

**BIOEKOLOGI DAN UJI INKOMPATIBILITAS JAMUR *Ganoderma* spp.
DARI TANAMAN INANG BERBEDA**

(Skripsi)

Oleh

PUTU ARIESKA PUTRI VIDYASARI



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

BIOEKOLOGI DAN UJI INKOMPATIBILITAS JAMUR *Ganoderma* spp. DARI TANAMAN INANG BERBEDA

OLEH

PUTU ARIESKA PUTRI VIDYASARI

Jamur *Ganoderma* spp. sebagai penyebab penyakit busuk akar dan pangkal batang dilaporkan menimbulkan kerugian yang signifikan pada berbagai tanaman. Perkembangan penyakit busuk akar dan pangkal batang salah satunya dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, cahaya, dan pH. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bioekologi jamur *Ganoderma* spp. dan reaksi inkompatibilitas jamur *Ganoderma* spp. Badan buah *Ganoderma* spp. dari beberapa tanaman inang berbeda ditumbuhkan pada media AGK (agar gula kentang). Pengujian pengaruh cahaya optimum dilakukan dengan menumbuhkan *Ganoderma* spp. menggunakan media AGK pada kondisi 24 jam gelap, 24 jam terang, dan 12 jam gelap+12 jam terang. Pengujian pH optimum dilakukan dengan cara menumbuhkan *Ganoderma* spp. pada media AGK dengan pH 4, 6, dan 8. Pengujian suhu optimum dilakukan dengan menumbuhkan *Ganoderma* spp. pada suhu 20°C, 25°C, 35°C, dan 40°C. Uji inkompatibilitas dilakukan dengan memasang dua isolat *Ganoderma* spp. pada media AGK kemudian diinkubasi pada suhu ruang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Ganoderma* spp. tumbuh optimum pada kondisi 24 jam gelap; isolat GAN, GSK, dan GST adaptif pada pH 4, 6, 8, sedangkan isolat GKS 1 adaptif pada pH 4, isolat GAB adaptif pada pH 6 dan 8, isolat GAR adaptif pada pH 8. Suhu optimum untuk pertumbuhan adalah 25°C. Uji inkompatibilitas menunjukkan hasil inkompatibel pada semua pasangan isolat, kecuali pada pasangan sendiri.

Kata kunci : *Ganoderma* spp., cahaya, pH, suhu, inkompatibilitas.

**BIOEKOLOGI DAN UJI INKOMPATIBILITAS JAMUR *Ganoderma* spp.
DARI TANAMAN INANG BERBEDA**

OLEH

PUTU ARIESKA PUTRI VIDYASARI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

pada

Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : BIOEKOLOGI DAN UJI INKOMPATIBILITAS
JAMUR *Ganoderma* spp. DARI TANAMAN
INANG BERBEDA

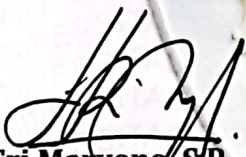
Nama Mahasiswa : Putu Arieska Putri Vidyasari

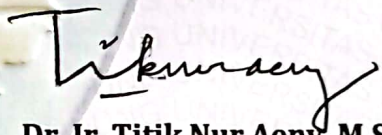
Nomor Pokok Mahasiswa : 1754191001

Program Studi : Proteksi Tanaman

Fakultas : Pertanian




Dr. Tri Maryong, S.P., M.Si.
NIP 19800208 200501 1 002


Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.
NIP 19620107 198603 2 001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

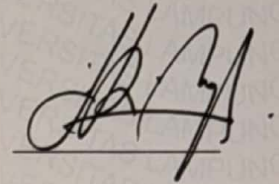


Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP 19810815 200812 2 001

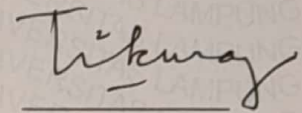
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

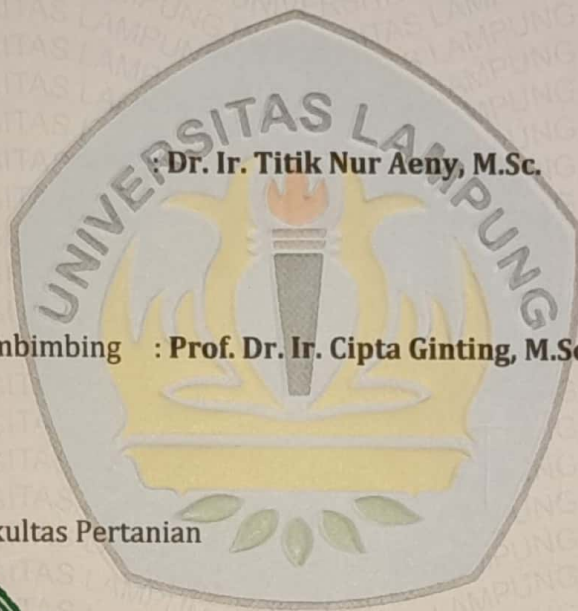
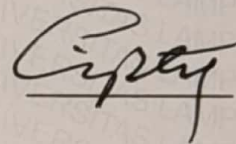
Ketua : Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.



Sekretaris : Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.



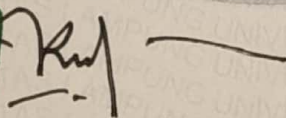
**Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NP 19011020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 02 Maret 2022

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**BIOEKOLOGI DAN UJI INKOMPATIBILITAS JAMUR *Ganoderma spp.* DARI TANAMAN INANG BERBEDA**" merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku

Bandar Lampung, 2 Maret 2022
Penulis



Putu Arieska Putri Vidyasari
NPM 1754191001

Jauh lebih baik melaksanakan tugas-tugas kewajiban yang sudah ditetapkan untuk diri kita, walaupun kita berbuat kesalahan dalam tugas-tugas itu, daripada melakukan tugas kewajiban orang lain secara sempurna. Kemusnahan sambil melaksanakan tugas kewajiban sendiri lebih baik daripada menekuni tugas kewajiban orang lain, sebab mengikuti jalan orang lain berbahaya.

(Bhagavad Gita 3.35)

“You don’t need to carry the weight of the world when God is the One holding it up”

(Tahmina Safi)

“Bad things pass into good things, and good things pass into better things”

(Clarín Hayes)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada 20 April 1999. Penulis merupakan anak bungsu dari empat bersaudara pasangan Bapak Achmad Hadi dan Ibu Ni Putu Ambarasari. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Xaverius 3 Way Halim Permai pada tahun 2011, sekolah menengah pertama di SMP Xaverius 4 Way Halim Permai pada tahun 2014, dan sekolah menengah atas di SMA Fransiskus Bandar Lampung pada tahun 2017.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung tahun 2017, melalui jalur SMMPTN (Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Pada tahun 2018 penulis bergabung dengan organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa Hindu (UKMH) Universitas Lampung dan menjadi anggota bidang kewirausahaan periode tahun 2018-2019. Penulis juga bergabung dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) dan menjadi anggota bidang kewirausahaan periode tahun 2018-2019, serta anggota bidang seminar dan diskusi periode tahun 2019-2020.

Selama kuliah, penulis pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Kimia Dasar pada tahun ajaran 2018/2019 (semester ganjil), Fisiologi Tumbuhan tahun ajaran 2019/2020 (semester genap), dan Pengendalian Penyakit Tanaman tahun ajaran 2019/2020 (semester genap).

Pada bulan Januari-Februari 2020 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kampung Bangun Rejo, Kecamatan Meraksa Aji, Kabupaten Tulang Bawang. Pada bulan Juli-Agustus 2020 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Provinsi Lampung.

*Kupersembahkan karya sederhana yang penuh pengorbanan dan kesabaran ini
sebagai ungkapan rasa sayang dan baktiku kepada :*

*Kedua orangtuaku yang selalu memberi dukungan, doa dan rasa sayang luar
biasa*

Kakak-kakakku atas motivasi, dukungan, dan perhatian yang tak tergantikan

Sahabat dan teman-teman seperjuangan

Almamater yang kubanggakan, Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa, karena atas berkat dan Asung Kerta Wara Nugraha-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“BIOEKOLOGI DAN UJI INKOMPATIBILITAS JAMUR *Ganoderma* spp. DARI TANAMAN INANG BERBEDA”**.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis telah banyak mendapat bimbingan, bantuan, serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman Universitas Lampung dan dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan semangat, bimbingan, saran, dan nasihat selama penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku pembimbing utama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, motivasi, nasihat, saran, serta masukan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Ibu Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran, nasihat, masukan serta perhatian selama penulis menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku pembahas yang telah memberikan motivasi, semangat, nasihat, masukan, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Kedua orang tua, Bapak Achmad Hadi dan Ibu Ni Putu Ambarasari yang telah memberikan kasih sayangnya, dukungan secara moril maupun materiil,

semangat, dan perhatian sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dan menyelesaikan skripsi dengan baik,

7. Kakakku tercinta, I Made Adhitya Ardhana, I Nyoman Ary Vidyana, Ketut Aryana Wiranata, yang telah memberikan segala dukungan, semangat, motivasi, arahan, perlindungan dan kasih sayangnya sehingga penulis dapat mencapai titik ini.
8. Adeliانا Safitri, S.P., Febby Octavia Surya Hutapea, S.T. (Ibef), Shafira Bunga Ramadhani, S.P., Ellen Aprilia Ananda, S.P., Syifa Nailul Fu'ikah, S.P. yang telah setia menemani, membantu, memberikan dukungan dan motivasi selama penulis menyelesaikan pendidikan.
9. Momi, Biya, Kaka Aya, dan Bang Nando yang telah membantu penulis selama penelitian dan selama penulisan skripsi.
10. Teman-teman seperjuangan Proteksi Tanaman 2017 atas kerjasama dan persahabatan selama ini. *See you guys on top.*

Bandar Lampung, Maret 2022
Penulis

Putu Arieska Putri Vidyasari

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Taksonomi dan Biologi <i>Ganoderma</i> spp.....	6
2.2 Gejala Penyakit.....	8
2.3 Reaksi Kompatibel dan Inkompatibel	9
III. BAHAN DAN METODE.....	11
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	11
3.2 Bahan dan Alat	11
3.3 Pelaksanaan Penelitian	11
3.3.1 Pembuatan Media Agar Gula Kentang (AGK)	11
3.3.2 Isolasi dan Peremajaan Isolat <i>Ganoderma</i> spp.	12
3.3.3 Uji Pengaruh Suhu, pH, dan Cahaya terhadap Pertumbuhan.....	13
<i>Ganoderma</i> spp.....	13
3.3.4 Uji Inkompabilitas	13
3.3.5 Pengamatan	14
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Hasil.....	16
4.1.1 Isolat Jamur <i>Ganoderma</i> spp.	16
4.1.2 Pengaruh Cahaya terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Ganoderma</i> spp. .	18
4.1.3 Pengaruh pH terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Ganoderma</i> spp.	21
4.1.4 Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Ganoderma</i> spp.....	24
4.1.5 Uji Inkompabilitas	27
4.2 Pembahasan	28

V. SIMPULAN DAN SARAN	34
5.1. Simpulan.....	34
5.2. Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pengaruh variasi cahaya terhadap laju pertumbuhan <i>Ganoderma</i> spp.	19
2. Pengaruh variasi pH terhadap laju pertumbuhan <i>Ganoderma</i> spp.	22
3. Pengaruh variasi suhu terhadap laju pertumbuhan <i>Ganoderma</i> spp.	25
4. Hasil skoring uji inkompatibilitas jamur <i>Ganoderma</i> sp. dari tanaman kelapa sawit	28
5. Hasil skoring uji inkompatibilitas jamur <i>Ganoderma</i> spp. dari tanaman inang berbeda	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema peletakan pasangan isolat	14
2. Isolat <i>Ganoderma</i> spp. pada beberapa tanaman inang	17
3. Variasi warna dan tekstur koloni <i>Ganoderma</i> spp. pada cahaya berbeda.....	20
4. Variasi warna dan tekstur koloni <i>Ganoderma</i> spp. pada pH media berbeda....	23
5. Variasi warna dan tekstur koloni <i>Ganoderma</i> spp. pada suhu berbeda.	26
6. Reaksi inkompatibilitas pada isolat <i>Ganoderma</i> spp.....	27

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jamur *Ganoderma* spp. (Basidiomycota: Ganodermataceae) merupakan kelompok jamur yang dapat tumbuh pada pohon hidup maupun pada tunggul dan batang mati (Fernando, 2008). Jamur ini memiliki tubuh buah keras (Hapuarachchi *et al.*, 2017), termasuk genus yang banyak ditemukan pada tanaman monokotil, dikotil, dan gymnospermae baik pada daerah tropis maupun daerah beriklim sedang. Beberapa spesies jamur *Ganoderma* bersifat saprofit, tetapi ada juga yang bersifat patogen yaitu menyebabkan penyakit pada tanaman (Chang, 2003).

Sebagai penyebab penyakit busuk akar dan pangkal batang, jamur *Ganoderma* spp. dilaporkan menimbulkan kerugian yang signifikan. Di Indonesia, ditemukan bahwa penyakit ini mampu merusak 28% pertanaman akasia di daerah Sumatera dan Kalimantan (Irianto *et al.*, 2006). Beberapa spesies *Ganoderma* yang dilaporkan menjadi penyebab penyakit antara lain *G. boninense* penyebab busuk pangkal batang pada kelapa sawit (Pilotti, 2005), *G. lucidum* penyebab busuk akar pada tanaman kelapa, teh, persik, anggur, dan flamboyan (Bhadra, 2014), *G. philippii* penyebab busuk akar merah pada tanaman akasia (Francis *et al.*, 2014) dan busuk akar pada mangga (Foroutan and Vaidya, 2007), dan *G. steyaertanum* penyebab busuk akar pada akasia (Glen *et al.*, 2009).

Berkembangnya penyakit pada suatu tanaman terjadi karena adanya interaksi antara inang yang rentan, patogen yang virulen, dan lingkungan yang mendukung (Agrios, 2005). Setelah suatu patogen kontak dengan inangnya, kondisi lingkungan sangat mempengaruhi perkembangan penyakit tersebut (Agrios,

2005). Ilmu yang mempelajari interaksi makhluk hidup (tanaman dan patogen) dengan lingkungan hidupnya disebut bioekologi (Saleh dkk., 2016). Faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan penyakit antara lain suhu, kelembapan, unsur hara, pH tanah, dan cahaya. Faktor tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kerentanan inang, aktivitas dan perkembangbiakan penyebab penyakit, serta interaksi antara inang dan patogen yang berkaitan dengan tingkat keparahan gejala (Agrios, 2005).

Lingkungan dapat mempengaruhi kelangsungan hidup, kekuatan, sporulasi, arah dan jarak penyebaran penyebab penyakit, serta laju perkecambahan spora dan penetrasi (Agrios, 2005). Pada umumnya, jamur *Ganoderma* spp. dapat bertahan pada daerah yang panas dan lembap (Hapuarachchi *et al.*, 2015). Perkembangan penyakit yang disebabkan oleh *Ganoderma* spp. dapat dipicu oleh faktor lingkungan. Tanaman yang terserang dapat mati cepat atau lambat bergantung pada ketersediaan air dan suhu (Hapuarachchi *et al.*, 2019).

Selain faktor lingkungan, faktor patogen juga sangat penting untuk diketahui dalam memahami suatu penyakit, salah satunya adalah keragaman patogen atau keragaman penyebab penyakit. Cara untuk mengetahui keragaman penyebab penyakit salah satunya dengan uji somatik inkompatibilitas. Somatik inkompatibilitas dalam kelompok jamur Basidiomycota adalah penolakan miselia yang berlainan genetik dan berfungsi untuk menjaga suatu individu tidak mengalami perubahan genetik (Hidayati dan Nurrohmah, 2015). Somatik inkompatibilitas pada Basidiomycota dibatasi oleh pertukaran sitoplasma serta nukleus. Interaksi makroskopis lainnya dapat disebut inkompatibilitas miselium.

Ketidakcocokan miselium menjadi kriteria penting dalam somatik inkompatibilitas pada Basidiomycota (Worrall, 1997). Uji inkompatibilitas dapat digunakan untuk mengetahui apakah suatu jamur yang menyerang tanaman berasal dari klon yang sama atau berbeda. Hidayati dan Nurrohmah (2015) menyatakan bahwa uji inkompatibilitas dapat digunakan untuk mengetahui distribusi genotip pada suatu populasi (persebaran jamur di lapangan).

Perkembangan penyakit pada tanaman tergantung pada faktor tanaman inang, faktor lingkungan dan faktor patogen. Untuk mengetahui faktor pendukung perkembangan jamur *Ganoderma* spp., bioekologi dan keragaman serta persebaran jamur patogen tersebut maka perlu dilakukan penelitian agar dapat merumuskan strategi pengendalian penyakit yang tepat, seperti memodifikasi lingkungan agar menghambat pertumbuhan patogen di lapangan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui bioekologi jamur *Ganoderma* spp. yang berasal dari tanaman inang berbeda.
2. Mengetahui reaksi inkompatibilitas jamur *Ganoderma* spp. yang berasal dari tanaman inang berbeda.

1.3 Kerangka Pemikiran

Pada umumnya, jamur patogen tanaman terdapat di lapang hampir sepanjang tahun. Namun kebanyakan patogen tanaman muncul dan berkembang paling baik saat kondisi basah, siang dan malam yang hangat, serta pada tanaman yang subur karena pemupukan nitrogen yang banyak (Agrios, 2005). Pertumbuhan miselia pada jamur di habitat alami sangat bergantung pada faktor eksternal (lingkungan). Suhu, pH, dan intensitas cahaya merupakan contoh faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan suatu jamur (Peng *et al.*, 2019).

Kebutuhan suhu dan pH optimal untuk pertumbuhan suatu jamur berbeda-beda. Misalnya pertumbuhan *G. tsugae* optimal pada suhu 20-25 °C, *G. martinicense* pada suhu 30-35 °C, dan *G. colossum* pada suhu 35-40 °C (Lloyd *et al.*, 2019). Pertumbuhan jamur *G. boninense* yang menyerang tanaman kelapa sawit optimum pada suhu 25-32 °C dan pH media 4-5 (Peng *et al.*, 2019). Pada spesies lainnya yaitu *G. lucidum*, suhu yang cocok untuk pertumbuhannya yaitu 25-35 °C dan pH

optimal yaitu 5. Namun pada pH 3-11 jamur tetap dapat tumbuh (Kapoor and Sharma, 2014).

Kualitas cahaya juga penting pada pembentukan inokulum jamur patogen di dalam tanah dan dapat mempengaruhi tingkat keparahan penyakit yang ditimbulkan. Cahaya mempengaruhi pertumbuhan vegetatif dan morfogenesis pada jamur *Rhizoctonia solani* (Budiarti, 2019). Selain itu, cahaya juga dapat menstimulasi reproduksi seksual maupun aseksual pada jamur (Ferreira *et al.*, 2015). Periode terang dan gelap dilaporkan dapat mempengaruhi karakteristik koloni, inisiasi dan jumlah sklerotia pada jamur *R. solani* (Budiarti *et al.*, 2019).

Inkompatibilitas somatik merupakan proses pengenalan antara dua genotip berbeda yang diikuti reaksi penolakan untuk membatasi sitoplasma dan mencegah pertukaran genetik (Nurrohmah dan Hidayati, 2014). Reaksi inkompatibilitas pada jamur Basidiomycota adalah penolakan miselia yang berbeda genetik dan berfungsi untuk menjaga suatu individu agar tidak terjadi perubahan genetik. Uji somatik inkompatibilitas dilakukan untuk mengetahui apakah suatu jamur yang menyerang beberapa tanaman merupakan klon yang sama atau berbeda. Hal ini dapat berguna untuk menganalisis populasi dan persebaran jamur tersebut (Hidayati dan Nurrohmah, 2015).

Reaksi inkompatibel hanya terjadi pada isolat yang memiliki keragaman genetik atau dari individu yang berbeda. Jika isolat yang sama dipasangkan, maka pasangan isolat tersebut akan tumbuh membentuk koloni tunggal sehingga tidak ada keragaman genetik (Puspitasari dan Rimbawanto, 2010). Reaksi inkompatibel ditandai dengan adanya zona berjarak antara dua isolat dan adanya garis pembatas yang jelas berupa hifa yang memadat dan terangkat (Latiffah and Ho, 2005).

Jamur *Ganoderma* spp. memiliki kisaran inang yang luas dan inokulumnya berada di dalam tanah. Patogen dapat menyebar melalui kontak antara akar tanaman sakit dengan akar tanaman sehat, dengan perantara angin, dan perantara air.

Pengamatan pertumbuhan jamur *Ganoderma* spp. dan uji inkompatibilitas

diperlukan untuk mengetahui sebaran jamur dan keragaman genetik *Ganoderma* spp. (Nurrohmah dan Hidayati, 2014).

Berdasarkan uraian di atas, kondisi lingkungan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *Ganoderma* spp. secara umum berbeda dan penting untuk diketahui. Selain itu, pengujian inkompatibilitas juga perlu dilakukan untuk mengetahui apakah jamur yang menyerang suatu tanaman merupakan spesies yang sama atau berbeda. Bioekologi dan keragaman merupakan hal yang harus dipahami untuk merumuskan tindakan pencegahan maupun pengendalian *Ganoderma* spp. yang efektif.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jamur *Ganoderma* spp. yang berasal dari beberapa tanaman inang memiliki bioekologi yang berbeda.
2. Jamur *Ganoderma* spp. pada tanaman inang yang berbeda akan menunjukkan reaksi inkompatibel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi dan Biologi *Ganoderma* spp.

Menurut CABI (2019), taksonomi dari jamur *Ganoderma* spp. yaitu:

Kingdom	: Fungi
Filum	: Basidiomycota
Sub-filum	: Agaricomycotina
Kelas	: Agaricomycetes
Ordo	: Polyporales
Famili	: Ganodermataceae
Genus	: <i>Ganoderma</i>

Ganoderma spp. menginfeksi jaringan akar tanaman inangnya dan berkembang di bawah permukaan tanah. Gejala ringan yang ditimbulkan dari serangan jamur ini adalah tanaman menjadi layu, jumlah helai daun berkurang, dan tanaman tidak berkembang (Hidayati dan Nurrohmah, 2015). Jamur ini menunjukkan tanda penyakit berupa tubuh buah yang menempel pada pangkal batang tanaman inang. Pada umumnya, permukaan atas tubuh buah *Ganoderma* spp. berwarna cokelat kemerahan atau cokelat tua, dan permukaan bawahnya berwarna putih kekuningan. Serangan jamur ini seringkali baru diketahui saat sudah menunjukkan gejala lanjut sehingga sulit dikendalikan (Minarsih dkk., 2011).

Tubuh buah jamur ini keras dan berkayu dengan ukuran yang cukup besar. Ukuran tubuh buah dapat mencapai diameter 15 cm dan ketebalan 5 cm. Warna tubuh buah mulai dari cokelat muda, cokelat tua, hingga jingga. Bagian atas tubuh buah agak mengkilat. Bagian bawah tubuh buah berwarna putih kekuningan yang

tersusun dari pori-pori tempat tumbuh basidia dan menghasilkan jutaan spora (Herliyana dkk., 2012).

Struktur seksual dari jamur *Ganoderma* spp. disebut basidiokarp. Terdapat dua jenis basidiokarp yaitu yang mengkilap (*laccate*) dan tidak mengkilap (*non-laccate*) (Hapuarachchi *et al.*, 2017). Jamur *Ganoderma* spp. memiliki basidiospora yang berwarna cokelat, berbentuk bulat telur, dan permukaan sporanya sedikit cekung. Pada umumnya, basidiospora jamur yang termasuk genus *Ganoderma* memiliki ciri yang mirip, namun memiliki perbedaan ukuran pada tiap spesiesnya. Dinding spora bagian luar dan bagian dalam terhubung dengan pilar penghubung. Dinding spora bagian dalam (endospora) lebih tebal daripada dinding spora bagian luar (Adaskaveg and Gilbertson, 1988).

Basidiospora jamur *Ganoderma* spp. kemungkinan berperan dalam menyebabkan infeksi dan penyebaran penyakit. Basidiospora berkecambah membentuk miselia monokariotik dimana setiap sel mengandung satu inti haploid (Casselton and Olesnicky, 1998). Miselia monokariotik terus berkembang hingga menemukan miselia monokariotik lain yang kompatibel. Fusi terjadi antara dua monokarion yang kompatibel dari jenis kawin yang berbeda. Setelah fusi, migrasi nukleus terjadi dimana inti berasal dari miselia yang menyatu dengan jenis kawin yang berbeda. Setelah dua inti yang kompatibel menyatu, pertumbuhan selanjutnya adalah dalam bentuk miselia dikarion (memiliki dua inti sel) karena dikariotisasi telah terjadi (Casselton and Olesnicky, 1998).

Miselial monokariotik (memiliki satu inti sel) yang berasal dari basidiospora kemungkinan tidak langsung bertemu miselia monokariotik yang kompatibel. Miselia monokariotik mendominasi pada saat tahap awal kolonisasi dan dapat menghabiskan waktu selama 12 bulan hingga menjadi dikariotik. Oleh karena itu, miselia monokariotik seperti dari jamur *G. boninense* pada awalnya dapat hidup saprofit pada sisa tanaman kelapa sawit (Coates and Rayner, 1985).

Serpihan akar tanaman yang terinfeksi jamur *Ganoderma* spp. kemungkinan memiliki peran penting sebagai inokulum dan untuk kelangsungan hidup jamur dalam jangka panjang. Basidiospora yang bersifat *airborne* juga dapat memulai infeksi yang baru pada tunggul atau puing-puing penebangan yang selanjutnya dapat menyebar ke tanaman hidup melalui kontak akar (Chang, 2003).

Jamur dalam kelompok Basidiomycota mempunyai kemampuan mendekomposisi lignin, selulosa, dan polisakarida (Hidayati dan Nurrohmah, 2015). Jamur ini menginfeksi dan menyebabkan akar tanaman menjadi busuk basah, lunak, dan dapat mengeluarkan air jika ditekan. Hal inilah yang menyebabkan terganggunya sistem penyerapan air dan unsur hara dari dalam tanah (Hidayati dan Nurrohmah, 2015).

2.2 Gejala Penyakit

Gejala *Ganoderma* spp. di lapangan relatif sulit dideteksi karena berada di dalam tanah. Akar yang baru terinfeksi tertutup rhizomorfa yang berwarna merah dan miselium berwarna putih. Secara umum gejala yang muncul di atas permukaan tanah yaitu penurunan vigor yang cepat dan ditandai oleh perubahan warna, pelayuan daun, dan kematian tanaman. Sebelum tanaman mati, biasanya daun akan menguning dan gugur. Tubuh buah jamur terbentuk di bagian bawah batang yang berbatasan dengan permukaan tanah (Herliyana dkk., 2012).

Menurut Saleh dkk. (2016), ilmu yang mempelajari interaksi makhluk hidup dengan lingkungan hidupnya disebut bioekologi. Makhluk hidup dalam pertanian dapat berupa tanaman, hama, dan patogen. Lingkungan hidup dapat berupa cahaya, air, suhu, kelembaban, pH tanah, dan lain-lain. Kejadian penyakit tanaman merupakan interaksi antara patogen yang virulen, tanaman inang yang rentan, dan faktor lingkungan yang mendukung. Konsep ini disebut dengan konsep segitiga penyakit. Meskipun terdapat patogen yang virulen dan inang yang rentan, jika lingkungan tidak mendukung maka tidak akan terjadi penyakit (Saleh dkk., 2016).

Pertumbuhan miselia *Ganoderma* spp. dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti media kultur, pH, suhu, dan nutrisi. Faktor tersebut berpengaruh pada pertumbuhan jamur di lapangan maupun laboratorium (Kapoor and Sharma, 2014). Basidiospora jamur *Ganoderma* spp. berkecambah setelah lepas dari tubuh buah. Konsentrasi basidiospora dilaporkan rendah pada siang hari dan tinggi pada saat malam hari. Suhu yang baik untuk perkecambahan yaitu suhu yang hangat antara 25-31°C (Chan *et al.*, 2011). Kebanyakan spesies *Ganoderma* tumbuh pada suhu optimal antara 25-30°C (Loyd *et al.*, 2019).

2.3 Reaksi Kompatibel dan Inkompatibel

Jamur menunjukkan reaksi kompatibel apabila kedua isolat tersebut menyatu dan membentuk satu koloni yang sama (Latiffah and Ho, 2005). Reaksi kompatibel biasanya ditunjukkan oleh pasangan isolat yang memiliki genotip sama. Koloni tunggal pada reaksi kompatibel terjadi karena miselia jamur saling bergabung dan mengalami anastomosis. Anastomosis adalah penggabungan dua hifa menjadi hifa dikariotik yang diikuti dengan perpindahan isi hifa. Anastomosis pada hifa biasanya diikuti dengan terbentuknya struktur khusus pada miselia jamur yang disebut *clamp connection* (Nurrohmah dan Hidayati, 2014).

Reaksi inkompatibel antara dua isolat jamur dapat dilihat dengan adanya zona berjarak antara dua isolat, atau adanya garis pembatas yang jelas antara dua isolat tersebut. Reaksi inkompatibel yang terjadi secara *in vitro* pada umumnya dapat terlihat setelah 7 hari dan semakin jelas terlihat perbedaannya pada 10-14 hari (Latiffah and Ho, 2005). Menurut Nurrohmah dan Hidayati (2014), pasangan dari dua isolat yang berbeda menunjukkan respon penolakan dengan terhambatnya pertumbuhan hifa sehingga terbentuk zona pemisah dan berkembangnya *aerial mycelium*.

Reaksi inkompatibel lemah ditandai dengan terbentuknya zona jarang dan atau garis tipis yang membatasi kedua isolat, sedangkan reaksi inkompatibel kuat

ditandai dengan adanya pigmentasi (Nurrohmah dan Hidayati, 2014). Pigmentasi ini berbeda dengan pembentukan *crustose* pada pertumbuhan lanjut *Ganoderma* spp. Pigmentasi pada reaksi inkompatibel terlihat pada awal pertumbuhan dan awal pertemuan miselium. Berbeda halnya dengan *crustose* yang merupakan gumpalan miselium saat isolat telah berumur tua (Puspitasari dan Rimbawanto, 2010).

Garis demarkasi yang terbentuk dari dua isolat yang inkompatibel mempunyai tipe miselia yang berbeda atau tidak identik secara genetik. Pada garis batas antara dua isolat yang inkompatibel, hifa mengalami degenerasi dan mati. Garis batas tersebut berfungsi untuk menghalangi pertukaran sitoplasma dan nukleus. Reaksi inkompatibel menyebabkan kegagalan fusi, penolakan hifa, bahkan kematian sel (Nurrohmah dan Hidayati, 2014).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tanaman dan Laboratorium Bioteknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada Maret – Desember 2021.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu isolat jamur *Ganoderma* spp. dari inang berbeda (kelapa sawit, akasia, angsana, dan sengon), kentang, akuades, agar, sukrosa, asam laktat, larutan HCl, larutan NaOH, dan alkohol.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Laminar Air Flow* (LAF), *autoclave*, bunsen, ose, *scalpel*, bor gabus, cawan petri, erlenmeyer, gelas beaker, *microwave*, timbangan, plastik tahan panas, aluminium foil, plastik wrap, *showcase*, inkubator, pH meter, kertas label, dan kamera.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Pembuatan Media Agar Gula Kentang (AGK)

Langkah pertama pembuatan media AGK yaitu kentang dikupas lalu ditimbang sebanyak 200 g. Kentang tersebut dipotong dadu dan dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi akuades 1000 mL. Kentang direbus di dalam *microwave* hingga mendidih. Setelah itu, ekstrak kentang dimasukkan ke dalam erlenmeyer

yang telah berisi agar sebanyak 20 g dan sukrosa sebanyak 20 g. Erlenmeyer tersebut ditutup dengan aluminium foil. Kemudian erlenmeyer dimasukkan ke dalam plastik tahan panas. Erlenmeyer yang telah berisi media disterilkan di dalam autoklaf hingga mencapai suhu 121 °C dan tekanan 1 atm. Setelah dingin, media ditambahkan dengan asam laktat sebanyak 1,4 mL dan dihomogenkan. Langkah terakhir yaitu media dituang ke dalam cawan petri.

3.3.2 Isolasi dan Peremajaan Isolat *Ganoderma* spp.

Jamur *Ganoderma* spp. yang digunakan berasal dari tanaman kelapa sawit, akasia, angkana, dan sengon. Jamur *Ganoderma* spp. dari tanaman kelapa sawit (GKS) diperoleh di daerah Natar dan diberi kode isolat GKS 1, GKS 3, GKS 4, dan GKS 5. Jamur *Ganoderma* spp. dari tanaman akasia diperoleh di lingkungan Universitas Lampung dan diberi kode isolat GAB dan GAR. Jamur *Ganoderma* spp. dari tanaman angkana diperoleh di daerah Tegineneng dan diberi kode isolat GAN (*Ganoderma* angkana). Jamur dari tanaman sengon diperoleh di daerah Tegineneng (kode isolat GST) dan yang diperoleh dari koleksi Dr. Tri Maryono (kode isolat GSK). Jamur dengan kode GKS 1, GKS 3, GKS 4, GKS 5, GAB, GAR, GAN, dan GST diisolasi dari tubuh buah. Jaringan daging tubuh buah (*contex*) yang terletak di tengah tubuh buah diambil secara steril menggunakan pinset (Herliyana dkk., 2012). Jaringan tersebut diletakkan pada cawan petri berisi media AGK kemudian diinkubasi pada suhu ruang. Setelah beberapa hari, isolat tersebut ditumbuhkan kembali pada media AGK yang baru. Peremajaan isolat jamur (kode isolat GSK) dari koleksi Dr. Tri Maryono dilakukan dengan cara memindahkan isolat tersebut ke media AGK baru dengan menggunakan bor gabus secara steril lalu diinkubasi pada suhu ruang.

3.3.3 Uji Pengaruh Suhu, pH, dan Cahaya terhadap Pertumbuhan *Ganoderma* spp.

Pengujian suhu, pH, dan cahaya optimum terhadap pertumbuhan *Ganoderma* spp. dilakukan pada enam isolat. Masing-masing dua isolat dari tanaman sengon dan akasia, serta masing-masing satu isolat dari tanaman kelapa sawit dan angkana. Pengujian suhu optimum untuk pertumbuhan *Ganoderma* spp. dilakukan dengan 4 perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali. Pengujian pH dan keadaan cahaya optimum masing-masing dilakukan dengan 3 perlakuan dan 4 ulangan.

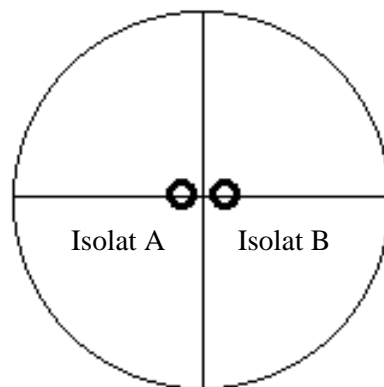
Pada pengujian pengaruh suhu, *Ganoderma* spp. dari keenam isolat diinokulasi pada media AGK kemudian diinkubasi pada suhu 20, 25, 35, dan 40 °C di dalam inkubator. Pada pengujian pengaruh pH, sebelum media AGK disterilkan di dalam autoklaf, pH media dibuat menjadi 4, 6, dan 8 dengan penambahan HCl atau NaOH. Setelah itu *Ganoderma* spp. diinokulasi pada masing-masing media dengan pH yang berbeda dan diinkubasi pada suhu ruang. Pada penentuan cahaya optimum, *Ganoderma* spp. dari keenam isolat diinokulasi pada media AGK kemudian diinkubasi dengan tiga kondisi berbeda yaitu (1) 24 jam gelap, (2) 24 jam terang, dan (3) 12 jam gelap dan 12 jam terang.

Pengujian cahaya optimum, pH optimum, dan suhu optimum disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Analisis data dilakukan secara deskriptif.

3.3.4 Uji Inkompatibilitas

Uji inkompatibilitas dilakukan pada isolat *Ganoderma* spp. dari tanaman kelapa sawit, akasia, sengon, dan angkana. Isolat *Ganoderma* spp. dari tanaman kelapa sawit yang digunakan berjumlah empat isolat, isolat *Ganoderma* spp. dari tanaman akasia dan sengon masing-masing berjumlah dua isolat, dan *Ganoderma* spp. dari tanaman angkana berjumlah satu isolat. Total isolat yang digunakan yaitu 9 isolat. Sembilan isolat tersebut dikombinasikan sehingga diperoleh 31 kombinasi pasangan isolat. Uji inkompatibilitas dilakukan dengan memasang

dua isolat *Ganoderma* spp. dalam cawan petri yang berisi media PSA. Pembuatan blok inokulum diusahakan mempunyai ukuran yang seragam. Setiap pasangan isolat diletakkan pada media PSA dengan jarak sekitar 2 mm antar kedua isolat (De Giola *et al.*, 2003). Contoh peletakan pasangan isolat pada cawan petri dapat dilihat pada Gambar 1. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Isolat diinkubasi pada suhu ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$).



Gambar 1. Skema peletakan pasangan isolat.

3.3.5 Pengamatan

Pada pengujian pengaruh suhu, pH, dan cahaya terhadap pertumbuhan jamur *Ganoderma* spp., dilakukan pengamatan diameter koloni setiap 48 jam setelah inokulasi hingga jamur tumbuh memenuhi cawan (6 hingga 36 hari). Diameter koloni diukur menggunakan penggaris pada empat posisi yang berbeda dan menggunakan satuan centimeter (cm). Diameter koloni pada setiap pengamatan merupakan rata-rata dari pengukuran diameter dari empat arah (vertikal, horizontal, dan diagonal).

Laju pertumbuhan masing-masing isolat *Ganoderma* dihitung dari diameter saat isolat telah memenuhi cawan dibagi dengan jumlah hari pengamatan hingga isolat telah memenuhi cawan. Laju pertumbuhan masing-masing isolat kemudian dibagi menjadi kategori rendah, sedang, dan tinggi. Laju pertumbuhan isolat pada

masing-masing uji diurutkan dari terendah ke tertinggi kemudian dibagi menjadi tiga kategori.

Hasil dari uji inkompatibilitas setiap pasangan dievaluasi 2 minggu setelah inokulasi. Pengamatan inkompatibilitas dilakukan dengan mengamati skoring pasangan yang menunjukkan reaksi inkompatibel. Skoring menggunakan angka 0-2 sebagai derajat pertentangan antar kedua isolat, dimana skor 0 = kompatibel; 1 = inkompatibel lemah (inkompatibel tanpa pigmentasi); dan 2 = inkompatibel kuat (inkompatibel dengan pigmentasi) (Puspitasari dan Rimbawanto, 2010).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Jamur *Ganoderma* spp. yang menyerang beberapa tanaman inang memiliki beberapa perbedaan bioekologi yaitu isolat GAN, GSK, dan GST adaptif pada pH 4, 6, 8, sedangkan isolat GKS 1 adaptif pada pH 4, isolat GAB adaptif pada pH 6 dan 8, isolat GAR adaptif pada pH 8, namun secara keseluruhan pertumbuhan koloni optimum pada kondisi 24 jam gelap dan suhu 25 °C.
2. Jamur *Ganoderma* spp. dari tanaman inang yang berbeda menunjukkan reaksi inkompatibel.

5.2. Saran

Perlu dilakukan uji patogenesis di lapangan dengan memodifikasi lingkungan sekitar (kondisi cahaya, pH, dan suhu) menjadi lingkungan yang menghambat pertumbuhan *Ganoderma* spp. agar dapat mengetahui apakah pengendalian dengan modifikasi lingkungan efektif mengurangi *Ganoderma* spp. di lapangan atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Adaskaveg, J. E. and Gilbertson, R. L. 1987. Vegetative incompatibility between intraspecific dikaryotic pairings of *Ganoderma lucidum* and *G. tsugae*. *Mycologia*. 79(4): 603-613.
- Adaskaveg, J. E. and Gilbertson, R. L. 1988. Basidiospores, pilocystidia, and other basidiocarp characters in several species of the *Ganoderma lucidum* complex. *Mycologia*. 80(4): 493-507.
- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology Fifth Edition*. Elsevier Academic Press. United States of America.
- Alkan, N., Espeso, E. A., and Prusky, D. 2013. Virulence regulation of phytopathogenic fungi by pH. *Antioxidants & Redox Signaling*. 19(9): 1012-1025.
- Bhadra, M. 2014. *Ganoderma* association with the mortality of *Acacia auriculiformis*, susceptibility to different hosts and its controls. *Journal Plant Pathology and Microbiology*. 5(4): 1-6.
- Budiarti, S. W. 2019. Keragaman, Bioekologi *Rhizoctonia solani* AG1-IA dan Pengendalian Hayati Penyakit Hawar Pelepah pada Jagung dengan *Trichoderma asperellum*. *Disertasi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Budiarti, S. W., Lukman, R., Sumardiyono, C., Wibowo, A., and Priyatmojo, A. 2019. Effect of photoperiod on the cultural morphology of *Rhizoctonia solani* isolates of maize from Yogyakarta and Central Java, Indonesia. *Biodiversitas*. 20(7): 2028-2038.
- Canessa, P., Schumacher, J., Hevia, M. A., Tudzynski, P., and Larrondo, L. F. 2013. Assessing the effect of light on differentiation and virulence of the plant pathogen *Botrytis cinerea*: characterization of the white collar complex. *Plos One*. 8(12): 1-17.
- Casselton, L. A. and Olesnicky, N. S. 1988. Molecular genetics of mating recognition in Basidiomycete fungi. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 62(1): 55-70.

- Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI). 2019. *Ganoderma lucidum* (basal stem rot: *Hevea* sp.). Diakses pada 14 Oktober 2020, dari <https://www.cabi.org/isc/datasheet/24926#tosummaryOfInvasiveness>
- Chan, J. J., Latiffah, Z., and Liew, K. W. 2011. Pathogenicity of monokaryotik and dikaryotik mycelia of *Ganoderma boninense* on oil palm seedlings and germinated seeds in Malaysia. *Australasian Plant Pathol.* 40: 222-227.
- Chang, T. T. 2003. Effect of soil moisture content on the survival of *Ganoderma* species and other wood-inhabiting fungi. *Plant Disease.* 87: 1201-1204.
- Coates, D. and Rayner, A. D. M. 1985. Fungal population and community development in cut beech logs I. establishment via the aerial cut surface. *New Phytol.* 101: 153-171.
- De Giola, T., Ubaldo, R., Sicoli, G., and Luisi, N. 2003. Occurrence and distribution *Armillaria gallica* genets in a declining oak stand of Southern Italy. *Phytopathologia Mediterranea.* 42: 199-204.
- Fernandes, T. R., Segorbe, D., Prusky, D., and Pietro, A. D. 2017. How alkalization drives fungal pathogenicity. *Plos Pathogens.* 13(11): 1-8.
- Fernando, K. M. E. P. 2008. The host preference of a *Ganoderma lucidum* strain for three tree species of Fabaceae family: *Cassia nodosa*, *Cassia fistula*, and *Delonix regia*. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka.* 36(4): 323-326.
- Ferreira, I. C., Sales, N. D., and Araujo, A. V. 2015. Effect of temperature and photoperiod on the development of fusariosis in pineapples. *African Journal of Agricultural Research.* 10(2): 76-83.
- Fletcher, I., Freer, A., Ahmed, A., and Fitzgerald, P. 2019. Effect of temperature and growth media on mycelium growth of *Pleurotus ostreatus* and *Ganoderma lucidum* strains. *Cohesive Journal of Microbiology and Infectious Disease.* 2(5): 1-5.
- Foroutan, A. and Vaidya, J. G. 2007. Record of new species of *Ganoderma* in Maharashtra India. *Asian Journal of Plant Sciences.* 6(6): 913-919.
- Francis, A., Beadle, C., Puspitasari, D., Irianto, R., Agustini, L., Rimbawanto, A., Gafur, A., Hardiyanto, E., Junarto., Hidyati, N., Tjahjono, B., Mardai, U., Glen, M., and Mohammed, C. 2014. Disease progression in plantations of *Acacia mangium* affected of red root rot (*Ganoderma philippii*). *Forest Pathology.* 44: 447-459.
- Fuller, K. K., Ringelberg, C. S., Loros, J. J., and Dunlap, J. C. 2013. The fungal pathogen *Aspergillus fumigatus* regulates growth, metabolism, and stress

resistance in response to light. *mBio*. 4(2): 1-11.

- Fuller, K. K., Loros, J. J., and Dunlap, J. C. 2015. Fungal photobiology: visible light as a signal for stress, space, and time. *Curr Genet*. 61(3): 275-288.
- Glen, M., Bougher, N. L., Francis, A. A., Nigg, S. Q, Lee, S. S., Irianto, R., Barry, K. M., Beadle, C. L., and Mohammed, C. L. 2009. *Ganoderma* and *Amauroderma* species associated with root-rot disease of *Acacia mangium* plantation trees in Indonesia and Malaysia. *Australasian Plant Pathology*. 38: 345-356.
- Hapuarachchi, K. K., Wen, T. C., Deng, C. Y., Kang, J. C., and Hyde, K. D. 2015. Mycosphere essay 1: Taxonomic confusion in the *Ganoderma lucidum* species complex. *Mycosphere*. 6(5): 542-559.
- Hapuarachchi, K. K., Cheng, C. R., Wen, T. C., Jeewon, R., and Kakumyan, P. 2017. Mycosphere essays 20: Therapeutic potential of *Ganoderma* species: insights into its use as traditional medicine. *Mycosphere*. 8(10): 1653-1694.
- Hapuarachchi, K. K., Karunaratna, S. C., Phengsintham, P., Yang, P. D., Kakumyan, P., Hyde, K. D., and Wen, T. C. 2019. Ganodermataceae (Polyporales): Diversity in greater Mekong subregion countries (China, Laos, Myanmar, Thailand, and Vietnam). *Mycosphere*. 10(1): 221-309.
- Herliyana, E. N., Taniwirwono, D., Minarsih, H. 2012. Penyakit akar *Ganoderma* sp. pada sengon di Jawa Barat dan Jawa Timur. *JMHT*. 18(2): 100-109.
- Hidayati, N. dan Nurrohmah, S. H. 2015. Karakteristik morfologi *Ganoderma steyaertanum* yang menyerang kebun benih *Acacia mangium* dan *Acacia auriculiformis* di Wonogiri, Jawa Tengah. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 9(2): 117-130.
- Irianto, R. S. B., Barry, K., Hidayati, N., Ito, S., Fiani, A., Rimbawanto, A., and Mohammed, C. 2006. Incidence and spatial analysis of root rot of *Acacia mangium* in Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science*. 18(3): 157-165.
- Jin, Q. and Kirk, M. F. 2018. pH as a primary control in environmental microbiology: Thermodynamic perspective. *Frontiers in Environmental Science*. 6(21): 1-15.
- Kapoor, P. and Sharma, B. M. 2014. Studies on different growth parameters of *Ganoderma lucidum*. *International Journal of Science, Environment, and Technology*. 3(4): 1515- 1524.
- Latiffah, Z. and Ho, Y. W. 2005. Morphological characteristics and somatic incompatibility of *Ganoderma* from infected oil palm from three inland

estates. *Malaysian Journal of Microbiology*. 1(2): 46-52.

- Loyd, A. L., Linder, E. R., Smith, M. E., Blanchette, R. A., and Smith, J. A. 2019. Cultural characterization and chlamydospore function of the Ganodermataceae present in the eastern United States. *Mycologia*. 111(1): 1-12.
- Magday, J. C., Bungihan, M. E., and Dulay, R. M. R. 2014. Optimization of mycelial growth and cultivation of fruiting body of Philippine wild strain of *Ganoderma lucidum*. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*. 4(2): 162-172.
- Minarsih, H., Lingga, D., Darmono, T. W., dan Herliyana, E. N. 2011. Analisis keragaman genetik *Ganoderma* spp. yang berasosiasi dengan tanaman kakao dan tanaman pelindungnya menggunakan *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD). *Menara Perkebunan*. 79(1): 6-14.
- Nguyen, B. T. T., Ngo, N. X., Le, V. V., Nguyen, L. T., Kana, R., and Nguyen, H. D. 2019. Optimal culture conditions for mycelial growth and fruiting body formation of Ling Zhi mushroom *Ganoderma lucidum* strain GA 3. *Vietnam Journal of Science, Technology, and Engineering*. 61(1): 62-67.
- Nurrohmah, S. H. dan Hidayati, N. 2014. Uji inkompatibilitas somatik dan pertumbuhan jamur *Ganoderma* dari kebun benih generasi pertama *Acacia auriculiformis* di Wonogiri, Jawa Tengah. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 8(1): 14-29.
- Nusaibah, S. A., Rajinder, S., and Idris, A. S. 2010. Somatic incompatibility and AFLP analysis of four species of *Ganoderma* isolated from oil palm. *Journal of Oil Palm Research*. 22: 814-821.
- Peng, S. H. T., Yap, C. K., Ren, P. F., and Chai, E. W. 2019. Effects of environment and nutritional conditions on mycelial growth of *Ganoderma boninense*. *International Journal of Oil Palm*. 2(3): 95-107.
- Pilotti, C. A. 2005. Stem rots of oil palm caused by *Ganoderma boninense*: Pathogen biology and epidemiology. *Mycopathologia*. 159: 129-137.
- Puspitasari, D. dan Rimbawanto, A. 2010. Uji somatik inkompatibilitas *Ganoderma philippii* untuk mengetahui pola sebaran penyakit busuk akar pada tanaman *Acacia mangium*. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 4(1): 49-61.
- Saleh, N., Harnowo, D., dan Mejaya, I. M. J. 2016. *Penyakit-penyakit Penting pada Ubi Kayu (Deskripsi, Bioekologi, dan Pengendaliannya)*. Balitkabi. Malang.

- Shapiro, R. S. and Cowen, L. E. 2012. Thermal control of microbial development and virulence: molecular mechanisms of microbial temperature sensing. *mBio*. 3(5): 1-6.
- Vylkova, S. 2017. Environmental pH modulation by pathogenic fungi as a strategy to conquer a host. *Plos Pathogens*. 13(2): 1-6.
- Worrall, J. J. 1997. Somatic incompatibility in Basidiomycetes. *Mycologia*. 89(1): 24-36.
- Yu, S. M., Ramkumar, G., and Lee, Y. H. 2013. Light quality influences the virulence and physiological responses of *Colletotrichum acutatum* causing anthracnose in pepper plants. *Journal of Applied Microbiology*. 115: 509-516.