

**KEANEKARAGAMAN CENDAWAN ENDOFIT ANGGREK
EPIFIT *COELOGYNE PANDURATA* LINDL. DAN ANGGREK
TANAH *GEODORUM DENSIFLORUM* (LAM.) SCHLTR.,
SERTA POTENSINYA SEBAGAI HERBISIDA**

NADIYA DWI RAHAYU



**PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Keanekaragaman Cendawan Endofit Anggrek Epifit *Coelogyne pandurata* Lindl. dan Anggrek Tanah *Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr., serta Potensinya Sebagai Herbisida” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2024

Nadiya Dwi Rahayu
NIM. G3501201007

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

NADIYA DWI RAHAYU. Keanekaragaman Cendawan Endofit Anggrek Epifit *Coelogyne pandurata* Lindl. dan Anggrek Tanah *Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr., serta Potensinya Sebagai Herbisida. Dibimbing oleh NAMPIAH SUKARNO, MOHAMAD RAFI dan SRI LISTIYOWATI.

Anggrek hitam Kalimantan (*Coelogyne pandurata* Lindl.) dan anggrek tanah merah muda (*Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr.) merupakan anggrek langka yang digunakan sebagai tanaman hias dan berperan penting dalam bidang hortikultura dan juga bidang kesehatan. Anggrek bergantung pada cendawan simbiosis mutualistik, seperti cendawan endofit dan mikoriza pada sebagian atau pun seluruh fase hidupnya. Cendawan endofit memiliki kemampuan untuk menghasilkan metabolit sekunder yang mampu menginduksi ketahanan tanaman inang terhadap berbagai cekaman abiotik dan biotik. Metabolit sekunder yang diproduksi oleh cendawan endofit dapat digunakan pada bidang pertanian, di antaranya ialah sebagai senyawa herbisida. Namun, belum terdapat laporan mengenai keberadaan cendawan endofit yang diisolasi dari organ tanaman anggrek *C. pandurata* Lindl. dan *G. densiflorum* (Lam.) Schltr., serta potensinya sebagai penghasil senyawa herbisida. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis keanekaragaman cendawan endofit yang mengkolonisasi berbagai organ kedua tanaman anggrek, serta potensinya sebagai penghasil senyawa herbisida.

Cendawan diisolasi dari akar, batang, daun, dan bunga tanaman anggrek. Cendawan hasil isolasi diidentifikasi berdasarkan kombinasi karakteristik morfologi dan molekuler menggunakan sekuens DNA daerah rDNA ITS1-5,8S-ITS2. Analisis keanekaragaman cendawan endofit yang dilakukan meliputi analisis frekuensi relatif (%FR), kelimpahan relatif (%KR), indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), pemerataan spesies Pielou (E), dominansi Simpson (C), dan indeks kekayaan spesies (R). Uji aktivitas herbisida dilakukan terhadap perkecambahan benih gulma *Amaranthus spinosus* L. dengan menggunakan filtrat cendawan endofit. Data perkecambahan yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% ($p < 0,05$) menggunakan aplikasi Minitab 16.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cendawan endofit yang diisolasi dari berbagai organ tanaman anggrek beraneka ragam. Sebanyak 21 spesies cendawan endofit yang diperoleh terdiri atas 10 genus yaitu *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Hypomontagnella*, *Musidium*, *Muyocopron*, *Nigrospora*, dan *Penicillium*. *Fusarium* ditemukan di seluruh organ kedua spesies tanaman anggrek, tetapi setiap tanaman anggrek juga berasosiasi dengan spesies cendawan endofit yang berbeda. Spesies *Cladosporium endophyticum*, *Colletotrichum orchidearum*, *Muyocopron alcornii*, dan *Penicillium citrinum* hanya ditemukan pada tanaman anggrek *C. pandurata* Lindl.; sedangkan *Curvularia pseudobranchyspora*, *Hypomontagnella barbarendensis*, dan *Nigrospora chinensis* hanya ditemukan pada tanaman anggrek *G. densiflorum* (Lam.) Schltr. Keanekaragaman cendawan endofit pada kedua spesies tanaman anggrek tersebut tergolong sedang ($H' = 2,22$ pada tanaman anggrek *C. pandurata* Lindl.; $H' = 2,34$

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



pada tanaman anggrek *G. densiflorum* (Lam.) Schltr.), dengan indeks kemerataan dan kekayaan spesies yang tinggi ($E = 0,96$ dan $R = 3,11$ pada tanaman anggrek *C. pandurata* Lindl.; $E = 0,96$ dan $R = 3,69$ pada tanaman anggrek *G. densiflorum* (Lam.) Schltr.) serta indeks dominansi yang rendah ($C = 0,12$ pada *C. pandurata* Lindl.; $C = 0,10$ pada *G. densiflorum* (Lam.) Schltr.). Secara keseluruhan, semua isolat cendawan endofit yang diperoleh mempunyai aktivitas herbisida yaitu dengan menghambat perkecambahan benih gulma *A. spinosus* L. Isolat cendawan yang menunjukkan aktivitas herbisida paling besar, ialah *Aspergillus aculeatus* PCP 8.2 dengan persentase perkecambahan $3,33 \pm 0,06\%$, rata-rata panjang plumula $0,36 \pm 0,07$ cm dan radikula $0,08 \pm 0,02$ cm.

Kata kunci: *Amaranthus spinosus*, daerah ITS1-5,8S-ITS2 rDNA, filtrat kultur, karakteristik morfologi, metabolit sekunder.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

NADIYA DWI RAHAYU. Diversity of Endophytic Fungi Isolated from Epiphytic Orchid *Coelogyne pandurata* Lindl. and Terrestrial Orchid *Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr., and Their Potency as a Herbicide. Supervised by NAMPIAH SUKARNO, MOHAMAD RAFI, and SRI LISTIYOWATI.

The Borneo black orchid (*Coelogyne pandurata* Lindl.) and the pink terrestrial orchid (*Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr.) are endangered orchids species used as ornamental plants and they are also important in horticulture and health. Orchids are dependent on mutualistic symbiosis with fungi, such as endophytic and mycorrhizal fungi, in some or all of their life cycle stages. Endophytic fungi produce secondary metabolites that induce host plant resistance to abiotic and biotic stresses. The secondary metabolites can be used in agriculture, including as herbicide. However, there are no reports of the endophytic fungi isolated from the organs of *C. pandurata* Lindl. and *G. densiflorum* (Lam.) Schltr. orchid, as well as their potency as herbicide. Therefore, this research aimed to analyze the diversity of endophytic fungi that colonize various orchid organs *C. pandurata* Lindl. and *G. densiflorum* (Lam.) Schltr. and their potency for producing herbicide metabolites.

The fungi were isolated from roots, stems, leaves, and flowers. The isolated fungi were identified based on combined morphological and molecular characteristics using DNA sequences of the ITS1-5,8S-ITS2 rDNA regions. The analysis of endophytic fungi diversity was carried out, including analysis of relative frequency (%FR), relative abundance (%KR), Shannon-Wiener diversity index (H'), Pielou species evenness index (E), Simpson dominance index (C), and species richness index (R). The herbicide activity was determined on weed seeds *Amaranthus spinosus* L. germination using endophytic fungi filtrate. The germination data was analyzed using the Analysis of Variance (ANOVA) and Duncan Multiple Range Test (DMRT) at the 5% level ($p < 0,05$) by Minitab 16.

The results showed that the endophytic fungi isolated from various orchid organs varied. A total of 21 isolates of the endophytic fungi obtained consisted of 10 genera, namely *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Hypomontagnella*, *Musidium*, *Muyocopron*, *Nigrospora*, and *Penicillium*. *Fusarium* was discovered in all organs of both species of orchid plants, although each orchid was associated with a different species of endophytic fungi. The species *Cladosporium endophyticum*, *Colletotrichum orchidearum*, *Muyocopron alcornii*, and *Penicillium citrinum* were only found in *C. pandurata* Lindl. orchid; while *Curvularia pseudobranchyspora*, *Hypomontagnella barbarendsis*, and *Nigrospora chinensis* were only found in *G. densiflorum* (Lam.) Schltr orchid. Endophytic fungi diversity in both species of orchids was classified as moderate level ($H' = 2,22$ of *C. pandurata* Lindl. orchid; $H' = 2,34$ of *G. densiflorum* (Lam.) Schltr. orchid), with a high evenness and species richness index (E = 0,96 and R = 3,11 of *C. pandurata* Lindl. orchid; E = 0,96 and R = 3,69 of *G. densiflorum* (Lam.) Schltr. orchid) and a low dominance index (C = 0,12 pada *C. pandurata* Lindl. orchid; C = 0,10 pada *G. densiflorum* (Lam.) Schltr. orchid). In general, all of the endophytic fungi isolates showed herbicide efficacy by inhibiting the germination of *A. spinosus* L. weed seeds The highest-performing

herbicide fungus was *Aspergillus aculeatus* PCP 8.2, with a germination inhibition rate of $3,33 \pm 0,06\%$, plumule height of $0,36 \pm 0,07$ cm and radicle length of $0,08 \pm 0,02$ cm.

Keywords: *Amaranthus spinosus*, culture filtrate endophytic fungi, ITS1-5,8S-ITS2 rDNA regions, morphological characteristics, secondary metabolites

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**KEANEKARAGAMAN CENDAWAN ENDOFIT ANGGREK
EPIFIT *COELOGYNE PANDURATA* LINDL. DAN ANGGREK
TANAH *GEODORUM DENSIFLORUM* (LAM.) SCHLTR.,
SERTA POTENSINYA SEBAGAI HERBISIDA**

NADIYA DWI RAHAYU

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Mikrobiologi

**PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Keanekaragaman Cendawan Endofit Anggrek Epifit *Coelogyne pandurata* Lindl. dan Anggrek Tanah *Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr., serta Potensinya Sebagai Herbisida

Nama : Nadiya Dwi Rahayu
NIM : G3501201007

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Nampiah Sukarno

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Mohamad Rafi, S.Si., M.Si.

Pembimbing 3:
Dr. Dra. Sri Listiyowati, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Anja Meryandini, M.S
NIP 19620327 198703 2 001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 19780723 200701 1 001



Tanggal Ujian: 27 Mei 2024

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2021 sampai Desember 2023 ini ialah cendawan, dengan judul “Keanekaragaman Cendawan Endofit Anggrek Epifit *Coelogyne pandurata* Lindl. dan Anggrek Tanah *Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr., serta Potensinya Sebagai Herbisida”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Nampiah Sukarno, Prof. Dr. Mohamad Rafi, dan Dr. Sri Listiyowati, S.Si., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Balai Karantina Tumbuhan Kelas I Banjarmasin, Kalimantan Selatan dan Balai Karantina Tumbuhan Kelas II Kendari, Sulawesi Tenggara yang telah memberikan izin dalam pengambilan sampel. Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan pada ibu Sofi Mursidawati, S.Si., M.Si. yang telah membantu dalam proses identifikasi tanaman anggrek yang diperoleh dari lapang, Bapak Ir. Edhi Sandra, M. Si., dan Ibu Ir. Hapsiah, staf Laboratorium Mikologi Departemen Biologi IPB University dan staf Esha Flora yang telah membantu selama pengumpulan data, serta Ika Agustina, Wendi Nurul Fadilah, dan Risma Yuniar yang telah membantu selama penelitian di Laboratorium. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah (H. Sunardi, S.Pd.), ibu (Hj. Jubaidah, S.Pd.), kakak (Endang Dyah Lestari, S.Kom), adik (M. Arif Fadilah), seluruh keluarga, serta sahabat (Amandita Lintang Rumondang, Shania Putri Aulia, Wahyu Aji Mahardhika, Okta Yulia Sari, Rifqi Aulya Rahman, M. Meidy Maulana, Marisa Anugerah, Cinthia Agustina E. P., dan Della Adventaria) yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya hingga saat ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2024

Nadiya Dwi Rahayu

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman anggrek	4
2.2 Cendawan Endofit Anggrek	5
2.3 Cendawan Endofit sebagai Herbisida	8
2.4 Gulma Bayam Duri (<i>Amaranthus spinosus</i> L.)	9
III METODE	11
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.3 Alat dan Bahan	12
3.4 Prosedur Kerja	12
3.4.1 Isolasi Cendawan Endofit	12
3.4.2 Identifikasi Morfologi	13
3.4.3 Identifikasi Molekuler	13
3.4.4 Analisis Keanekaragaman Cendawan Endofit	14
3.4.5 Uji Aktivitas Herbisida Cendawan Endofit terhadap Perkecambahan Benih <i>Amaranthus spinosus</i>	15
3.4.6 Analisis Data	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Keanekaragaman Cendawan Endofit Berdasarkan Identifikasi Morfologi	17
4.2 Identifikasi Molekuler Cendawan Endofit	38
4.3 Hasil Analisis Keanekaragaman Cendawan Endofit	43
4.4 Analisis Aktivitas Herbisida	46
V SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Simpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	57
RIWAYAT HIDUP	63

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Penelitian lain terkait cendawan endofit yang berasosiasi dengan tanaman anggrek	8
2	Kode dan sumber isolasi cendawan endofit	13
3	Spesies cendawan endofit hasil isolasi dari organ anggrek <i>Coelogyne pandurata</i> Lindl. dan <i>Geodorum densiflorum</i> (Lam.) Schltr.	17
4	Hasil BLAST isolat cendawan endofit anggrek yang berasosiasi dengan anggrek <i>Coelogyne pandurata</i> Lindl. dan <i>Geodorum densiflorum</i> (Lam.) Schltr.	39
5	Hasil analisis indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), indeks pemerataan spesies Pielou (E), indeks dominansi spesies Simpson (C), dan indeks kekayaan spesies (R) cendawan endofit yang diisolasi dari anggrek <i>Coelogyne pandurata</i> Lindl. dan <i>Geodorum densiflorum</i> (Lam.) Schltr.	45
6	Data analisis ragam (ANOVA) dari filtrat cendawan endofit tanaman anggrek terhadap respon pertumbuhan gulma <i>Amaranthus spinosus</i> L.	47
7	Aktivitas herbisida filtrat cendawan endofit tanaman anggrek terhadap perkecambahan, panjang plumula, dan radikula benih gulma <i>Amaranthus spinosus</i> L.	47

DAFTAR GAMBAR

1	Morfologi bunga dan tanaman anggrek <i>Coelogyne pandurata</i> Lindl. asal (a) Teweh dan (b) Muara Teweh Kalimantan Tengah (Wahyudiningsih <i>et al.</i> 2018).	4
2	Habitus tanaman anggrek <i>Coelogyne pandurata</i> Lindl.	4
3	Anggrek tanah <i>Geodorum densiflorum</i> (Lam.) Schltr.; Habitus tanaman (a), bunga (b), dan komponen bunga <i>G. densiflorum</i> (Lam.) Schltr.(c).	5
4	Peran dan fungsi cendawan endofit pada tanaman anggrek (Sarsaiya <i>et al.</i> 2019)	6
5	Tanaman bayam duri (<i>Amaranthus spinosus</i> L.) (Adegbola <i>et al.</i> 2020)	9
6	Bagan Alir Alur Penelitian	11
7	Koloni <i>Aspergillus</i> sp. PCP 8.2 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), vesikula (v), fialid (f), metula (m), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E).	20
8	Koloni <i>Aspergillus</i> sp. L3.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), vesikula (v), fialid (f), metula (m), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E).	20
9	Koloni <i>Aspergillus</i> sp. P3.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), vesikula (v), fialid (f), metula (m), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E).	21

- 10 Koloni *Cladosporium* sp. BCP 1.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k) dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 22
- 11 Koloni *Cladosporium* sp. DCP 1.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k) dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 23
- 12 Koloni *Colletotrichum* sp. DCP 7.2 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), hifa (h), anastomosis (a), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 24
- 13 Koloni *Curvularia* sp. L2.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), hifa (h), anastomosis (a), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 25
- 14 Koloni *Fusarium* sp. PGD 3.3 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu makrokonidia (ma), mikrokonidia (mi), hifa (h), anastomosis (a), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 27
- 15 Koloni *Fusarium* sp. PCP 2.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu makrokonidia (ma), mikrokonidia (mi), hifa (h), konidiofor (kf), dan klamidospora (kl). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 27
- 16 Koloni *Fusarium* sp. DCP 5.3 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu makrokonidia (ma), mikrokonidia (mi), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 28
- 17 Koloni *Fusarium* sp. BGD 2.3 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu makrokonidia (ma), mikrokonidia (mi), hifa (h), konidiofor (kf), dan klamidospora (kl). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 29
- 18 Koloni *Fusarium* sp. PGD 3.2 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu makrokonidia (ma), mikrokonidia (mi), hifa (h), konidiofor (kf), dan klamidospora (kl). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 30
- 19 Koloni *Fusarium* sp. DGD 1.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu makrokonidia (ma), mikrokonidia (mi), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 30
- 20 Koloni *Fusarium* sp. PCP 4.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu makrokonidia (ma), mikrokonidia (mi), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 31
- 21 Koloni *Hypomontagnella* sp. P3.2 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), hifa (h), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E). 32

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Koloni *Musidium* sp. BCP 3.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), hifa (h), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E).

Koloni *Musidium* sp. DGD 2.2 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), hifa (h), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E).

Koloni *Muyocopron* sp. PCP 6.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), hifa (h), dan sel konidiogen (sk). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E).

Koloni *Muyocopron* sp. BCP 2.1 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), hifa (h), dan sel konidiogen (sk). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E).

Koloni *Nigrospora* sp. L1.2 pada medium PSA; permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), hifa (h), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E).

Koloni *Penicillium* sp. PGD 1.1 pada medium PSA permukaan atas (A), permukaan bawah (B), dan struktur mikroskopis (C–E), yaitu konidia (k), fialid (f), hifa (h), dan konidiofor (kf). Skala dalam 1 cm (A–B) dan 20 μm (C–E).

Pohon filogenetik isolat cendawan endofit genus *Aspergillus* dari kelompok *Aspergillus* seksi *Flavi* (A) dan *Aspergillus* seksi *Nigri* (B). Pohon dianalisis menggunakan metode *Neighbor Joining* (NJ) dengan model *Tamura 3-parameter* distribusi *Gamma* dan *bootstrap* 1000 kali. *Penicillium citrinum* NRRL 1841 digunakan sebagai *outgroup*. Nilai *bootstrap* ditunjukkan pada *node*.

Pohon filogenetik isolat cendawan endofit genus *Fusarium* dari kelompok spesies kompleks *F. solani* (FSSC) (A) dan spesies kompleks *F. oxysporum* (FOSC) (B). Pohon filogenetik dianalisis menggunakan metode *Neighbor Joining* (NJ) dengan model *Kimura-2-parameter* distribusi *Gamma* dan *bootstrap* 1000 kali. *Furcaterigmium furcatum* CBS 122.42 digunakan sebagai *outgroup*. Nilai *bootstrap* ditunjukkan pada *node*.

Pohon filogenetik isolat *Penicillium* seksi *Citrina* yang dianalisis menggunakan metode *Neighbor Joining* (NJ) dengan model *p-distance* distribusi *Gamma* dan *bootstrap* 1000 kali. *Aspergillus janus* NRRL 1787 digunakan sebagai *outgroup*. Nilai *bootstrap* ditunjukkan pada *node*.

Pohon filogenetik isolat cendawan endofit dari genus *Cladosporium* dari kelompok spesies kompleks *C. cladosporioides* (A) dan spesies kompleks *C. sphaerospermum* (B). Pohon filogenetik dianalisis menggunakan metode *Neighbor Joining* (NJ) dengan model *Kimura-2-parameter* distribusi *Gamma* dan *bootstrap* 1000 kali. *Jahnula aquatica*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

	R68-1 digunakan sebagai <i>outgroup</i> . Nilai <i>bootstrap</i> ditunjukkan pada <i>node</i> .	41
32	Pohon filogenetik isolat spesies kompleks <i>Colletotrichum orchidearum</i> DCP 7.2 yang dianalisis menggunakan metode <i>Neighbor Joining</i> (NJ) dengan model <i>Tamura Nei</i> distribusi <i>Gamma</i> dan <i>bootstrap</i> 1000 kali. <i>Verticillium alfalfae</i> digunakan sebagai <i>outgroup</i> . Nilai <i>bootstrap</i> ditunjukkan pada <i>node</i> .	42
33	Pohon filogenetik isolat cendawan endofit dari genus <i>Nigrospora</i> , <i>Hypomontagnella</i> , <i>Musidium</i> , <i>Muyocopron</i> , dan <i>Curvularia</i> yang dianalisis menggunakan metode <i>Neighbor Joining</i> (NJ) dengan model <i>Tamura 3-Parameter</i> distribusi <i>Gamma</i> dan <i>bootstrap</i> 1000 kali. <i>Verrucaria ahtii</i> H Pykala 32349 digunakan sebagai <i>outgroup</i> . Nilai <i>bootstrap</i> ditunjukkan pada <i>node</i> .	42
34	Kelimpahan relatif genus cendawan endofit yang berasosiasi dengan anggrek <i>Coelogyne pandurata</i> Lindl. dan <i>Geodorum densiflorum</i> (Lam.) Schltr.	43
35	Frekuensi relatif genus cendawan endofit yang berasosiasi dengan anggrek <i>Coelogyne pandurata</i> Lindl. dan <i>Geodorum densiflorum</i> (Lam.) Schltr.	44

DAFTAR LAMPIRAN

1	Komposisi media yang digunakan dalam penelitian	58
2	Data spesies yang digunakan sebagai referensi dalam analisis pohon filogenetik	59
3	Data frekuensi cendawan endofit yang diperoleh dari proses isolasi dan hasil analisis frekuensi relatif (FR) cendawan endofit yang diisolasi dari anggrek <i>Coelogyne pandurata</i> Lindl. dan <i>Geodorum densiflorum</i> (Lam.) Schltr.	62