

**EKSPLORASI JAMUR RHIZOSFER TANAMAN PISANG
SERTA POTENSI ANTAGONISNYA TERHADAP JAMUR
PENYAKIT LAYU *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense***

Oleh:

BAKTIAR HENDRAWAN



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2018



**EKSPLORASI JAMUR RHIZOSFER TANAMAN PISANG
SERTA POTENSI ANTAGONISNYA TERHADAP JAMUR
PENYAKIT LAYU *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense***



**OLEH
BAKTIAR HENDRAWAN**

145040207111060

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

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
2018**



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi 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 juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Desember 2018

Baktiar Hendrawan



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Eksplorasi Jamur Rhizosfer Tanaman Pisang serta Potensi Antagonisnya terhadap Jamur Penyakit Layu *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense*

Nama Mahasiswa : Baktiar Hendrawan

NIM : 145040207111060

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat
NIP. 19480109 197603 1 001

Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIP. 20134 841014 1 001

Diketahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS.
NIP. 19580112 198203 2 002

Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIP. 20134 841014 1 001

Penguji III,

Penguji IV,

Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat
NIP. 19480109 197603 1 001

Luqman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D.
NIP. 20134 841014 1 001

Tanggal Lulus:

RINGKASAN

Baktiar Hendrawan. 145040207111060. Eksplorasi Jamur Rhizosfer Tanaman Pisang serta Potensi Antagonisnya Terhadap Jamur Penyakit Layu *Fusarium oxysporum* f.sp *ubense*. Dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.

Pisang dengan nama latin *Musa paradisiacal* L. (Musaceae) adalah tanaman yang bernilai ekonomi tinggi karena memiliki nilai gizi yang cukup tinggi dan mudah didapatkan sehingga banyak diminati oleh berbagai kalangan. Pada tahun 2014-2016 produksi pisang domestik mengalami penurunan produksi, hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu faktor penyakit. Penyakit yang umumnya menyerang tanaman pisang dengan intensitas yang cukup tinggi adalah penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp *ubense*. Pengendalian penyakit yang dilakukan hanya sebatas pengendalian secara mekanik dengan intensitas pengendalian yang cukup rendah. Berbagai upaya pengendalian penyakit baik melalui kultur teknis maupun secara kimiawi telah dilaksanakan, namun hingga saat ini belum terdapat pengendalian yang dilakukan secara biologis. Pengendalian secara biologis tersebut yaitu pemanfaatan jamur yang memiliki sifat antagonis terhadap penyakit layu fusarium. Jamur antagonis yang digunakan dapat berupa jamur yang berasal dari rhizosfer atau daerah perakaran tanaman pisang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji jenis jamur rhizosfer yang dapat ditemukan pada daerah perakaran tanaman pisang serta potensi antagonisnya terhadap patogen penyebab layu fusarium yang disebabkan oleh *F. oxysporum* f.sp *ubense* pada tanaman pisang.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang dan pengambilan sampel tanah dilakukan di Perkebunan Pisang Milik PT Perkebunan Nusantara XII di daerah Pancursari, Sumber Manjing Wetan, Kabupaten Malang. Penelitian dilakukan selama 6 bulan, dimulai pada bulan Mei sampai November 2018. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode eksplorasi jamur rhizosfer dan eksperimen. Eksplorasi jamur rhizosfer meliputi pengambilan sampel tanah rhizosfer tanaman pisang, isolasi, purifikasi dan identifikasi sedangkan eksperimen yang dilakukan adalah uji antagonis secara *in-vitro*. Uji antagonis atau uji penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp *ubense* dilakukan dengan uji oposisi langsung. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) untuk dengan 16 perlakuan termasuk kontrol serta setiap perlakuan diulang sebanyak 2 kali.

Hasil penelitian ini yakni terdapat 11 jamur rhizosfer yang berhasil diidentifikasi. Jamur tersebut terdiri dari 7 genus yaitu; *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Gongronella*, *Fusarium*, *Mortierella*, *Penicillium*, dan *Trichoderma* dan 4 isolat lain yang belum teridentifikasi. Sedangkan berdasarkan hasil uji antagonis dan analisis ragam, *Aspergillus* sp. (ARP03) merupakan jamur dengan daya hambat tertinggi dalam menekan pertumbuhan patogen Foc dibandingkan isolat jamur lainnya dengan persentase sebesar 43,53%.



SUMMARY

Baktiar Hendrawan. 145040207111060. Exploration of Rhizosphere Fungus on Banana Crop and Antagonistic Potential for Fusarium's Disease (*Fusarium oxysporum* f.sp *cubense*). Under the guidance of Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat and Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.

Banana, *Musa paradisiacal* L. (Musaceae) is a plant that has high economic value because the fruit has a high nutritional value and easy to obtained. In 2014-2016 domestic banana production is decreased. The low domestic banana production is caused by several factors, one of the factor is the disease factor. The disease that commonly attacks banana plants with high intensity is fusarium disease caused by *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense*. On farm, the control of this disease is only limited to mechanical control and the intensity of this control is low. Various efforts to control fusarium disease through both technical and chemical culture have been tried, but until now there is no biological control that is done by using fungal microorganisms that have antagonistic potential against fusarium disease. The antagonist fungi used can be mushrooms originating from the rhizosphere or rooting area of banana plants. The purpose of this study was to determine the type of rhizosphere fungi that can be found in the rooting area of banana plants and their antagonistic potential against fusarium disease caused by *F. oxysporum* f.sp *cubense* on banana plants.

This research was conducted at the Laboratory of Plant Disease, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang and soil sampling was carried out at the Banana Plantation Field owned by PT Perkebunan Nusantara in the Pancursari area, Sumber Manjing Wetan, Malang Regency. The research was carried out for 6 months, starting from May to November 2018. The process of this research is included rhizosphere soil sampling, isolation, identification and in-vitro antagonistic testing. The antagonistic test or in-vitro inhibition test of rhizosphere fungi against *F. oxysporum* f.sp *cubense* was carried out by direct opposition testing on the Petri dish. This study used a complete randomized design for laboratories with 16 treatments including control and each treatment was repeated twice.

The result showed that rhizosphere fungi obtained from rooting area of banana plant is consisted by 7 genuses, which is; *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Gongronella*, *Fusarium*, *Mortierella*, *Penicillium*, and *Trichoderma*. Based on antagonistic test results and analysis, banana rhizosphere fungi were shown to be able to suppress *F. oxysporum* f.sp *cubense* with the highest percentage inhibition in the genus *Aspergillus* with 43,53%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan Alhamdulillah kehadirat Allah SWT, atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Eksplorasi Jamur Rhizosfer Tanaman Pisang serta Potensi Antagonisnya Terhadap Penyakit Layu *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense*".

Penulis sadar sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan serta dukungan dari banyak pihak, baik bersifat moril ataupun materil. Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu, yaitu; Bapak Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Antok Wahyu Sektiono, SP., MP. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah mendampingi penulis dalam melaksanakan penelitian dan menyusun setiap langkah dalam skripsi ini. Bapak Luqman Quarata Aini, SP., M.Si., PhD. dan Ibu Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS. selaku dosen penguji atas bimbingan dan sarannya dalam memperbaiki penyusunan skripsi ini. Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Orang tua dan keluarga atas doa dan dukungannya. Teman-teman mahasiswa jurusan HPT angkatan 2014, pengurus HIMAPTA periode 2017, seluruh dosen dan karyawan jurusan HPT dan berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini bermanfaat bagi banyak pihak serta mampu memberikan sumbangan ilmu pengetahuan mengenai objek yang terkait dengan penelitian ini.

Malang, Desember 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 7 Juni 1996, putra dari Bapak Heru Gunawan dan Ibu Sri Handayani. Penulis merupakan putra kedua dari dua bersaudara.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri Bareng 3 Malang pada tahun 2002-2008, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 9 Malang pada tahun 2008-2011 dan pada tahun 2011-2014 penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 8 Malang. Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Kota Malang, Jawa Timur.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten mata kuliah Manajemen Hama Penyakit Terpadu dan Pertanian Berlanjut pada semester ganjil tahun ajaran 2016/2017. Penulis aktif pada Unit Kegiatan Mahasiswa Marching Band Ekalavya Suara Brawijaya (ESB) dan mengikuti kejuaraan Grand Prix Marching Band di Jakarta pada tahun 2015 serta Delta Marching Open Festival Indonesia (DMOFI) di Sidoarjo pada tahun 2015 dan 2017. Penulis juga aktif di kepengurusan Himpunan Mahasiswa Perlindungan Tanaman (HIMAPTA) periode 2017.

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| RINGKASAN | i |
| SUMMARY | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| RIWAYAT HIDUP | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.3 Hipotesis Penelitian | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 2 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA | 3 |
| 2.1 Tanaman Pisang | 3 |
| 2.2 Penyakit Layu Fusarium | 5 |
| 2.3 Jamur Rhizosfer | 8 |
| 3. METODE PENELITIAN | 10 |
| 3.1 Tempat dan Waktu | 10 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 10 |
| 3.3 Metode Penelitian | 10 |
| 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 16 |
| 4.1 Hasil Identifikasi Isolat Jamur Rhizosfer | 16 |
| 4.2 Penampakan Morfologis Isolat Jamur Rhizosfer | 17 |
| 4.3 Uji Antagonis Jamur Rhizosfer terhadap Patogen Foc | 29 |
| 5. KESIMPULAN DAN SARAN | 36 |
| 5.1 Kesimpulan | 36 |
| 5.2 Saran | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA | 37 |
| LAMPIRAN | 40 |



DAFTAR TABEL

| Nomor | Teks | Halaman |
|-------|--|---------|
| 1. | Berbagai isolat jamur rhizosfer yang ditemukan pada daerah perakaran tanaman pisang..... | 14 |
| 2. | Kategori penghambatan jamur antagonis..... | 15 |
| 3. | Berbagai genus jamur rhizosfer yang ditemukan pada daerah perakaran tanaman pisang..... | 16 |
| 4. | Persentase rerata daya hambat jamur rhizosfer terhadap patogen Foc..... | 30 |
| 5. | Berbagai tingkat penghambatan jamur rhizosfer terhadap patogen Foc..... | 31 |
| 6. | Berbagai mekanisme penghambatan jamur rhizosfer terhadap patogen Foc..... | 33 |

Lampiran

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Analisis sidik ragam penghambatan pertumbuhan jamur Foc pada pengamatan hari ke-3..... | 41 |
| 2. | Analisis sidik ragam penghambatan pertumbuhan jamur Foc pada pengamatan hari ke-5..... | 41 |
| 3. | Analisis sidik ragam penghambatan pertumbuhan jamur Foc pada pengamatan hari ke-7..... | 41 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Teks | Halaman |
|-------|--|---------|
| 1. | Tanaman pisang..... | 3 |
| 2. | Gejala penyakit layu fisarium pada daun tanaman pisang..... | 6 |
| 3. | Penampakan mikroskopis <i>F. oxysporum</i> | 7 |
| 4. | Penampakan Makroskopis Jamur Foc | 12 |
| 5. | Penampakan Mikroskopis Jamur Foc..... | 13 |
| 6. | Penempatan jamur endofit dan jamur patogen pada cawan Petri..... | 14 |
| 7. | <i>Fusarium</i> sp. | 18 |
| 8. | <i>Mortierella</i> sp..... | 18 |
| 9. | <i>Penicillium</i> sp. (PRP01) | 18 |
| 10. | <i>Penicillium</i> sp. (PRP02) | 20 |
| 11. | <i>Aspergillus</i> sp. (ARP01)..... | 21 |
| 12. | <i>Aspergillus</i> sp. (ARP02)..... | 22 |
| 13. | <i>Aspergillus</i> sp. (ARP03)..... | 23 |
| 14. | <i>Gongronella</i> sp. (GRP01) | 24 |
| 15. | <i>Gongronella</i> sp. (GRP02) | 24 |
| 16. | <i>Trichoderma</i> sp. | 25 |
| 17. | <i>Cladosporium</i> sp. | 26 |
| 18. | Jamur Belum Teridentifikasi 1 (BTRP01)..... | 27 |
| 19. | Jamur Belum Teridentifikasi 2 (BTRP02)..... | 28 |
| 20. | Jamur Belum Teridentifikasi 3 (BTRP03)..... | 28 |
| 21. | Jamur Belum Teridentifikasi 4 (BTRP04)..... | 29 |
| 22. | Histogram persentase daya hambat jamur rhizosfer terhadap patogen Foc..... | 32 |
| 23. | Penampakan mekanisme antibiosis jamur rhizosfer terhadap Foc | 34 |
| 24. | Penampakan mekanisme kompetisi jamur rhizosfer terhadap Foc | 34 |
| 25. | Penampakan pertumbuhan jamur patogen Foc | 35 |

Lampiran

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Uji antagonis <i>Penicillium</i> sp. isolat dengan Foc 7 HSI | 42 |
| 2. | Uji antagonis <i>Fusarium</i> sp. dengan Foc 7 HSI | 42 |
| 3. | Uji antagonis <i>Trichoderma</i> sp. dengan Foc 7 HSI | 42 |
| 4. | Uji antagonis <i>Gongronella</i> sp. dengan Foc 7 HSI | 42 |
| 5. | Uji antagonis <i>Mortierella</i> sp. dengan Foc 7 HSI | 43 |
| 6. | Uji antagonis <i>Cladosporium</i> sp. dengan Foc 7 HSI..... | 43 |

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,



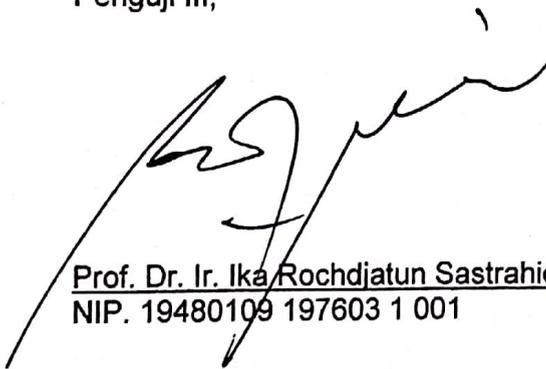
Dr. Ir. Retno Dyah Puspitarini, MS.
NIP. 19580112 198203 2 002

Penguji II,



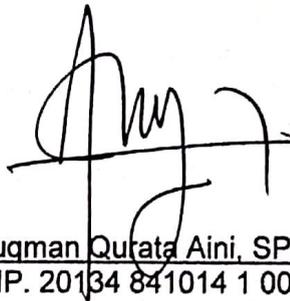
Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIP. 20134 841014 1 001

Penguji III,



Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat
NIP. 19480109 197603 1 001

Penguji IV,



Lugman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph.D.
NIP. 20134 841014 1 001

Tanggal Lulus: 03 JAN 2019

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Eksplorasi Jamur Rhizosfer Tanaman Pisang serta Potensi Antagonisnya terhadap Jamur Penyakit Layu *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense*

Nama Mahasiswa : Baktiar Hendrawan

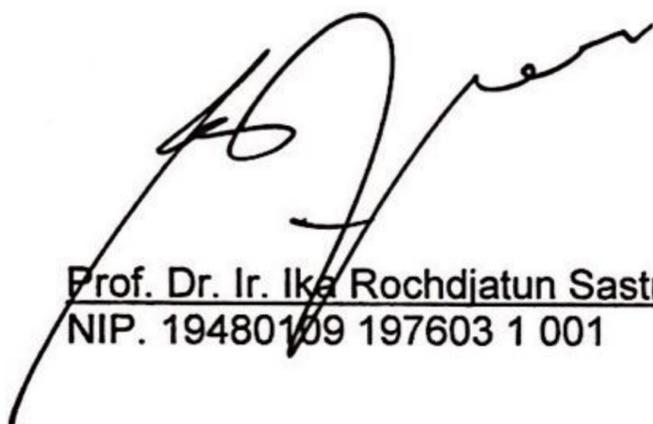
NIM : 145040207111060

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui :

Pembimbing Utama,


Prof. Dr. Ir. Ika Rochdjatun Sastrahidayat
NIP. 19480109 197603 1 001

Pembimbing Pendamping,


Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIP. 20134 841014 1 001

Diketahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan



Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan:

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pisang *Musa paradisiaca* L. (Musaceae) banyak disukai oleh masyarakat Indonesia dari berbagai kalangan, baik dari kalangan bawah hingga kalangan atas. Buah pisang mudah didapat dan harganya terjangkau serta mengandung gizi yang cukup tinggi, vitamin, mineral dan juga karbohidrat. Bahkan oleh beberapa ahli kesehatan menyarankan untuk mengkonsumsi buah ini sebagai makanan diet pengganti karbohidrat. Buah pisang dapat dikonsumsi secara langsung maupun diolah menjadi berbagai jenis olahan makanan seperti kripik pisang, sale pisang, pisang goreng, dan lain-lain. Kandungan nutrisi lainnya seperti serat dan vitamin A, B dan C dalam buah pisang dapat membantu memperlancar sistem metabolisme tubuh, meningkatkan daya tahan tubuh dari radikal bebas. Serta menjaga kondisi tetap kenyang dalam waktu lama (Wijaya, 2013).

Berdasarkan data pada Badan Pusat Statistik (2018), produktivitas tanaman pisang menurun sejak tahun 2014 hingga tahun 2016. Salah satu yang menyebabkan penurunan produksi pisang adalah penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense* (Foc). Layu fusarium dilaporkan sudah ada sejak 1980 di Indonesia, dan secara cepat menyebar di beberapa provinsi. Hampir semua kultivar pisang sangat rentan terhadap serangan Foc yang menyebabkan kematian, sehingga menimbulkan kerugian besar (Ploetz, 2001). Di Indonesia, penyakit layu fusarium telah menghancurkan ribuan hektar pertanaman pisang, baik perkebunan pisang komersial maupun pertanaman pisang rakyat. Pada tahun 1997, layu fusarium telah menghancurkan 5000 ha perkebunan pisang komersial jenis Cavendish di Indonesia yang tersebar di wilayah Jawa, Sumatera, dan Sulawesi. Hasil survei yang dilakukan pada 16 provinsi di Indonesia diketahui bahwa penyakit layu fusarium masih menjadi kendala utama dalam budidaya pisang dan telah menyebar mulai dari Aceh hingga ke Papua (Hermanto *et al.*, 2011).

Hingga saat ini, berbagai upaya pengendalian penyakit baik melalui kultur teknis maupun secara mekanik dan kimiawi telah dilakukan, namun belum dapat memecahkan masalah serangan penyakit secara tuntas. Oleh karena itu alternatif pengendalian lain secara hayati dapat dijadikan salah satu upaya untuk menekan pertumbuhan penyakit layu fusarium melalui pemanfaatan

mikroorganisme antagonis. Mikroorganisme antagonis dapat berupa jamur rhizosfer yang didapatkan dari perakaran tanaman pisang. Beberapa penelitian telah menunjukkan adanya kemampuan mikroorganisme rhizosfer yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Anggraeni, 2015). Berdasarkan beberapa hal tersebut maka diperlukan penelitian lebih lanjut yang mengkaji tentang jamur pada rhizosfer tanaman pisang serta potensi antagonisnya untuk menekan pertumbuhan penyakit Layu fusarium yang disebabkan oleh Foc.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji jamur rhizosfer yang dapat ditemukan pada perakaran tanaman pisang serta potensi antagonisnya terhadap jamur Foc penyebab layu fusarium pada tanaman pisang.

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini yaitu dapat ditemukan jamur rhizosfer pada perakaran tanaman pisang yang berpotensi antagonis terhadap jamur Foc penyebab layu fusarium pada tanaman pisang.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang jamur rhizosfer yang didapatkan dari perakaran tanaman pisang serta potensi antagonisnya dalam menekan pertumbuhan penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh jamur Foc sehingga dapat dilakukan upaya lebih lanjut dalam meningkatkan produktivitas tanaman pisang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Pisang

Pisang dengan nama latin *Musa paradisiaca* L. (Famili: Musaceae) adalah tanaman buah yang berasal dari kawasan di Asia Tenggara termasuk Indonesia. Pisang umumnya dapat tumbuh di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 MDPL. Pisang dapat tumbuh pada iklim tropis basah, lembab dan panas dengan curah hujan optimal adalah 1.520–3.800 mm/tahun dengan dua bulan kering Taksonomi tanaman pisang adalah sebagai berikut : Kerajaan: Plantae, Divisi: Spermatophyta, Sub divisi: Angiospermae, Kelas: Monocotylae, Ordo: Musales Famili: Musaceae, Genus: Musa dan Jenis: *Musa* spp. (Rismunandar, 1990).

Tanaman pisang yang utuh terdiri dari daun, batang, buah, jantung, dan bagian umbi atau bonggol pisang (Gambar 1). Bagian-bagian tanaman pisang tersebut memiliki berbagai macam manfaat, misalnya; buah pisang sebagai sumber berbagai macam mineral dan vitamin yang bermanfaat. Pelepah batang pisang juga memiliki manfaat yakni dijadikan serat untuk bahan baku kertas, kertas sigaret, kantong teh celup, dan lain-lain.



Gambar 1. Tanaman pisang

Di Indonesia perusahaan yang memanfaatkan serat batang pisang sebagai bahan baku pembuatan kertas adalah PT Kertas Leces, Jawa Tengah. Perseroan tersebut menggarap sekitar 5.000 hektar lahan tanaman pisang jenis Abaka di kawasan pegunungan Gampong Suak Buluh (Kabupaten Simeulue,

Aceh) dan 11.000 hektar di Kabupaten Nias Utara (Rismunandar, 1990). Adapun morfologi dari tanaman pisang yaitu:

a) Akar utama tanaman pisang memiliki ketebalan sekitar 5-8 mm berwarna putih ketika baru dan sehat. Akar pisang berakar rimpang dan tidak mempunyai akar tunggang. Akar ini berpangkal pada umbi batang. Akar terbanyak berada dibagian bawah tanah sampai kedalaman 75-150 cm, sedangkan akar yang berada di bagian samping umbi batang tumbuh ke samping atau mendatar. Dalam perkembangannya akar sampai mencapai 4-5 meter (Satuhu dan Supriyadi, 1999).

b) Batang pada tanaman pisang mempunyai batang semu yang tersusun atas tumpukan pelepah daun yang tumbuh dari batang bawah tanah sehingga mencapai ketebalan 20- 50 cm. Daun yang paling muda terbentuk dibagian tengah tanaman, keluarinya menggulung dan terus tumbuh memanjang, kemudian secara progresif membuka. Helaiian daun bentuknya lanset memanjang, mudah koyak, panjang 1,5-3 m, lebar 30-70 cm, permukaan bawah berililin, tulang tengah penopang jelas disertai tulang daun yang nyata, tersusun sejajar dan menyirip, warnanya hijau (Robinson dan Walkers, 1999).

c) Daun pisang tersusun spiral, berdasar tumpul, melingkar, berujung halus, terpotong dan mudah tersobek. Tulang daun tengahnya nyata dengan urat yang paralel. Stomata ada di kedua permukaan daun. Daun yang paling muda terbentuk di bagian tengah tanaman dan daun yang paling tua terdesak keluar membentuk mahkota daun (Rozyandra, 2004).

d) Bunga pisang merupakan bunga majemuk, yang tiap kuncup bunga dibungkus oleh seludang berwarna merah kecoklatan. Seludang akan lepas dan jatuh ke tanah jika bunga telah membuka. Bunga betina akan berkembang secara normal, sedang bunga jantan yang berada di ujung tandan tidak berkembang dan tetap tertutup oleh seludang dan disebut sebagai jantung pisang. Tiap kelompok bunga disebut sisir. Ada sekitar 12-20 bunga tiap sisir dan sekitar 5- 15 sisir dalam 1 tandan. Bunga betina panjangnya sampai 10 cm dan bunga jantan panjangnya 6 cm (Rozyandra, 2004).

e) Buah pisang tersusun dalam tandan. Tiap tandan terdiri atas beberapa sisir, dan tiap sisir terdiri dari 6-22 buah pisang atau tergantung pada varietasnya. Buah pisang pada umumnya tidak berbiji atau disebut $3n$ (triploid), kecuali pada pisang batu(klutuk) bersifat diploid ($2n$). Proses pembuahan tanpa menghasilkan biji disebut partenokarpi. Buah pisang umumnya dipanen pada umur 18 bulan

setelah tanam atau 80-110 hari setelah tanaman berbunga jika berada pada kondisi yang optimum. Panen buah pisang pada umumnya dilakukan berdasarkan tujuan pemasaran. Buah yang akan dipasarkan di daerah yang dapat dicapai dalam waktu kurang dari satu hari dari daerah produksi dipanen saat buah sudah matang penuh. Buah yang akan dipasarkan untuk daerah yang dicapai dalam waktu lebih dari satu hari dari daerah produksi dipanen saat stadia kematangan tiga perempat penuh (kematangan 75%), yaitu stadia kematangan dimana pada individu buah masih terdapat siku-siku yang jelas dan masih terdapat warna hijau pada kulit buah (Rukmana, 1999).

f) Anakan pisang dimulai dari mata tunas yang ada pada bonggolnya. Bila kandungan air tanah mencukupi tunas akan tumbuh menjadi dewasa. Pada umumnya tunas tumbuh dari bonggol bagian atas, sehingga anakan pisang semakin lama semakin mendekati permukaan tanah akibatnya pertumbuhan anakan lambat karena akar tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (Rozyandra, 2004).

2.2 Penyakit Layu Fusarium

2.2.1 Gejala Penyakit Foc Pada Tanaman Pisang

Jamur *F. oxysporum* merupakan penyebab penyakit layu dan busuk batang pada berbagai jenis tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan. Inang dari patogen ini adalah sayuran, bawang, kentang, tomat, kubis, lobak, petsai, sawi, temu-temuan, semangka, melon, pepaya, salak, krisan, anggrek, kacang panjang, cabai, ketimun, jambu biji, dan jahe. Tanaman lain yang diketahui menjadi inang patogen ini adalah kelapa sawit, kelapa, lada, vanili, dan kapas. Di Indonesia, penyakit ini dilaporkan menghancurkan ribuan hektar pertanaman pisang baik perkebunan pisang komersial maupun pertanaman pisang rakyat. Dari survei terbaru yang dilakukan di 16 provinsi di Indonesia diketahui bahwa penyakit ini masih menjadi kendala utama dalam budidaya pisang dan telah menyebar mulai dari Aceh hingga ke Papua (Hermanto *et al.* 2011)

Jamur *F. oxysporum* mempunyai berbagai bentuk khusus yang disebut dengan forma spesialis (f.sp), yaitu: f.sp. *asparagi* yang menyerang asparagus; f.sp. *callistephi* yang menyerang tanaman aster; f.sp. *cubense* penyebab penyakit layu panama pada tanaman pisang. Miseliumnya dapat ditemukan di sekitar jaringan tanaman dan umumnya dapat diisolasi dari jaringan yang sakit atau di dalam pembuluh xylem tanaman yang diserang. Genus fusarium adalah

salah satu genus jamur yang sangat penting secara ekonomi dan merupakan spesies patogenik yang menyebabkan penyakit layu pada berbagai tanaman. Banyak spesies fusarium yang berada dalam tanah bertahan sebagai khamidospora atau sebagai hifa pada sisa tanaman dan bahan organik lain.



Gambar 2. Gejala penyakit layu fisarium pada daun tanaman pisang

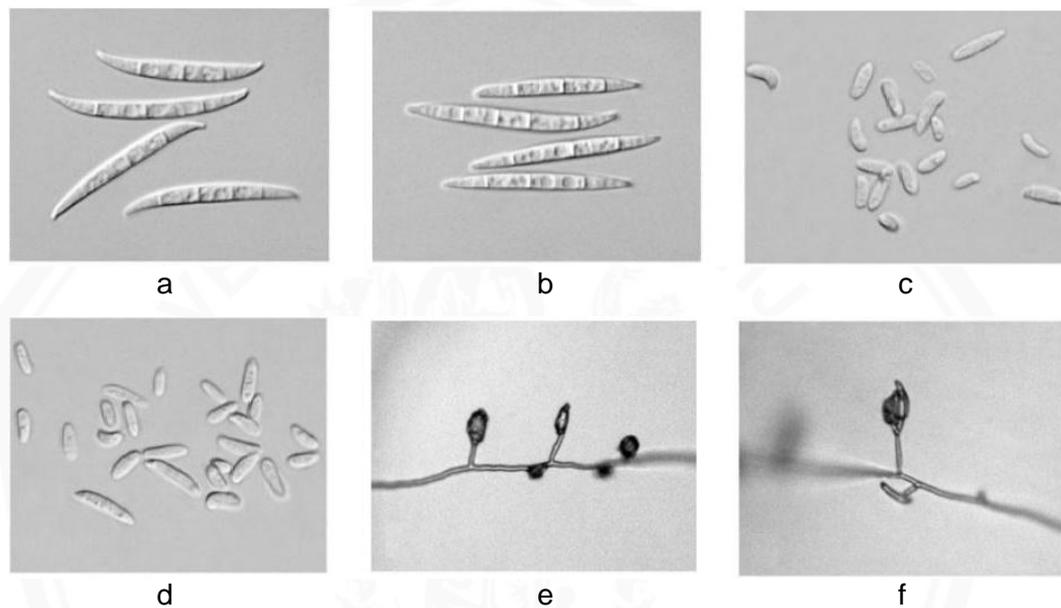
Penyakit layu Fusarium yang disebabkan oleh jamur Foc merupakan penyakit yang sangat merugikan. Di Indonesia, Foc diketahui telah menyerang tanaman pisang hingga seluas 3.300 ha di 3 provinsi di Sumatera. Faktor yang berpengaruh adalah cuaca lembab sehingga penyakit banyak dijumpai di kebun yang terlalu rapat, terutama pada musim hujan karena banyak terjadi infeksi baru. Kebun yang peteduhnya ringan kurang mendapat gangguan penyakit (Semangun, 2004).

Jamur Foc mampu bertahan di dalam tanah dalam jangka waktu yang lama. Jamur Fusarium mempunyai kemampuan untuk membentuk khamidospora tanpa tanaman inang, dimana jamur dapat menginfeksi kembali tanaman jika ditemukan inang yang tepat. Pengendalian secara kimiawi dengan menggunakan fungisida atau fumigan dalam tanah, bukanlah suatu metode yang efektif dan ekonomis. Salah satu pengendalian yang efektif dan berkelanjutan diantaranya yakni dengan penggunaan kultivar pisang tahan penyakit layu Fusarium. Ini dapat didapatkan dengan melakukan seleksi terhadap pisang lokal, pisang liar ataupun dengan melakukan persilangan antara pisang yang tahan dengan yang rentan (Poerba *et al.*, 2012).

2.3.2 Karakteristik Jamur Foc

Jamur patogen Foc termasuk ke dalam family Tuberculariaceae, ordo Moniliales, klas Deuteromycetes (Alexopoulos dan Mims 1979). Di alam jamur ini membentuk konidium pada suatu badan buah yang disebut sporodokium, yang

dibentuk pada permukaan tangkai atau daun sakit pada tingkat yang telah lanjut. Konidiofor bercabang-cabang rata-rata mempunyai panjang 70 μm . Cabang-cabang samping biasanya bersel satu, panjangnya sampai 14 μm . Konidium terbentuk pada ujung cabang utama atau cabang samping. Mikrokonidium sangat banyak dihasilkan oleh jamur pada semua kondisi, bersel satu atau bersel dua, hialin, jorong atau agak memanjang, berukuran 5-16 x 2.4-3.5 μm , tidak bersekat atau kadang-kadang bersekat satu dan berbentuk bulat telur seperti ginjal atau lurus.



Gambar 3. Penampakan mikroskopis *F. oxysporum*. a dan b: makrokonidia, c dan d: mikrokonidia, e dan f: mikrokonidia *in situ* (a-d $25\mu\text{m}$; e dan f $50\mu\text{m}$) (Leslie dan Summerell, 2006)

Makrokonidium hanya terdapat pada beberapa strain, terbentuk pada fialid yang terdapat pada konidiofor bercabang atau dalam sporodokhia, bersepta 3-5, berbentuk fusiform, sedikit membengkok, meruncing pada kedua ujungnya dengan sel kaki berbentuk pediselata, umumnya bersepta 3 dan berukuran 27-46 x 3.0-4.5 μm . Klamidospora terdapat dalam hifa atau dalam konidium, berwarna hialin, berdinding halus hingga agak kasar, berbentuk semi bulat dengan diameter 5.0 x 15 μm , terletak terminal atau interkalar, dan berpasangan atau tunggal. Pada media *potato dextrose agar* (PDA) mula-mula miselium berwarna putih, semakin tua warna menjadi krem atau kuning pucat, dalam keadaan tertentu berwarna merah muda agak ungu. Miselium bersekat dan membentuk percabangan. Beberapa isolat *Fusarium* akan membentuk pigmen biru atau

merah di dalam medium. Spesies ini kosmopolit dan termasuk saprofit tanah tetapi dapat bersifat patogen pada banyak tumbuhan, mempunyai arti ekonomi penting dan dapat tumbuh dalam lingkungan anaerob (Gandjar dan Rifai 1999).

Terdapat banyak variasi morfologi spora, baik bentuk maupun ukuran serta proporsi antara makro dan mikrokonidia di dalam spesies *Fusarium oxysporum*, bahkan dalam forma spesiales atau dalam ras. Bahkan beberapa isolat tertentu tidak menghasilkan makrokonidia. Foc menunjukkan banyak variasi morfologi di dalam media PDA. Miselium udara awalnya terlihat berwarna putih dan kemudian berubah warna menjadi ungu sampai ungu tua sesuai dengan strain Foc. Jika sporodokia melimpah, biakan akan terlihat berwarna krem atau oranye (Smith *et al.*, 1988).

Hasil riset mengenai karakterisasi morfologi dan patogenisitas Foc ras 4 menggunakan media Komada yang sudah dimodifikasi dan bibit pisang Cavendish menunjukkan semua isolat mempunyai ciri Foc ras 4 dengan warna kekuning-kuningan dengan tepi yang bergerigi, semua isolat mampu menimbulkan diskolorasi dengan *Rhizome Discoloration Index* (RDI) yang bervariasi pada bonggol bibit pisang Cavendish. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pengamatan berdasarkan gejala perubahan warna pada daun *Leaf Symptom Index* tidak dapat digunakan karena sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Klasifikasi Foc berdasarkan ras ditentukan atas kemampuan untuk menyebabkan penyakit pada kultivar pisang yang berbeda. Ras 1 menyerang kelompok Gros michel, ras 2 menyerang jenis pisang Bluggoe, ras 3 menyerang tanaman hias *Heliconia* sp. sedangkan ras 4 menyerang Cavendish dan semua jenis pisang yang diserang oleh ras 1 dan ras 2. Ras 4 Tropis dan Subtropis ditentukan berdasarkan kemampuan untuk menyerang pisang Cavendish di iklim tropis dan subtropis (Kisanti dan Sumardiyono, 2010).

2.3 Jamur Rhizosfer

Secara keseluruhan habitat hidup mikroorganisme yang banyak berperan di dalam pengendalian hayati adalah di dalam tanah, di sekitar akar tumbuhan (rhizosfer) atau di atas daun, batang, bunga, dan buah (filosfer). Mikroba tanah akan berkumpul di dekat perakaran tanaman (rhizosfer) yang menghasilkan eksudat akar dan serpihan tudung akar sebagai sumber makanan mikroba tanah (Hasanudin, 2003). Bila populasi mikroba di sekitar rhizosfer didominasi oleh mikroba yang menguntungkan tanaman, maka tanaman akan memperoleh

manfaat yang besar dengan hadirnya mikroba tersebut (Lugtenberg dan Kravchenko, 1999).

Mikroorganisme rhizosfer pada umumnya menguntungkan karena dapat dimanfaatkan sebagai agensia pengendali hayati yang bersifat antagonis. Mikroorganisme tersebut antara lain *Rhizobium* sp., *Azospirillum* sp., mikroba pelarut fosfat, *Cytophaga* sp., dan *Trichoderma* spp. Jamur rhizosfer merupakan salah satu kelompok mikroba yang telah dilaporkan dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap berbagai penyakit, baik penyakit terbawa tanah maupun penyakit terbawa udara (Gunarto, 2000). Jamur rhizosfer membantu pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme seperti peningkatan penyerapan nutrisi, dan menghasilkan pertumbuhan bagi tanaman. Dilaporkan bahwa 80% mikroorganisme yang diisolasi dari rhizosfer berbagai tanaman memiliki kemampuan untuk mensintesis dan melepaskan auksin sebagai metabolit sekunder (Patten dan Glick, 1996).



3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan Perkebunan Pisang Milik PT. Perkebunan Nusantara XII di daerah Pancursari, Sumber Manjing Wetan Kabupaten Malang. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Mei hingga November 2018.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah cawan Petri kaca (9 cm), gelas ukur (100ml), sprayer, Erlenmeyer (250ml), Bunsen, jarum Ose, *laminar air flow cabinet* (LAFC), *autoclave*, Beaker glass (1000ml), object glass, cover glass, mikroskop stereo, pinset, kompor listrik, timbangan, gunting, pisau, kamera dan alat tulis.

Bahan yang digunakan meliputi sampel tanah rhizosfer tanaman pisang, patogen Foc, media *Potato Dextrose Agar* (PDA) 200g, alkohol 70% 1L, *chloramphenicol*, akuades steril dan *chlorox* (NaOCl 2%), spirtus, tisu steril, alumunium *foil*, plastik perekat dan kertas label.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni eksplorasi jamur rhizosfer dan eksperimen. Eksplorasi jamur rhizosfer meliputi lokasi pengambilan sampel tanah rhizosfer tanaman pisang, isolasi, purifikasi dan identifikasi. Sedangkan eksperimen yang dilakukan adalah uji antagonis secara *in-vitro*. Uji antagonis atau uji penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp *cubense* dilakukan dengan uji oposisi langsung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode eksplorasi jamur rhizosfer dan eksperimen.

3.3.1 Sterilisasi Alat

Sterilisasi merupakan kegiatan yang bertujuan untuk membersihkan alat dan bahan dari mikroba yang dapat menyebabkan kontaminasi. Sterilisasi yang dilakukan yaitu dengan merendam peralatan dengan klorox lebih kurang selama 24 jam. Kemudian peralatan tersebut dicuci dan dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya peralatan yang telah dikeringkan dibungkus dengan kertas atau alumunium *foil* dan dimasukkan ke dalam plastik yang tahan panas. Kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121⁰ C.

3.3.2 Pengambilan Sampel Tanah, Isolasi dan Identifikasi Jamur Rhizosfer Tanaman Pisang

Sampel tanah diambil dari daerah perakaran tanaman pisang yang sehat dan dilakukan sebanyak tiga titik dengan metode acak terpilih. Sampel tanah tersebut diambil dengan menggunakan *cetok* pada kedalaman 15-20 cm dari permukaan tanah sebanyak lebih kurang 0,5 kg. Pada masing-masing titik dilakukan tiga kali pengambilan sampel sebagai ulangan sehingga didapatkan 9 sampel tanah. Masing-masing sampel tersebut diberi label berdasarkan lokasi pengambilan sampel tersebut. Sampel yang telah diambil kemudian dibawa ke laboratorium untuk diisolasi dan diidentifikasi.

Metode isolasi dilakukan dengan teknik pengenceran berseri. Sampel tanah yang didapatkan dikompositkan berdasarkan titik pengambilan sampelnya sehingga didapatkan tiga sampel tanah komposit. Masing-masing sampel tanah tersebut kemudian ditimbang sebanyak 10 gr dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 100 ml akuades steril. Suspensi lalu dikocok dengan menggunakan *shaker* hingga homogen. Dari larutan tersebut diambil suspensi sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades steril dan dikocok lagi untuk mendapatkan pengenceran selanjutnya hingga mencapai tingkat pengenceran 10^{-7} . Dari hasil pengenceran tersebut kemudian diambil 0,1 ml dan dituangkan ke dalam cawan Petri yang telah berisi media PDA dengan menggunakan mikropipet. Suspensi tersebut diratakan dengan stik L hingga suspensi tersebut tersebar merata dalam media. Setelah itu cawan Petri tersebut diinkubasikan dan diamati selama 7 hari. Pemurnian atau purifikasi dilakukan pada setiap koloni jamur yang dianggap berbeda berdasarkan penampakan makroskopisnya, meliputi warna dan bentuk koloni jamur yang ditemukan pada cawan Petri. Masing-masing koloni jamur yang dianggap berbeda kemudian diambil dengan menggunakan jarum Ose dan ditumbuhkan kembali pada media PDA padat dalam cawan Petri yang baru dan didokumentasikan pada 7 hari setelah purifikasi (HSP).

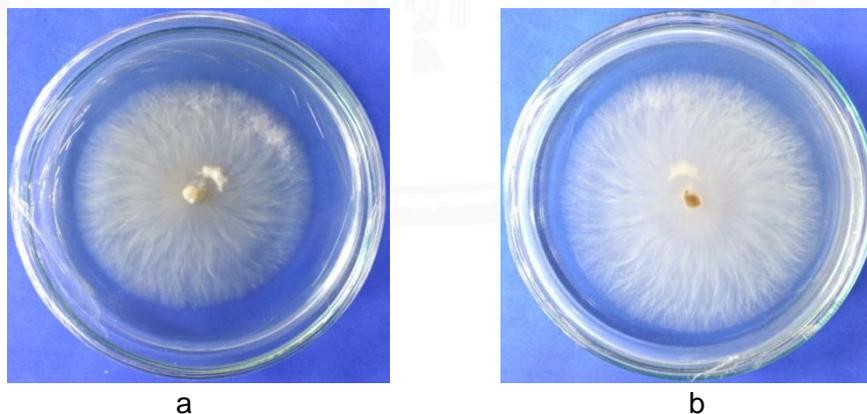
Identifikasi jamur rhizosfer dilakukan berdasarkan pengamatan koloninya secara makroskopis, antara lain; warna dan permukaan koloni, garis radial dari pusat hingga tepi koloni serta lingkaran konsentris dan bentuk koloni. Sedangkan pengamatan secara mikroskopis dilakukan menyiapkan preparat jamur rhizosfer. Masing-masing jamur rhizosfer dipindahkan dengan menggunakan jarum Ose dan diletakkan pada kaca preparat yang telah diberi sedikit media PDA. Preparat

tersebut kemudian ditutup dengan penutup kaca dan diinkubasi selama 5-7 hari di dalam wadah yang telah diberi alas berupa tisu yang telah diberi akuades steril untuk menjaga kelembaban wadah inkubasi. Wadah tersebut ditutup rapat untuk mencegah kontaminasi. Selanjutnya preparat tersebut diamati dengan menggunakan mikroskop di laboratorium. Penampakan makroskopis yang berbeda merupakan salah satu faktor yang membedakan isolat satu dengan yang lainnya yang kemudian didukung dengan penampakan mikroskopis jamur tersebut sehingga kemudian digunakan sebagai bahan identifikasi jamur untuk menentukan genus jamur tersebut.

3.3.3 Isolasi dan Identifikasi Jamur Foc pada Daun Tanaman Pisang

Isolat Foc didapatkan dari daun tanaman pisang varietas Pisang Ambon yang menunjukkan gejala terserang penyakit Foc. Bagian daun tanaman yang diduga terserang penyakit Foc tersebut kemudian dibawa ke laboratorium untuk diisolasi. Hasil isoalsi jamur Foc kemudian dipurifikasi pada media PDA. Hasil purifikasi tersebut kemudian diamati berdasarkan penampakan makroskopis dan mikroskopisnya pada 7 HSP.

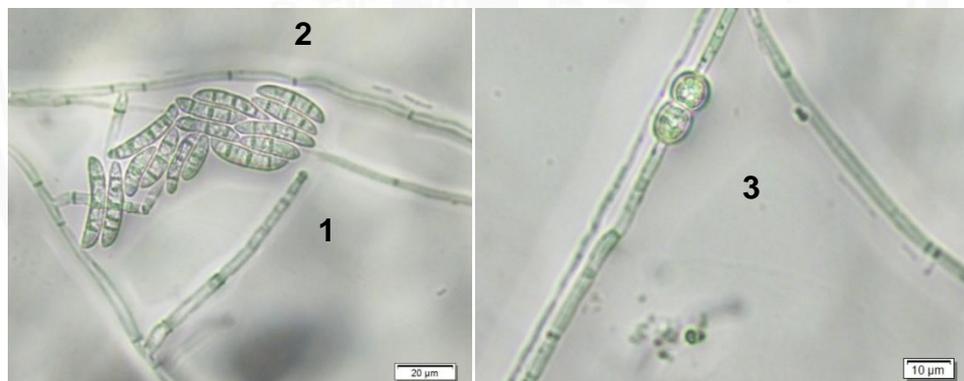
Secara makroskopis, koloni jamur Foc yang didapatkan menunjukkan hifa yang berwarna putih pada bagian tepi dan bagian tengah berwarna putih kekuningan. Bagian dasar yang diamati dari bawah cawan Petri juga menunjukkan warna putih (Gambar 4). Tipe persebaran jamur tersebut berbentuk bulat dengan tepi menyebar dan tidak memiliki konsentris. Tekstur permukaan koloni halus dan miseliurn bagian tepi agak tipis.



Gambar 4. Penampakan makroskopis jamur Foc, a: penampakan atas koloni, b: penampakan bawah koloni

Ukuran diameter koloni jamur Foc 7 cm saat 7 HSP dan waktu memenuhi cawan Petri lebih kurang selama 14 HSP. Kriteria-kriteria yang disebutkan di atas sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.* (1999), bahwa koloni Foc berwarna putih sampai putih kekuningan, dengan ciri miselium bagian tengah tampak putih dengan tekstur seperti kapas. Sedangkan penampakan secara mikroskopis memiliki mesokonidia yang terbentuk sebelum pembentukan makrokonidia. Makrokonidia bersepta berbentuk seperti sabit.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan morfologi hifa bersekat dan hialin. Ditemukan adanya makrokonidia yang bergerombol disekitar hifa dan klamidospora yang terbentuk pada hifa (Gambar 5). Tanda panah 1 menunjukkan bagian makrokonidia yang berbentuk lonjong dengan ujung meruncing seperti bulan sabit, memiliki sekat dan bergerombol disekitar konidiofor. Konidia ada yang ditemui menyebar disekitar miselium. Sedangkan tanda panah 2 menunjukkan adanya sekat pada hifa serta dan tanda panah 3 menunjukkan mikrokonidia dengan bentuk lonjong, ujung tumpul dan berukuran lebih kecil dibandingkan dengan makrokonidia, memiliki sekat dan tersebar diantara miselia jamur.



Gambar 5. Penampakan mikroskopis jamur Foc, (1: makrokonidia, 2: hifa bersekat, 3: klamidospora)

Isolat jamur patogen Foc dan 15 isolat jamur rhizosfer yang telah diidentifikasi tersebut kemudian digunakan sebagai isolat dalam uji antagonis penghambatan jamur rhizosfer terhadap patogen Foc.

3.3.4 Uji Antagonis Jamur Rhizosfer dengan Isolat Jamur Foc

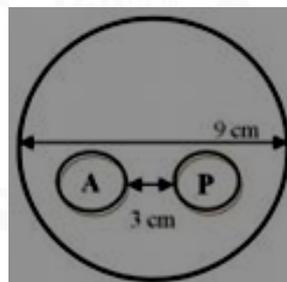
Uji antagonis penghambatan pertumbuhan Foc secara in-vitro dilakukan dengan uji oposisi langsung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 15 perlakuan, yaitu isolat-isolat jamur rhizosfer yang

didapatkan (Tabel 1) dan kontrol sebagai pembanding. Masing-masing perlakuan tersebut diuji sebanyak 2 kali sebagai ulangan sehingga didapatkan 32 perlakuan.

Tabel 1. Berbagai isolat jamur rhizosfer yang ditemukan pada daerah perakaran tanaman pisang

| Isolat Jamur Rhizosfer | Kode |
|-------------------------------|--------|
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP01 |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP02 |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP03 |
| <i>Cladosporium</i> sp. | CRP01 |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP01 |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP02 |
| <i>Fusarium</i> sp. | FRP01 |
| <i>Mortierella</i> sp. | MRP01 |
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP01 |
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP02 |
| <i>Trichoderma</i> sp. | TRP01 |
| Jamur Belum Teridentifikasi 1 | BTRP01 |
| Jamur Belum Teridentifikasi 2 | BTRP02 |
| Jamur Belum Teridentifikasi 3 | BTRP03 |
| Jamur Belum Teridentifikasi 4 | BTRP04 |

Pengujian isolat jamur rhizosfer yang didapatkan dengan jamur patogen *Foc* menggunakan metode biakan ganda pada PDA, yaitu pengujian berlawanan antara jamur rhizosfer dan *Foc* yang berhadapan langsung dengan jarak 3 cm dalam cawan Petri (Gambar 6).



Gambar 6. Penempatan jamur rhizosfer dan jamur patogen pada cawan Petri, A: Jamur rhizosfer, P: Jamur patogen *Foc*

Pengukuran pertumbuhan koloni jamur *Foc* dilakukan pada 3, 5 dan 7 HSI. Pada pengamatan hari ke 3 pengukuran yang dilakukan meliputi jari-jari koloni patogen *Foc* yang arah pertumbuhannya berlawanan dengan jamur rhizosfer

(R1) dan jari-jari koloni patogen Foc yang arah pertumbuhannya mendekati jamur rhizosfer (R2), demikian pula selanjutnya pada hari ke 5 dan ke 7. Data hasil pengamatan tersebut kemudian digunakan untuk menghitung persentase daya hambat jamur rhizosfer dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100$$

yang P adalah presentase penghambatan, R1 adalah jari-jari koloni patogen yang arah pertumbuhannya berlawanan dengan jamur antagonis dan R2 adalah jari-jari koloni patogen yang arah pertumbuhannya mendekati koloni jamur antagonis.

Setelah didapatkan persentase daya hambat pada masing-masing jamur rhizosfer, kemudian persentase daya hambat tersebut digolongkan tingkat penghambatannya berdasarkan kategori daya hambat jamur antagonisnya (Tabel 2) (Živković *et al.*, 2010).

Tabel 2. Kategori penghambatan jamur antagonis

| Kategori Penghambatan | Persentase Daya Hambat |
|-----------------------|------------------------|
| Sangat Tinggi | <30% |
| Tinggi | 30 - <50% |
| Sedang | 50 - <70% |
| Rendah | ≥70% |

3.3.5 Analisis Data

Data uji antagonis jamur rhizosfer akan dianalisis dengan menggunakan sidik ragam pada taraf kesalahan 5%. Apabila respon dari perlakuan berbeda nyata maka akan dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan uji Duncan pada taraf kesalahan 5%.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Identifikasi Isolat Jamur Rhizosfer

Berdasarkan hasil identifikasi 15 isolat jamur rhizosfer yang didapatkan dari daerah perakaran tanaman pisang, terdapat 11 isolat jamur yang berhasil diidentifikasi sampai dengan tingkat genus. Sedangkan 4 isolat jamur lainnya masih belum berhasil diidentifikasi (Tabel 2).

Tabel 3. Berbagai genus jamur rhizosfer yang ditemukan pada daerah perakaran tanaman pisang

| Jamur rhizosfer yang ditemukan | Kode | Deskripsi singkat mikroskopis |
|--------------------------------|-------|--|
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP01 | Hifa bersekat, konidiofor bersekat dan hialin. Konidia berbentuk bulat pada ujung konidiofor. |
| <i>Aspergillus</i> sp. | APR02 | Hifa bersekat, konidiofor bersekat dan hialin. Konidia berbentuk bulat dan menggerombol pada ujung konidiofor. |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP03 | Hifa bersekat, konidiofor bersekat dan hialin. Konidia berbentuk bulat dan menggerombol pada ujung konidiofor. |
| <i>Cladosporium</i> sp. | CRP01 | Hifa bersekat dan hialin. Konidia pada bagian ujung konidiofor berantai dimulai dari bagian ujung konidiofor. |
| <i>Fusarium</i> sp. | FRP01 | Hifa bersekat dan hialin, konidiofor bersekat, hialin, dan bercabang. Konidia bersekat berbentuk lonjong dengan ujung runcing. |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP01 | Hifa tidak bersekat dan hialin. Sporangiofor sederhana dan tidak bersekat. Sporangium berbentuk bulat. |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP02 | Hifa tidak bersekat dan hialin. Sporangiofor sederhana dan tidak bersekat. Sporangium berbentuk bulat. |
| <i>Mortierella</i> sp. | MRP01 | Hifa hialin dan bersekat, sporangiofor bersekat, hialin, dan bercabang. Sporangia hialin dan berbentuk bulat. |
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP01 | Hifa bersekat dan hialin, konidiofor tidak bersekat, bercabang, dan hialin. Memiliki fialid, konidia berbentuk bulat berjajar membentuk untaian. |

(berlanjut)

Tabel 3. (lanjutan)

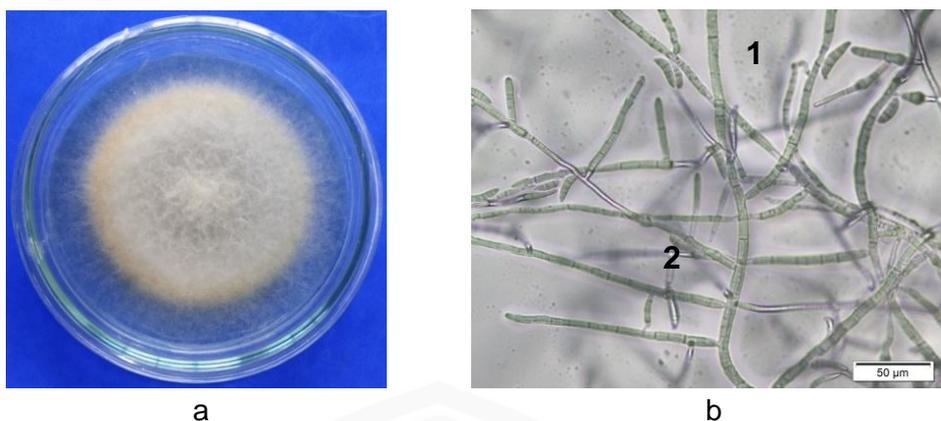
| Jamur rhizosfer yang ditemukan | Kode | Deskripsi singkat mikroskopis |
|--------------------------------|--------|---|
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP01 | Hifa bersekat dan hialin, konidiofor tidak bersekat dan hialin. Memiliki fialid, konidia berbentuk bulat berjajar membentuk untaian |
| <i>Trichoderma</i> sp. | TRP01 | Hifa bersekat, konidiofor hialin dan bercabang. Memiliki fialid, konidia berbentuk bulat/oval. |
| Jamur Belum Teridentifikasi 1 | BTRP01 | Hifa bercabang, memiliki sekat dan hialin. Ditemukan spora berbentuk oval dengan ujung meruncing |
| Jamur Belum Teridentifikasi 2 | BTRP02 | Hifa bercabang, memiliki sekat dan hialin. Tidak ditemukan adanya konidiofor dan konidia. |
| Jamur Belum Teridentifikasi 3 | BTRP03 | Hifa bercabang, memiliki sekat dan hialin. Ditemukan konidiofor serta konidia berbentuk bulat. |
| Jamur Belum Teridentifikasi 4 | BTRP04 | Hifa bercabang, memiliki sekat dan hialin. Ditemukan sporangium yang menempel pada bagian hifa jamur |

4.2. Penampakan Morfologis Isolat Jamur Rhizosfer

4.2.1. *Fusarium* sp. (FRP01)

Hasil pengamatan yang dilakukan pada isolat *Fusarium* sp. pada 7 HSP yakni secara makroskopis koloni jamur menunjukkan hifa berwarna putih, bagian tengah berwarna putih dan bagian pada bagian tepi berwarna putih kekuningan. Tekstur permukaan koloni halus, seperti kapas dan miseliurn bagian tepi agak tipis (Gambar 7a).

Sedangkan pengamatan secara mikroskopis (Gambar 7b) menunjukkan (1) bagian makrokonidia yang berbentuk lonjong memanjang dengan ujung meruncing dan bergerombol disekitar konidiofor dan (2) menunjukkan sekat pada hifa. Kriteria tersebut sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.* (1999), bahwa koloni *Fusarium* sp. berwarna putih sampai putih kekuningan, dengan ciri miselium bagian tengah tampak putih dengan tekstur seperti kapas. Mesokonidia terbentuk sebelum pembentukan makrokonidia. Makrokonidia bersepta berbentuk hampir seperti sabit.

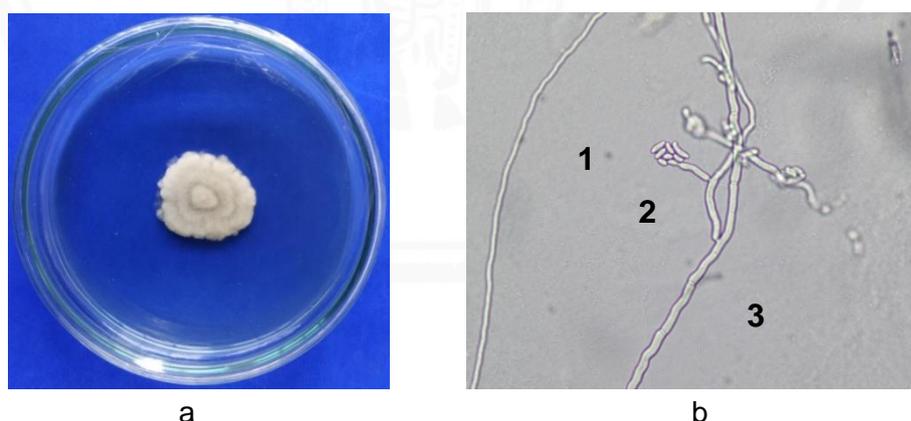


Gambar 7. *Fusarium* sp. a: Makroskopis (Biakan murni koloni umur 7 HSP), b: Mikroskopis (1) Makrokonidia, (2) Hifa bersekat

4.2.2. *Mortierella* sp. (MRP01)

Penampakan makroskopis jamur menunjukkan warna koloni putih, bagian tepi berwarna putih dan berwarna dasar putih serta bagian tepi yang persebarannya tidak beraturan. Tekstur permukaan kasar, dengan kerapatan rapat, dan ketebalan datar (Gambar 8a). Hal ini sesuai dengan pernyataan Dewaga dan Gams (2004), yakni karakteristik *Mortierella* sp. memiliki warna koloni putih dan pertumbuhannya memiliki miselium vegetatif yang halus.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa dan hialin. Sporangiofor hialin, memiliki bentuk tegak, ramping, sederhana, dan bercabang. Konidia berbentuk bulat berdiameter 3,12-4,68 serta menggerombol dekat dengan konidiofor (Gambar 8b).



Gambar 8. *Mortierella* sp. a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: konidia, 2: konidiofor dan 3: hifa tidak bersekat)

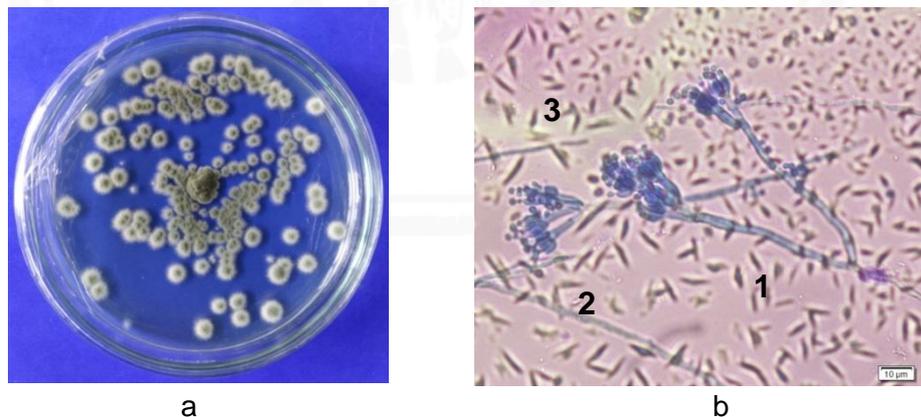
Kriteria yang telah disebutkan diatas sesuai dengan pernyataan Watanabe (2002), yakni *Mortierella* sp. memiliki sporangiofor tegak, hialin, sederhana atau

bercabang dengan panjang 40-90 p.m, meruncing ke arah puncak dan menyempit di dasar. Lebar 3-6 gm di pangkalan, panjang cabang 6-36 p.m. sporangia biasanya berdiameter 8-151.1m. sporangiospora berdiameter 2-7 gm.

4.2.3. *Penicillium* sp. (PRP01)

Hasil identifikasi secara makroskopis menunjukkan warna koloni hijau, bagian tepi berberwarna putih dan memiliki warna dasar hijau. Tipe persebarannya tidak beraturan. Tekstur permukaan seperti beludru, dengan kerapatan rapat, dan ketebalan yang tebal (Gambar 9a). Ukuran diameter 2,45 cm saat berumur 7 hari setelah purifikasi dan waktu memenuhi cawan Petri 27x24 jam setelah purifikasi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan menurut Gandjar *et al.* (1999), yakni koloni *Penicillium* sp. memiliki diameter 4-5 cm dalam waktu 10 hari, memiliki permukaan seperti beludru walaupun kadang-kadang agak seperti kapas, dan berwarna hijau kekuningan atau hijau agak biru pucat, bila berumur tua warna akan semakin gelap.

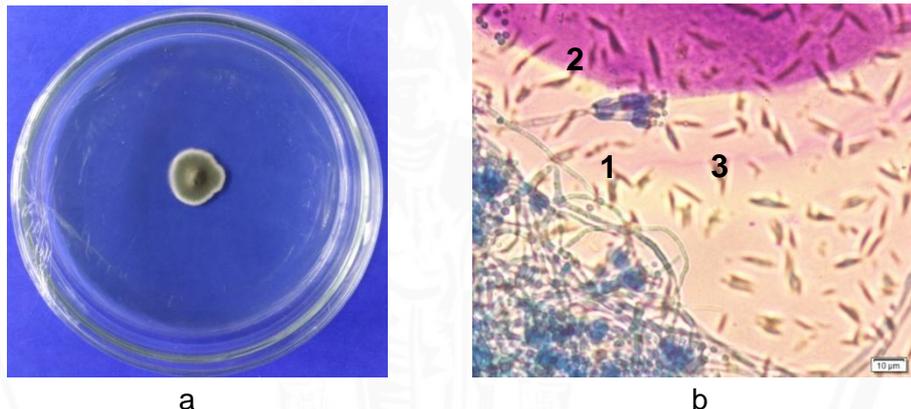
Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bersekat dan hialin. Memiliki fialid serta konidiofor tidak bersekat, berbentuk tegak, ramping, sederhana, dan bercabang. Konidia hialin, berbentuk bulat. Sebaran konidia menggerombol dan memanjang dekat dengan konidiofor membentuk untaian (Gambar 10b). Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.* (1999), bahwa *Penicillium* sp. memiliki konidiofor muncul dari substrat, umumnya mempunyai vertisil 3 hingga 4, pada beberapa strain memiliki percabangan lebih banyak, stipe memiliki panjang 250-500 μm dan lebar 4 μm .



Gambar 10. *Penicillium* sp. (PRP01). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: konidiofor, 2: fialid dan 3: Konidia)

4.2.4. *Penicillium* sp. (PRP02)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni hijau tua, bagian tepi berberwarna putih. Tekstur permukaan agak kasar, dengan kerapatan rapat, dan ketebalan yang tidak terlalu tebal (Gambar 10a). Ukuran diameter 5 cm saat berumur 7 HSP dan waktu memenuhi cawan Petri kurang lebih dalam kurun waktu dua minggu setelah isolasi. Menurut Gandjar *et al.* (1999), menyatakan bahwa koloni *Penicillium* sp. memiliki diameter 4-5 cm dalam waktu 10 hari, memiliki permukaan seperti beludru walaupun kadang-kadang agak seperti kapas, dan berwarna hijau kekuningan atau hijau agak biru pucat, bila berumur tua warna akan semakin gelap. Penampakan secara mikroskopis (Gambar 10b) menunjukkan adanya hifa fialid serta konidiofor tidak bersekat, berbentuk tegak, ramping, sederhana, dan bercabang. Konidia hialin, berbentuk bulat dan berada di bagian ujung fialid.



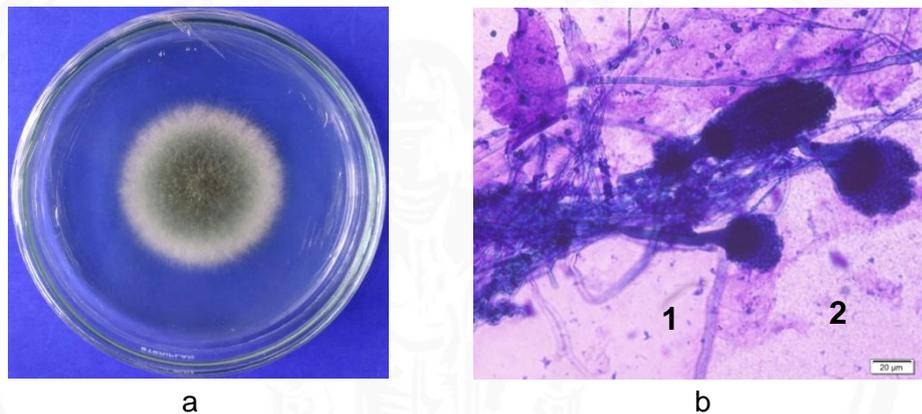
Gambar 10. *Penicillium* sp. (PRP02). a: makroskopis (iakan murni koloni umur 3 HSP), b: mikroskopis (1: konidiofor, 2: fialid dan 3: konidia)

4.2.5. *Aspergillus* sp. (ARP01)

Hasil pengamatan secara makroskopis menunjukkan warna koloni hijau, bagian tepi berberwarna putih dan memiliki warna dasar hijau tua. Tipe persebarannya berbentuk bulat. Tekstur permukaan halus seperti kapas, dengan kerapatan sedang, dan ketebalan timbul pada tepian (Gambar 11a). Ukuran diameter 5 cm saat berumur 7 HSP dan waktu memenuhi cawan Petri kurang lebih 2 minggu setelah purifikasi. Persebaran pada cawan Petri cukup cepat dan tersebar sehingga cukup sulit untuk menumbuhkan satu koloni dalam cawan Petri. Sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.* (1999), bahwa *Aspergillus* sp. memiliki ukuran 4-5 cm dalam waktu 7 hari, dan terdiri dari suatu lapisan basal

yag kompak berwarna putih hingga kuning dan suatu lapisan konidiofor yang lebat yang erwarna coklat tua hingga hitam. kepala konidia berwarna hitam, berbentuk bulat, dan cenderung merekah menjadi kolom-kolom pada koloni berumur tua.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bersekat dan tidak hialin. Konidiofor bersekat dengan panjang 102,77 μm , berbentuk tegak, ramping, sederhana, dan tidak bercabang. Konidia berwarna hitam, berbentuk bulat dengan panjang 36,66 μm dan lebar 40,58 μm . Sebaran konidia menggerombol pada ujung konidiofor (Gambar 11b). Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.* (1999), bahwa *Aspergillus* sp. memiliki konidiofor berdinding halus, berwarna hialin, tetapi dapat juga kecoklatan. Konidia berbentuk bulat hingga semibulat, berukuran 3,5-5 μm .



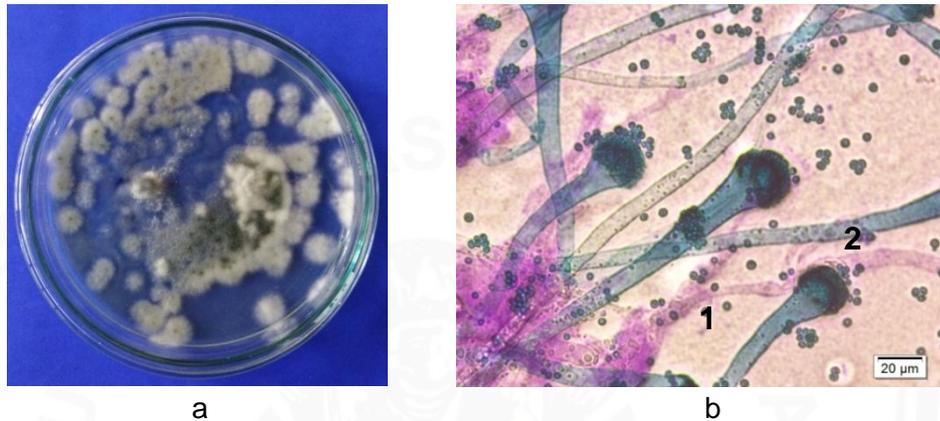
Gambar 11. *Aspergillus* sp. (ARP01). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 5 HSP), b: mikroskopis (1: konidiofor dan 2: konidia)

4.2.6. *Aspergillus* sp. (ARP02)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni putih kehijauan, bagian tepi berberwarna putih dan memiliki warna dasar hijau. Tipe persebarannya tidak berbentuk, sebaran menyebar keseluruhan Petri. Tekstur permukaannya halus seperti kapas, dengan kerapatan sedang, dan ketebalan timbul (Gambar 12a). Ukuran diameter 4,65 saat berumur 7 HSP dan waktu memenuhi cawan Petri 14 HSP. Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.* (1999), bahwa *Aspergillus* sp. memiliki ukuran 4-5 cm dalam waktu 7 hari, dan terdiri dari suatu lapisan basal yang kompak berwarna putih hingga kuning dan suatu lapisan konidiofor yang lebat yang b coklat tua hingga hitam. kepala

konidia berwarna hitam, berbentuk bulat, dan cenderung merekah menjadi kolom-kolom pada koloni berumur tua.

Pengamatan secara mikroskopis (Gambar 13b) menunjukkan hifa bersekat dan hialin. Konidiofor tidak bersekat dengan panjang 216,92 μm , berbentuk tegak, ramping, sederhana, dan tidak bercabang. Konidia berwarna gelap, berbentuk bulat dan berada di bagian ujung konidiofor. Sebaran konidia menggerombol dekat dengan konidiofor. *Aspergillus* sp. memiliki konidiofor berdinding halus, berwarna hialin, tetapi dapat juga kebiruan.



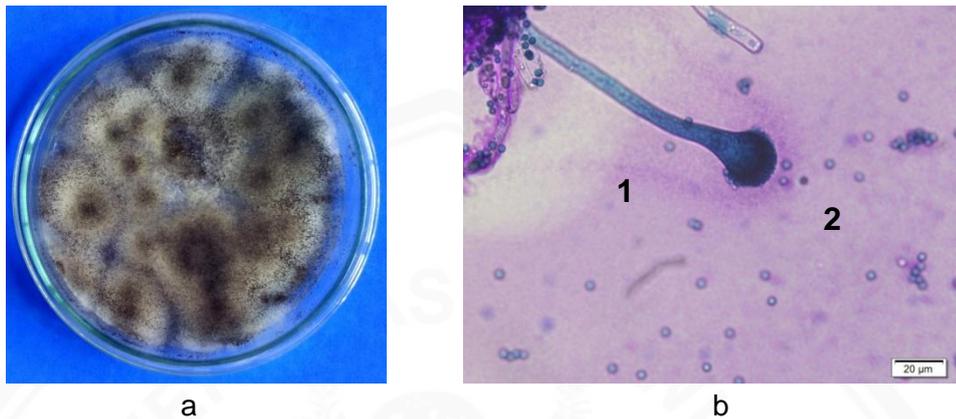
Gambar 12. *Aspergillus* sp. (ARP02). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: konidiofor dan 2: konidia)

4.2.7. *Aspergillus* sp. (ARP03)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni hitam, bagian tepi berberwarna putih dan memiliki warna dasar hitam. Tipe persebarannya berbentuk. Tekstur permukaan agak kasar, dengan kerapatan sedang, dan ketebalan timbul pada tepian (Gambar 13a). Ukuran diameter 4,5 cm saat berumur 7 hari setelah purifikasi dan waktu memenuhi cawan Petri 17x24 jam setelah purifikasi. Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan menurut Gandjar *et al.* (1999), bahwa *Aspergillus* sp. memiliki ukuran 4-5 cm dalam waktu 7 hari, dan terdiri dari suatu lapisan basal yang kompak berwarna putih hingga kuning dan suatu lapisan konidiofor yang lebat yang berwarna coklat tua hingga hitam. kepala konidia berwarna hitam, berbentuk bulat, dan cenderung merekah menjadi kolom-kolom pada koloni berumur tua.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bersekat dan tidak hialin. Konidiofor bersekat dengan panjang 102,77 μm , berbentuk tegak, ramping, sederhana, dan tidak bercabang. Konidia berwarna hitam, berbentuk

bulat dengan panjang 36,66 μm dan lebar 40,58 μm . Sebaran konidia menggerombol pada ujung konidiofor (Gambar 13b). Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.* (1999), yang menyatakan bahwa *Aspergillus* sp. memiliki konidiofor berdinding halus, berwarna hialin, tetapi dapat juga kecoklatan. Konidia berbentuk bulat hingga semibulat, berukuran 3,5-5 μm .

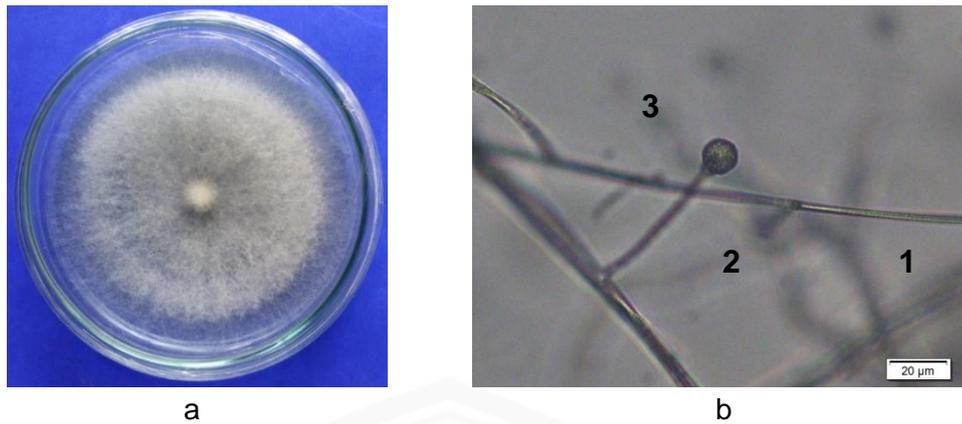


Gambar 13. *Aspergillus* sp. (ARP03). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: konidiofor dan 2: konidia)

4.2.8. *Gongronella* sp. (GRP01)

Pengamatan makroskopis koloni jamur menunjukkan warna koloni putih kekuningan, bagian tepi berwarna putih dan warna dasar kekuningan. Tipe persebaran bulat beraturan, dan memiliki konsentris. Tekstur permukaan halus dengan kerapatan sedang dan ketebalan sedang (Gambar 14a). Ukuran diameter 6,8 cm saat berumur 7 HSP dan waktu memenuhi cawan Petri 10x24 jam. Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Babu *et al.* (2015), bahwa koloni *Gongronella* sp. berwarna putih dengan bagian tengah berwarna kuning kecoklatan.

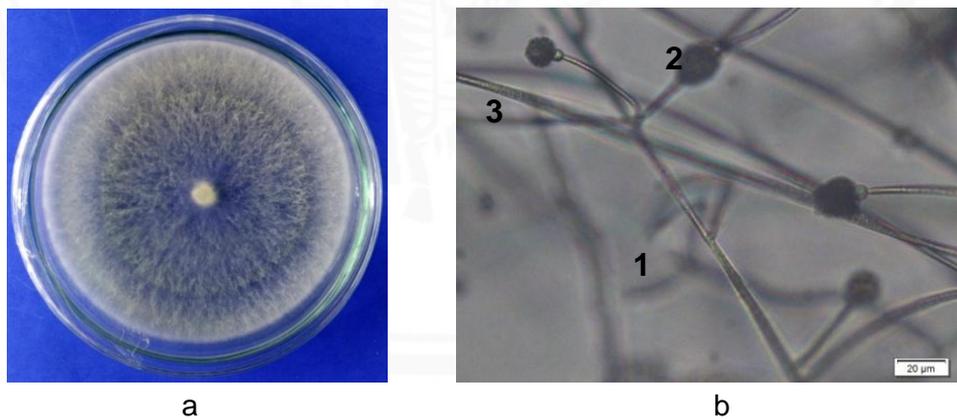
Pengamatan morfologi jamur (Gambar 14b) menunjukkan hifa tidak bersekat dan hialin. Sporangiofor sederhana, tidak bersekat dengan panjang 34, 61 μm . Sporangium berbentuk globose berdiameter 15,2 μm . Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Watanabe (2002), yakni ciri morfologi *Gongronella* sp. yakni sporangiofor hialin dan sederhana, sporangium berbentuk globose berdiameter 15,2-20,7 μm serta sporangiospora hialin.



Gambar 14. *Gongronella* sp. (GRP01). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: hifa tidak bersekat, 2: sporangiofor dan 3: sporangium)

4.2.9. *Gongronella* sp. (GRP02)

Pengamatan makroskopis koloni jamur menunjukkan warna koloni putih kekuningan, bagian tepi berwarna putih dan warna dasar kekuningan. Tipe persebaran bulat beraturan, dan memiliki konsentris. Tekstur permukaan halus dengan kerapatan sedang dan ketebalan sedang (Gambar 15). Ukuran diameter 5,7 cm saat berumur 7 HSP dan waktu memenuhi cawan Petri 10x24 jam. Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Babu *et al.* (2015), yakni koloni *Gongronella* sp. berwarna putih dengan bagian tengah berwarna kuning kecoklatan.



Gambar 15. *Gongronella* sp. (GRP02). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: hifa tidak bersekat, 2: sporangiofor dan 3: sporangium)

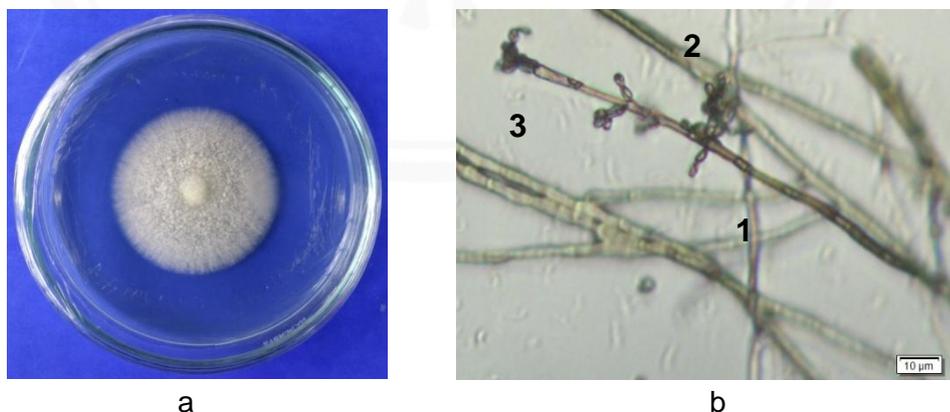
Pengamatan morfologi jamur secara mikroskopis menunjukkan hifa tidak bersekat dan hialin. Sporangiofor sederhana, tidak bersekat dengan panjang 34, 61 µm. Sporangium berbentuk globose berdiameter 15,2 µm. Karakteristik

tersebut sesuai dengan pernyataan Watanabe (2002), yakni ciri morfologi *Gongronella* sp. yakni sporangiofor hialin dan sederhana, sporangium berbentuk globose berdiameter 15,2-20,7 μm serta sporangiospora.

4.2.10. *Trichoderma* sp. (TRP01)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni putih, bagian tepi berwarna putih dan memiliki warna dasar putih. Tipe persebarannya kosentris. Tekstur permukaan halus seperti kapas, dengan kerapatan sedang, dan ketebalan datar (Gambar 16a). Ukuran diameter 9 cm saat berumur 4 hari setelah purifikasi dan waktu memenuhi cawan Petri 4 HSP. Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.* (1999), yakni koloni mencapai diameter 5 cm pada waktu 9 hari, semula berwarna hialin, kemudian menjadi putih kehijauan dan selanjutnya hijau redup terutama pada bagian yang menunjukkan banyak terdapat konidia.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bersekat dan hialin. Konidiofor bersekat dengan panjang 69,23 μm , berbentuk tegak, ramping, sederhana, dan bercabang. Memiliki fialid dengan panjang 4,6 μm . Konidia hialin, berbentuk bulat dengan diameter 5 μm . Sebaran konidia menggerombol dekat dengan konidiofor (Gambar 16b). Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.* (1999), yakni konidiofor dapat bercabang menyerupai piramida, yaitu pada bagian bawah cabang lateral yang berulang-ulang, sedangkan kearah ujung percabangan menjadi bertambah pendek. Konidia berbentuk semi bulat hingga oval pendek, berukuran panjang 28-32 μm dan lebar 2,5-2,8 μm serta berdinding halus.

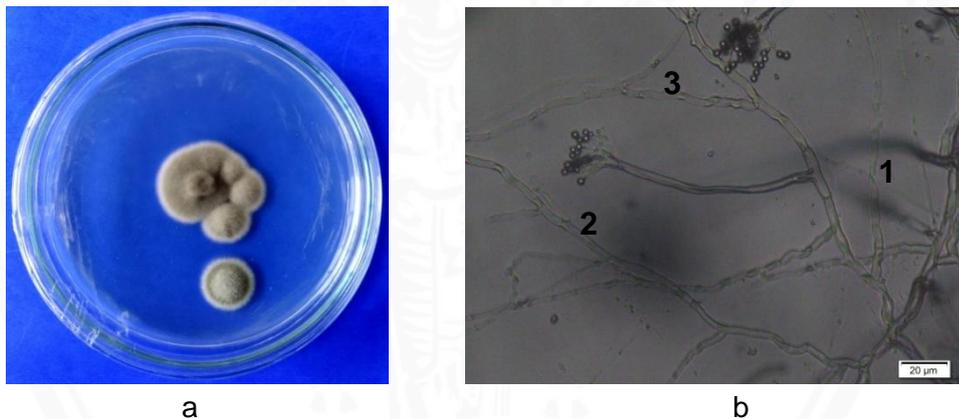


Gambar 16. *Trichoderma* sp. a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: konidiofor, 2: fialid dan 3: konidia)

4.2.11. *Cladosporium* sp. (CRP01)

Pengamatan makroskopis koloni jamur menunjukkan warna koloni hijau gelap, bagian tepi berwarna hijau muda dan warna dasar hijau kehitaman. Tipe persebaran tidak beraturan, dan tidak memiliki konsentris. Tekstur permukaan agak kasar seperti bubuk dengan kepadatan sedang dan ketebalan sedang (Gambar 17a). Ukuran diameter 6,8 cm saat berumur 7HSP dan waktu memenuhi cawan Petri 10x24 jam. Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan Bensch *et al.* (2012), yakni koloni tumbuh lambat, sebagian besar berwarna coklat hijau ke coklat kehitaman tetapi juga kadang-kadang abu-abu atau coklat. Sering terlihat seperti bubuk karena produksi konidia yang melimpah.

Hifa vegetatif, konidiofor dan konidia sama-sama berpigmen. Conidiophores lebih atau kurang berbeda dari hifa vegetatif, menjadi tegak, lurus atau lentur, tidak bercabang atau bercabang hanya di daerah apikal. Pengamatan morfologi jamur (Gambar 17b) menunjukkan hifa bersekat dan hialin.



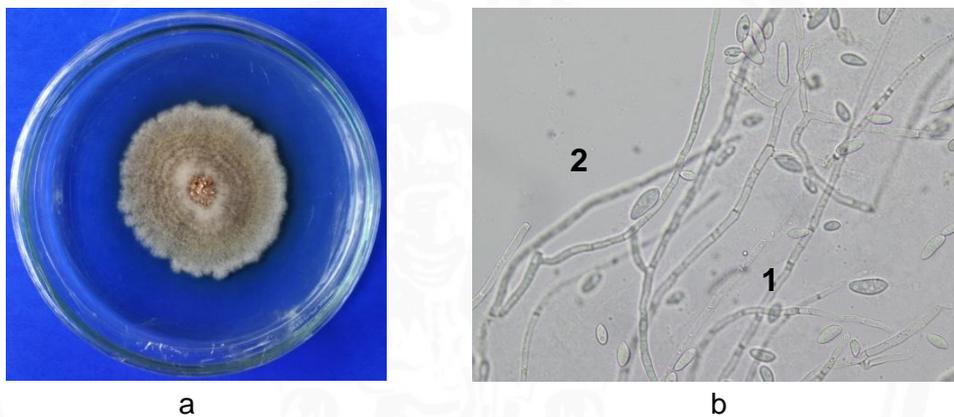
Gambar 17. *Cladosporium* sp. a: makroskopis (biakan murni koloni umur 5 HSP), b: mikroskopis (1: hifa bersekat, 2: konidiofor dan 3: konidia)

Terdapat konidiofor dan konidia pada bagian ujung konidiofor. Konidia tampak berantai dimulai dari bagian ujung konidiofor. Karakteristik tersebut sesuai dengan pernyataan menurut Bensch *et al.* (2012), yakni konidia diproduksi dalam rantai acropetal bercabang, menjadi satu sampai empat sel, dan memiliki hilus gelap yang berbeda. Istilah *blastocatenate* sering digunakan untuk menggambarkan rantai konidia dimana konidium termuda berada di ujung apikal atau distal dari rantai.

4.2.12. Jamur Belum Teridentifikasi 1 (BTRP01)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni coklat muda kekuningan, bagian tepi berberwarna putih dan memiliki warna dasar coklat muda. Tipe persebarannya berbentuk bulat dengan tepian menyebar dan ketebalan datar (Gambar 18a). Ukuran diameter 4 cm saat berumur 7 hari. Waktu pertumbuhan koloni cukup lambat.

Setelah dilakukan purifikasi waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi cawan Petri kurang lebih 3 minggu setelah purifikasi. Pada bagian tengah terdapat eksudat berwarna kuning kecoklatan. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bercabang, memiliki sekat dan hialin. Ditemukan spora yang tersebar disekitar hifa, berbentuk oval dengan ujung tumpul (Gambar 18b).

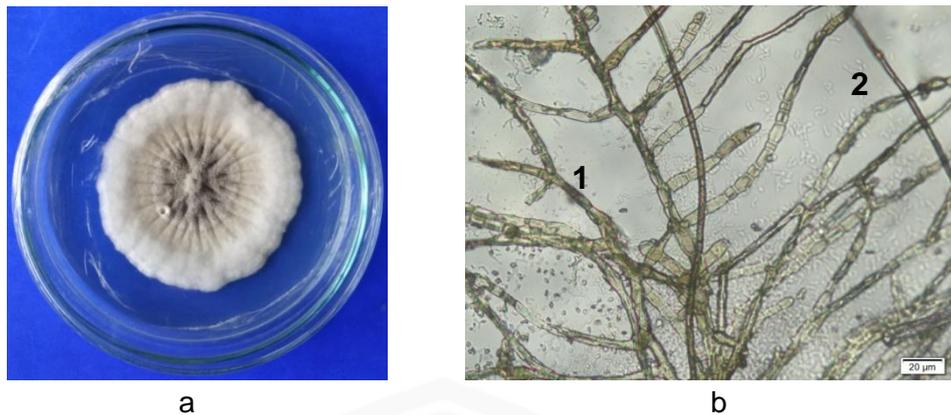


Gambar 18. Jamur belum beridentifikasi 1 (BTRP01). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: hifa bersekat dan 2: spora)

4.2.13. Jamur Belum Teridentifikasi 2 (BTRP02)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni bagian tengah berwarna abu-abu, bagian tepi berberwarna putih dan memiliki warna dasar putih keabuan (Gambar 19a). Tipe persebarannya tidak berbentuk bulat dengan tepian menyebar dan tidak rata. Tekstur permukaan kasar dengan kerapatan sedang, dan ketebalan tebal. Ukuran diameter 9 cm saat berumur 6 hari setelah purifikasi dan waktu memenuhi cawan Petri 6x24 jam setelah purifikasi.

Pengamatan juga dilakukan secara mikroskopis. Berdasarkan hasil identifikasi dengan menggunakan mikroskop, penampakan morfologis jamur menunjukkan hifa bercabang, memiliki sekat dan hialin (Gambar 19b). Tidak ditemukan adanya konidiofor dan konidia yang bergerombol maupun yang tersebar disekitar hifa.

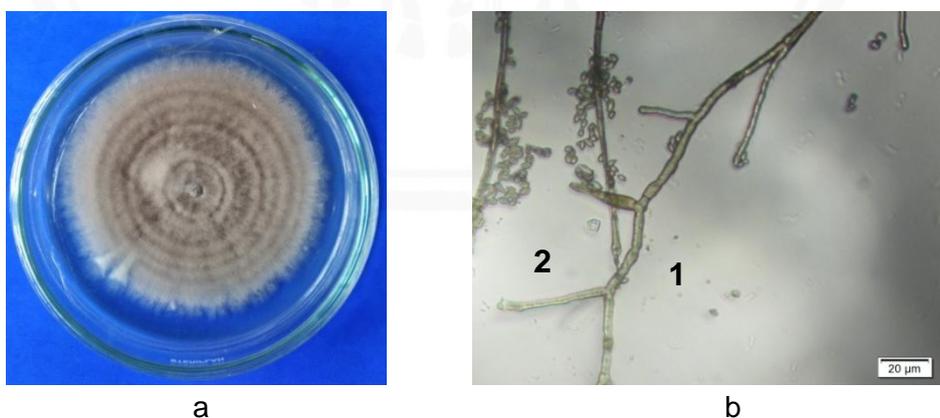


Gambar 19. Jamur belum teridentifikasi 2 (BTRP02). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: hifa bercabang dan 2: hifa bersekat)

4.2.14. Jamur Belum Teridentifikasi 3 (BTRP03)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni berwarna abu-abu, bagian tepi berberwarna putih dan memiliki warna dasar keabuan. Tipe persebarannya berbentuk bulat, memiliki konsentris dengan tepian menyebar rata. Tekstur permukaan kasar dengan kerapatan sedang, dan ketebalan sedang (Gambar 20a).

Ukuran diameter 9 cm saat berumur 6 hari setelah purifikasi dan membutuhkan waktu untuk memenuhi cawan Petri 2 minggu setelah purifikasi. Pertumbuhan jamur tergolong sedang. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bercabang, memiliki sekat dan hialin (Gambar 20b). Ditemukan spora yang tersebar disekitar hifa. Bentuk spora bulat dan sedikit oval. Spora bergerombol pada bagian tepi atau ujung hifa.

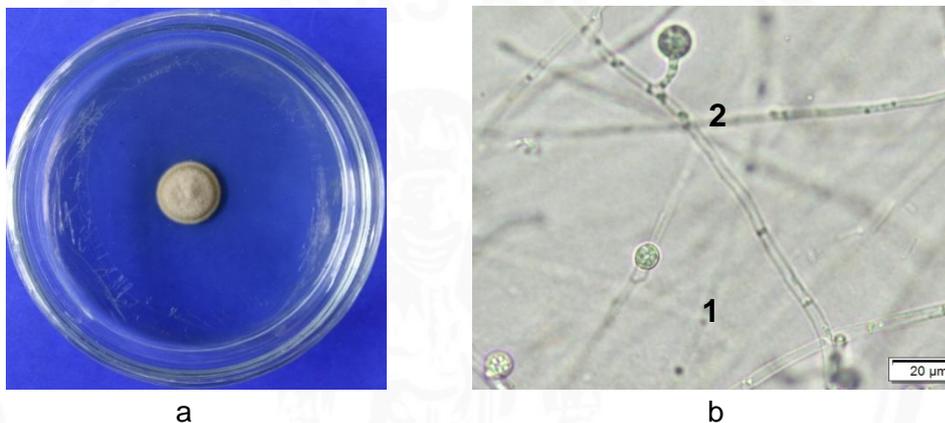


Gambar 20. Jamur belum teridentifikasi 3 (BTRP03). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: hifa bercabang dan 2: konidia)

4.2.15. Jamur Belum Teridentifikasi 4 (BTRP04)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni berwarna hijau muda dengan tepi berwarna putih dan memiliki warna dasar hijau. Tipe persebarannya berbentuk bulat, tidak memiliki konsentris dengan tepian rata. Tekstur permukaan kasar dengan kerapatan sedang, dan ketebalan sedang (Gambar 21a). Ukuran diameter 5 cm saat berumur 6 hari setelah purifikasi dan membutuhkan waktu untuk memenuhi cawan Petri dua hingga tiga minggu.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bercabang, memiliki sekat dan hialin. Ditemukan sporangium yang menempel pada bagian hifa jamur. Sporangium berbentuk bulat atau globus. Belum ditemukan adanya spora yang tersebar disekitar hifa. (Gambar 21b).



Gambar 21. Jamur belum teridentifikasi 4 (BTRP04). a: makroskopis (biakan murni koloni umur 7 HSP), b: mikroskopis (1: hifa bercabang dan 2: sporangium)

4.3 Uji Antagonis Jamur Rhizosfer terhadap Patogen Foc

Berdasarkan hasil analisis ragam, daya hambat sebagian besar jamur rhizosfer tanaman pisang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar jamur rhizosfer tersebut mampu menekan pertumbuhan patogen Foc secara *in vitro*. Pada pengamatan hari ke-3, daya hambat jamur rhizosfer tertinggi adalah *Trichoderma* sp. (TRP01) dengan persentase sebesar 37.48%. Isolat jamur rhizosfer lain yang menunjukkan daya hambat lebih tinggi daripada kontrol yaitu *Aspergillus* sp. (ARP02 dan ARP03), *Cladosporium* sp., *Gongronella* sp. (GRP02) dan jamur belum teridentifikasi 4 (BTRP04). Sedangkan daya hambat isolat jamur rhizosfer lainnya tidak berbeda dengan kontrol.

Pada pengamatan hari ke-5, terdapat 9 dari 15 isolat jamur dengan daya hambat yang lebih tinggi daripada kontrol yaitu jamur *Aspergillus* sp. (ARP01 dan ARP03), *Gongronella* sp. (GRP01 dan GRP02), *Penicillium* sp. (PRP01), *Trichoderma* sp. (TRP01) dan jamur belum teridentifikasi 3 (BTRP03) dan 4 (BTRP04). *Aspergillus* sp. (ARP02) merupakan jamur dengan daya hambat tertinggi dengan persentase sebesar 38.81%, sedangkan isolat jamur rhizosfer lainnya memiliki daya hambat yang sama dengan kontrol.

Tabel 4. Persentase rerata daya hambat jamur rhizosfer terhadap patogen Foc

| Isolat Jamur Rhizosfer | Kode | % Rerata Daya Hambat pada Pengamatan hari ke - (HSI) | | |
|-------------------------------|--------|--|-----------|-----------|
| | | 3 | 5 | 7 |
| Kontrol | K | 0 A | 0 a | 0 a |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP01 | 37,48 b | 30,70 bc | 36,38 cd |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP02 | 32,88 b | 38,81 c | 33,33 bcd |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP03 | 31,40 b | 35,11 bc | 43,53 d |
| <i>Cladosporium</i> sp. | CRP01 | 28,19 b | 18,87 abc | 29,95 bcd |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP01 | 23,30 ab | 26,83 bc | 26,65 bcd |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP02 | 29,42 b | 30,91 bc | 30,38 bcd |
| <i>Fusarium</i> sp. | FRP01 | 12,04 ab | 12,61 ab | 20,09 bc |
| <i>Mortierella</i> sp. | MRP01 | 0 a | 18,39 abc | 22,03 bc |
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP01 | 34,60 b | 25,15 bc | 30,17 bcd |
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP02 | 14,99 ab | 20,83 abc | 26,60 bcd |
| <i>Trichoderma</i> sp. | TRP01 | 24,37 ab | 24,37 bc | 25,81 bcd |
| Jamur Belum Teridentifikasi 1 | BTRP01 | 13,27 ab | 22,82 abc | 18,57 abc |
| Jamur Belum Teridentifikasi 2 | BTRP02 | 27,03 ab | 21,02 abc | 21,44 bc |
| Jamur Belum Teridentifikasi 3 | BTRP03 | 11,09 ab | 26,08 bc | 28,08 bcd |
| Jamur Belum Teridentifikasi 4 | BTRP04 | 33,23 b | 25,34 bc | 15,51 ab |

Keterangan: Data telah ditransformasi menggunakan arc sin. Bilangan yang disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%.

Pengamatan pada hari ke-7 menunjukkan bahwa daya hambat 2 dari 15 isolat jamur menunjukkan nilai yang sama dengan kontrol. Dua isolat tersebut adalah jamur belum teridentifikasi 1 (BTRP01) dan 4 (BTRP04). Ketigabelas jamur lainnya memiliki daya hambat yang lebih tinggi daripada kontrol. Daya hambat yang tertinggi terhadap pertumbuhan patogen Foc adalah jamur *Aspergillus* sp. (ARP03).

Berdasarkan tingkat penghambatannya terhadap jamur patogen *Foc*, terdapat 5 isolat jamur rhizosfer yang tergolong ke dalam kategori penghambatan sedang. Sedangkan 10 isolat lainnya tergolong ke dalam kategori penghambatan rendah (Tabel 5).

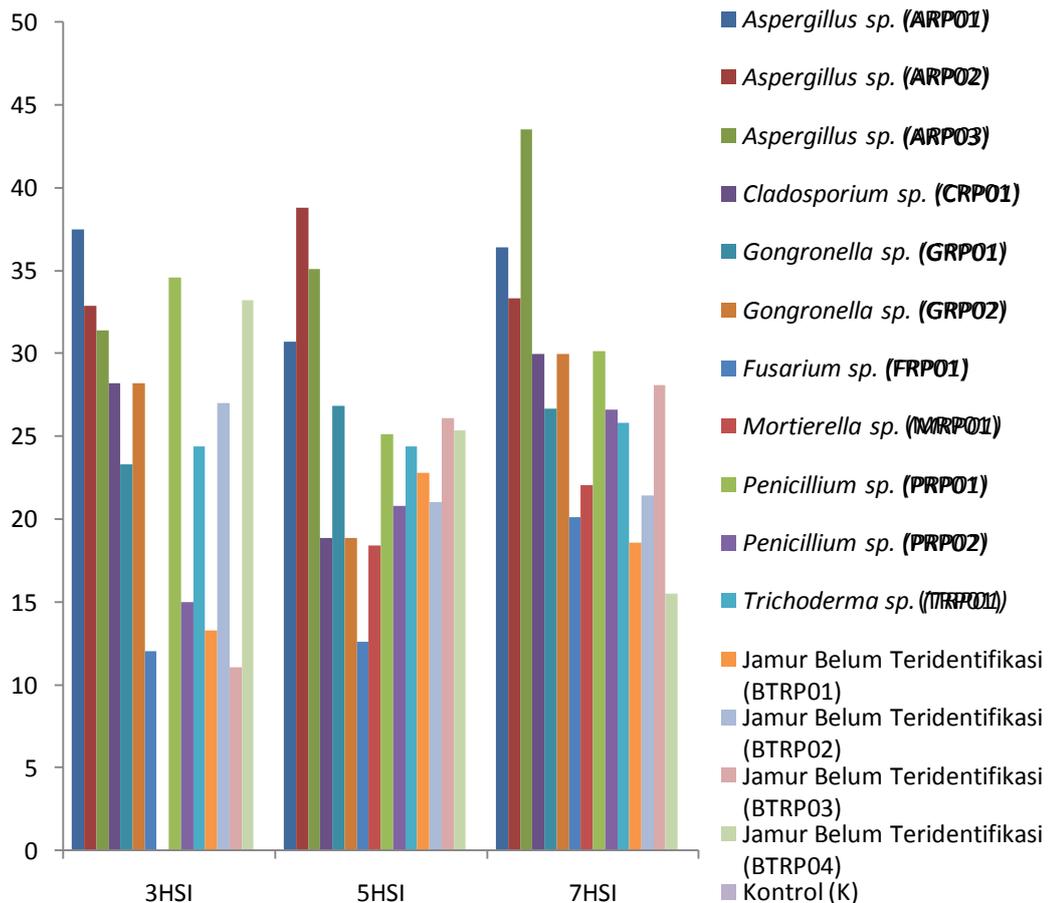
Tabel 5. Berbagai tingkat penghambatan jamur rhizosfer terhadap patogen *Foc*

| Isolat Jamur Rhizosfer | Kode | Kategori Penghambatan |
|-------------------------------|--------|-----------------------|
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP01 | Sedang |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP02 | Sedang |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP03 | Sedang |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP02 | Sedang |
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP01 | Sedang |
| <i>Cladosporium</i> sp. | CRP01 | Rendah |
| <i>Fusarium</i> sp. | FRP01 | Rendah |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP01 | Rendah |
| <i>Mortierella</i> sp. | MRP01 | Rendah |
| <i>Trichoderma</i> sp. | TRP01 | Rendah |
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP02 | Rendah |
| Jamur Belum Teridentifikasi 1 | BTRP01 | Rendah |
| Jamur Belum Teridentifikasi 2 | BTRP02 | Rendah |
| Jamur Belum Teridentifikasi 3 | BTRP03 | Rendah |
| Jamur Belum Teridentifikasi 4 | BTRP04 | Rendah |

Isolat jamur rhizosfer dengan nilai daya hambat yang lebih tinggi daripada kontrol menunjukkan bahwa jamur rhizosfer mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Foc* secara *in vitro*. Hal tersebut diduga karena pertumbuhan jamur rhizosfer yang lebih cepat dibandingkan dengan patogen *Foc* sehingga koloni jamur rhizosfer mampu mendominasi ruang pertumbuhan jamur pada cawan Petri. Pertumbuhan jamur rhizosfer yang cepat merupakan salah satu faktor bahwa jamur tersebut efektif dalam menekan pertumbuhan patogen. Hal ini sesuai dengan pernyataan Djafaruddin (2000), bahwa kecepatan pertumbuhan jamur merupakan salah satu faktor yang penting dalam menentukan potensinya sebagai agens hayati terhadap patogen. Istikorini (2005) menyatakan bahwa jamur rhizosfer mampu menjadi agens antagonis yang baik untuk pengendalian hayati apabila jamur tersebut memiliki kemampuan dalam mengkolonisasi jaringan tanaman dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain.

Persentase daya hambat jamur rhizosfer terhadap patogen *Foc* menunjukkan nilai yang fluktuatif pada hari ke 3, 5 dan 7 (Gambar 22).

Persentase daya hambat jamur rhizosfer tertinggi adalah jamur *Aspergillus* sp. (ARP03). Jamur tersebut menunjukkan peningkatan persentase daya hambat pada hari ke 3 hingga ke 7, sedangkan dua isolat jamur *Aspergillus* sp. (ARP01 dan ARP02) cenderung menunjukkan nilai yang fluktuatif walaupun memiliki nilai daya hambat yang lebih tinggi dibandingkan isolat jamur lainnya. Isolat yang menunjukkan nilai cukup tinggi lainnya adalah *Penicillium* sp. (PRP01).



Gambar 22. Histogram persentase daya hambat jamur rhizosfer terhadap patogen Foc

Rerata persentase daya hambat jamur rhizosfer tertinggi berada pada pengamatan hari ke 7. Hal tersebut diduga karena pertumbuhan jamur rhizosfer yang lebih cepat dibandingkan dengan jamur patogen Foc sehingga zona tumbuh jamur patogen Foc menjadi terbatas. Proses penghambatan yang dilakukan oleh isolat jamur rhizosfer terhadap patogen Foc merupakan salah satu faktor keberhasilan jamur rhizosfer dalam menekan pertumbuhan patogen Foc. Hal ini sesuai dengan pernyataan Amaria *et al.* (2013), yakni isolat-isolat jamur yang memiliki daya hambat tinggi merupakan isolat antagonis yang pertumbuhan

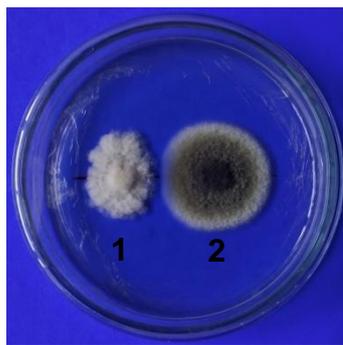
koloninya lebih cepat dibandingkan koloni patogen dan tampak perkembangan koloni antagonis dapat menutupi dan menekan perkembangan koloni patogen.

Selain persentase daya hambatnya, kemampuan jamur rhizosfer dalam menekan pertumbuhan patogen *Foc* dapat digolongkan berdasarkan mekanisme penghambatannya. Mekanisme penghambatan 15 isolat jamur rhizosfer yang didapatkan yaitu kompetisi dan antibiosis (Tabel 6). Sebanyak 5 isolat jamur rhizosfer yang didapatkan menunjukkan mekanisme penghambatan antibiosis. Kelima jamur tersebut yaitu: *Aspergillus* sp. (ARP01), *Cladosporium* sp. (CRP01), *Fusarium* sp. (FRP01) dan *Mortierella* sp. (MRP01). Sedangkan 10 isolat jamur lainnya menunjukkan mekanisme kompetisi.

Tabel 6. Berbagai mekanisme penghambatan jamur rhizosfer terhadap patogen *Foc*

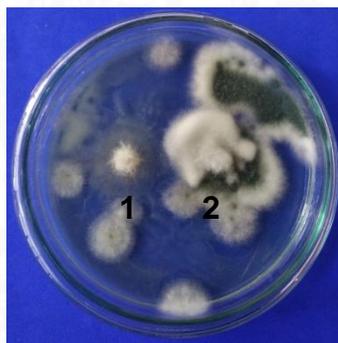
| Isolat Jamur Rhizosfer | Kode | Mekanisme Penghambatan |
|-------------------------------|--------|------------------------|
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP02 | Kompetisi |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP03 | Kompetisi |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP01 | Kompetisi |
| <i>Gongronella</i> sp. | GRP02 | Kompetisi |
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP01 | Kompetisi |
| <i>Penicillium</i> sp. | PRP02 | Kompetisi |
| Jamur Belum Teridentifikasi 1 | BTRP01 | Kompetisi |
| Jamur Belum Teridentifikasi 2 | BTRP02 | Kompetisi |
| Jamur Belum Teridentifikasi 3 | BTRP03 | Kompetisi |
| Jamur Belum Teridentifikasi 4 | BTRP04 | Kompetisi |
| <i>Aspergillus</i> sp. | ARP01 | Antibiosis |
| <i>Cladosporium</i> sp. | CRP01 | Antibiosis |
| <i>Fusarium</i> sp. | FRP01 | Antibiosis |
| <i>Mortierella</i> sp. | MRP01 | Antibiosis |
| <i>Trichoderma</i> sp. | TRP01 | Antibiosis |

Isolat jamur rhizosfer menunjukkan mekanisme penghambatan secara antibiosis dan kompetisi dapat dilihat melalui pola pertumbuhan jamur pada cawan Petri (Gambar 23). Mekanisme antibiosis dapat diketahui melalui terbentuknya zona hambatan (zona bening) di antara jamur rhizosfer dan jamur patogen *Foc*. Zona bening adalah mekanisme antibiosis antagonisme yang melibatkan hasil metabolit penyebab lisis, enzim, senyawa folatol dan non folatol atau toksin yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme (Berlian *et al.*, 2013).



Gambar 23. Penampakan mekanisme antibiosis jamur rhizosfer terhadap Foc (1: jamur patogen Foc dan 2: jamur rhizosfer)

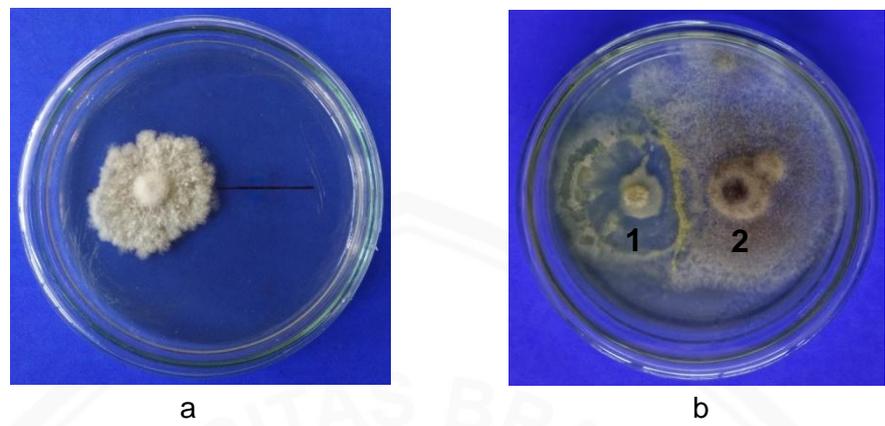
Sedangkan mekanisme kompetisi dapat diketahui melalui pertumbuhan jamur rhizosfer yang tumbuh mendominasi hampir memenuhi seluruh cawan (Gambar 24). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan menurut Asrul (2009), yakni tingkat kompetisi jamur yang tinggi menyebabkan penguasaan terhadap ruang/tempat, gas dan nutrisi lebih cepat sehingga patogen akan tersisih dan selanjutnya akan mengalami kematian.



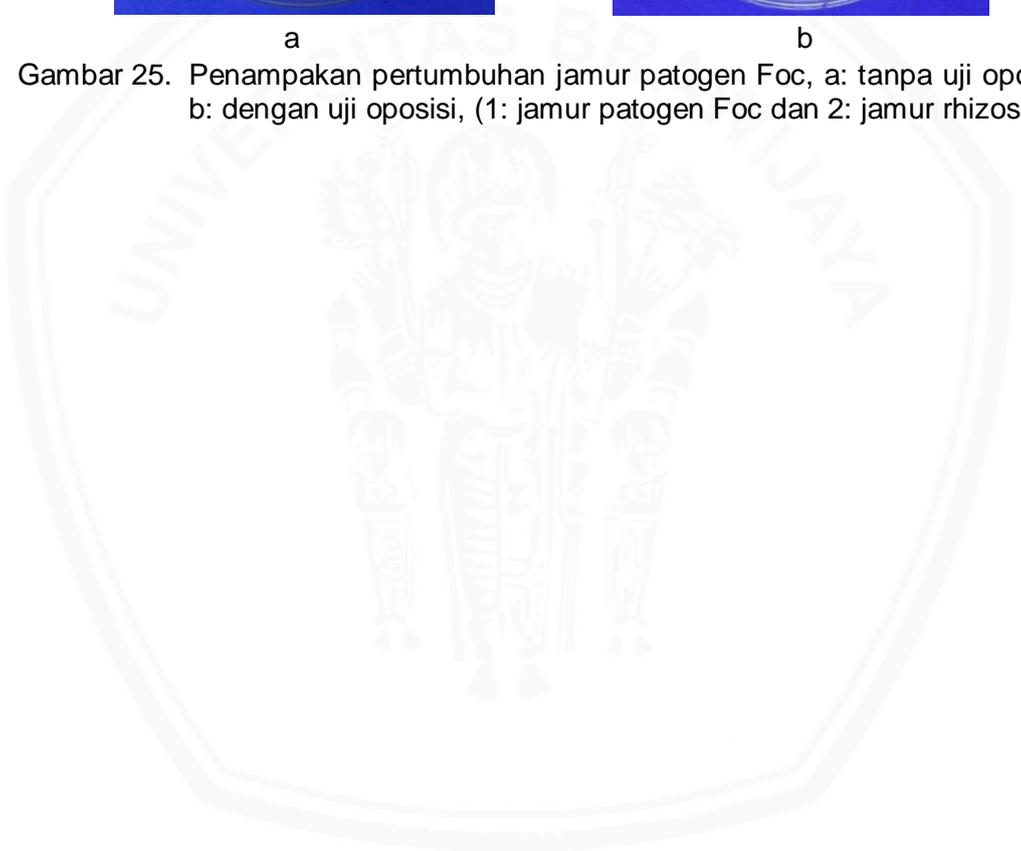
Gambar 24. Penampakan mekanisme kompetisi jamur rhizosfer terhadap Foc (1: jamur patogen Foc dan 2: jamur rhizosfer)

Koloni jamur patogen Foc yang tidak diuji oposisi langsung dengan jamur rhizosfer menunjukkan pertumbuhan yang normal dan berdiameter lebih besar dibandingkan dengan jamur Foc yang diuji oposisi dengan jamur rhizosfer (Gambar 25a). Persebaran koloni tumbuh secara merata dan tidak terlihat adanya pertumbuhan jamur yang terhambat. Sedangkan jamur patogen Foc yang diuji oposisi langsung dengan jamur rhizosfer menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan yang diakibatkan oleh jamur rhizosfer sehingga jamur Foc tidak dapat tumbuh secara normal (Gambar 24b). Hal ini diduga karena pertumbuhan koloni jamur rhizosfer yang lebih cepat dibandingkan dengan jamur Foc sehingga area pertumbuhan jamur Foc menjadi terbatas. Menurut Asrul (2009) jamur patogen akan tersisih dan selanjutnya mengalami

kematian apabila jamur tersebut tidak mampu menguasai ruang pertumbuhan jamur dalam mendapatkan gas dan nutrisi lebih cepat dibandingkan dengan jamur antagonis.



Gambar 25. Penampakan pertumbuhan jamur patogen Foc, a: tanpa uji oposisi, b: dengan uji oposisi, (1: jamur patogen Foc dan 2: jamur rhizosfer)



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil eksplorasi jamur rhizosfer didapatkan 15 isolat jamur yang terdiri dari 7 genus yaitu; *Aspergillus* (ARP01, ARP02 dan ARP03), *Cladosporium* (CRP01), *Gongronella* (GRP01 dan GRP02), *Fusarium* (FRP01), *Mortierella* (MRP01), *Penicillium* (PRP01 dan PRP02), dan *Trichoderma* (TRP01) sedangkan 4 isolat jamur lainnya masih belum teridentifikasi yakni BTRP01, BTRP02, BTRP03 dan BTRP04.
2. Berdasarkan hasil uji antagonis dan analisis ragam, jamur eksplorasi rhizosfer tanaman pisang terbukti mampu menekan pertumbuhan jamur Foc secara in-vitro dengan persentase daya hambat tertinggi pada genus *Aspergillus* sp.

5.2 Saran

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai bioekologi, uji patogenisitas dan uji secara *in vivo* pada masing-masing isolat jamur rhizosfer dalam menghambat jamur Foc sehingga dapat diketahui potensi jamur manakah yang paling baik dalam menekan pertumbuhan jamur Foc yang selanjutnya dapat digunakan sebagai agens hayati dalam mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman pisang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 1996. Plant Pathology. Penerjemah Munzir Busnia dalam Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Abdelrahman, M., Motaal, F. A., Sayed, M. E., Jogaiah, S., Shigyo, M., Ito, S. C., dan Tran, L. P. 2016. Dissection of *Trichoderma longibrachiatum*-Induced Defense In Onion (*Allium cepa* L.) Against *Fusarium oxysporum* F. Sp. Cepa By Target Metabolite Profiling. *Jurnal Plant Science* 246: 128-138.
- Alabouvette C., Olivain C. dan Steinberg C. 2006. Biological control of plant diseases: the European situation. *Europe Jurnal Plant Pathology* 114: 329–341.
- Amaria W, Taufiq E. dan Harnni M. 2013. Seleksi dan Identifikasi Jamur Antagonis Sebagai Agens Hayati Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus*) pada Tanaman Karet. *Jurnal Buletin Ristri* 4(1): 55-64.
- Babu, A. G., Kim S. W., Adhikari M., Yadav D. R., Um, Y. H., Kim C., Lee H. B. dan Lee Y. S. 2015. A New Record of *Gongronella butleri* Isolated in Korea. *Jurnal Microbiology* 43(2): 166-169.
- Berlian I., Setyawan B., dan Hadi H. 2013. Mekanisme Antagonisme *Trichoderma spp.* terhadap Beberapa Patogen Tular Tanah. *Jurnal Warta Perkaretan* 32(2): 74-82.
- Dewaga Y dan Gams W. 2004. A new species of *Mortierella*, and an associated sporangiiferous mycoparasite in a new genus, *Nothadelphia*. *Jurnal Studies in Mycology* 50: 567-572.
- Djaenuddin, N. 2011, Bioekologi dan Pengelolaan Penyakit Layu *Fusarium* Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.
- Djafaruddin. 2000. Dasar-dasar pengendalian penyakit tanaman. Jakarta: PT. Bumi Aksara
- Gandjar, Indrawati, Robert A. S., Karin W. D. T. V. Ariyanti O. dan Iman S. 1999. Pengenalan Kapang Tropik Umum. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., dan Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species- Opportunistic, Avirulent Plant Symbionts. *Jurnal Microbiology* 2(1): 43-56.
- Hossain, M. M., Sultana, F., Kubota, M., Koyama, H., dan Hyakumachi, M. 2007. The Plant Growth-Promoting Fungus *Penicillium simplicissimum* GP17-2 Induces Resistance in *Arabidopsis thaliana* by Activation of Multiple Defense Signals. *Jurnal Plant Cell Physiology* 48(12): 1724-1736.
- Istikorini, Y. 2008. Potensi Cendawan Endofit untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa pada Cabai (*Capsicum annum* L.). Disertasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Jung, J. H., Shin, D. M., Bae, W. C., Hong, S. K., Suh, J. W., Koo, S. dan Jeong, B. C. 2002. Identification of FM001 as Plant Growth-Promoting Substance

- from *Acremonium strictum* MJN1 Culture. *Jurnal Microbiology Biotechnology* 12(2): 327-330.
- Isnaini, M., Rohyadi dan Murdan, 2004. Identifikasi dan Uji Patogenitas Jamur-jamur Penyebab Penyakit Busuk Batang Tanaman Vanili di Lombok Timur. Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Mataram.
- Kanti, A. 2006. Marga Candida, Khamir tanah pelarut posfat yang diisolasi dari tanah Kebun Biologi Wamena Papua. *Jurnal Biodiversitas* 7(2): 105-108.
- Kirsop, B. 1989. Cryopreservation of Yeasts in Polypropylene Straws. L. di Agribusiness Development Station. Cikarang Bogor. IPB. Bogor.
- Kumar, I., Ramalakshmi M. A, Sivakumar U., Santhanakrishnan P., dan Zhan X. 2011. Production of microbial oils from *Mortierella* sp for generation of biodiesel livestock. *Jurnal Penelitian Mikrobiologi Afrika* 5(24): 4105-4111.
- Kurtzman, C.P. dan Fell J. W. 2011. *The Yeast: A Taxonomic Study*, 5th edition. Elsevier Science. Amsterdam.
- Lelana, N. E., Anggraeni I. dan Mindari N. 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.
- Leslie, J. F. dan Summerell, B. A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. USA.
- Madigan, M. T., John, M. M. David., A. S., dan David, P.C. 2012. *Biology of Microorganism*. 13th ed. San Francisco.
- Muhibuddin, A., Addina L., Abadi A. L., dan Ahmad A. 2011. Biodiversity of Soil Fungi on Integrated Pest Management Farming System. *Jurnal Agrivita* 33(22): 111-118.
- Netty, A. N. 2008. Isolasi dan identifikasi Jamur Endofit Dari Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) Penghasil Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus*. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Malang.
- Noverita, Fitriah, D. dan Sinaga, E. 2003. Isolasi dan uji aktivitas antibakteri jamur endofit dari daun dan rimpang *Zingiber ottensii* Val. Fakultas Biologi Universitas Nasional. *Jurnal Plants and Fungi Ecology* 69(1): 10-16.
- Petrini, O., Sieber T. N, Toti L, dan Viret O. 1992.. Ecology Metabolite Production and Substrate utilization in Endophytic Fungi. *Jurnal Natural Toxins* 22(1): 185-196
- Popenoe, W. 1974. *Manual of Tropical and Subtropical Fruits*. New York: Hafner Press.
- Purwantisari, S. dan Rini, B. H. 2009. Isolasi dan identifikasi jamur indigenous Rizosfer tanaman kentang dari lahan pertanian kentang organik di Desa Pakis, Magelang. *Jurnal Bioma* 11(2): 45-53.

- Semangun, H. 2007. Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Edisi Kedua. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 850p.
- Siallagan, B. 2008. Uji Virulensi Beberapa Isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sun, E. J., Su H. J, & Ko W.H. 1978. Identification of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Race 4 from Soil or Host Tissue by Cultural Characters. Jurnal Phythopathology 68: 1672–1673.
- Watanabe, T. 2002. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Ed ke-2. Washington DC (US): CRC Press.
- Wibowo, A., Subandiyah S., Sumardiyono C., Sulistyowati L., Taylor P. dan Fegan M. 2007. Diversity of Race 4 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Strains from Indonesia. Proceedings the Third Asian Conference on Plant Pathology. Faculty of Agriculture. Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- Živković S, Stojanović S., Ivanović Ž., Gavrilović V., Popović T. dan Balaž J. 2010. Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. Jurnal Science Belgrade 62: 611-623.

