

**KEANEKARAGAMAN, POTENSI SEBAGAI ANTI CANDIDA
ALBICANS DAN SENYAWA AKTIF CENDAWAN PADA TANAMAN
KOPI ROBUSTA (*COFFEA CANEPHORA* PIERRE EX
A.FROENHER)**

YUYUN NISAUL KHAIRILLAH



**MIKROBIOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**

- 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 mengumunkan 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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Keanekaragaman, potensi sebagai anti *Candida albicans* dan senyawa aktif cendawan pada tanaman kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre Ex A. Froenher)” 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, Juli 2021

Yuyun Nisaul Khairillah
NIM G351180011



RINGKASAN

YUYUN NISAUL KHAIRILLAH. Keanekaragaman, Potensi Sebagai Anti *Candida albicans* dan Senyawa Aktif Cendawan pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre Ex A. Froenher). Dibimbing oleh NAMPIAH SUKARNO dan IRMANIDA BATUBARA.

Tanaman kopi merupakan tanaman tropis yang menjadi komoditas unggulan dalam sub sektor perkebunan di Indonesia. Keberhasilan pertumbuhan dan produksi tanaman kopi ialah adanya interaksinya dengan cendawan endofit yang tumbuh pada semua jaringan tanaman dan cendawan saprob yang tumbuh pada serasah dan rizosfir tanaman. Cendawan endofit dan saprob dilaporkan menghasilkan berbagai senyawa metabolit sekunder yang diantaranya bersifat antimikrob yang menekan pertumbuhan cendawan patogen *Candida albicans*, penyebab penyakit kandidiasis pada manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari keanekaragaman cendawan endofit dan saprob pada tanaman kopi robusta (*C.canephora*), menganalisis potensinya sebagai anti *C.albicans*, serta menentukan dugaan senyawa aktif yang dapat mengendalikan cendawan patogen tersebut.

Sebanyak 30 isolat cendawan yang memiliki karakter morfologi koloni berbeda yaitu tiga isolat dari daun, sembilan isolat dari serasah dan 18 isolat dari rizosfer. Warna koloni yang teramati bagian atas yaitu merah muda, putih, putih keabu-abuan, putih kekuningan, putih kehijauan, hijau muda dan hijau zaitun. Tekstur permukaan koloni beragam yaitu bertekstur halus, menggulung, seperti kapas, dan bergranulla. Hifa cendawan septat dan hanya membentuk spora aseksual. Kecepatan pertumbuhan koloni cepat sampai lambat. Hasil identifikasi berdasarkan karakter morfologi menunjukkan di peroleh tujuh genus yaitu *Fusarium*, *Humicola*, *Neocosmopora*, *Rigidosporus*, *Talaromyces*, *Tricoderma*, dan *Xylaria*. Sebanyak 17 isolat mempunyai aktivitas anti *C.albicans* dengan kisaran zona bening antara 2.50 mm – 15.53 mm, dua isolat tergolong dalam penghambat kuat, sembilan isolat tergolong sedang, dan enam tergolong lemah. Penghambatan tertinggi di peroleh dari cendawan *Trichoderma* TN- 103-1 dari rizosfer. Hasil identifikasi molekuler, 17 isolat positif anti *Candida* terdiri dari 11 spesies yaitu *F.equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. sinensis*, *F. solani*, *H. fuscoatra*, *R. microporus*, *T. macrosporus*, *T. hamatum*, *T. ovalisporum* dan *X. curta*.

Filtrat kultur cendawan dengan anti *C.albicans* terbaik yaitu *T. hamatum* TN-103-1 memiliki nilai penghambatan mirip dengan nilai penghambatan pada uji kultur yaitu sebesar 14.40 mm. Hal ini menunjukkan komponen aktif kultur terdapat pada filtrat (ekstraseluler). Filtrat diekstraksi menggunakan pelarut etil asetat dan *n*-heksana. Ekstrak etil asetat menghasilkan rendemen lebih kecil yaitu sebesar 0.80% dibandingkan ekstrak *n*-heksana (0.94%). Ekstrak etil asetat *T.hamatum* TN-103-1 memiliki nilai konsentrasi hambat minimum 0.5% yang lebih aktif dibandingkan dengan ekstrak *n*-heksana dengan konsentrasi hambat minimum sebesar 15%, bahkan lebih baik dibandingkan kontrol positif menggunakan nistatin (100.000 U/ml) dengan konsentrasi hambat minimum yang lebih besar yaitu 1.0%. Dugaan senyawa aktif pada ekstrak etil asetat adalah *9-octadecenoic acid*.

Kata kunci: cendawan endofit, cendawan saprob, filtrat ekstrak, ITS rDNA, dan zona bening

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

YUYUN NISAUL KHAIRILLAH. Diversity, anti *Candida albicans* potency and bioactive compound of *Coffea canephora* associated fungi. Supersived by NAMPIAH SUKARNO and IRMANIDA BATUBARA.

Coffee is a tropical plantation plant that is an essential commodity in Indonesia. The growth and production of the coffee plant are a result of interaction between the coffee plant and endophytic fungi that grow in all plant tissues and saprobes on plant litter and in the rhizosphere. Endophytic and saprophytic fungi are reported to produce various secondary metabolites, including antimicrobials that suppress the growth of the fungal pathogen *Candida albicans*, the cause of candidiasis in humans. This study aims to study the diversity of endophytic fungi and saprobes on robusta coffee plants (*C. canephora*), analyze their potential as anti-*C. albicans*, and determine the suspected active compounds that can control these fungal pathogens.

The total of 30 fungal isolates that had different colony morphology characters were obtained. Three isolates were isolated from the leaves, nine isolates from the litter, and 18 isolates from the rhizosphere. The colors of the colonies observed were pink, white, greyish-white, yellowish-white, greenish-white, light green, and olive green. The surface texture of the colonies varied, namely smooth, rolled, like cotton, and granular. The fungal hyphae are septate and only form asexual spores. The colony growth rate is fast to slow. Based on morphological characters, the fungi identified to seven genera, namely *Fusarium*, *Humicola*, *Neocosmopora*, *Rigidosporus*, *Talaromyces*, *Trichoderma*, and *Xylaria*. A total of 17 isolates had anti-*C. albicans* activity with a clear zone range from 2.50 mm to 15.53 mm. Among them, two isolates were classified as strong, nine isolates were moderate, and six were weak inhibitors. The highest inhibition was obtained from the fungus *Trichoderma* TN-103-1 from the rhizosphere. The results of molecular identification showed that 17 positive isolates belong to 11 species, namely *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. sinensis*, *F. solani*, *H. fuscoatra*, *R. microporus*, *T. macrosporus*, *T. hamatum*, *T. ovalisporum* and *X. curta*.

Fungal culture filtrate of *T. hamatum* TN-103-1 had the best anti-*C. albicans*, with an inhibitory value of 14.40 mm. This is similar to that of the inhibition value in the culture test. This shows that the active components of the culture are present in the fungal filtrate (extracellular). The filtrate was extracted using ethyl acetate and n-hexane as solvent. The ethyl acetate extract produced a smaller yield of 0.80% than the n-hexane extract (0.94%). The ethyl acetate extract of *T. hamatum* TN-103-1 had a minimum inhibitory concentration of 0.5%, which was more active than the n-hexane extract with a minimum inhibitory concentration of 15%, even better than the positive control nystatin (100,000 U/ml) with greater minimum inhibitory concentration, namely 1.0%. The suspected active compound in the ethyl acetate extract was 9-octadecenoic acid.

Keywords: endophytic fungus, saprobic fungus, extract filtrate, ITS rDNA, and clear zone



© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2021

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 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, POTENSI SEBAGAI ANTI *CANDIDA ALBICANS* DAN SENYAWA AKTIF CENDAWAN PADA TANAMAN KOPI ROBUSTA (*COFFEA CANEPHORA PIERRE EX A.FROENHER*)

YUYUN NISAUl KHAI RILLAH

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

**MIKROBIOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**



Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis: Dr. Wulan Tri Wahyuni, M.Si

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

IPB University

Judul Tesis : Keanekaragaman, potensi sebagai anti *Candida albicans* dan senyawa aktif cendawan pada tanaman kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre Ex A. Froenher)

Nama : Yuyun Nisaul Khairillah
: G351180011

Disetujui oleh

Komisi Pembimbing



Pembimbing 1:
Dr Ir Nampiah Sukarno

Pembimbing 2:
Prof Dr Irmanida Batubara, Msi

Diketahui oleh



Petua Program Studi:
Prof Dr Anja Meryandini, MS
NIP 196203271987032001

Dekan Sekolah Pascasarjana
Prof Dr Ir Anas Miftah Fauzi, MEng
NIP 196004191985031002

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
3. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
4. 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 November 2019 sampai bulan Oktober 2020 ini ialah Cendawan, dengan judul “Keanekaragaman Cendawan pada Tanaman Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre Ex A. Froehner.) dan Potensinya Sebagai Penghasil Senyawa Anti *Candida*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Dr Ir Nampiah Sukarno dan Ibu Prof Dr Irmanida Batubara, MSi selaku pembimbing yang telah banyak memberikan waktu, bimbingan, dan saran selama penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Pascasarjana IPB. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Prof Dr Anja Meryandini, MS selaku ketua Program Studi Mikrobiologi yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukannya, Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh dosen dan pegawai Departemen Biologi, khususnya program studi Mikrobiologi, Dekan dan seluruh karyawan Sekolah Pascasarjana IPB.

Ungkapan terima kasih yang paling dalam penulis juga sampaikan kepada kedua orang tua kepada Ayah Muchtadin, dan Ibu Binoliasari serta seluruh keluarga dan adik-adik (Fanni Khairillah, Danu Nasrullah, dan Mas Rizki Setiawan) yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya yang selalu menyertai penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan magister. Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada rekan seperjuangan Mubes Family yang selalu memberi semangat kepada penulis. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh teman seangkatan Mikrobiologi 2018.

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

Bogor, Juli 2021

Yuyun Nisaul Khairillah

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup	2
1.5 Hipotesis	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Peran Cendawan Endofit pada Tumbuhan Inangnya	3
2.2 Identifikasi Cendawan	4
2.3 Kopi Robusta (<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner)	5
2.4 <i>Candida albicans</i>	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.3.1 Karakteristik Lokasi Pengambilan Sampel	9
3.3.2 Pengambilan Sampel	9
3.3.3 Isolasi Cendawan Endofit, Saprob, dan Rizosfer	9
3.3.4 Pemurnian Cendawan Endofit, Saprob, dan Rizosfer	9
3.3.5 Identifikasi Secara Morfologi	10
3.3.6 Identifikasi Secara Molekuler	10
3.3.7 Penapisan Potensi Cendawan Endofit Sebagai Senyawa Anti <i>C.albicans</i> Menggunakan Uji Antagonis	11
3.3.8 Kurva Pertumbuhan Cendawan Asal Kopi Robusta	12
3.3.9 Uji Aktivitas Ekstrak Filtrat Cendawan Potensial Terhadap <i>C. albicans</i>	12
3.4 Analisis data	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Keragaman Cendawan Kopi Robusta Berdasarkan Karakter Morfologi	14
4.2 Aktivitas Antagonistik Cendawan terhadap Cendawan Patogen <i>C. albicans</i>	39
4.3 Identifikasi Molekuler Cendawan Antagonistik Menggunakan Primer ITS	40
4.4 Aktivitas Filtrat Kultur dan Ekstrak Isolat Cendawan Terbaik	43
4.5 Senyawa Aktif Ekstrak Etil Asetat pada Cendawan <i>Trichoderma hamatum</i>	43

V SIMPULAN DAN SARAN	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	54
RIWAYAT HIDUP	68

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





DAFTAR TABEL

1	Manfaat cendawan endofit dan senyawa aktifnya	3
2	Keragaman cendawan asal organ bagian daun, serasah, dan rizosfer pada tanaman kopi robusta berdasarkan karakter morfologi	14
	Aktivitas penghambatan t ujuh belas isolat cendawan asal tanaman kopi robusta terhadap cendawan patogen <i>C. albicans</i>	40
	Identifikasi molekuler cendawan cendawan <i>T. hamatum</i> pada daerah ITS rDNA menggunakan primer ITS1 dan ITS4	40
	Aktivitas anti <i>C. albicans</i> filtrat dan ekstrak <i>T.hamatum</i> TN-103-1	43
	Senyawa bioaktif ekstrak etil asetat kultur isolat <i>T.hamatum</i> TN-103-1 dan bioaktivitasnya	44

DAFTAR GAMBAR

1	Bagan alir penelitian	8
2	Koloni TN-103-1 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA diinkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis TN-103-1 menunjukkan adanya konidiofor, fialid (D). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C–D)	16
3	Koloni TN-103-2 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C.canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis 103 2, konidiofor, phialid, hifa bersekat (C), konidia (E). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C–D)	17
4	Koloni SRH-1D1B asal serasah tanaman kopi robusta (<i>C.canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis SRH 1D1B, meperlihatkan adanya konidiofor, phialid C), konidia (E). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C–D)	18
5	Koloni TN-103-3 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis TN 103 3, meperlihatkan adanya konidiofor, phialid, dan pada ujung konidiofor membentuk konidia. Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C)	19
6	Koloni TN-103-5 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), Permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis TN 1035, meperlihatkan adanya konidiofor, phialid, dan pada ujung konidiofor membentuk konidia (E). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C)	19
7	Koloni TN-103-6 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis TN 103 6, meperlihatkan adanya konidiofor, phialid (C), Konidia (D). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C-D)	20

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- 8 Koloni TN-103-7 asal tanah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis TN 103 7, memperlihatkan adanya konidiofor, phialid, dan pada ujung konidiofor membentuk konidia (C). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C) 21
- 9 Koloni TN-104 asal tanah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis TN-104, memperlihatkan adanya makrokonidia dan mikrokonidia (C-D). Garis skala = 1cm (A–B), 20 μ m (C-D) 22
- 10 Koloni SRH-1D asal serasah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis SRH-1D, memperlihatkan adanya makrokonidia dan mikrokonidia (C), konidiofor dan konidia (D). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C-D) 23
- 11 Koloni SRH-6 asal serasah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis SRH-6, memperlihatkan adanya makrokonidia dan mikrokonidia (C), Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C) 23
- 12 Koloni SRH-1D-1A asal tanah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis SRH- 1D -1A, memperlihatkan adanya konidia (C), klamido spora (D). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C-D) 24
- 13 Koloni SRH-6-1C asal tanah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis SRH- 6-1C, klamido spora (C), memperlihatkan adanya makrokonida dan mikrokonidia (D). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C-D) 25
- 14 Koloni SRH-1-1B asal tanah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis SRH-1-1B, klamidospora (C), memperlihatkan adanya makrokonida dan mikrokonidia (D). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C-D) 26
- 15 Koloni TN-104-1C asal tanah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis TN-104 -1C, dan konidiofor (C) , memperlihatkan adanya struktur klamidospora (D). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C-D) 27
- 16 Koloni SRH-6E asal serasah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis SRH-6E, klamidospora (C), memperlihatkan adanya struktur makroskonida dan mikrokonidia (D). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C-D) 28
- 17 Koloni TN-104-1B asal tanah pada tanaman kopi robusta (*C. canephora*) Berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis TN-104-1B, konidia dan

konidofor (C), memperlihatkan adanya struktur makrokonida mikrokonida (D). Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C-D)	dan 29
18 Koloni SRH-5 asal serasah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis SRH-5, memperlihatkan adanya struktur makroskonidia dan mikrokonidia (D). Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C)	30
19 Koloni TN-104-4 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis TN-104-4,klamidospora (C), memperlihatkan adanya struktur konidida dan konidiofor (D).Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C-D)	31
20 Koloni TN-104-5 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis TN-104-5, klamidospora, serta struktur makrokinidia dan mikrokonidia (C). Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C)	31
21 Koloni TN-104-6 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis TN-104-6, klamidospora, serta struktur makrokinidia dan mikrokonidia (C). Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C)	32
22 Koloni SRH-7 asal serasah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis SRH-7, konidia dan konidiofor (C), memperlihatkan struktur makrokonidia (D). Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C-D)	33
23 Koloni TN-105-1F asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis TN 105 1F, memperlihatkan struktur hifa vegetatif (C). Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C)	33
24 Koloni TN-1051B asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B),struktur mikroskopis TN- 1051B, memperlihatkan struktur konidiofor bercabang, fialid tegak dan konidia membulat (C). Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C)	34
25 Koloni PDN-3A asal daun pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis PDN 3A, memperlihatkan struktur konidiofor bercabang, fialid tegak (C). Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C)	35
26 Koloni TN-105-2 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis TN-105-2, memperlihatkan struktur konidiofor bercabang, fialid tegak, dengan konidia berbentuk bulat (C). Garis skala = 1 cm (A-B), 20 µm (C)	35

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

27 Koloni TN-105-3 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis TN-105-3, memperlihatkan struktur konidiofor bercabang, fialid tegak, dengan konidia berbentuk bulat (C). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C)	36
28 Koloni PDN-1C asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis PDN-1C, memperlihatkan struktur askus dan askospora (C). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C)	37
29 Koloni PDN-1A asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), struktur mikroskopis PDN-1A rantai konidia (C). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C)	38
30 Koloni SRH-3 asal serasah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis SRH-3, memperlihatkan struktur makrokonidia (C). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C)	38
31 Koloni TN-21 asal tanah pada tanaman kopi robusta (<i>C. canephora</i>) berumur 7 hari pada medium PDA di inkubasi pada suhu 28 ± 4 °C (A), permukaan bawah (B), Struktur mikroskopis TN-21, memperlihatkan struktur makrokonidia dan mikrokonidia (C). Garis skala = 1 cm (A–B), 20 μ m (C)	39

DAFTAR LAMPIRAN

1 Pengujian tiga puluh cendawan pada tanaman kopi robusta terhadap cendawan patogen <i>C.albicans</i> dengan metode <i>double layer</i>	55
2 Kurva pertumbuhan dan diameter zona bening isolat TN-103-1 <i>T.hamatum</i> cendawan asal rhizosfer tanaman kopi robusta (<i>C.canephora</i>) pada media PDB inkubasi pada suhu ruang selama 30 hari	57
3 Hambatan filtrat kultur <i>broth</i> dan zona bening filtrat kultur isolat cendawan TN-103-1 <i>T.hamatum</i> terhadap cendawan <i>C. albicans</i>	58
4 Hambatan ekstrak n-heksan filtrat kultur isolat cendawan TN-103-1 <i>T.hamatum</i> terhadap cendawan patogen <i>C. albicans</i>	58
5 Hambatan ekstrak etil asetat filtrat kultur isolat cendawan TN-103-1 <i>T.hamatum</i> terhadap cendawan patogen <i>C. albicans</i>	59
6 Hambatan varian konsentrasi dari ekstrak n-heksana filtrat kultur isolat cendawan TN-103-1 <i>T.hamatum</i> terhadap <i>C. albicans</i>	60
7 Hambatan varian konsentrasi dari ekstrak etil asetat filtrat kultur isolat cendawan TN-103-1 <i>T.hamatum</i> terhadap <i>C. albicans</i>	61
8 Pohon filogenetik gabungan untuk genus cendawan <i>Fusarium</i> (SRH-1 – 1B, SRH-5, TN-104, SRH-6-1C, SRH-1D-1A, dan SRH-6) dengan <i>Trichoderma harzianum</i> sebagai <i>outgrup</i>	62
9 Pohon filogenetik gabungan untuk genus cendawan <i>Trichoderma</i> (TN-103-1, TN-103-2 dan SRH-1D1B) dengan <i>Trichoderma harzianum</i> sebagai <i>outgrup</i>	63



10	Pohon filogenetik gabungan untuk spesies cendawan <i>Fusarium equisetii</i> (SRH-6, TN-104-1B dan TN-104) dengan <i>Trichoderma harzianum</i> sebagai <i>outgrup</i>	64
11	Pohon filogenetik gabungan untuk spesies cendawan <i>Fusarium solani</i> (SRH-61C, SRH-1D1A, SRH-1D dan SRH-6) dengan <i>Trichoderma harzianum</i> sebagai <i>outgrup</i>	65
12	Pohon filogenetik gabungan untuk spesies cendawan <i>Trichoderma Hamatum</i> (TN-103-1 dan TN-103-2) dengan <i>Fusarium acuminatum</i> sebagai <i>outgrup</i>	66
13	Komposisi medium	67

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.