas	Tunas	Luas
Transasi	Vertikal & Horizontal	Vertikal & Horizontal	Horizontal	Horizontal
Manfaat	NHA*	NHA* dan HA*	NHA*	NHA*

Ket *NHA: Nonhabitat-Adapted sebagai toleransi kekeringan dan pertumbuhan

Jamur dulu dikelompokkan dalam golongan tumbuhan. Dalam perkembangannya, jamur dipisahkan dari tumbuhan karena banyak hal yang berbeda. Jamur endofit hidup pada pembuluh xilem dan hanya akan keluar jika inang sudah dalam keadaan tertekan dan mendekati kematian (Deacon, 1997). Jamur endofit telah ditemukan pada berbagai varietas inang di seluruh dunia



termasuk pada pohon, semak, rumput-rumputan, lumut, tumbuhan paku dan lumut kerak (Clay, 1988).

2.2.3 Keragaman Jamur Endofit pada Anggrek Dendrobium

Mangunwardoyo *et al.* (2011), berhasil mengisolasi 12 jenis jamur dari anggrek merpati sehat (*Dendrobium crumenatum*) yang terdiri dari: *Colletotrichum* sp., *Culvularia brachyspora*, *Fusarium nivale*, *Fusarium solani*, *Pestalotiopsis* sp., *Scolecobasidium* sp., *Westerdikella* sp., *Xylohypha* sp., *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium gloeosporioides*, *Cladosporium sphaerospermum*, dan *Guignardia endophyllicola*.

Yuan *et al.* (2008), berhasil mengisolasi beberapa genus jamur endofit dari jaringan akar, batang dan daun anggrek *Dendrobium nobile* yang dinyatakan pada tabel berikut:

Tabel 2. Jenis jamur endofit di setiap jaringan sehat *Dendrobium nobile*

Divisi	Jenis Jamur Endofit	Jaringan		
		Daun	Batang	Akar
Coelomycota	<i>Pestalotiopsis vismiae</i>	-	+	-
	<i>Colletotrichum</i> sp.	+	+	+
	<i>Phomopsis amygdali</i>	-	+	+
	<i>Phomopsis</i> sp.	-	+	+
Hyphomycota	<i>Clonostachys rosea</i>	-	-	+
	<i>Penicillium griseofulvum</i>	+	+	+
	<i>Penicillium</i> sp.	-	+	-
	<i>Trichoderma chlorosporum</i>	-	-	+
	<i>Fusarium solani</i>	-	-	+
	<i>Fusarium proliferatum</i>	-	+	+
Ascomycota	<i>Fusarium</i> sp.	-	-	+
	<i>Guignardia mangiferae</i>	+	+	+
	<i>Xylaria</i> sp.	+	+	+
	<i>Hypoxylon</i> sp.	+	+	-
Basidiomycota	<i>Nemania</i> sp.	-	+	-
	<i>Botryosphaeria</i> sp.	-	+	-
	<i>Rhizoctonia</i> sp.	-	+	-

Ket: + (memiliki), - (tidak memiliki)

Chen *et al.* (2010), menyatakan bahwa jamur endofit yang diperoleh dari 10 spesies anggrek *Dendrobium* menunjukkan keanekaragaman hayati yang tinggi (37 genera, sekitar 80 spesies). Genus jamur endofit yang berhasil ditemukan antara lain, *Acremonium*, *Alternaria*, *Ampelomyces*, *Arthrinium*, *Aureobasidium*, *Bionectria*, *Candida*, *Cercophora*, *Chaetomella*, *Chaetomium*, *Chaetophoma*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Davidiella*, *Fusarium*, *Fusicoccum*, *Glomerularia*, *Hyalodendron*, *Lasiodiplodia*, *Nemania*, *Nigrospora*, *Paraconiothyrium*,



Pariconiella, *Pestalotia*, *Pestalotiopsis*, *Sclerotium*, *Sirodesmium*, *Streptomyces*, *Trichoderma*, *Verticillium*, dan *Xylaria*.

Beberapa genera jamur endofit yang diperoleh dari isolasi akar anggrek *Dendrobium* spp. dan *Lepanthes* diantaranya, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Pestalotia*, *Rhizoctonia*, dan *Xylaria* (Bayman *et al.* 1997). Ma *et al.* (2015), menyatakan bahwa jamur endofit yang sering ditemukan pada tanaman anggrek *Dendrobium nobile* berasal dari genus *Pestalotiopsis* dan *Xylaria*. Sedangkan jamur endofit pada anggrek *Dendrobium aqueum* adalah *Colletotrichum kahawae*, *Colletotrichum gloeosporioides* dan *Colletotrichum boninense* (Parthibhan *et al.*, 2017). Ditambah pernyataan Xing *et al.* (2013), spesies jamur endofit yang berhasil ditemukan pada anggrek *Dendrobium loddigesii* ada 3 antara lain, *Fusarium* sp., *Clonostachys rosea* dan *Trichoderma chlorosporum*.

Beberapa jamur endofit juga ditemukan pada jenis anggrek lain, seperti pada penelitian Khaterine dan Rina (2016), yang berhasil mengisolasi 3 genus jamur endofit yang diperoleh dari perakaran dewasa tanaman anggrek bulan sehat (*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume) yang terdiri dari *Sistotrema* sp., *Ceratorhiza* sp. dan *Moniliopsis* sp.. Sawmya *et al.* (2013), berhasil mengisolasi jamur endofit dari dua spesies anggrek *Bulbophyllum neilgherrense* dan *Pholidota pallida* yang diperoleh dari bagian akar dan daun antara lain, *Chaetomium* sp. 1, *Chaetomium* sp. 2, *Colletotrichum* sp. 1, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum* sp. 2, *Cylindrocarpon* sp. 1, *Daldinia eschscholzii* (*Xylariaceae* sp. 1), *Entonaema liquescens* (*Xylariaceae* sp. 2), *Hypoxyton* sp. (*Xylariaceae* sp. 3), *Nemania* sp. (*Xylariaceae* sp. 4), *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3, *Phyllosticta* sp. 1, *Phyllosticta* sp. 2, *Lasiodiplodia* sp. 1, *Lasiodiplodia* sp. 2, *Penicillium* sp. 1, *Penicillium* sp. 2, *Pestalotiopsis* sp. 1, *Phoma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 2, *Phomopsis* sp. 1, *Sordaria* sp. 1.

2.2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kelimpahan Jamur Endofit

Keragaman kolonisasi jamur endofit yang ditemukan pada anggrek dapat dipengaruhi oleh berbagai komposisi, salah satunya adalah bagian tanaman anggrek yang diisolasi seperti pada akar, bulbus, batang ataupun daun anggrek. Okane *et al.* (1998) melaporkan itu komposisi dan frekuensi kolonisasi terkait dengan tempat dan kondisi tuan rumah. Araujo *et al.* (2002) mencatat bahwa komunitas jamur endofit tergantung pada interaksi endofit mikroba atau lainnya patogen. Keberadaan jamur endofit sangat dipengaruhi oleh variasi

musim (Halmschlager *et al.*, 1993), faktor lingkungan (Clay 1988) dan jenisnya jaringan inang (Rodriguez 1994).

Faktor biotik dan abiotik dapat secara signifikan mempengaruhi keanekaragaman jamur endofit dalam inang (Arnold & Herre, 2003). Faktor abiotik atau faktor lingkungan selain mempengaruhi persentase atau kelimpahan cendawan endofit juga diketahui juga mempengaruhi spesifitas cendawan endofit (Murali *et al.*, 2007). Pendapat lain terkait faktor-faktor yang mempengaruhi kelimpahan jamur endofit dinyatakan sebagai berikut:

1. Ketinggian Tempat

Ketinggian tanah berhubungan dengan keberagaman genus jamur mikoriza anggrek, karena menjadi faktor isolasi penyebaran spora yang dimungkinkan berkaitan dengan vektor pembawa seperti cacing, arthropoda tanah, dan insekta lainnya serta faktor kecepatan angin. Akan tetapi, ketinggian tanah tidak berhubungan dengan keberadaan jamur mikoriza dalam jaringan akar anggrek *Calanthe pulchra*, *Cryptostylis javanica*, dan *Goodyera rubicunda* (Prianggodo, 2015). Fajriyah (2011), mengemukakan bahwa pada anggrek *Dendrobium crumenatum*, *Dendrobium cuculatum*, dan *Dendrobium anosmum*, fungi mikoriza ditemukan di dalam jaringan eksodermis, korteks, dan endodermis. Sedangkan pembentukan 7 peloton fungi terjadi di dalam jaringan korteks karena korteks merupakan tempat penyimpanan nutrisi hasil fotosintesis akar. Persentase kepadatan fungi mikoriza tertinggi terdapat pada jaringan korteks dan kepadatan fungi mikoriza pada akar muda dan remaja tidak sebanyak pada akar tua, karena fungi mikoriza terdapat pada bagian akar dengan sel-sel yang telah terdiferensiasi. Sedangkan pada akar muda terdapat sel-sel meristematik yang belum terdiferensiasi. Saha dan Rao (2006), menyatakan bahwa tidak pernah terlihat hifa fungi di dalam sel-sel meristematik.

2. Usia Akar

Persentase kepadatan jamur *Orchid mycorrhiza* pada jaringan akar dapat dikorelasikan dengan usia akar yang diwakilkan dengan ukuran akar yang berbeda-beda. Pada akar anggrek yang berukuran 15 cm dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu akar muda (1–5 cm dari ujung akar), akar remaja (6–10 cm dari ujung akar), dan akar tua (11–15 cm dari ujung akar) (Fajriyah, 2011).

3. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur. Pengujian optimasi dan produksi metabolit antimikroba dari jamur endofit *Aspergillus terreus*, dimana rentan suhu yang digunakan adalah 15–45°C dan suhu 25°C menjadi optimum untuk pertumbuhan miselium jamur (Lelana, 2013).

4. Budidaya yang Diterapkan

Keanekaragaman jamur endofit yang terdapat didalam jaringan tanaman juga dipengaruhi oleh budidaya yang diterapkan. Kelimpahan dan keragaman jamur endofit dalam berkolonisasi dengan tanaman inang dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya perbedaan lokasi pengambilan sampel, curah hujan serta budidaya. Suatu lingkungan sering menentukan (Petrini, 1992)

2.2.5 Interaksi Jamur Endofit dengan Tanaman Inang

Interaksi atau hubungan antara mikroba endofit dan tanaman inang adalah merupakan bentuk simbiosis mutualisme, yaitu sebuah bentuk hubungan yang saling menguntungkan. Mikroba endofit memperoleh nutrisi dari tubuh tanaman inang, sebaliknya tanaman inang memperoleh proteksi terhadap patogen dari senyawa yang dihasilkan mikroba endofit (Akmalasari *et al.*, 2013). Sebagai contoh hubungan yang saling menguntungkan yaitu tanaman inang dapat memperoleh keuntungan berupa adanya penginduksian ketahanan terhadap berbagai tekanan, baik oleh faktor biotik maupun abiotik, dan juga dapat meningkatkan pertumbuhannya, yaitu 7 melalui produksi fitohormon, peningkatan akses terhadap mineral dan nutrisi, serta sintesis metabolit antagonistik (Agusta, 2009).

Salah satu contoh asosiasi fungi dengan organisme lain yang bersifat positif adalah cendawan endofit. Organisme ini dapat bersimbiosis dengan tumbuhan karena tumbuhan ini memiliki niche (kondisi/lingkungan yang baik untuk tempat tumbuh) yang beragam untuk cendawan endofit (Khastini, 2016).

Jamur endofit umumnya memiliki hubungan yang saling menguntungkan dengan tanaman inang yang disebut dengan simbiosis mutualisme, antara lain berupa peningkatan laju pertumbuhan, serangan hama, penyakit dan kekeringan (Ilyas, 2006).

2.2.6 Peran Jamur Endofit dalam Pengendalian Penyakit

Jamur endofit dapat menghasilkan berbagai senyawa fungsional berupa senyawa antikanker, antivirus, antibakteri, antifungi serta hormon pertumbuhan tanaman (Noverita *et al.*, 2009). Jamur endofit banyak menghasilkan senyawa

bioaktif yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan inang dari serangan patogen (Motaal *et al.*, 2010). Sedangkan menurut Kumala dan Siswanto (2007), jamur endofit menginfeksi tumbuhan yang sehat pada jaringan tertentu dan mampu menghasilkan mikotoksin, enzim serta antibiotik. Agusta (2009), menambahkan jamur endofit juga mampu meningkatkan kemampuan adaptasi tanaman inang terhadap tekanan lingkungan dan ketahanan terhadap fitopatogen, herbivora, cacing, serangga pemakan tanaman inang, serta bakteri dan jamur patogen. Sedangkan Clay (1988), menyatakan bahwa asosiasi beberapa jamur endofit dengan tumbuhan inang dapat melindungi tumbuhan inangnya dari beberapa patogen virulen, baik bakteri maupun jamur.

Cendawan endofit mempunyai peranan penting pada tanaman diantaranya meningkatkan toleransi terhadap kekeringan serta menghambat perkembangan serangga herbivora, cendawan patogen, virus dan nematoda yang menyerang perakaran tanaman. Sebagai agens biokontrol cendawan endofit memiliki mekanisme parasitisme, antibiosis, kompetisi nutrisi, dan induksi ketahanan. Cendawan endofit menghasilkan metabolit fungsional yang termasuk dalam kelompok terpenoids, steroids, xanthones, chinones, phenol, isocoumarins, benzopyranones, tetralones, cytochalasines dan enniatines yang berperan sebagai antibakteri, antiviral, dan anticendawan (Suryanarayanan *et al.*, 2009).

2.3 Jamur Patogen *Cercospora* sp.

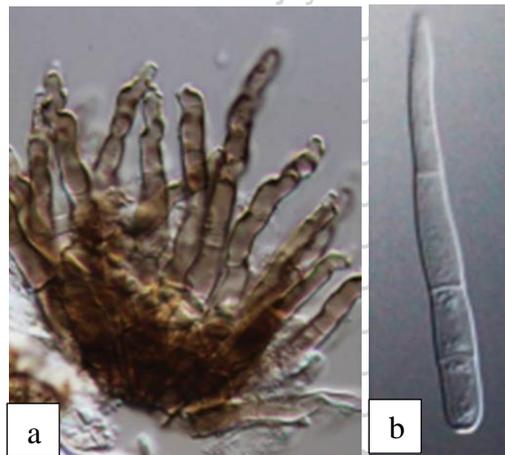
2.3.1 Klasifikasi Jamur *Cercospora* sp.

Cendawan patogen *Cercospora* sp. masuk ke dalam kelas *Deuteromycetes* (Imperfect Fungi), ordo *Moniliales*, dan famili *Dematiaceae* (Dwidjoseputro, 1976 dalam Hidayah dan Illa, 2015).

Klasifikasi bercak daun yang disebabkan oleh *Cercospora* sp. adalah sebagai berikut: Sub Divisi: *Deuteromycota*, Kelas: *Hyphomycetes*, Ordo: *Hyphales*, Famili: *Dematiaceae*, Genus: *Cercospora* (Agris, 1997).

2.3.2 Morfologi dan Karakteristik Jamur *Cercospora* sp.

Jamur *Cercospora* sp. memiliki konidia hialin, panjang dan tipis, silindris hingga filiformis, beberapa bersel dan meruncing di satu sisi; mereka ditanggung secara terminal pada konidiofor gelap (Gambar 2). Memiliki miselium yang bersepta dan berwarna hialin (bening). Penyakit bercak daun yang disebabkan oleh *Cercospora* sp. sering terjadi di lahan pertanaman yang sangat lembab (RH dapat lebih dari 90%) (Yullia, 2011 dalam Suwardani *et al.*, 2014).

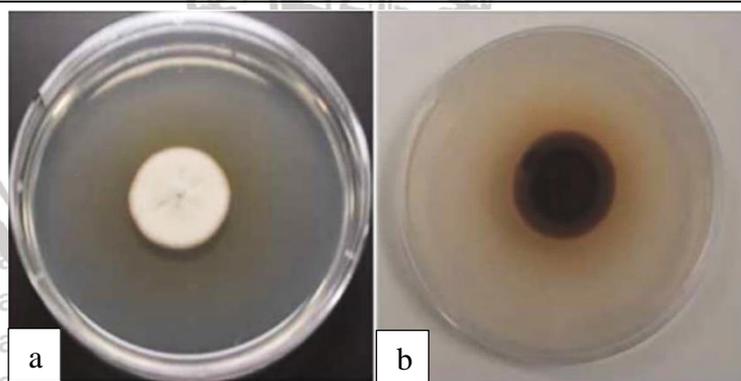


Gambar 2. Mikroskopis *Cercospora* sp. (a) Konidiofor (b) Konidia (Nguanhom *et al.*, 2015). Skala bar; a) 40 μ m, b) 50 μ m.

Menurut Sulastri *et al.* (2014), menyatakan dalam penelitiannya terhadap karakteristik makroskopis dan mikroskopis jamur *Cercospora* sp. 7 hari setelah inkubasi (hsi) pada media PDA pada tabel berikut:

Tabel 3. Karakteristik morfologi makro dan mikroskopis jamur *Cercospora* sp.

Karakteristik Morfologi	Hasil Pengamatan	
	Makroskopis	Mikroskopis
Warna miselium	Putih kusam	-
Arah pertumbuhan	Kesamping dan keatas	-
Struktur miselium	Agak kasar	-
Hifa	-	Hifa bercabang, tidak lurus dan bersekat, berwarna agak gelap
Konidiofor	-	Bercabang dan berwarna agak gelap



Gambar 3. Makroskopis jamur *Cercospora* sp. (a) tampak depan, (b) tampak belakang (Mmbaga *et al.*, 2015)

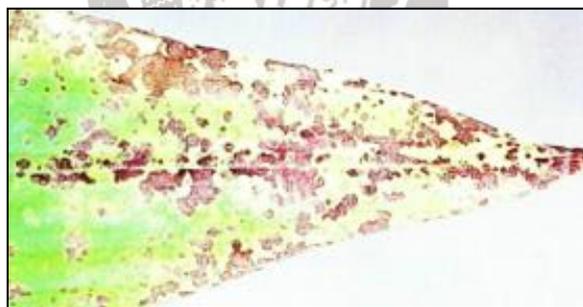
2.3.3 Keragaman Jamur *Cercospora* sp. pada Anggrek

Lebih dari setengah lusin spesies *Cercospora* sp. yang teridentifikasi memparasitisasi berbagai genera anggrek. Tiga dari busur yang paling umum: *Cercospora odontoglossi* (Gambar 5), dianggap sebagai jamur bercak daun paling serius yang menyerang anggrek jenis *Catleya*, dan mampu membunuh

bibit kecil dan meriklon. Jamur *C. dendrobii* merupakan masalah khusus dengan anggrek *dendrobium*, baik tipe evergreen dan deciduous, juga jamur *C. epipactidis*, yang telah dilaporkan menyerang genera anggrek berdaun tipis seperti *Catasetum*, *Lycaste*, *Phaius*, *Stanhopea* dan *Coelogyne* (Gambar 5) dengan gejala bintik-bintik atau bercak coklat gelap atau hitam, dan agak cekung. Dengan infeksi lanjut, bercak dapat menutupi seluruh daun. Spesies *Cercospora* lain telah ditemukan menginfeksi gen *Vandaceous*, *Angraecoids*, *Cymbidium*s, *Oncidium*s yaitu hampir setiap genus anggrek yang umumnya ditanam (Batchelor, 2016).



Gambar 4. Bercak daun anggrek oleh *Cercospora odontoglossi*. (a) bagian atas, (b) bagian bawah daun dari hibrida *cattleya*.



Gambar 5. Bercak daun anggrek akibat *Cercospora epipactidis*

Penyakit bercak daun pada anggrek umumnya disebabkan oleh cendawan *Cercospora dendrobii*, *Cercospora epipactis*, *Cercospora angraeci* dan *Cercospora odontoglossi*. Cendawan ini menyerang hampir pada semua anggrek, terutama yang bersifat terrestrial. Patogen ini menular ke tanaman lainnya melalui angin, percikan air dan serangga (Purwanto, 2016).

2.3.4 Gejala Penyakit Bercak Daun Anggrek

Hampir semua jenis anggrek dapat terserang cendawan ini, khususnya anggrek terrestrial. Tanda-tanda serangan diawali dengan adanya bintik-bintik atau bercak kuning cekung di permukaan bawah daun. Lama-kelamaan bercak

kuning ini berubah menjadi berwarna cokelat dengan bagian pinggir kuning, terkadang bercak-bercak akan menyatu membentuk bercak yang besar. Akibat selanjutnya, daun kering dan akhirnya gugur (Purwanto, 2016).

Penyakit bercak daun *Cercospora* (*Cercospora* sp.) merupakan salah satu masalah serius dalam pasar industri anggrek (McMillan *et al.*, 2008). Patogen ini menyebabkan bercak yang berwarna kuning pada permukaan bawah daun.

Segera setelah infeksi terjadi, bercak kuning akan timbul pada permukaan atas daun. Bercak-bercak tersebut meluas membentuk pola melingkar atau tidak teratur hingga dapat menutupi seluruh permukaan daun. Seiring bertambahnya umur tanaman, bercak menjadi agak cekung dan nekrosis hingga berubah warna menjadi cokelat 2 keunguan atau hitam keunguan. Infeksi berat menyebabkan daun-daun gugur lebih awal, terutama jika infeksi terjadi pada pangkal daun (Reddy, 2010).

Daun yang terserang bercak daun *Cercospora* akan timbul bercak-bercak klorotik dan nekrotik berwarna kuning sampai cokelat. Serangan berat menyebabkan daun-daun gugur sehingga batang menjadi gundul. Patogen menyebabkan penurunan nilai tanaman karena penampilannya yang kurang baik (Ditlin Holtikultura, 2017).

2.3.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Bercak Daun *Cercospora*

Menurut Direktorat Perlindungan Holtikultura (2017), keberadaan dan intensitas penyakit bercak daun anggrek dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, cuaca yang lembab, gelap, panas dengan curah hujan tinggi, dan varietas yang rentan contoh varietas dengan warna bunga merah, pink, dan putih.

Penyakit bercak daun yang disebabkan oleh *Cercospora* sp. sering terjadi di lahan pertanaman yang sangat lembab (kelembaban dapat lebih dari 90%) (Yullia, 2011). Menurut Suwardani *et al.* (2014), lokasi pertanaman dengan kelembaban 60–70%, tetapi bercak daun *Cercospora* sangat banyak ditemui.

Suhu yang sesuai untuk perkembangan jamur *Cercospora* sp. ialah pada suhu 28–32°C. Suhu pada lokasi sesuai untuk perkembangan penyakit bercak daun menurut Yullia (2011), karena pada suhu 28–32°C spora dari cendawan *Cercospora* sp. dapat berkembang dengan baik. Michereff *et al.* (2011) menambahkan bahwa suhu yang sesuai untuk perkembangan penyakit bercak daun ini berkisar di atas 25°C dan kelembaban hingga 90%. Kelembaban yang tinggi dapat membantu pembebasan spora (Tantawi dan Lisnawita, 2010).

2.4 Uji Antagonis

2.4.1 Pengertian Uji Antagonis

Menurut Tuju (2004), uji antagonis adalah pengujian yang digunakan untuk membuktikan bahwa mikroorganisme yang bersifat antagonis dapat menghambat aktivitas mikroorganisme lain yang berada di tempat yang berdekatan.

Mikroorganisme yang bersifat antagonis ini memiliki pertumbuhan yang cepat sehingga dapat menutupi mikroorganisme yang berdekatan dengannya.

2.4.2 Mekanisme Antagonis

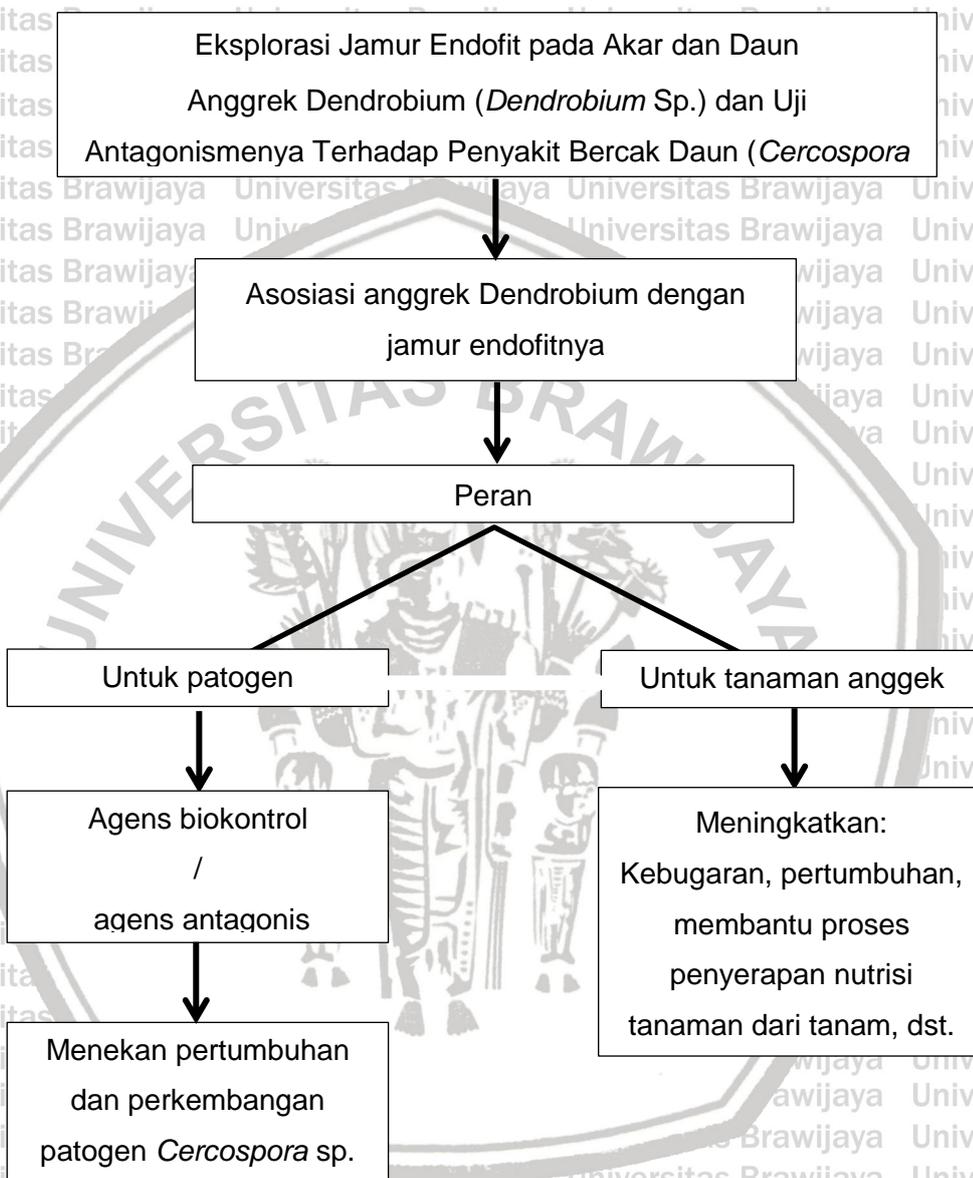
Mekanisme interaksi yang terjadi antara jamur patogen dengan jamur antagonis didasarkan pada kriteria yang dikemukakan oleh Porter (1942), Skidmore dan Dickinson (1976), Trigiano dan Windha, 2008 (*dalam Amaria et al.*, 2015), yaitu:

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

III. METODELOGI

3.1 Kerangka Konseptual Penelitian

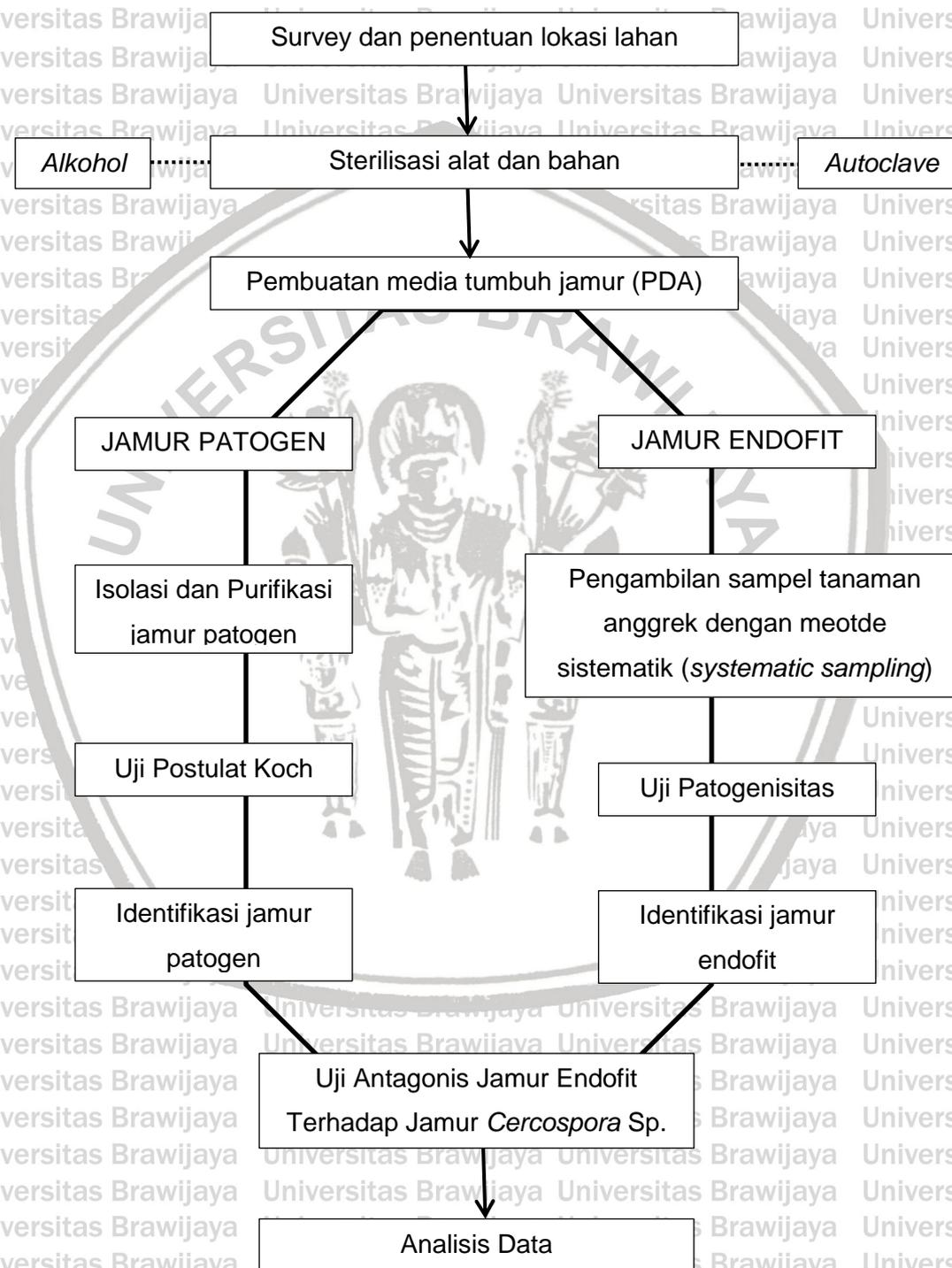
Kerangka konseptual dari penelitian ini digambarkan sebagai berikut:



Gambar 6. Kerangka konseptual penelitian

3.2 Kerangka Operasional Penelitian

Kerangka operasional penelitian menunjukkan urutan langkah dalam melaksanakan penelitian. Kerangka operasional menjelaskan variabel yang akan diteliti dalam bentuk bagan (hanya dalam bentuk hubungannya).



Gambar 7. Kerangka operasional penelitian

3.3 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai October 2019 di pembudidayaan tanaman anggrek DD Orchid Nursery, Junrejo, Kota Batu dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

3.4 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cawan Petri, *Laminar Air Flow Cabinet* (L AFC), kompor listrik, panci, baskom, gunting, penggaris, pisau, timbangan analitik, stik L, rak tabung reaksi, mikropipet, *microwave*, *rotary shaker*, *Autoclav*, jarum Ose, bunsen, korek api, hand sprayer, object glass, cover glass, botol kaca, labu Erlenmeyer, pinset, pipet tetes, tabung reaksi, jarum suntik, mikroskop compound, dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah media *Potato Dextrose Agar* (PDA), plastik, alumunium foil, tisu, plastik wrapping, kertas label, aquades steril, spritus, kapas, antibiotik (*chloramphenicol*), alkohol 70%, NaOCl 2%, sampel akar dan daun anggrek *Dendrobium*, isolat patogen *Cercospora* sp. dan buku identifikasi jamur *Illustrated Genere of Imperfect Fungi fourthed* (Barnett and Hunter, 1998).

3.5 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari pelaksanaan survei lokasi, sterilisasi alat dan bahan, pembuatan media tumbuh jamur, isolasi jamur endofit dan patogen, pengujian patogenesitas dan Postulat Koch, pengamatan dan identifikasi, dan pengujian antagonis jamur endofit dengan jamur patogen *Cercospora* sp.

Survei Lokasi

Survei lokasi dilakukan dengan mengumpulkan informasi terkait tempat penelitian. Pengumpulan informasi didapatkan dengan melakukan wawancara petani atau pengelola tempat penelitian. Lokasi penelitian berada di dua tempat yaitu di DD Orchid Nursery, Junrejo, Kota Batu dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Sterilisasi Alat dan Bahan

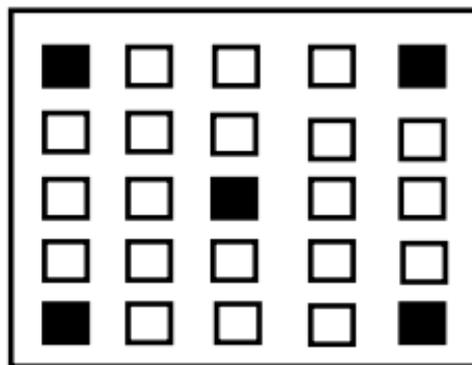
Alat-alat yang tahan terhadap panas seperti cawan petri, labu Erlenmeyer, tabung reaksi dan botol media diseterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C, tekanan 1 atm selama kurang lebih 120 menit. Alat-alat yang tidak tahan panas diseterilkan dengan menyemprotkan alkohol 70%.

Pembuatan Media Tumbuh Jamur

Media isolasi, purifikasi dan uji antagonis jamur endofit dan patogen menggunakan media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Bahan yang dibutuhkan untuk membuat 1 liter PDA yaitu kentang 250 gram, *dextrose* 20 gram, agar 20 gram, *chloramphenicol* 2 kapsul 0,25 gram, aquades 1 liter. Kentang yang sudah dikupas dan dicuci bersih kemudian dipotong berbentuk dadu dengan ukuran 1 cm. Kentang kemudian direbus dalam 1 liter aquades hingga mendidih dan disaring untuk mendapatkan sari kentang. Sari kentang selanjutnya ditambah dengan aquades hingga volumenya mencapai 1000 ml dan diaduk hingga mendidih. Setelah mendidih, sari kentang ditambah dengan *dextros* dan agar dan diaduk hingga tercampur rata. Media kemudian ditambah *chloramphenicol* sambil terus diaduk hingga mendidih. Media dimasukkan dalam botol media, ditutup dengan *aluminium foil* dan direkatkan dengan plastik wrapping. Terakhir media disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 120°C selama 20 menit.

Pengambilan Sampel Tanaman

Tanaman anggrek *Dendrobium* yang digunakan sebagai sampel berasal dari tempat pembudidayaan tanaman anggrek DD Orchid Nursery, Dadaprejo, Kecamatan Junrejo, Kota Batu. Anggrek *Dendrobium* yang digunakan sebagai sampel harus sehat dan tidak menunjukkan gejala serangan hama maupun penyakit. Pengambilan tanaman sampel dilakukan dengan metode sistematis (*systematic sampling*), yaitu metode dengan mengambil sejumlah lima tanaman (Gambar 8). Komposisi tanaman yang diambil yaitu dua tanaman pada bagian depan tegalan, satu tanaman pada bagian tengah, dan dua tanaman di bagian belakang tegalan. Metode ini digunakan apabila satuan elementer yang akan dipilih cukup besar atau ukuran populasi cukup banyak (Singarimbun, 1995).



Gambar 8. Denah pengambilan sampel tanaman anggrek *Dendrobium* dengan metode sistematis (*systematic sampling*).

Isolasi dan Purifikasi Patogen *Cercospora* sp.

Jamur patogen *Cercospora* sp. diisolasi dari akar dan daun tanaman anggrek *Dendrobium* yang menunjukkan gejala penyakit bercak daun *Cercospora*. Tanaman anggrek yang digunakan sebagai sampel berasal dari pembudidayaan tanaman anggrek DD Orchid Nursery, Kelurahan Dadaprejo, Kecamatan Junrejo, Kota Batu. Metode isolasi mengacu pada Indratmi (2000), daun dicuci dengan air mengalir dan dipotong ukuran 1 cm dengan $\frac{1}{2}$ bagian sakit dan $\frac{1}{2}$ bagian sehat. Sampel kemudian direndam secara berurutan dengan NaOCl 2%, alkohol 70%, dan aquades steril (2 kali) dengan durasi dari tiap-tiap perendaman selama 1 menit. Sampel kemudian dikering-anginkan menggunakan tisu steril, ditanam pada media PDA secara aseptik dan diinkubasi selama 7 hari.

Purifikasi dilakukan untuk mendapat isolat murni jamur patogen dengan cara memilih koloni yang tumbuh sesuai dengan morfologi pada literatur. Purifikasi jamur patogen dilakukan dengan memindahkan miselium jamur pada media PDA baru. Purifikasi dilakukan dalam keadaan aseptis untuk kemudian dilakukan inkubasi selama 5–7 hari pada suhu ruangan (27–28°C).

Uji Postulat Koch Patogen *Cercospora* sp.

Sampel jamur yang telah dipurifikasi selanjutnya dilakukan uji Postulat Koch. Uji Postulat koch dilakukan untuk mengkonfirmasi sifat sebagai agen penyebab penyakit. Uji Postulat koch diawali dengan pembuatan suspensi patogen. Pembuatan suspensi jamur *Cercospora* sp. dilakukan dengan cara merontokkan konidia jamur ke dalam *beaker glass* dan menuangkan 100 ml akuades steril. Suspensi dimasukkan dalam labu erlenmeyer dan dishaker selama 2-3 hari menggunakan *rotary shaker*. Jamur patogen kemudian diambil sebanyak 1 ml menggunakan jarum suntik.

Tanaman anggrek *Dendrobium* sehat disiapkan untuk memulai Uji Postulat Koch. Tanaman anggrek kemudian dilakukan sterilisasi pada permukaan salah satu daun menggunakan alkohol 70%. Bagian permukaan bawah daun kemudian diinjeksi dengan suspensi *Cercospora* sp menggunakan jarum suntik. Tanaman anggrek yang sudah diinjeksi *Cercospora* sp dibiarkan selama 4-7 hari di dalam green house. Gejala penyakit yang muncul pada daun diamati dan disesuaikan dengan literatur. Apabila gejala yang muncul sesuai dengan gejala bercak daun *Cercospora* pada anggrek, maka selanjutnya jamur direisolasi ke dalam media PDA. Jamur selanjutnya akan dilakukan identifikasi secara makroskopis pada media PDA dan mikroskopis dengan cara dipreparasi terselbih dahulu.

Identifikasi Patogen *Cercospora* sp.

Identifikasi jamur patogen *Cercospora* sp. dilakukan dengan pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis jamur patogen *Cercospora* sp. dapat dilihat dari bagaimana bentuk dan arah pertumbuhan koloni jamur, warna koloni, tekstur permukaan koloni, dan pola sebaran. Menurut Gandjar *et al.* (1999), dalam melakukan pengamatan morfologi koloni, dapat dilihat dari warna permukaan koloni, selain itu dilihat ada tidaknya garis-garis radial dari pusat koloni ke arah tepi koloni dan juga ada tidaknya lingkaran-lingkaran konsentris.

Pengamatan mikroskopis yaitu dengan mengamati kenampakan mikroskopis jamur menggunakan mikroskop. Pengamatan mikroskopis diawali dengan membuat preparasi jamur dengan cara mengambil miselia jamur patogen menggunakan jarum ose kemudian diletakkan pada *object glass* yang sudah diberi media PDA, ditutup dengan *cover glass* dan *disquash*. Preparat jamur kemudian diberi label dan diinkubasi selama 3-4 hari di tempat yang steril dan lembab. Isolat jamur yang telah berusia 3-4 hari kemudian diamati menggunakan mikroskop. Kriteria yang diamati meliputi morfologi hifa (berseptata atau tidak berseptata), warna hifa (hialin atau gelap), pertumbuhan hifa (bercabang atau tidak), bentuk konidia (bulat, lonjong, berantai, atau tidak beraturan), warna konidia (hialin atau gelap). Hasil pengamatan digunakan untuk identifikasi berdasarkan panduan buku identifikasi *Illustrated Genere of Imperfect Fungi fourthed* (Barnett and Hunter, 1998), buku identifikasi *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species* (Watanabe, 2000) dan literatur pendukung lainnya.

Isolasi dan Purifikasi Jamur Endofit

Jamur endofit diisolasi dari bagian akar dan daun tanaman anggrek *Dendrobium* yang sehat yang diperoleh dari tempat pembudidayaan tanaman anggrek DD Orchid Nursery, Kelurahan Dadaprejo, Kecamatan Junrejo, Kota Batu. Isolasi dilakukan dengan mencuci bagian daun dan akar tanaman dengan air mengalir. Potongan sampel kemudian direndam secara berurutan dengan NaOCl 2%, alkohol 70%, dan aquades steril (2 kali) dengan durasi dari tiap-tiap perendaman selama 1 menit, setelah itu dikeringkan diatas tisu steril. Potongan daun dan akar yang sudah kering kemudian ditanam pada media PDA. Isolat diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu ruang atau sampai isolat jamur tumbuh

memenuhi cawan petri (Muhibuddin *et al.*, 2011). Jamur endofit diamati dan dilakukan didokumentasi setiap 2 hari sekali.

Setiap koloni jamur yang tumbuh kemudian dilakukan purifikasi pada media PDA baru. Pemurnian dilakukan pada setiap koloni jamur yang dianggap berbeda berdasarkan morfologi makroskopis yaitu warna dan bentuk koloni. Masing-masing jamur diambil dan dipindahkan ke dalam PDA baru. Jika jamur yang tumbuh masih bercampur dengan jamur lain, dilakukan purifikasi kembali sampai diperoleh isolat biakan jamur endofit yang murni.

Uji Patogenisitas Jamur Endofit

Beberapa sampel jamur yang telah dipurifikasi selanjutnya diuji patogenisitasnya. Uji patogenisitas dilakukan untuk mengonfirmasi sifat dari jamur yang ditemukan, apakah benar sebagai jamur endofit. Uji patogenisitas dimulai dengan pembuatan suspensi jamur endofit. Pembuatan suspensi dilakukan dengan mengambil hifa dari masing-masing jamur endofit. Hifa jamur endofit kemudian dimasukkan kedalam tube berukuran 1,5 ml, ditambah 1 ml akuades steril dan dikocok selama 1 menit untuk merontokkan konidia jamur.

Daun anggrek *Dendrobium* sehat dipotong dan disterilisasi permukaannya dengan alkohol 70%, dibilas dengan akuades steril dua kali dan dikering anginkan. Suspensi tiap-tiap jamur endofit kemudian diijeksikan pada permukaan bawah daun anggrek. Seluruh sampel daun anggrek kemudian diletakkan diatas tissue steril yang sebelumnya telah dilembabkan dengan aquades (RH 95%).

Daun dibiarkan selama 3–4 hari dalam wadah inkubasi dan setelah itu diamati. Parameter pengamatan adalah kondisi daun anggrek. Apabila isolat jamur menyebabkan daun berpenyakit maka tidak termasuk jamur endofit.

Sedangkan isolat jamur yang menyebabkan daun tetap sehat secara normal (minimal sama dengan kontrol) dikatakan sebagai jamur endofit. Jamur kemudian direisolasi untuk dilakukan identifikasi lebih lanjut.

Identifikasi Jamur Endofit

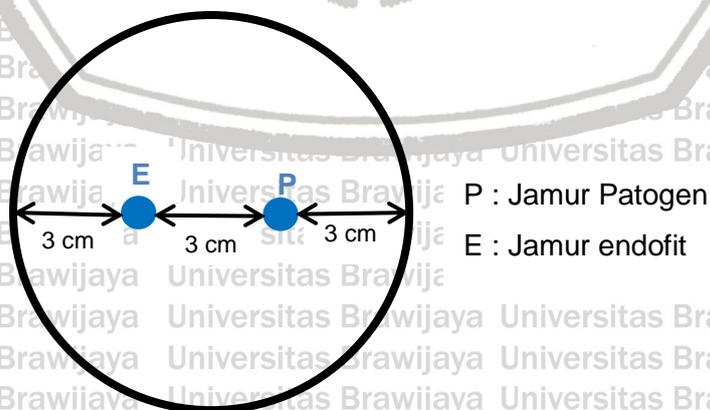
Identifikasi jamur endofit dilakukan dengan pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Identifikasi jamur secara makroskopis meliputi pengamatan bentuk koloni, arah pertumbuhan, margin (tepi), warna dan struktur miselium, dan ada tidaknya lingkaran-lingkaran kosentris. Gandjar *at al.* (1999), identifikasi jamur secara makroskopis meliputi morfologi koloni, warna permukaan koloni, selain itu dilihat ada tidaknya garis-garis radial dari pusat koloni ke arah tepi koloni dan juga ada tidaknya lingkaran-lingkaran konsentris.

Pengamatan mikroskopis diawali dengan membuat preparasi jamur dengan cara mengambil miselia jamur endofit menggunakan jarum Ose kemudian diletakkan pada *object glass* yang sudah diberi media PDA, ditutup dengan *cover glass* dan disquash. Preparat jamur kemudian diberi label dan diinkubasi selama 3-4 hari di tempat yang steril dan lembab. Isolat jamur diamati setiap hari dengan mikroskop yaitu bagaimana morfologi hifa (berseptata atau tidak), warna hifa (hialin atau gelap), pertumbuhan hifa (bercabang atau tidak), bentuk konidia (bulat, lonjong, berantai, tidak beraturan), warna konidia (hialin atau gelap). Identifikasi jamur endofit dilakukan pada tingkat genus dengan panduan buku identifikasi *Illustrated Genere of Imperfect Fungi fourthed* (Barnett and Hunter, 1998), buku *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species* (Watanabe, 2000) dan literatur pendukung lainnya.

Uji Antagonis Jamur Endofit terhadap Jamur Patogen *Cercospora* sp.

Secara *In Vitro*

Seluruh isolat jamur endofit yang diperoleh dilakukan uji antagonis terhadap jamur patogen *Cercospora* sp. secara *in vitro*. Pengujian antagonis dilakukan untuk mengetahui potensi isolat jamur endofit dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Cercospora* sp. penyebab penyakit bercak daun angrek. Metode yang digunakan adalah metode biakan ganda (*dual culture*) oposisi langsung yaitu menumbuhkan atau menginokulasikan isolat jamur patogen bersama isolat jamur endofit secara berhadapan dengan jarak 3 cm pada cawan petri berdiameter 9 cm yang telah berisi media PDA (Gambar 9). Jumlah perlakuan uji antagonis dilakukan berdasarkan jumlah jamur endofit yang ditemukan ditambah kontrol dan diulang sebanyak 3 kali.



Gambar 9. Skema peletakan miselium patogen *Cercospora* sp. dengan jamur endofit pada media PDA secara *in vitro*.

Pengamatan uji antagonis dilakukan selama 7 hsi dengan cara mengukur R1 dan R2 jamur *Cercospora* sp. dari seluruh perlakuan. Nilai R1 dan R2 kemudian dimasukkan dalam rumus berikut sehingga diperoleh persentase penghambatan (I):

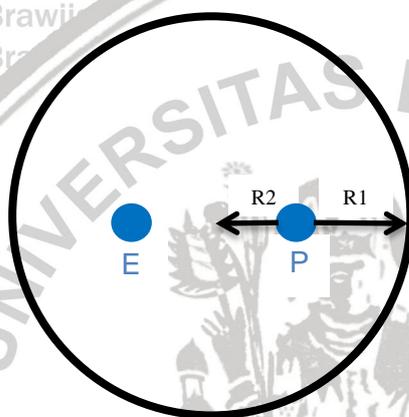
$$I = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan :

I = Presentase penghambatan

R1 = Jari-jari koloni patogen yang arahnya berlawanan dengan jamur endofit

R2 = Jari-jari koloni patogen yang arahnya menuju pusat koloni jamur endofit



Keterangan :

P = Jamur Patogen

E = Jamur endofit

Gambar 10. Posisi R1 dan R2 koloni jamur patogen *Cercospora* sp.

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian antagonis jamur endofit terhadap patogen *Cercospora* sp. berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova) dan apabila perlakuan terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan Uji Duncan (DMRT) pada taraf 5%. Analisis data diolah menggunakan Microsoft Exel 2010 dan aplikasi SPSS 22.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Isolasi dan Identifikasi Jamur *Cercospora* sp.

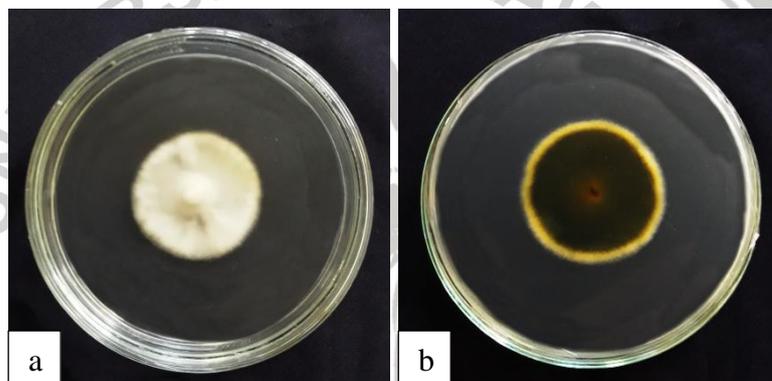
Tanaman anggrek *Dendrobium* yang bergejala bercak *Cercospora* diisolasi dari tempat pembudidayaan tanaman anggrek DD Orchid Nursery, Kecamatan Junrejo, Kota Batu. Bagian tanaman bergejala dipotong menggunakan gunting steril sepanjang ± 1 cm dengan setengah (0,5 cm) bagian sehat dan setengah (0,5 cm) lagi bagian sakit. Potongan daun dan batang disterilisasi dengan merendam ke dalam NaOCl 2%, alkohol 70%, dan aquades steril (2 kali) secara bertahap. Sampel daun selanjutnya ditanam ke media PDA selama 7 hsi. Koloni jamur yang tumbuh dipurifikasi untuk mendapatkan isolat patogen murni yang diinginkan kemudian dilakukan pengamatan secara makro dan mikroskopis, sebelum dilanjutkan dengan Uji Postulat Koch.

Hasil Uji Postulat Koch muncul pada 13 hari setelah penyuntikkan suspensi patogen. Hasil menunjukkan jamur *Cercospora* sp. membuat daun anggrek *Dendrobium* sehat bergejala bercak klorotik dan nekrotik berwarna kuning sampai coklat. Bercak pada awalnya berukuran kecil kemudian membesar dan menyebar. Bercak yang berukuran cukup besar menciptakan cekungan berwarna hitam kecoklatan dibagian tengah dan kuning bagian tepi. Bercak kemudian menyebabkan daun anggrek menguning dan akhirnya gugur. Gejala hasil uji Postulat Koch tersebut mirip dengan gejala yang sudah dijelaskan oleh Purwanto (2016), tanda-tanda serangan bercak daun *Cercospora* anggrek diawali dengan bercak kuning cekung di permukaan bawah daun. Lama-kelamaan bercak menjadi cokelat dan tepian berwarna kuning, terkadang bercak akan menyatu membentuk bercak yang lebih besar, daunpun akhirnya kering dan gugur.



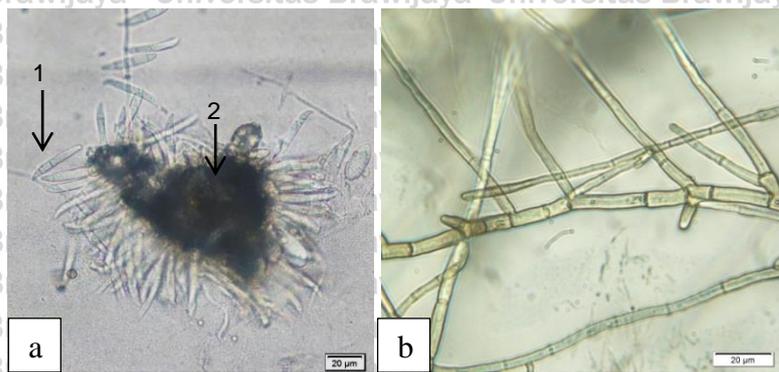
Gambar 11. Gejala serangan bercak *Cercospora* pada anggrek *Dendrobium* usia 2 bulan.

Secara makroskopis jamur patogen *Cercospora* sp. memiliki karakteristik koloni berbentuk bulat, arah pertumbuhan kesamping atau menyebar ke seluruh permukaan media, tepian koloni rata dan struktur miselium halus. Permukaan koloni berwarna putih kusam saat masih muda, kemudian berubah menjadi hijau keabuan saat koloni semakin tua (Gambar 12a). Sedangkan warna bagian dasar koloni adalah hijau kehitaman di bagian tengah dan kuning kecoklatan di bagian tepi (Gambar 12b). Tekstur miselium dari koloni jamur *Cercospora* sp. yang berusia lebih dari 3 hsi akan berpasir sehingga teksturnya cenderung menjadi kasar. Iffaf (2017), jamur *Cercospora* sp. ditandai dengan warna miselium putih kusam, arah pertumbuhan ke samping, dan struktur miselium agak kasar. Didukung pernyataan Linda *et al.* (2011), karakteristik jamur *Cercospora* sp. memiliki koloni berwarna coklat muda, bentuk tepi koloni rata, tekstur permukaan berserabut, dan memiliki bentuk konidia yang memanjang.



Gambar 12. Makroskopis jamur patogen *Cercospora* sp. (a) tampak depan, (b) tampak belakang.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan jamur patogen *Cercospora* sp. memiliki ciri-ciri konidia berwarna hialin, bersepta (3–4 septa), berbentuk silinder panjang ($6\text{--}23\ \mu\text{m} \times 3\text{--}5\ \mu\text{m}$). Konidiofor berwarna gelap hingga coklat terang. Hifa jamur patogen *Cercospora* sp. bersepta dengan panjang septa $11\text{--}29\ \mu\text{m}$ dan diameter $3\text{--}6\ \mu\text{m}$, bercabang, tidak lurus dan berwarna hialin kecoklatan (Gambar 13b). Menurut Iffaf (2017), jamur *Cercospora* sp. memiliki ciri hifa bersekat, berwarna agak gelap, bercabang, tidak lurus, dan memiliki konidiofor berwarna gelap dan memiliki konidia bersepta dengan jumlah 3-5 septa (Nguanhom, 2015). Didukung oleh Park *et al.* (2017), jamur *Cercospora* sp. memiliki ciri konidiofor yang muncul melalui kutikula, berwarna zaitun hingga coklat, lurus hingga agak melengkung, sedangkan konidianya hialin dan memiliki 3–20 septa.



Gambar 13. Mikroskopis jamur patogen *Cercospora* sp. (a) morfologi; 1) konidia, 2) konidiofor, (b) hifa.

4.2 Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit

Jamur endofit diisolasi dari akar dan daun tanaman anggrek *Dendrobium* yang sehat menggunakan metode sistematis (*systematic sampling*). Jamur yang berhasil diisolasi kemudian dilakukan purifikasi berdasarkan perbedaan makroskopis koloni jamur dan selanjutnya dilakukan uji patogenisitas. Uji patogenisitas dilakukan untuk mengonfirmasi sifat dari jamur yang ditemukan, apakah sebagai jamur endofit atau justru sebagai agens penyebab penyakit. Metode yang digunakan yaitu dengan menyuntikkan suspensi jamur yang diduga sebagai jamur endofit ke daun tanaman anggrek *Dendrobium* sehat. Hasil dari uji patogenisitas tersebut diperoleh 12 isolat jamur endofit, dimana 9 isolat jamur telah berhasil diidentifikasi dan 3 diantaranya belum teridentifikasi. Berdasarkan 12 isolat jamur endofit yang ditemukan, terdapat 5 genus jamur yang berbeda, diantaranya genus *Aspergillus*, *Acremonium*, *Penicillium*, *Gonatobotryum*, dan *Trichoderma*. Berdasarkan kelima genus yang ditemukan, genus *Aspergillus* adalah yang paling banyak ditemukan.

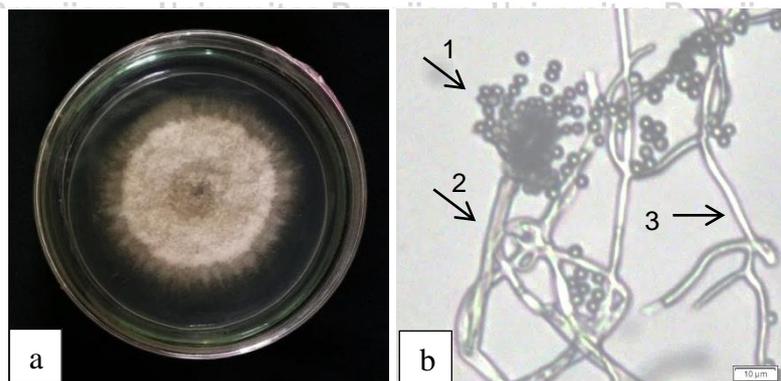
Tabel 4. Hasil isolasi jamur endofit pada tanaman anggrek *Dendrobium*

Bagian tanaman	Kode Isolat	Divisi	Jenis Jamur Endofit
Daun	A1	Ascomycota	<i>Aspergillus</i> sp. 1
	A2	Ascomycota	<i>Acremonium</i> sp.
	A3	-	Endofit 1
	A4	Ascomycota	<i>Aspergillus</i> sp. 2
	A5	Ascomycota	<i>Aspergillus</i> sp. 3
	A6	Ascomycota	<i>Aspergillus</i> sp. 4
	A7	Ascomycota	<i>Penicillium</i> sp. 1
Akar	A8	-	Endofit 2
	A9	Ascomycota	<i>Gonatobotryum</i> sp.
	A10	Ascomycota	<i>Penicillium</i> sp. 2
	A11	-	Endofit 3
	A12	Ascomycota	<i>Trichoderma</i> sp.

Ket. - (tidak diketahui)

1. Jamur *Aspergillus* sp. 1 (Isolat A1)

Pengamatan secara makroskopis jamur *Aspergillus* sp. menunjukkan bentuk koloni bulat, arah pertumbuhan kesamping, tepian rata dan struktur miseliumnya halus. Warna permukaan koloni putih kusam, sedangkan warna dasar koloni krem. Sari *et al.* (2017), koloni *Aspergillus* sp. secara makroskopis berwarna putih susu di permukaan dan kuning kecoklatan di bagian dasar, struktur miselium seperti kapas.



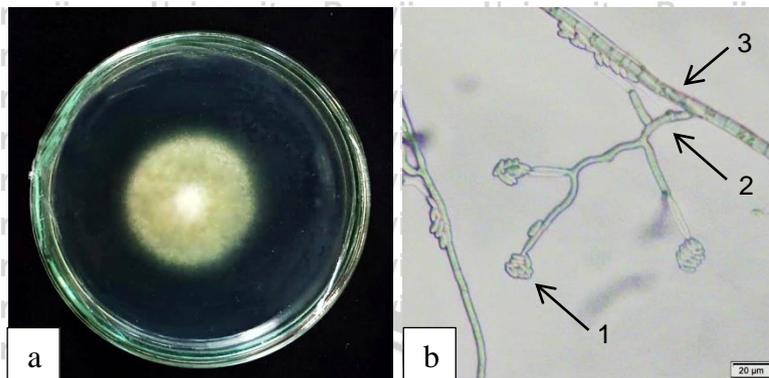
Gambar 14. Isolat jamur *Aspergillus* sp. 1 (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia, 2) konidiofor, 3) hifa.

Jamur *Aspergillus* sp. secara mikroskopis memiliki hifa bersepta, hialin, bercabang, berbentuk globuse, sedangkan konidia berwarna abu-abu hingga gelap, berukuran 23–28 µm. Konidiofor *Aspergillus* sp. berwarna hialin, umumnya tumbuh tegak dari pangkal namun ada juga yang sedikit melengkung, tidak bersekat, memiliki panjang 55,71 µm dan diameter 5,17 µm. Sari *et al.* (2017), secara mikroskopis *Aspergillus* sp. memiliki hifa bersepta dan hialin, konidiofor halus dan hialin, memiliki fialid, metula, vesikula (globose maupun sptulata), serta konidianya berbentuk bulat dan hialin. Didukung pernyataan Barnett dan Hunter (1998), *Aspergillus* sp. memiliki konidiofor jelas dan sederhana, konidia (phialospores) bersel 1, globuse, memiliki beragam warna.

2. Jamur *Acremonium* sp. (Isolat A2)

Pengamatan secara makroskopis jamur *Acremonium* sp. menunjukkan koloni jamur berbentuk bulat, berwarna putih tulang, arah pertumbuhan kesamping, margin koloni rata, struktur miselium agak kasar dengan konsistensi koloni lembab. Akmalasari *et al.* (2013), ciri-ciri warna permukaan koloni putih, pigmentasi koloni krem, tipe pertumbuhan hifa radial, dan tekstur permukaan koloni kasar. Didukung pernyataan Gandjar *et al.* (1999), menyatakan bahwa

jamur *Acremonium* sp. memiliki ciri-ciri warna koloni putih sampai coklat, permukaan koloni dibagian tengah tampak seperti kapas.

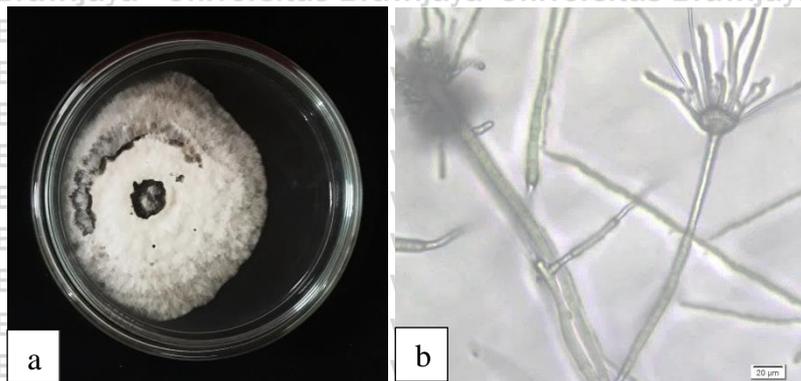


Gambar 15. Isolat jamur *Acremonium* sp. (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia, 2) konidiofor, 3) hifa.

Jamur *Acremonium* sp. secara mikroskopis memiliki ciri hifa bersepta, berwarna hialin sampai kehijauan dan bercabang. Konidiofor bercabang, memiliki septa, berwarna hialin sampai kehijauan. Konidia hialin, tidak bersepta, berbentuk oval berukuran $6,5\text{--}8\ \mu\text{m} \times 2\text{--}2,5\ \mu\text{m}$ dan bergerombol. Simanjuntak *et al.* (2015), karakter mikroskopis *Acremonium* sp. yaitu konidiofor bercabang, filial agak membengkok, konidia berbentuk silinder panjang, tidak bersekat, dan bergerombol membentuk suatu kepala yang berlendir. Watanabe (2002), konidiofor hialin, tegak, sederhana atau bercabang, berukuran $17,5\text{--}37,5\ \mu\text{m} \times 3,2\text{--}4\ \mu\text{m}$. Konidia phialosporous, hialin, bersel 1, silindris atau ellipsoidal panjang, menunjuk pada salah satu atau kedua ujungnya, dengan 3–7 butiran minyak, berukuran $6\text{--}8,5\ \mu\text{m} \times 2,1\text{--}2,8\ \mu\text{m}$.

3. Jamur Endofit 1 (Isolat A3)

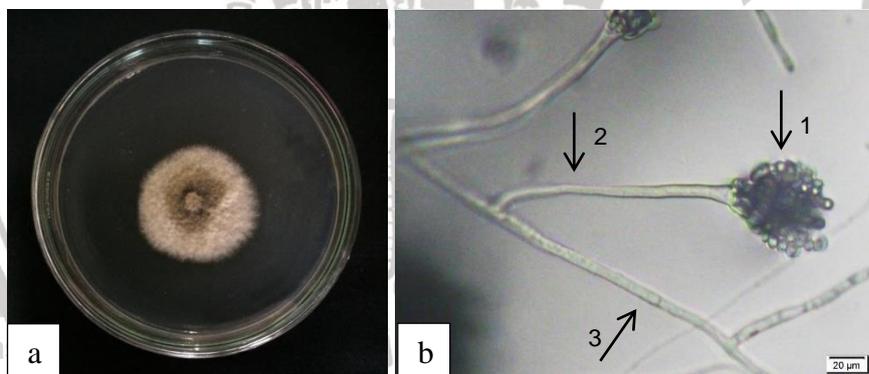
Pengamatan secara makroskopis pada jamur Endofit 1 menunjukkan koloni jamur berbentuk bulat, arah pertumbuhan kesamping, margin rata, warna permukaan putih di usia 1–5 hsi dan perlahan berubah menjadi hitam di usia lebih dari 5 hsi. Warna dasar koloni putih kusam, struktur miselium agak kasar. Sedangkan secara mikroskopis jamur Endofit 1 memiliki morfologi hifa bersepta, berwarna abu-abu dan bercabang. Konidiofor lurus terkadang sedikit melengkung, berwarna hialin sampai abu-abu, tidak memiliki sekat, panjang $154\ \mu\text{m}$ dan diameter $6\ \mu\text{m}$. Memiliki konidia berwarna abu-abu dan berbentuk silinder panjang berukuran $27\text{--}90\ \mu\text{m}$. Berdasarkan ciri mikroskopis yang diperoleh, isolat jamur Endofit 1 belum dapat diidentifikasi karena belum ditemukannya ciri-ciri spesifik yang sesuai dengan genus jamur tertentu.



Gambar 16. Isolat jamur Endofit A3 (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia, 2) konidiofor, 3) hifa.

4. Jamur *Aspergillus* sp. 2 (Isolat A4)

Pengamatan secara makroskopis jamur *Aspergillus* sp. memiliki karakteristik koloni berbentuk bulat, arah pertumbuhan kesamping, margin rata, struktur miselium agak kasar, warna permukaan koloni hijau kecoklatan di bagian tengah dan putih kusam di bagian tepi. Warna dasar koloni coklat gelap di bagian tengah dan coklat susu di bagian tepi. Akmalasari (2013), jamur *Aspergillus* sp. memiliki ciri-ciri warna permukaan koloni hijau, pigmentasi koloni krem kehijauan, tipe pertumbuhan koloni menyebar dan tekstur permukaan koloni halus.

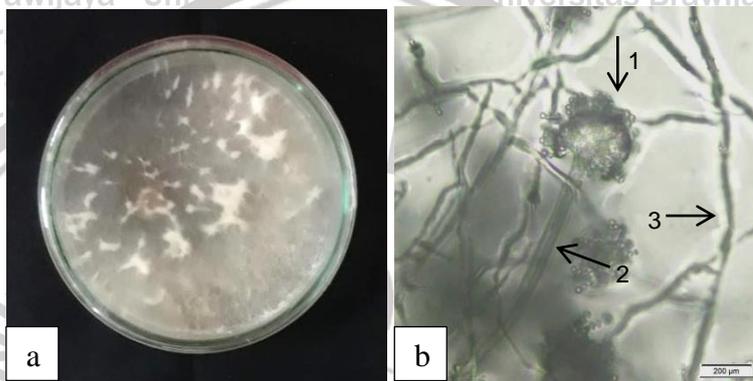


Gambar 17. Isolat jamur *Aspergillus* sp. (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia, 2) konidiofor, 3) hifa bersepta.

Jamur *Aspergillus* sp. secara mikroskopis memiliki hifa bersepta, hialin, bercabang dan diameter hifa 3 µm. Konidiofor hialin sampai berwarna kehitaman, tidak lurus, memiliki panjang 67 µm dan diameter 3 µm, sedangkan pada konidia berwarna gelap dan bentuknya seperti spatula (27 µm x 27 µm). Domsch dan Gams (1980), koloni *Aspergillus* sp. berwarna kuning, hijau kekuningan, hijau tua kebiruan, vesikel berbentuk bulat-elips, stipe berwarna kuning atau hialin, memiliki konidiofor, fialid dan konidia yang bersel 1, berbentuk bulat sampai elips.

5. Jamur *Aspergillus* sp. 3 (Isolat A5)

Pengamatan secara makroskopis pada jamur *Aspergillus* sp. menunjukkan koloni jamur berwarna putih kusam, arah pertumbuhan kesamping dan keatas, margin bergelombang, dan memiliki miselium yang sedikit kasar. Cyrilla *et al.* (2018), koloni *Aspergillus* sp. berbentuk filamen berwarna kuning kehijauan dan hitam, bertekstur beludru dengan konsistensi koloni kering. Didukung pernyataan Veronika *et al.* (2015), jamur *Aspergillus* sp. memiliki warna koloni putih kehijauan, bentuk oval, tekstur permukaan seperti kapas, halus, koloni balik putih kekuningan.

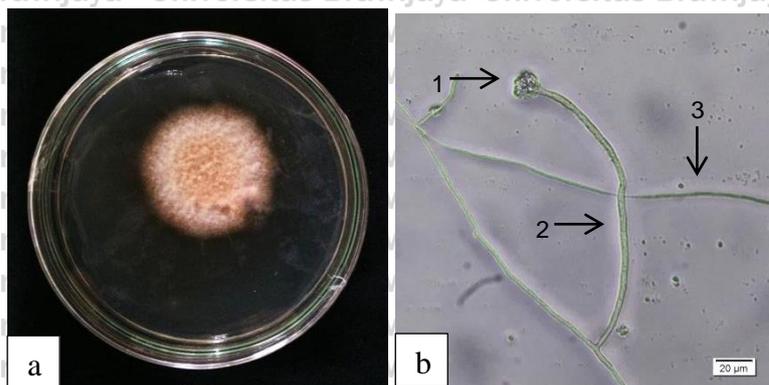


Gambar 18. Isolat jamur *Aspergillus* sp. (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia; 2) konidiofor, 3) hifa.

Jamur *Aspergillus* sp. secara mikroskopis memiliki hifa bersepta (57–314 μm), berwarna abu-abu, dan bercabang. Konidiofor lurus sampai melengkung, hialin, tidak bersekat, konidia berwarna abu-abu sampai hitam, panjang, berukuran 107 μm x 149 μm . Memiliki vesikel dan fialid. Artana *et al.* (2016), jamur *Aspergillus* sp. memiliki sel kaki, hifa bersepta, ujung dari hifa menegak kemudian menggelembung membentuk vesikel, terdapat sterigma, pada ujung sterigma terdapat konidia, konidia berbentuk bulat seperti bola berukuran 3,5 μm .

6. Jamur *Aspergillus* sp. 4 (Isolat A6)

Pengamatan secara makroskopis pada jamur *Aspergillus* sp. menunjukkan koloni berbentuk bulat, arah pertumbuhan kesamping, margin rata, struktur miselium agak kasar, memiliki lingkaran konsentris. Warna permukaan koloni orange muda dan putih kusam sedangkan warna dasar coklat gelap di bagian tengah dan orange di bagian tepi. Sukmawati *et al.* (2018), koloni *A. flavus* berwarna jingga kekuningan, miselium tebal dan bertekstur seperti seperti kapas. Didukung pernyataan Okoth *et al.* (2012), ciri positif yang menunjukkan *A. flavus* adalah adanya pigmentasi jingga kekuningan pada bagian belakang koloni.

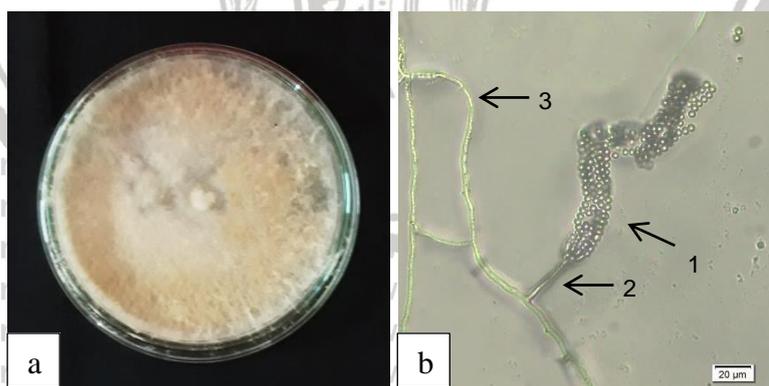


Gambar 19. Isolat jamur *Aspergillus* sp. (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia, 2) konidiofor, 3) hifa.

Jamur *Aspergillus* sp. secara mikroskopis memiliki morfologi hifa bersepta, bercabang dan hialin. Konidiofor melengkung, hialin, tidak bersekat, memiliki konidia berwarna abu kehijauan, panjang 72 µm, diameter 1,6 µm, sedangkan konidia hialin dan berbentuk seperti spatula. Sukmawati *et al.* (2018), ciri mikroskopis *A. flavus* yaitu tidak terdapat kepala konidia, stipe terlihat halus dan kasar, konidia ovoid dan halus.

7. Jamur *Penicillium* sp. 1 (Isolat A7)

Pengamatan secara makroskopis *Penicillium* sp. memiliki karakteristik koloni berbentuk bulat, arah pertumbuhan kesamping, margin rata, warna permukaan maupun dasar koloni adalah putih sampai krem, dan memiliki struktur miselium yang halus seperti kapas. Akmalasari *et al.* (2013), *Penicillium* sp. memiliki pigmentasi koloni kuning, tipe pertumbuhan koloni radial, dan tekstur permukaan koloni halus.



Gambar 20. Isolat jamur *Penicillium* sp. (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia, 2) konidiofor, 3) hifa.

Pengamatan mikroskopis menunjukkan morfologi hifa bersepta, berwarna kuning kehijauan yang terang, kasar dan bercabang. Memiliki konidiofor abu-abu kekuningan, tegak, mempunyai cabang yang disebut dengan metula, di atas

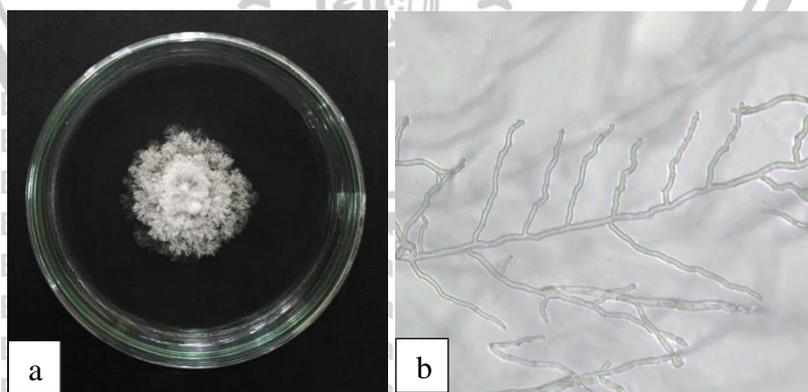
metula terdapat fialid (4 buah). Konidia berwarna abu-abu kehijauan, halus, berbentuk globuse (7–8 μm) yang saling bersambungan seperti rantai.

Purwantisari (2009), jamur *Penicillium* sp. memiliki morfologi mikroskopis berupa konidia bulat-selips, tekstur permukaan halus. Konidiofor berwarna hijau, halus, percabangan monovercillate, fialid silindris ramping dan tidak memiliki metula.

Didukung oleh Ilyas (2006), kapang *Penicillium* sp. secara mikroskopis memiliki bentuk konidiofor yang khas. Konidiofor muncul tegak dari miselium, sering membentuk sinnemata, dan bercabang mendekati ujungnya. Ujung konidiofor memiliki sekumpulan fialid dengan konidia berbentuk globus atau ovoid, tersusun membentuk rantai basipetal.

8. Jamur Endofit 2 (Isolat A8)

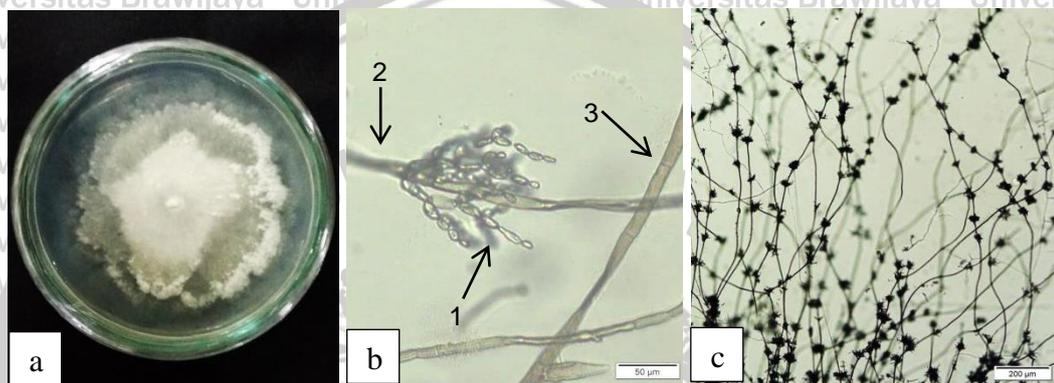
Pengamatan secara makroskopis jamur Endofit 2 memiliki koloni berbentuk *irregular* (tidak beraturan), arah pertumbuhan kesamping, margin *curled* (keriting), warna permukaan koloni putih, warna dasar koloni hitam kecoklatan di bagian tengah dan krem dibagian tepi. Struktur miselium agak kasar, ketebalan berbentuk raised dan terdapat lingkaran-lingkaran konsentris. Sedangkan pada pengamatan mikroskopis memiliki hifa tidak bersepta, berwarna abu-abu dan bercabang. Cabang pada hifa tumbuh seperti tulang daun yang menyirip dan berukuran 36–112 μm . Secara mikroskopis tidak ditemukan adanya konidia. Indri *et al.* (2013), jamur yang membentuk miselium rhizomorf tanpa spora atau konidia termasuk dalam kelompok miselia steril. Akibat keterbatasan ciri mikroskopis yang ada, isolat jamur Endofit 2 belum dapat diidentifikasi karena tidak ditemukannya ciri-ciri spesifik yang sesuai dengan genus jamur tertentu.



Gambar 21. Isolat jamur Endofit 2 (A8), (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) mikroskopis.

9. Jamur *Gonatobotryum* sp. (Isolat A9)

Pengamatan secara makroskopis jamur *Gonatobotryum* sp. memiliki koloni berbentuk *irregular* (tidak beraturan), arah pertumbuhan kesamping, margin *curled* (keriting), warna permukaan koloni putih kusam dengan konsistensi koloni agak basah, warna dasar koloni coklat gelap di bagian tengah dan krem dibagian tepi. Memiliki struktur miselium agak kasar, ketebalan berbentuk *raised* dan terdapat lingkaran-lingkaran konsentris. Gao *et al.* (2019), setelah diinkubasi pada suhu 25°C selama 7 hari, koloni *G. apiculatum* menjadi coklat kekuningan, sepie keabu-abuan di bagian sisi balik, 32-33 mm diam.

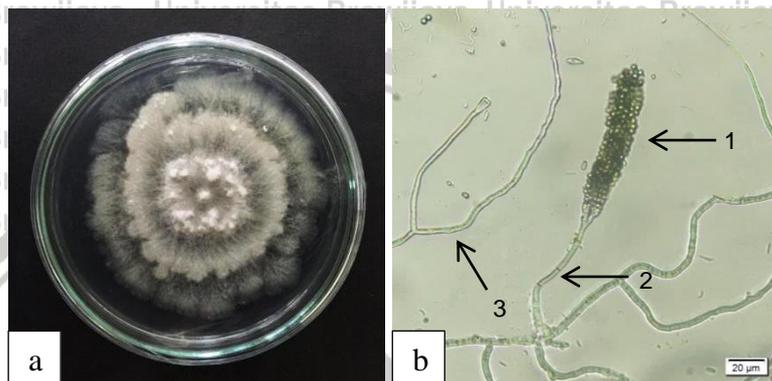


Gambar 22. Isolat jamur *Gonatobotryum* sp. (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia, 2) konidiofor, 3) hifa. (c) ciri khas konidiofor dan konidia *Gonatobotryum* sp.

Jamur *Gonatobotryum* sp. secara mikroskopis memiliki karakteristik berupa hifa bersepta, berwarna coklat dan bercabang. Konidiofor bersepta, gelap, panjang, tegak hingga melengkung, tidak bercabang dan memiliki ciri khas konidia yang tumbuh secara berurutan dalam satu konidiofor (Gambar 22c). Konidia bercabang, berantai, hialin hingga abu-abu, berbentuk globuse hingga silinder pendek (7–8 μm). Gao *et al.* (2019), jamur *G. apiculatum* memiliki ciri-ciri seperti konidiofor tegak atau lentur, bersepta, tidak bercabang, panjang 215–700 μm dan diameter 7–11 μm . Konidia hialin, oval hingga bulat, tidak bersepta, berukuran 5–11 x 3,5–5 μm . Didukung oleh pernyataan Barnett dan Hunter (1998), jamur *Gonatobotryum* sp. memiliki karakteristik konidiofor gelap, besar, jelas, berciri khas, simpel. Konidia gelap, bersel 1, berbentuk ovoid sampai silinder pendek, bercabang dan terdiri dari beberapa konidia. Jamur *Gonatobotryum* sp. hidup saprofit atau penyebab penyakit bercak pada Hamamelis.

10. Jamur *Penicillium* sp. 2 (Isolat A10)

Pengamatan secara makroskopis *Penicillium* sp. memiliki karakteristik koloni berbentuk radial, arah pertumbuhan kesamping, bentuk tepian *curled*, warna permukaan maupun dasar koloni adalah krem, dan memiliki struktur miselium yang agak kasar. Octriana (2011), *Penicillium* sp. memiliki miselium halus dan tipis seperti beludru, pertumbuhan koloni radial, dan berwarna hijau muda.

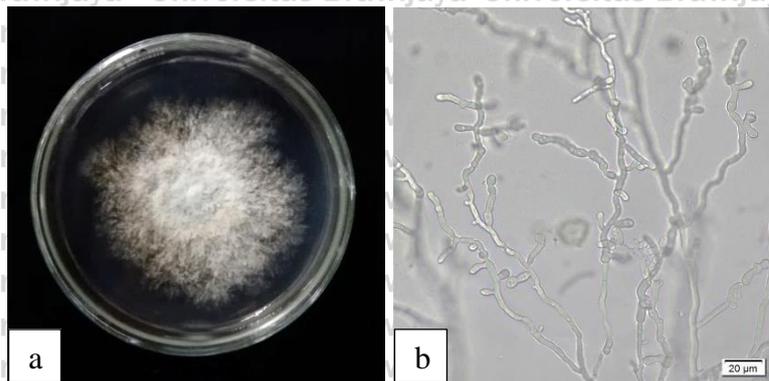


Gambar 23. Isolat jamur *Penicillium* sp. 2 (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia 2) konidiofor 3) hifa.

Pengamatan mikroskopis menunjukkan morfologi hifa bersepta, hialin, dan bercabang. Konidiofor hialin, melengkung, memiliki cabang yang disebut dengan metula, di atas metula terdapat fialid, dan diatas fialid terdapat konidia. Konidia berwarna kehijauan sampai gelap, globus, berantai dan berukuran 8 μm . Cyrilla *et al.* (2018), *Penicillium* sp. memiliki ciri-ciri mikroskopis konidia berwarna hijau keabuan, badan buah berbentuk seperti sapu dan konidiofor yang tersusun seperti rantai.

11. Jamur Endofit 3 (Isolat A11)

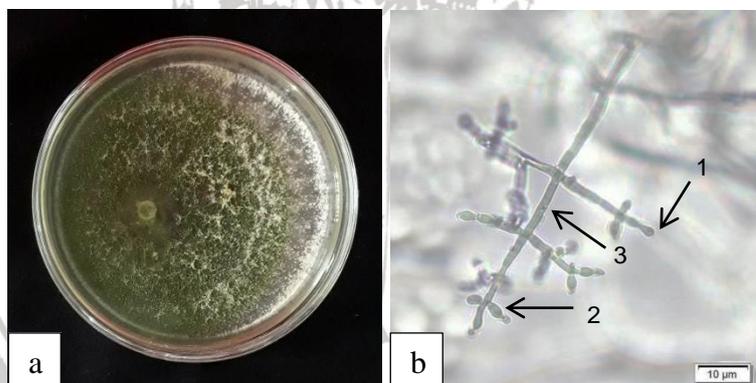
Pengamatan secara makroskopis jamur Endofit 3 memiliki koloni seperti serabut, arah pertumbuhan kesamping, margin bergelombang, warna permukaan koloni putih, warna dasar koloni putih sampai krem. Memiliki struktur miselium agak kasar, dan tidak terdapat lingkaran-lingkaran konsentris. Sedangkan pada pengamatan mikroskopisnya yang dilakukan selama 21 hari hanya ditemukan hifa yang memiliki ciri-ciri bersepta, berwarna abu-abu dan bercabang. Ciri yang paling umum pada hifa utama dan cabang hifa yaitu bagian ujung hifa memiliki bentuk lebih besar (seperti benjolan). Akibat keterbatasan ciri mikroskopis yang ditemukan, isolat jamur Endofit 3 belum dapat diidentifikasi karena belum ditemukannya ciri-ciri spesifik yang sesuai dengan genus jamur tertentu.



Gambar 24. Isolat jamur Endofit 3 (A11) (a) makroskopis, (b) mikroskopis hifa.

12. Jamur *Trichoderma* sp. (Isolat A12)

Pengamatan secara makroskopis terhadap jamur *Trichoderma* sp. menunjukkan karakteristik seperti koloni berbentuk bulat, arah pertumbuhan kesamping, tepian koloni rata, warna permukaan putih saat usia 1–3 hsi, dan berwarna hijau pada usia lebih dari 4 hsi, warna dasar hijau kekuningan. Memiliki struktur miselium berserabut, kasar dan berpasir dengan konsistensi koloni kering. Octriana (2011), secara makroskopis *Trichoderma* sp. memiliki miselium halus tebal seperti beludru, pertumbuhan koloni radial dengan pola cincin yang jelas, berwarna putih sampai hijau.



Gambar 25. Jamur *Trichoderma* sp. (a) koloni jamur dalam media PDA, (b) morfologi; 1) konidia, 2) fialid, 3) konidiofor.

Jamur *Trichoderma* sp. secara mikroskopis memiliki morfologi hifa bersepta, kehijauan, dan bercabang. Konidiofor kehijauan, lurus hingga melengkung, memiliki fialid, dan di atas fialid terdapat konidia. Konidia berwarna kehijauan dan berbentuk globus (3,6–4 µm). Suanda (2019), *Trichoderma* sp. memiliki hifa bewarna hijau, tangkai fialid pendek, konidia berwarna kehijauan berbentuk globuse, tumbuh di ujung, ada juga yang bergerombol. Fialid memiliki ukuran panjang $\pm 11,1$ µm dan cabang konidiofor panjangnya $\pm 13,4$ µm.

4.3 Uji Antagonis Jamur Endofit Terhadap Jamur Patogen *Cercospora* sp.

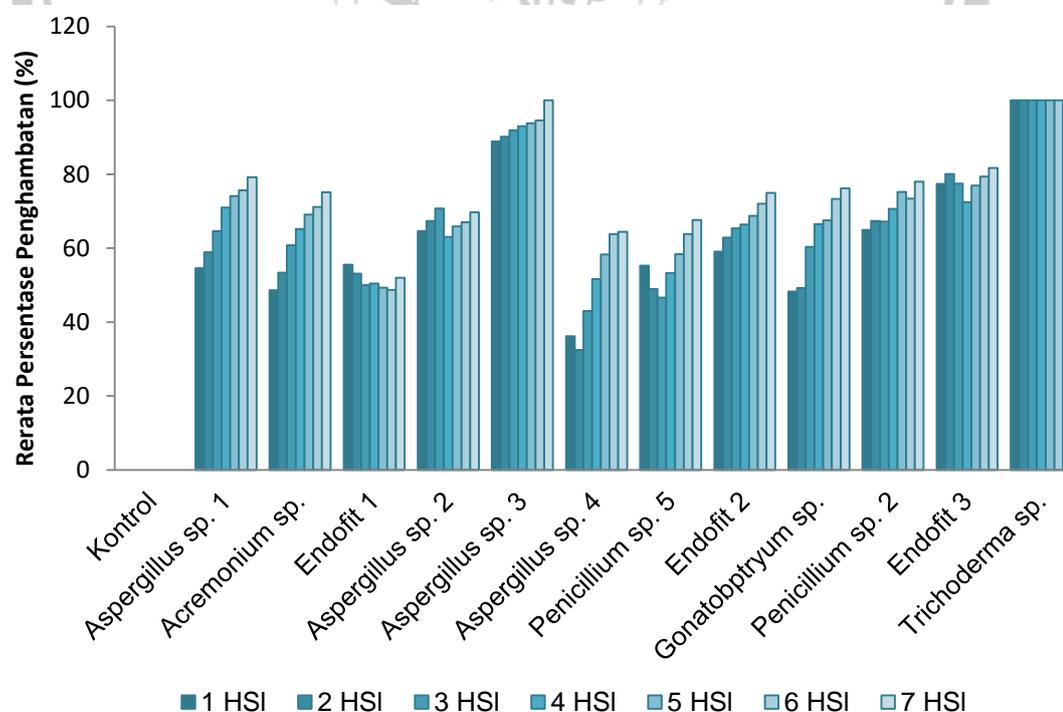
Secara *In Vitro*

Uji antagonis dilakukan untuk mengetahui potensi 12 isolat jamur endofit dalam menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur patogen *Cercospora* sp. penyebab penyakit bercak daun anggrek. Penghambatan pertumbuhan jamur diperoleh dari pengukuran R1 dan R2 miselium jamur patogen pada media PDA.

Hasil uji antagonis yang dilakukan selama 7 hsi menunjukkan 12 isolat jamur endofit memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur patogen *Cercospora* sp. (Gambar 26).

Soesanto, 2008 (*dalam* Hutabalian *et al.*, 2015), setiap agens hayati yang berbeda memiliki kemampuan dan mekanisme penghambatan tersendiri.

Tingkat laju hambatan dan tingkat keefektifan perlakuan jamur endofit dapat diamati berdasarkan nilai persentase hambatan. Tingkat hambatan jamur endofit dapat dikatakan tinggi apabila nilai persentase daya hambat lebih besar dari 50%. Khruedayu and Pilantanapak, 2012 (*dalam* Nuraini *et al.*, 2017), persentase penghambatan pertumbuhan dari jamur patogen dikategorikan sebagai berikut; <30% = aktivitas anti jamur rendah, 30 – <50% = aktivitas anti jamur sedang, 50 – <70% = aktivitas anti jamur tinggi, dan ≥70% = aktivitas anti jamur sangat tinggi.

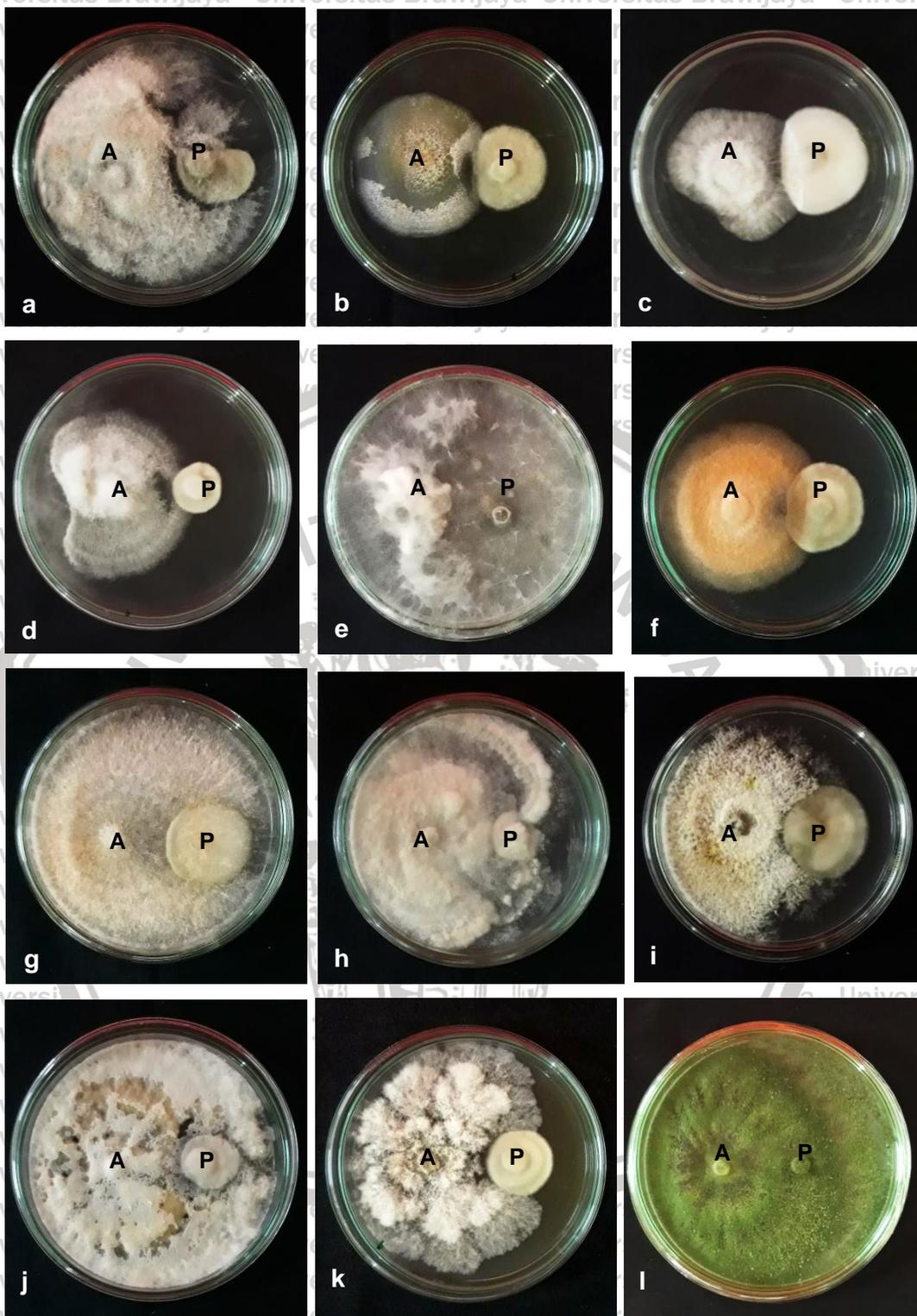


Gambar 26. Histogram rerata persentase penghambatan jamur endofit terhadap jamur patogen *Cercospora* sp. selama 7 HSI.

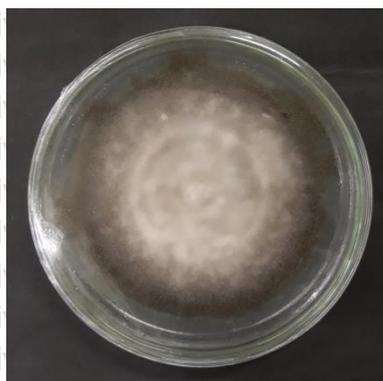


Secara umum seluruh perlakuan jamur endofit dapat menekan laju pertumbuhan dan perkembangan jamur patogen *Cercospora* sp.. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rerata persentase penghambatan jamur endofit yang berkisar antara 32,5–100%. Perlakuan jamur yang memiliki nilai rerata persentase penghambatan tertinggi (100%) adalah jamur *Trichoderma* sp. (A12) pada keseluruhan total hari pengamatan. Nilai tersebut menunjukkan keefektifan genus *Trichoderma* sp. dalam menghambat jamur patogen *Cercospora* sp. Menurut Sundari *et al.* 2014 (*dalam* Agustina *et al.*, 2019), daya hambat jamur *Trichoderma* sp. dapat mencapai 100% terhadap jamur patogen *Diplodia* sp.. Nilai rerata persentase penghambatan tertinggi (daya hambat 100%) yang kedua adalah jamur *Aspergillus* sp. 3 (A5) pada hari ke 7. Sedangkan rerata persentase penghambatan terendah (32,5%) terjadi pada jamur *Aspergillus* sp. 4 (isolat A6) dengan patogen *Cercospora* sp. pada hari ke 2-3 hsi.

Hasil pada histogram juga menunjukkan terdapat beberapa isolat jamur masuk dalam kategori hambatan tinggi (persentase penghambatan >50%) dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Cercospora* sp.. Jamur-jamur tersebut diantaranya adalah isolat A1 (*Aspergillus* sp. 1), A4 (*Aspergillus* sp. 2), A5 (*Aspergillus* sp. 3), A8 (Endofit 2), A10 (*Penicillium* sp. 2), A11 (Endofit 3), dan A12 (*Trichoderma* sp.). Hal tersebut menunjukkan setidaknya terdapat 7 dari 12 jamur endofit yang ditemukan dari jaringan anggrek *Dendrobium* efektif dalam menekan pertumbuhan patogen *Cercospora* sp..



Gambar 27. Hasil uji antagonis isolat jamur endofit terhadap jamur patogen *Cercospora* sp pada 7 HSI, (a) *Aspergillus* sp.1, (b) *Acremonium* sp., (c) Endofit 1, (d) *Aspergillus* sp.2, (e) *Aspergillus* sp.3, (f) *Aspergillus* sp.4, (g) *Penicillium* sp.1, (h) Endofit 2, (i) *Gonatotryum* sp., (j) *Penicillium* sp.2, (k) Endofit 3, (l) *Trichoderma* sp.



Gambar 28. Makroskopis jamur *Cercospora* sp. dengan perlakuan kontrol.

Keberhasilan jamur endofit sebagai agens antagonis dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *Cercospora* sp. juga dapat dilihat dari perbedaan ukuran rerata jari-jari antara jamur patogen *Cercospora* sp. tanpa perlakuan (kontrol) dengan jamur patogen *Cercospora* sp. dengan perlakuan jamur endofit.

Hal tersebut dibuktikan dengan nilai rerata jari-jari jamur patogen *Cercospora* sp. kontrol tumbuh sepanjang 3,2–3,8 cm pada usia 7 hsi sedangkan rerata jari-jari jamur patogen *Cercospora* sp. dengan perlakuan jamur endofit hanya tumbuh sepanjang 0,7–2,4 cm pada usia 7 hsi. Ukuran rerata jari-jari jamur patogen kontrol lebih tinggi dari jamur patogen dengan perlakuan. Selisih ukuran rerata jari-jari antara jamur patogen *Cercospora* sp. tanpa perlakuan (kontrol) dengan jamur patogen *Cercospora* sp. dengan perlakuan jamur endofit secara tidak langsung menunjukkan bahwa kecepatan pertumbuhan dari koloni jamur patogen *Cercospora* sp. mampu ditekan oleh koloni jamur endofit. Kecepatan pertumbuhan koloni jamur endofit merupakan indikator mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi dengan jamur patogen. Semakin cepat pertumbuhan jamur antagonis maka semakin efektif menekan pertumbuhan patogen. Menurut Djafaruddin, 2000 (*dalam* Amaria *et al.*, 2015), kecepatan pertumbuhan koloni jamur merupakan salah satu faktor penting yang menentukan potensinya sebagai agens biokontrol terhadap patogen.

Pengamatan mekanisme antagonis jamur endofit dilakukan secara makroskopis yaitu melalui pengamatan langsung pada biakan ganda (*dual culture*) oposisi langsung (Gambar 27). Pada gambar uji antagonis (Gambar 27) diduga jamur endofit yang diisolasi memiliki mekanisme penghambatan yang berbeda-beda. Penentuan jenis mekanisme penghambatan antara jamur patogen dengan jamur antagonis didasarkan pada kriteria yang dikemukakan oleh Trigiano dan Windham, 2008 (*dalam* Amaria *et al.*, 2015), menyatakan

bahwa mekanisme penghambatan jamur endofit dibagi menjadi 3 diantaranya, mekanisme penghambatan parasitisme, kompetisi dan antibiosis. Beberapa mekanisme penghambatan yang diduga dimiliki oleh ke-12 isolat dinyatakan sebagai berikut:

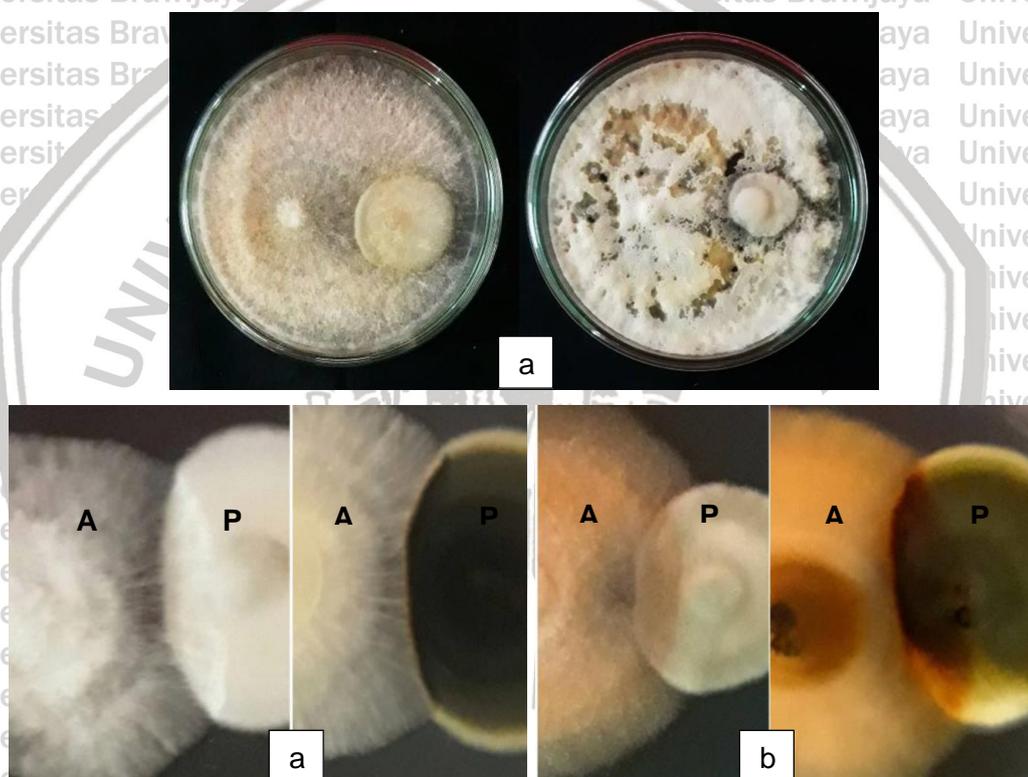
Tabel 5. Pendugaan jenis mekanisme penghambatan jamur antagonis terhadap patogen *Cercospora* sp. pada media PDA.

Kode Isolat	Jenis Jamur Endofit	Mekanisme Hambatan		
		Kompetisi	Parasitisme	Antibiosis
A1	<i>Aspergillus</i> sp. 1	+	-	-
A2	<i>Acremonium</i> sp.	+	-	-
A3	Endofit 1	-	+	-
A4	<i>Aspergillus</i> sp. 2	+	-	-
A5	<i>Aspergillus</i> sp. 3	+	+	-
A6	<i>Aspergillus</i> sp. 4	+	+	-
A7	<i>Penicillium</i> sp. 1	+	-	-
A8	Endofit 2	+	+	-
A9	<i>Gonatotryum</i> sp.	+	-	-
A10	<i>Penicillium</i> sp. 2	+	-	-
A11	Endofit 3	+	-	-
A12	<i>Trichoderma</i> sp.	+	+	-

Ket: + (memiliki mekanisme penghambatan), - (tidak memiliki)

Hasil pengamatan secara makroskopis menunjukkan hampir semua isolat jamur antagonis diduga mempunyai mekanisme penghambatan kompetisi kecuali pada isolat A3 (Endofit 1). Hal tersebut dapat ditunjukkan oleh Gambar 29a, dimana terdapat persaingan ruang dan nutrisi pada kedua jamur. Jamur endofit terlihat berukuran lebih besar dan memenuhi ruang media PDA. Seluruh isolat jamur endofit yang ditemukan diduga tidak memiliki mekanisme penghambatan antibiosis, tetapi terdapat beberapa isolat jamur endofit diduga memiliki lebih dari satu mekanisme penghambatan yaitu mekanisme penghambatan parasitisme dan kompetisi (Tabel 5). Jamur yang diduga memiliki dua mekanisme penghambatan adalah genus *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* dan 1 dari 3 genus jamur yang belum teridentifikasi. Jamur endofit dengan mekanisme kompetisi dapat dilihat dari koloni jamur antagonis yang mampu menutupi koloni patogen dan pertumbuhannya yang lebih cepat memenuhi cawan petri. Sedangkan jamur endofit yang diduga memiliki mekanisme parasitisme dapat dilihat dari adanya hifa jamur endofit yang tumbuh permukaan jamur patogen, baik permukaan atas ataupun permukaan bawah. Bagian jamur patogen yang ditumbuhi oleh jamur endofit pertumbuhannya terhenti dan hifanya menipis atau seperti terkikis (Gambar 29b) dan ada juga yang hifanya berubah warna mirip atau mengikuti jamur endofit yang berada disampingnya yaitu oranye (Gambar

29c). Sesuai dengan pernyataan Nuraini *et al.* (2017), isolat jamur endofit bertindak sebagai parasit jika hifa tumbuh di atas hifa jamur patogen. Genus-genus jamur yang ditemukan memiliki dua mekanisme penghambatan kompetisi dan parasitisme pada penelitian ini, juga pernah ditemukan pada penelitian Amaria *et al.* (2015), jamur *Trichoderma virens* dan *Hypocrea atroviridis* memiliki dua mekanisme penghambatan, yaitu mekanisme penghambatan kompetisi dan parasitisme. Juga pada penelitian Agustina *et al.* (2019), *Trichoderma asperellum* dan *Gliocladium* sp. membuat pertumbuhan jamur patogen *B. theobrome* terdesak dan tertutupi sehingga disebut sebagai mekanisme kompetisi dan parasitisme.



Gambar 29. Kenampakan makroskopis hasil uji antagonisme *Cercospora* sp. dengan beberapa jamur endofit (a) mekanisme penghambatan kompetisi (b) mekanisme penghambatan parasitisme Endofit 3 terhadap *Cercospora* sp. (c) Mekanisme penghambatan parasitisme *Aspergillus* sp. 4 terhadap *Cercospora* sp. (A) jamur antagonis (B) jamur patogen *Cercospora* sp.

4.4 Pembahasan Umum

Jamur endofit yang ditemukan pada setiap tanaman inang umumnya terdiri dari beberapa genus dan spesies yang berbeda. Keragaman jamur endofit pada anggrek *Dendrobium* yang ditemukan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti varietas yang digunakan, usia dan bagian tanaman, sejarah penggunaan

lahan serta metode budidaya yang digunakan. Nuraini *et al.* (2017); faktor abiotik yang mempengaruhi keberadaan jamur endofit adalah temperatur dan kelembapan pada tanah dan udara. Bukti menunjukkan bahwa faktor biotik dan abiotik dapat secara signifikan mempengaruhi keanekaragaman endofit dalam inang (Arnold & Herre 2003). Sebagai contoh metode budidaya tanaman anggrek organik dan anorganik akan memiliki tingkat keragaman jamur yang berbeda. Tanaman anggrek dengan metode anorganik tidak lepas dari penggunaan pestisida sintetis. Sedangkan senyawa yang terkandung dalam pestisida sintesis tidak hanya dapat membunuh organisme penyebab penyakit pada anggrek *Dendrobium* tetapi juga dapat membunuh atau mengurangi keberadaan makro dan mikroorganisme lain tak terkecuali jamur endofit. Suganda *et al.* 2007 (dalam Hapsari *et al.*, 2014), keberadaan jamur endofit serta variasi jenis isolatnya dipengaruhi oleh jenis tanaman inang, bagian tanaman dan lokasi.

Keanekaragaman jamur endofit pada tanaman anggrek *Dendrobium* adalah sebanyak 7 isolat yang ditemukan pada daun dan 5 isolat pada akar. Kedua belas isolat tersebut terdiri dari 5 genus berbeda diantaranya genus *Aspergillus*, *Acremonium*, *Penicillium*, *Gonatobotryum*, dan *Trichoderma*. Genus jamur *Penicillium* pada daun dan *Trichoderma* pada akar yang ditemukan pada penelitian ini juga ditemukan pada beberapa penelitian sebelumnya, Yuan *et al.* (2008), berhasil mengisolasi jamur *Penicillium* sp. dan *Penicillium griseofulvum* dari daun dan *Trichoderma* sp. dari akar anggrek *Dendrobium nobile*. Genus jamur *Acremonium* yang ditemukan pada penelitian juga ditemukan pada penelitian Chen *et al.* (2010), berhasil mengisolasi beberapa genus jamur endofit yang diperoleh dari 10 spesies anggrek *Dendrobium*. Genus jamur endofit yang berhasil ditemukan antara lain, *Acremonium*, *Alternaria*, *Ampelomyces*, *Bionectria*, *Cercophora*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Nigrospora*, *Pestalotopsis*, *Sclerotium*, *Streptomyces*, *Verticillium*, *Xylaria* dan *Trichoderma*. Sejalan juga dengan pernyataan Xing *et al.* (2013), spesies jamur endofit yang berhasil ditemukan pada anggrek *Dendrobium loddigesii* ada 3 antara lain, *Fusarium* sp., *Clonostachys rosea* dan *Trichoderma chlorosporum*.

Tabel 6. Rerata persentase daya hambat 12 isolat jamur endofit terhadap *Cercospora* sp. selama 7 hsi.

Jenis Jamur	Rerata Persentase Penghambatan (%) pada Pengamatan ke ... HSI						
	1	2	3	4	5	6	7
Kontrol	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 a
<i>Aspergillus</i> sp. 1	54,6 ± 14,5 cd	58,9 ± 9,1 cd	64,6 ± 6,1 de	71,0 ± 9,5 cd	74,1 ± 8,6 cd	75,7 ± 9,0 cd	79,2 ± 7,2 cd
<i>Acremonium</i> sp.	48,6 ± 13,4 bc	53,4 ± 15,7 c	60,8 ± 9,0 cd	65,2 ± 9,9 bc	69,1 ± 8,7 c	71,1 ± 7,3 c	75,2 ± 4,9 cd
Endofit 1	55,5 ± 5,3 cd	53,1 ± 1,7 c	50,0 ± 2,6 bc	50,5 ± 4,9 b	49,3 ± 4,6 b	48,7 ± 11,3 b	52,0 ± 12,2 b
<i>Aspergillus</i> sp. 2	64,6 ± 2,7 cde	67,4 ± 2,5 cde	70,7 ± 2,7 de	63,1 ± 19,2 bc	65,9 ± 19,0 c	67,0 ± 18,7 c	69,7 ± 15,1 cd
<i>Aspergillus</i> sp. 3	88,9 ± 19,2 ef	90,9 ± 17,0 ef	91,9 ± 8,2 f	93,1 ± 12,0 ef	93,8 ± 10,7 de	94,5 ± 9,5 de	100,0 ± 0,0 e
<i>Aspergillus</i> sp. 4	36,2 ± 9,1 b	32,5 ± 7,6 b	43,0 ± 6,6 b	51,6 ± 6,5 b	58,3 ± 5,7 bc	63,8 ± 3,6 c	64,5 ± 3,5 c
<i>Penicillium</i> sp. 1	55,3 ± 2,9 cd	49,0 ± 2,3 c	46,6 ± 1,4 b	53,3 ± 1,9 bc	58,4 ± 2,1 bc	63,9 ± 3,3 c	67,6 ± 3,4 cd
Endofit 2	59,1 ± 18,3 cd	62,9 ± 12,6 cd	65,4 ± 6,6 de	66,4 ± 1,9 bc	68,8 ± 1,4 c	72,0 ± 1,5 c	74,9 ± 1,4 cd
<i>Gonatotobryum</i> sp.	48,3 ± 9,5 bc	49,2 ± 12,2 c	60,4 ± 4,7 cd	66,5 ± 3,5 bc	67,6 ± 4,1 c	73,3 ± 2,5 cd	76,2 ± 3,7 cd
<i>Penicillium</i> sp. 2	65,0 ± 10,2 cde	67,4 ± 2,5 cde	67,2 ± 8,3 de	70,7 ± 6,1 cd	75,3 ± 6,4 cd	73,4 ± 7,8 cd	78,0 ± 4,0 cd
Endofit 3	77,4 ± 19,6 def	80,1 ± 17,2 def	77,5 ± 19,9 e	72,5 ± 23,8 cd	77,0 ± 20,1 cd	79,4 ± 18,0 cde	81,7 ± 15,9 d
<i>Trichoderma</i> sp.	100,0 ± 0,0 f	100,0 ± 0,0 f	100,0 ± 0,0 f	100,0 ± 0,0 f	100,0 ± 0,0 f	100,0 ± 0,0 f	100,0 ± 0,0 f

Ket: 1) Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf kesalahan 5%.

2) Data ditransformasi dalam bentuk ASINH (X) untuk kepentingan analisis.

Hasil rerata persentase penghambatan jamur endofit secara umum terdapat 7 isolat jamur endofit yang efektif sebagai agens antagonis, diantaranya isolat A1 (*Aspergillus* sp. 1), A4 (*Aspergillus* sp. 2), A5 (*Aspergillus* sp. 3), A8 (Endofit 2), A10 (*Penicillium* sp. 2), A11 (Endofit 3), dan A12 (*Trichoderma* sp.). Pada isolat A1 (*Aspergillus* sp. 1), A4 (*Aspergillus* sp. 2), A10 (*Penicillium* sp. 2) dan A11 (Endofit 3) memiliki jenis mekanisme penghambatan parasitisme saja. Dimana pertumbuhan 4 isolat jamur endofit lebih cepat dibandingkan jamur patogen sehingga menekan ruang dan nutrisi dari jamur patogen. Sedangkan pada isolat A5 (*Aspergillus* sp. 3), A8 (Endofit 2), dan A12 (*Trichoderma* sp.) memiliki mekanisme hambatan parasitisme dan kompetisi. Mekanisme parasitisme *Aspergillus* sp. 3, Endofit 2 dan *Trichoderma* sp. dengan terbentuknya cabang-cabang hifa jamur yang tumbuh menuju arah jamur *Cercospora* sp. Menurut Taufik, 2010 (dalam Agustina et al., 2019), *Trichoderma* sp. memiliki mekanisme yang dapat berkompetisi terhadap ruang dan makanan sehingga mampu menekan perkembangan jamur patogen pada tanah dan jaringan tanaman, mengumpulkan nutrisi organik, menginduksi ketahanan dan inaktivasi enzim patogen. Adapun hal tersebut dapat menekan pertumbuhan dari jamur patogen dengan melilit hifa patogen, dapat mengeluarkan enzim β -1,3 glukonase dan kitinae yang bisa menembus dinding sel inang. Didukung pernyataan Alfizar (2013), *Trichoderma* sp. dapat menghambat pertumbuhan *Cercospora capsici*, *Fusarium* sp., dan *Sclerotium rolfsii* secara invitro. Artinya banyak manfaat dari genus *Trichoderma* dapat menghambat jamur patogen yang menyebabkan penyakit pada beberapa tanaman.

Berdasarkan data rerata persentase penghambatan diperoleh menunjukkan isolat jamur A12 (*Trichoderma* sp.) memiliki pengaruh berbeda nyata lebih tinggi dari isolat A3 (Endofit 1) dan A6 (*Aspergillus* sp. 4), namun tidak berbeda nyata dengan isolat A5 (*Aspergillus* sp. 3) dan A11 (Endofit 3). Isolat A3 (Endofit 1) dan A6 (*Aspergillus* sp. 4) merupakan isolat yang memiliki rerata persentase daya hambat patogen sedang (lebih dari 30% tetapi kurang dari 50%), sehingga tidak efektif digunakan sebagai agens antagonis menggantikan fungisida sintetik dalam mengendalikan patogen *Cercospora* sp. penyebab bercak daun *Cercospora* pada anggrek. Sedangkan pada isolat A5 (*Aspergillus* sp. 3), A11 (Endofit 3), dan A12 (*Trichoderma* sp.) memiliki rerata persentase hambatan berada diatas 70% pada total keseluruhan hari, yang berarti masuk dalam kategori daya hambat patogen sangat tinggi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Jamur endofit yang berhasil diisolasi dari daun dan akar tanaman anggrek sebanyak 12 isolat, yang terdiri dari 5 genus diantaranya *Aspergillus*, *Acremonium*, *Penicillium*, *Gonatotryum*, dan *Trichoderma*.
2. Jamur endofit yang secara keseluruhan efektif digunakan sebagai agens antagonis adalah jamur *Aspergillus* sp. 1, *Aspergillus* sp. 2, *Aspergillus* sp. 3, Endofit 2, *Penicillium* sp. 2, Endofit 3 dan *Trichoderma* sp..
3. Jamur endofit yang memiliki persentase hambatan paling tinggi 100.0% adalah *Aspergillus* sp. 3 dan *Trichoderma* sp. sedangkan paling rendah adalah *Aspergillus* sp. 4 dengan persentase hambatan 32.5%.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian antagonisme jamur endofit terhadap penyakit bercak daun *Cercospora* tanaman anggrek *Dendrobium* pada skala lapang. Selain itu perlu dilakukan identifikasi jamur secara molekuler agar diketahui jenis jamur hingga tingkat spesies, dan diketahui jenis mekanisme penghambatan isolat jamur endofit yang ditemukan

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 1997. Plant Pathology. 4th Ed. Academic Press. New York, USA. p 635.
- Agusta, A. 2009. Biologi dan Kimia Jamur Endofit. Institut Teknologi Bandung Press. Bogor.
- Agustina, D. Unun T., Mutia E., & Rudi C. 2019. Potensi Jamur Antagonis dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur Botryodiplodia Theobromae Penyebab Penyakit Busuk Batang pada Tanaman Jeruk. Jurnal Agronida, 5(1): 1–6.
- Akmalasari, I., Endang S. P., dan Ratna St. D. 2013. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Tanaman Manggis (*Garcinia mangostana* L.). Biosfera, 30(2): 82–89.
- Alfizar, Marlina, Susanti F. 2013. Kemampuan Antagonis *Trichoderma* sp. Terhadap Beberapa Jamur Patogen In Vitro. Jurnal Floratek, 8: 45–51.
- Amaria, W., R. Harni dan Samsudin. 2015. Evaluasi Jamur Antagonis dalam Menghambat Pertumbuhan *Rigidoporus micropus* Penyebab Penyakit Jamur Akar Putih pada Tanaman Karet. J. TIDP, 2(1): 5160.
- Araujo W.L., Marcon J., Maccheroni J.W., Van Elsas J.D., Van Vuurde J.W., Azevedo J.L. 2002. Diversity of Endophytic Bacterial Populations and Their Interaction with *Xylella fastidiosa* in Citrus Plants. Appl Environ Microbiol, 68 (10): 4906–4914.
- Arnold A.E., Herre E.A. 2003. Canopy Cover And Leaf Age Affect Colonization by Tropical Fungal Endophytes: Ecological Pattern and Process in *Theobroma Cacao* (Malvaceae). Mycologia 95: 388–398.
- Artana, I., Ib.G Darmayasa., & Meitini W. P. 2016. Daya Hambat Ekstrak Kasar Daun Kaliandra (*Calliandra calothyrsus* Meissn.) Terhadap Jamur Kontaminan pada Pakan Konsentrat Ayam Ras Pedaging. Jurnal Simbiosis, 4(2): 31–38.
- Barnett, H.L. dan B.B. Hunter. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgess Publishing Company. USA.
- Batchelor, Stephen R. 2016. Orchid Culture-16, Diseases, Part 2: The Flagrant Fungi. <https://staugorchidsociety.org/PDF/AOS16-Diseases2.pdf>. Diakses Tanggal: 23 Desember 2018, pukul 22.00 WIB.
- Bayman P., Lebrón L., Tremblay R., and Lodge D. 1997. Variation in Endophytic Fungi from Roots and Leaves Of *Lepanthes* (*Orchidaceae*). New Phytol, 135:143–149.
- Bills FG. 1997. Isolation and Analysis of Endophytic Fungal Communities from Woody Plants. in Endophytic Fungi in Grasses and Woody Plants. Scott c. Redlin and Lori m. Carris (eds). APS Press, St Paul. 31–66 pp.
- Chen, J., Ke-Xing H., Xiao-Qiang H., and Shun-Xing G. 2010. Endophytic Fungi Assemblages from 10 Dendrobium Medicinal Plants (*Orchidaceae*). World J Microbiol Biotechnol, 27:1009–1016.
- Clay, K. 1988. Fungal Endophytes of Grasses: A Defensive Mutualism Between Plants and Fungi. Ecology, 69(1): 10–16.

Cyrilla, L., Durroh H., & Frieti V. 2018. Isolasi dan Identifikasi Jamur *Aspergillus* sp. pada Sumur di Desa Sanan Kabupaten Tulungagung dengan Metode Pengenceran. Kediri. Prosiding Seminar Nasional Sains, Teknologi dan Analisis Ke-1, 156–60.

Deacon, J. W. 1997. *Modern Mycology*. 3d ed. Blackwell Science-Verlag. Berlin Heidelberg, Germany. p 288.

Direktorat Perlindungan Holtikultura. 2017. OPT Anggrek Ke 2. http://ditlin.hortikultura.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=186&Itemid=238. Diakses Tanggal: 23 Desember 2018, pukul 20.10 WIB.

Domsch, K.H and W. Gams. 1980. *Compendium of Soil Fungi Volume 1*. Academic Press. London.

Dressler, R. and C. Dodson. 2000. Classification and Phylogeny in Orchidaceae. *Annals of the Missouri Botanic Garden*, 47: 25–67.

Fajriyah, H.N. 2011. Keberadaan Fungi Mikoriza di dalam Jaringan Akar *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl. Universitas Indonesia Press. Depok.

Gandjar, I., R.A. Samson, K.V. den Tweel-Vermeulen, A. Oetari, & I. Santoso. 1999. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Yayasan Obor Indonesia, 27–83.

Gao, L., Hai F.L., Zheng X.S., Xiao Y.D. & Jian X.D. 2019. Identification and Characterization Of *Gonatobotryum apiculatum* Causing Leaf Spot and Blight on *Sinowilsonia henryi*. *Journal Mycobiology*, 1–5.

Halmschlager, E., Butin H., Donaubaue E. 1993. Endophytic Fungi in Leaves and Twigs of *Quercus petraea*. *Eur J For Pathol*, 23: 51–63.

Hapsari, R.T., Syamsuddin D., & Abdul C. 2014. Keanekaragaman Jamur Endofit Akar Kangkung Darat (*Ipomoea Reptans* Poir.) pada Lahan Pertanian Organik dan Konvensional. *Jurnal Hpt*, 2(1): 1–10.

Hartati, S. dan Darsana L. 2014. Karakterisasi Anggrek Alam secara Morfologi dalam Rangka Pelestarian Plasma Nutfah. *Jurnal Agron Indonesia*, 43(2): 133–13.

Herawati, Desi., Syamsuddin Djauhari dan Abdul Cholil. 2015. Eksplorasi Jamur Endofit pada Daun Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.) dan Uji Antagonis Terhadap Jamur *Fusarium oxysporum*. *Jurnal HPT*, 3(3): 96–103.

Hidayah, H. N., dan Illa A. 2015. Identifikasi Penyebab Penyakit Bercak Merah pada Bibit Jabon Merah (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil) di Persemaian Permanen Kima Atas, Balai Penelitian Kehutanan Manado. *Jurnal WASIAN*, 2(2): 73–78.

Hutabalian, M., M. I. Pinem., Dan S. Oemry. 2015. Uji Antagonisme Beberapa Jamur Saprofit dan Endofit dari Tanaman Pisang Terhadap *Fusarium oxysporum* F.Sp. Cubens di Laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(2): 687–695.

Iffaf, Astrid Febriani. 2017. Identifikasi Penyakit yang Disebabkan oleh Jamur yang Terdapat pada Tanaman Cabai (*Capsicum Annum* L.) di Kabupaten Kepulauan Selayar. *Jurnal Teknosains*, 11(2): 158–163.

- Ilyas, M. 2006. Isolasi dan Identifikasi Kapang pada Relung Rizozfir Tanaman di Kawasan Cagar Alam Gunung Mutis, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Biodiversitas*, 7(3): 216–220.
- Indratmi, D. 2000. Kajian Pengendalian Hayati Penyakit Antraknosa pada Buah Mangga dan Apel dengan Khamir *Debaromyces* sp. dan *Schizosaccaromyces* sp. Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang.
- Irvanto, David. 2017. Isolasi Orchid Mycorrhiza pada Anggrek *Phalaenopsis amabilis*. Universitas Bandar Lampung Press. Lampung.
- Kartikaningrum, Suskandari., Dyah Widiastoety dan Kusumah Effendie. 2004. Karakterisasi Tanaman Hias: Anggrek dan Anthurium. Departemen Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Komisi Nasional Plasma Nutfah. Bogor.
- Khastini, Rida Oktorida. 2016. Cendawan Endofit Akar Asal Mangrove Cagar Alam Pulau Dua Banten. Unitirta Press. Serang.
- Khaterine dan Rina S. 2016. Uji Antagonisme Tiga Isolat Fungi Endofit Anggrek Bulan Terhadap *F. Oxysporum* Secara *In Vitro*. *Biogenesis*, 4(1): 47–52.
- Kumala, S. and E. B. Siswanto. 2007. Isolation and Screening of Endophytic Microbes from *Morinda citrifolia* and Their Ability to Produce Anti-Microbial Substances. *Microbiology Indonesia*, 1(3): 145–148.
- Kuncoro, Hadi. dan Noor Sugianto. 2011. Jamur Endofit, Biodiversitas, Potensi dan Prospek Penggunaannya sebagai Sumber Bahan Obat Baru. *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry*, 1(3): 250–265.
- Lelana, N. E., I. Anggraeni, dan N. Mindari. 2013. Uji Antagonis *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* spp. Terhadap *Fusarium* sp. Penyebab Penyakit Rebah Kecambah pada Sengon. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12(1): 23–28.
- Linda, R., Siti K., & Elfiyanti. 2011. Aktivitas Ekstrak Daun Ketepeng Cina (*Cassia alata* Linn.) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Cercospora personatum*. *Jurnal Biopropal Industri*, 02(01): 1–7.
- Ma, X., Jichuan K., Sureeporn N., Tingchi W., and Kevin D. 2015. Non-Mycorrhizal Endophytic Fungi from Orchids. *Current Science*. Vol.108.
- Mangunwardoyo, W., Suciati and Indrawati G. 2011. Frequency of Endophytic Fungi Isolated from *Dendrobium crumenatum* Sw. (Pigeon Orchid) and Antimicrobial Activity. *Biodiversitas*, 13(1): 34–39.
- Maor, S., Haskin H., Levi-Kedmi A., and Sharon. 2004. In Planta Production of Indole-3-Acetic Acid by *Colletotrichum gloeosporioides* F. Sp. *Aeschynomene*, *Appl. Environ. Microbiol*, 70: 852–854.B.
- McMillan RT, Palmateer AJ, and Vendrame WA. 2008. *Cercospora* Leaf Spot Caused by *Cercospora dendrobii* on *Dendrobium antennatum* Lindl. and its Control. Fort Lauderdale (US): Florida State. Horticultural Society. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 12(1): 1–4.
- Michereff, S.J., Martins, R.B., Noronha, M.A., and Machado, L.P. 2011. Sample Size for Quantification of *Cercospora* Leaf Spot in Sweet Pepper. *Journal of Plant Pathology*, 93(1): 183–186.

- Motaal, F.F.A., M.S.M. Nassar, S.A. ElZayat, M.A. El-Sayed and S.Ito. 2010. Antifungal Activity of Endophytic Fungi Isolate from Egiptian Henbane (*Hyoscymus muticulus*). Pak. J. bot, 42(4): 2883–2894.
- Muhibuddin, A., L. Addina., A. L. Abadi., dan A. Ahmad. 2011. Biodiversity of Soil Fungi on Integrated Pest Management Farming System. Agrivita, 33(22): 111–118.
- Murali T.S., Suryanarayanan T.S., Venkatesan G. 2007. Fungal Endophyte Communities in Two Tropical Forests of Southern India: Diversity and Host Affiliation. Mycological Progress, 6: 191–199.
- Nguanhom, J., Ratchadawan C., Johannes Z. G., Uwe B., Chaiwat T. & Pedro W. 2015. Taxonomy And Phylogeny of *Cercospora* Spp. From Northern Thailand. Jurnal Phytotaxa, 233(1): 027–048.
- Noverita, D. Fitria dan E. Sinaga. 2009. Isolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit dari Daun Rimpang *Zingiber ottensiin* Val. Jurnal Farmasi Indonesia, 4(4): 171–176.
- Nuraini, S. Ratna S., Ari S. 2017. Screening and Characterization of Endophytic Fungi as Antagonistic Agents Toward *Fusarium oxysporum* On Eggplant (*Solanum melongena*). Jurnal Biodiversitas, 18(4): 1377–1384.
- Octriana, Liza. 2011. Potensi Agen Hayati dalam Menghambat Pertumbuhan *Phyitium* sp. Secara In Vitro. Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika. Buletin Plasma Nutfah, 17(2): 138–142.
- Okane I., Lumyong S., and Nakagiri A. 2003. Extensive Host Range of an Endophytic Fungus, *Guignardia endophyllicola* (anamorph: *Phyllosticta capitalensis*). Mycoscience, 44: 353–363.
- Okoth, S. A., Nyongesa, B., Joutsjoki, V., Korhonen, H., Ayugi, V., & Kang, E. K. 2012. Toxigenic Potential Of *Aspergillus* Species Occurring on Maize Kernels From Two Agro-Ecological Zones in Kenya. Toxins, 4(11): 991–1007.
- Park, S., Thuong T., & Hyang B. 2017. Characterization of Two Species of *Acremonium* (Unrecorded In Korea) From Soil Samples: *A. varicolor* And *A. persicinum*. Jurnal Mycobiology, 45(4): 353-361.
- Parthibhan, S., Mandali V., and Thiruppathi S. 2017. Culturable Fungal Endophytes in Shoots of *Dendrobium aqueum* Lindley – an Imperiled Orchid. Ecological Genetics and Genomics 3(5): 18–24.
- Petrini, O., Sieber T.N, Toti L, dan Viret O. 1992. Ecology Metabolite Production and Substrate Utilization in Endophytic Fungi. Natural Toxins, 1: 185-196.
- Prasetyoputri, A. dan Atmosukarto, I. 2006. Mikroba Endofit: Sumber Molekul Acuan Baru yang Berpotensi. BioTrends, 1(2): 13–15.
- Prianggodo, J. 2015. Asosiasi Jamur Mikoriza pada Akar Anggrek *Calanthe pulchra*, *Cryptostylis javanica*, dan *Goodyera rubicunda* di Kebun Raya Baturaden. Yogyakarta. Jurusan Biologi Universitas Negeri Yogyakarta.
- Purwantisari, S. & Rini B. Isolasi dan Identifikasi Jamur Indigenous Rhizosfer Tanaman Kentang dari Lahan Pertanian Kentang Organik di Desa Pakis, Magelang. Jurnal Bioma, 11(2): 45-53.

Purwanto, Arie Wijayani. 2016. Anggrek: Budidaya dan Pebanyakan. LPPM UPN Veteran Yogyakarta Press. Yogyakarta.

Rachmawati T. A., Sucipto H., dan Hery P. 2016. Keanekaragaman Morfologi Bunga pada Spesies Anggrek dalam Genus *Dendrobium*. Universitas Airlangga Press. Surabaya.

Reddy P.P. 2010. Plant Protection in Horticulture. Volume 2, Fungal Diseases and their Management. Jodhpur (IN). Scientific Publishers.

Rodriguez R.J., White J.F. JR., Arnold A.E., Redman R.S. 2009. Fungal Endophytes: Diversity and Functional Roles. *New Phytol*, 182: 314–330.

Saha, D. and Rao, A.N. 2006. Studies on Endophytic Mycorrhiza of Some Selected Orchids of Arunachal Pradesh-1. Isolation and Identification. *Bulletin of Arunachal Forest Research*, 22 (1&2): 9–16.

Sari, A. R., & Endang K., Mg Isworo R. 2017. Produksi Selulase oleh Kapang *Aspergillus* Sp. Hasil Isolasi dari Limbah Pengolahan Sagu (*Metroxylon* sp.) dengan Variasi Konsentrasi Inokulum pada Fermentasi Terendam Statis. *Jurnal Biologi*, 6(1): 11–20.

Sawmya, K., Thanvanthri G., and Thokur S. 2013. Fungal Endophytes from Two Orchid Species – Pointer Towards Organ Specificity. *Czech Mycology*, 65(1): 89–101.

Shodhganga. 2012. History of Orchids and Anthuriums. http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/6369/1/11_11_chapter%20.pdf. Diakses Tanggal: 21 Desember 2018, pukul 08.03 WIB.

Simanjuntak, N., Siti K., & Riza L. 2015. Keanekaragaman Kapang Udara di Ruang Perkuliahan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak. *Jurnal Protobiont*, 4(2): 55–62.

Singarimbun, Masri. 1995. Metode Penelitian Survey. LP3ES. Jakarta.

Stone, J. K., Bacon, C. W., and White, J. F. 2000. An Overview of Endophytic Microbes: Endophytism Defined. Pages 3-30. *In* A. Microbial Endo-phytes, C. W. Bacon, and J. F. White (ed.). Marcel Dekker, New York.

Suanda, Wayan. 2019. Karakterisasi Morfologis *Trichoderma* sp. Isolat Jb dan Daya Hambatnya Terhadap Jamur *Fusarium* sp. Penyebab Penyakit Layu dan Jamur Akar Putih pada Beberapa Tanaman. *Widya Biologi*, 10(02): 99–142.

Sukmawati, D., Priyo W., Sri R., Moersilah, Tri H., K. Yoswita R., & Sherly I. 2018. Skrining Kapang *Aspergillus* spp. Penghasil Aflatoksin pada Jagung Pipilan di Daerah Bekasi, Jawa Barat. *Journal Of Biology*, 11(2): 151–162.

Sulastri, Sri., Muhammad Ali, dan Fifi Puspita. 2014. Identifikasi Penyakit yang Disebabkan oleh Jamur dan Intensitas Serangannya pada Tanaman Cabai (*Capsicum Annum* L.) di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Riau. Universitas Riau Press. Pekanbaru.

Suryanarayanan T.S., Thirunavukkarasu N., Govindarajulu M.B., Sasse F., Jansen R, Murali T.S. 2009. Fungal Endophytes and Bioprospecting. *Fungal Biol Rev*. 23(12): 9–19.

Suardani, Nita Wahyu., Purnomowati, Eddy Tri Sucianto. 2014. Kajian Penyakit yang Disebabkan oleh Cendawan pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum*

- annum L.) di Pertanaman Rakyat Kabupaten Brebes. *Scripta Biologica*, 1(3): 223–226.
- Tantawi, A.R. dan Lisnawita. 2010. Penangkapan Konidium *Cercospora nicotianae* dengan Alat Penangkap Spora di Perkebunan Tembakau Cerutu. *Jurnal Pertanian & Biologi. Agrobio*, 2(2).
- Tsavkelova, Y.S., Klimova T.A., Cherdyntseva A.I., and Netrusov. 2006. Microbial Producers of Plant Growth Stimulators and Their Practical Use: A Review, *Appl. Biochem. Microbiol*, 42:133–143.
- Tudzynski, A. and Sharon. 2002. Biosynthesis, Biological Role and Application of Fungal Hormones, in: H.D. Osiewacz (Ed.), *The Mycota X: Industrial Applications*. Springer–Verlag, Berlin–Heidelberg.
- Veronika., Mukarlina., & Riza L. 2015. Jamur yang Diisolasi dari Daun dan Batang Bergejala Sakit pada Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) di Kabupaten Sanggau. *Jurnal Protobiont*, 4(3): 41–48.
- Watanabe T. 2002. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species* Second Edition. CRC Press, USA.
- Watanabe, Tsuneo. 2002. *Pictorial Atlas Of Soil And Seed Fungi: Morphologies Of Cultured Fungi And Key To Species*. United States Of America.
- Widiastoety, D., Nina S., dan Muchdar S. 2010. Potensi Anggrek *Dendrobium* dalam Meningkatkan Variasi dan Kualitas Anggrek Bunga Potong. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(3): 101–106.
- X, Xing. X, Ma. Z, Deng. J, Chen. F, Wu. S, Guo. Specificity and Preference of Mycorrhizal Associations in Two Species of The Genus *Dendrobium* (*Orchidaceae*). *Mycorrhiza*, 23: 317–324.
- Yuan, Z., Yi-cun C., and Yun Y. 2008. Diverse Non-Mycorrhizal Fungal Endophytes Inhabiting an Epiphytic, Medicinal Orchid (*Dendrobium nobile*): Estimation and Characterization. *World J Microbiol Biotechnol*, 25:295–303.
- Yullia, T. 2011. *Petunjuk Praktis Bertanam Cabai*. Agro Media Pustaka. Jakarta.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen *Cercospora* sp. pada 1 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%
Perlakuan	12	65,97	5,49	132,27	2,15	2,96
Galat	26	1,08	0,04			
Total	38	67,06				

Lampiran 2. Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen *Cercospora* sp. pada 2 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%
Perlakuan	12	66,83	5,56	183,67	2,15	2,96
Galat	26	0,78	0,03			
Total	38	67,62				

Lampiran 3. Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen *Cercospora* sp. pada 3 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%
Perlakuan	12	67,42	5,62	440,63	2,15	2,96
Galat	26	0,33	0,01			
Total	38	67,75				

Lampiran 4. Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen *Cercospora* sp. pada 4 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%
Perlakuan	12	67,79	5,64	233,98	2,15	2,96
Galat	26	0,62	0,02			
Total	38	68,41				

Tabel Lampiran 5. Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen *Cercospora* sp. pada 5 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%
Perlakuan	12	68,81	5,73	309,59	2,15	2,96
Galat	26	0,48	0,01			
Total	38	69,29				

Tabel Lampiran 6. Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen *Cercospora* sp. pada 6 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%
Perlakuan	12	69,55	5,79	287,75	2,15	2,96
Galat	26	0,52	0,02			
Total	38	70,08				

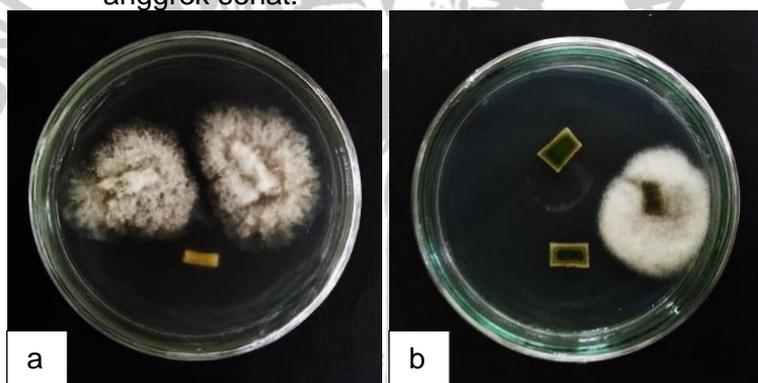
Lampiran 7. Analisa ragam persentase penghambatan jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen *Cercospora* sp. pada 7 HSI.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%
Perlakuan	12	68,81	5,73	309,59	2,15	2,96
Galat	26	0,48	0,01			
Total	38	69,29				

Tabel Lampiran 8. Uji Patogenisitas jamur endofit pada daun anggrek sehat.



Tabel Lampiran 9. Isolasi jamur endofit pada akar (a) dan daun (b) tanaman anggrek sehat.



Tabel Lampiran 10. Isolasi jamur *Cercospora* sp. pada daun tanaman anggrek terinfeksi bercak daun *Cercospora*.

