

**EKSPLORASI DAN STUDI KEEFEKTIFAN CENDAWAN  
PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN (PGPF) DAN  
ANTAGONIS TERHADAP PENYAKIT HAWAR DAUN  
PADA TANAMAN TALAS SAFIRA  
(*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*)**

EXPLORATION AND STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF PLANT  
GROWTH PROMOTING FUNGI (PGPF) AND ANTAGONIST AGAINST  
LEAF BLIGHT DISEASE ON SAFIRA TARO PLANTS  
(*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*)

**EKA WISDAWATI  
P0100316404**



**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2020**



**EKSPLORASI DAN STUDI KEEFEKTIFAN CENDAWAN  
PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN (PGPF) DAN  
ANTAGONIS TERHADAP PENYAKIT HAWAR DAUN  
PADA TANAMAN TALAS SAFIRA  
(*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*)**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Doktor

Program Studi  
Ilmu Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

EKA WISDAWATI

Kepada

**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**



DISERTASI

EKSPLORASI DAN STUDI KEEFEKTIFAN CENDAWAN PEMACU  
PERTUMBUHAN TANAMAN (PGPF) DAN ANTAGONIS  
TERHADAP PENYAKIT HAWAR DAUN PADA TANAMAN  
TALAS SAFIRA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*)

Disusun dan diajukan oleh :

**EKA WISDAWATI**  
Nomor Pokok P0100316404

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi  
Pada tanggal 21 September 2020  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,


Komisi Penasihat,

  
**Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc**  
Promotor.

  
**Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, DEA**  
Kopromotor

  
**Dr. Ir. A. Nasruddin, M.Sc**  
Kopromotor

Ketua Program Studi S3  
Ilmu Pertanian

  
**Prof. Dr. Ir. Darmawan Salman, M.S**

  
Delegasi Sekolah Pascasarjana  
Universitas Hasanudin  
**Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc**



## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Eka Wisdawati  
Nomor Mahasiswa : P0100316404  
Program Studi : Ilmu Pertanian

Menyatakan dengan sebenarnya disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, September 2020

Yang menyatakan



Eka Wisdawati



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahiem:* Dengan Menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala keagungan puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan semesta alam, karena hanya dengan izin dan takdir-Nya jualah sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan disertasi ini dengan judul, “ Eksplorasi dan Studi Keefektifan Cendawan Pemacu Pertumbuhan Tanaman (PGPF) dan Antagonis terhadap Penyakit Hawar Daun pada Tanaman Talas safira (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*)“, sejak proses awal penelitian sampai pada proses akhir penulisan.

Disertasi ini merupakan rangkaian kegiatan selama penulis melakukan penelitian dari mengeksplorasi cendawan rizosfer yang potensial digunakan sebagai cendawan PGPF dan antagonis sampai pada aplikasi pemanfaatan PGPF dan antagonis dalam mengendalikan penyakit hawar daun pada tanaman talas safira. Lokasi penelitian untuk aplikasi cendawan PGPF dan antagonis ini dilakukan pertanaman talas safira yang terletak di Dusun Sentosa, Moncongloe, Kabupaten Maros. Adapun gagasan yang timbul dari pokok permasalahan ini salah satunya adalah bahwa rendahnya produksi tanaman talas akibat serangan penyakit hawar

dan penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan sehingga dapat dari lingkungan dan kesehatan manusia sehingga perlu ngkan cendawan yang potensial memacu pertumbuhan tanaman



yang dikenal sebagai PGPF dan sebagai antagonis terhadap patogen penyakit hawar daun talas (*Phytophthora colocasiae*). Disertasi ini diharapkan dapat dijadikan salah satu acuan dan bahan pertimbangan serta informasi dalam pemanfaatan cendawan PGPF dan antagonis dalam mengendalikan penyakit hawar daun pada tanaman talas safira.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan disertasi ini, banyak kendala yang dihadapi penulis dan tidak mungkin dapat diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak dalam rangka penyelesaian disertasi ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis sehingga disertasi ini dapat selesai. Penulis dengan tulus menyampaikan rasa terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, MSc selaku Promotor dan Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, DEA dan Dr. Ir. Andi Nasruddin, M.Sc selaku Co-Promotor yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan, pemikiran, saran, arahan, masukan petunjuk dan dukungan moral kepada penulis, mulai dari awal penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian sampai penyelesaian penyusunan disertasi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Tim Penguji Prof. Dr. Ir. Nurariaty Agus, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl. Ing. Agr, Prof. Dr. Ir. Dorothea Agnes, M.Sc, Dr. Elis Tambaru, MSi yang telah memberikan saran, sumbangan pemikiran dan koreksi untuk perbaikan penulisan disertasi ini.

ma kasih yang terkhusus kepada Kedua orang tuaku Ayahanda  
Immase Sultani dan Ibunda Dra. Hj. Rohani Bahar, M.Si tercinta



atas segala kasih sayang, perhatian, dan didikannya serta selalu mendoakan dan mendukung penulis selama melanjutkan studi di Program S3 Ilmu Pertanian, Pascasarjana UNHAS. Mertuaku Muh. Dini dan Indo Tuwo serta Suamiku tercinta Agus Nawang, S.St.Pi yang selalu dengan sabar, setia, mendoakan dan membantu penulis selama menempuh pendidikan. Anak-anakku tersayang dan terkasih Azzahra Mufidah dan Azril syakir Afkari yang selalu menjadi penyemangatku dalam menyelesaikan studi. Saudara-saudaraku Ino Sulistiani dan Irsan Setiawan yang senantiasa memberikan semangat, kasih sayang dan mendoakan penulis selama menempuh studi

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemerinstek DIKTI) yang telah memberikan fasilitas bantuan beasiswa BUDI-DN pada Program Ilmu Pertanian, Sekolah Pascasarjana, Universitas Hasanuddin. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Sekolah Pascasarjana beserta para Wakil Dekan, Ketua Program Studi Ilmu Pertanian, beserta seluruh dosen dan staf Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Direktur Politeknik Pertanian Negeri Pangkep, para wakil direktur, Ketua Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan beserta dosen dan staf serta civitas akademika politani pangkep yang telah memberikan dukungan dan kesempatan melanjutkan pendidikan di Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Dosen dan staf Fakultas

n Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis selama  
kan pendidikan di Program S3 Ilmu Pertanian UNHAS



Terima kasih kepada teman-teman seangkatan Program Doktor Ilmu Pertanian 2016 dan terkhusus teman-teman di Laboratorium Penyakit Prodi Ilmu Hama dan Penyakit dan teman-teman di PKP yang telah membantu selama melaksanakan penelitian dan menyusun disertasi. Teman-teman di Balai Besar Karantina Pertanian, Instalasi Pembenihan Udang Windu Barru (BRPBAP<sub>3</sub>) dan petani-petani andalan yang telah memberikan bantuan selama penulis melaksanakan kegiatan penelitian

Demikian pula kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu dengan rendah hati penulis mengucapkan “Jazakumullah kharon katsiran“. Semoga Allah SWT yang membalas semua amal kebaikan yang telah diberikan dengan tulus dan ikhlas kepada penulis. Akhirnya penulis tetap selalu berharap adanya kritikan dan masukan dalam rangka perbaikan. Dan penulis mengharapkan pula semoga disertasi ini dapat bermanfaat dan menjadi bagian dari khasanah keilmuan. Amin Ya Rabbal Alaamiin.

Makassar, September 2020

Penulis





## ABSTRAK

EKA WISDAWATI. Eksplorasi dan Studi Keefektifan Cendawan Pemacu Pertumbuhan Tanaman (PGPF) dan Antagonis terhadap Penyakit Hawar Daun pada Tanaman Talas safira (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var *antiquorum*) dibimbing oleh Tutik Kuswinanti, Ade Rosmana, Andi Nasruddin

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui intensitas serangan penyakit hawar daun di beberapa lokasi pertanaman talas safira di Sulawesi Selatan, (2) mengidentifikasi patogen penyebabnya secara morfologi dan biomolekuler, (3) mengkaji cendawan rizosfer yang bersifat sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPF) dalam menghasilkan senyawa metabolit sekunder meliputi hormon (IAA, GA<sub>3</sub>) dan biofertilizer (pelarut fosfat), (4) Mengkaji cendawan rizosfer yang bersifat sebagai antagonis dengan kemampuan menghasilkan siderofor, enzim kitinase dan selulase, (5) Menguji efektifitas isolat unggulan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPF) dan atau sebagai antagonis secara *in vivo*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas serangan patogen di Gowa 50,31%, Makassar 25,02% dan Maros 24,98%. Patogen penyebab hawar daun memiliki hifa aseptat yang tidak membengkak dengan bentuk sporangium ovoid atau elips dengan panjang 37,06 – 53,80 µm dan lebar 22,27 – 26,90 µm. Hasil analisa secara biomolekuler memiliki kemiripan dengan *Phytophthora colocasiae* strain PC.3. Hasil isolasi pada rizosfer talas diperoleh 62 isolat yang terdiri dari genus *Aspergillus*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Mucor* dan isolat unknown. Isolat memiliki kemampuan sebagai PGPF dengan memproduksi IAA 4,18-12,10 µg<sup>l</sup><sup>-1</sup>, Giberellin 3,93 – 5,05 µg<sup>l</sup><sup>-1</sup>, dan Kelarutan Fosfat 3,84 – 12,75 µg<sup>l</sup><sup>-1</sup>. Isolat memiliki kemampuan sebagai antagonis dengan kemampuan memproduksi Siderofor Katekol 5,07 – 14,87 µg<sup>l</sup><sup>-1</sup>, Siderofor Salisilat 3,89 – 7,99 µg<sup>l</sup><sup>-1</sup>, Indeks selulolitik 1,09 – 1,94 cm, indeks kitinolitik 1,17 – 2,25 cm dan uji antagonis 20,24 – 81,96%. Hasil pengujian PGPF secara *in vivo* menunjukkan bahwa *Aspergillus japonicus* RTM18, *Aspergillus japonicus* RTM11, *Aspergillus flavus* RTB39 dan *Fusarium* sp RTM24 berpengaruh nyata terhadap luas daun, tinggi tanaman dan berat umbi tanaman talas safira, sedangkan *Trichoderma asperellum* RTP8, *Trichoderma viride* RTB2, *Trichoderma koningii* RTM28, *Fusarium* sp RTM29 dan *F. oxysporum* RTM1 selain berpengaruh nyata terhadap berat umbi tanaman talas safira juga mampu menekan serangan penyakit hawar daun.

nci : Rizosfer, Cendawan, Talas safira, PGPF, Antagonis



## ABSTRACT

EKA WISDAWATI. Exploration and Study of the Effectiveness of Plant Growth Promoting Fungi (PGPF) and Antagonist against Leaf Blight Disease on Safira Taro Plants (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var *antiquorum*), supervised by Tutik Kuswinanti, Ade Rosmana, Andi Nasruddin

The research is aimed to : (1) find out the intensity of leaf blight disease attack in several locations of taro plantation in South Sulawesi, (2) identify pathogen causing leaf blight in morphology and biomolecular side, (3) Study about rhizosphere fungi as PGPF in producing secondary metabolites compounds including hormone (IAA, GA3) and biofertilizer (phosphate solvent), (4) Examine antagonistic rhizosphere fungi that are capable to produce siderofofor, chitinase and cellulase enzymes, (5) ) Test the effectiveness of superior isolate as PGPF and or antagonist by in vivo

The result showed that the intensity of pathogen attack was 50,31% in Gowa, 25,02% Makassar and 24,98% Maros respectively. Pathogen causing leaf blight disease has unswollen aseptic hyphae in ovoid or ellipse sporangium with 37,06- 53,80  $\mu\text{m}$  length and 22,27-26,90  $\mu\text{m}$  width. Biomolecular analysis indicates similarity to *Phytophthora colocasiae* strain PC.3. The isolation result of taro rhizosphere obtained 62 isolates consisting of *Aspergillus*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Mucor* and unknown isolates. Isolates is able to act as PGPF by producing IAA 4.18-12.10  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Gibberellin 3.93 - 5.05  $\mu\text{g l}^{-1}$ , and Phosphate Solubility producing ranging from 3.84 - 12.75  $\mu\text{g l}^{-1}$ . Isolates had antagonism capability through producing siderofofor catechol 5.07 - 14.87  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Salicylic siderofofor 3.89 - 7.99  $\mu\text{g l}^{-1}$ , cellulolytic index 1.09 - 1.94 cm, chitinolytic index 1.17 - 2.25 cm, and antagonism test 20.24 - 81.96%. The result of PGPF test through in vivo demonstrated that *Aspergillus japonicus* RTM18, *Aspergillus japonicus* RTM11, *Aspergillus flavus* RTB39, and *Fusarium* sp RTM24 contributed significant effect against leaf size, plant height and corm weight of safira taro while *Trichoderma asperellum* RTP8, *Trichoderma viride* RTB2, *Trichoderma koningii* RTM28, *Fusarium* sp RTM29, and *F. oxysporum* RTM1 did not only affect the corm weight but also reduce the attack of leaf blight disease of safira taro well.

Keywords : Rhizosphere, Fungi, Safira Taro, PGPF, Antagonist



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGAJUAN DISERTASI	ii
HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Kegunaan Penelitian	7
E. Kebaruan Penelitian	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Tanaman Talas	8
B. Penyakit Hawar Daun Talas	12
C. Pengendalian Penyakit Secara Hayati	18
D. Cendawan Pemacu Pertumbuhan Tanaman	21
E. Karakterisasi Cendawan	33
F. Identifikasi Molekuler	39
G. Kerangka Konseptual	46
H. Hipotesis	47



BAB III. METODE PENELITIAN	48
A. Waktu dan Lokasi Penelitian	48
B. Alat dan Bahan	48
C. Penelitian Tahap I	49
D. Penelitian Tahap II	54
E. Penelitian Tahap III	61
F. Penelitian Tahap IV	69
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	79
A. Hasil	79
I. Isolasi Patogen dan Cendawan Rizosfer Talas	79
II. Uji Cendawan Pemacu Pertumbuhan (PGPF)	86
III. Uji Cendawan Antagonis	94
IV. Pengujian PGPF dan Antagonis pada Tanaman	108
B. Pembahasan	123
I. Isolasi Patogen dan Cendawan Rizosfer Talas	123
II. Uji Cendawan Pemacu Pertumbuhan (PGPF)	132
III. Uji Cendawan Antagonis	144
IV. Pengujian PGPF dan Antagonis pada Tanaman	156
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	185
A. Kesimpulan	185
B. Saran	186
DAFTAR PUSTAKA	187
LAMPIRAN	211



## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Rata-rata tingkat serangan penyakit hawar daun talas	79
2.	Analisa sekuensing isolat patogen <i>P. colocasiae</i>	83
3.	Identifikasi isolat cendawan rizosfer potensial	85
4.	Uji Produksi Hormon IAA, Giberelin, dan Kelarutan Fosfat dari 62 isolat cendawan Rizosfer	86
5.	Hasil Rekapitulasi isolat terpilih sebagai cendawan PGPF	90
6.	Karakteristik isolat potensial PGPF berdasarkan karakter makroskopis dan mikroskopis	90
7.	Analisa sekuensing empat isolat PGPF	93
8.	Uji Kemampuan 62 isolat cendawan rizosfer dalam menghasilkan siderofor	94
9.	Uji Enzimatis selulase dan kitinase pada 62 isolat cendawan	96
10.	Persentase daya hambat cendawan rhizosfer dan tipe interaksi	100
11.	Hasil rekapitulasi pengujian isolat sebagai antagonis (uji enzimatik dan antagonis)	102
12.	Lima isolat unggul sebagai cendawan antagonis	104
13.	Karakteristik isolat potensial antagonis berdasarkan karakter makroskopis dan mikroskopis	105
14.	Analisa sekuensing empat isolat cendawan antagonis	108



<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
15. Rata-rata jumlah stomata, kerapatan dan luas bukaan stomata pada bagian bawah daun tanaman talas di pembibitan yang diaplikasikan dengan cendawan PGPF	110
16 Rata-rata luas daun (cm <sup>2</sup> ) tanaman talas di pembibitan yang diaplikasikan dengan cendawan PGPF	111
17. Rata-rata jumlah daun tanaman talas di pembibitan yang diaplikasikan dengan cendawan PGPF	112
18. Rata-rata tinggi tanaman talas (cm) di pembibitan yang diaplikasikan dengan cendawan PGPF	113
19. Analisis unsur hara N,P,K pada sampel tanah di pembibitan	113
20. Rata-rata jumlah stomata, kerapatan dan luas bukaan stomata pada bagian bawah daun tanaman talas di lahan yang diaplikasikan dengan cendawan PGPF	115
21 Analisis unsur hara N,P,K pada sampel tanah di lahan	116
22 Rata-rata hasil produksi tanaman talas di lahan yang diaplikasikan dengan cendawan PGPF	117
23 Rata-rata jumlah stomata, kerapatan stomata dan luas bukaan stomata pada tanaman talas di lahan yang diaplikasikan dengan cendawan antagonis	119
24. Rata-rata intensitas serangan penyakit hawar daun di lahan yang diaplikasikan dengan cendawan antagonis	120
25. Rata-rata hasil produksi tanaman talas di lahan yang diaplikasikan dengan cendawan antagonis	122



## DAFTAR GAMBAR

Gambar		halaman
1.	Gejala Penyakit Hawar Daun Talas (Nath,2014)	14
2.	Miselium asepta dan sporangia semipapilla (Padmaja, 2017)	15
3.	Koloni <i>Phytophthora colocasiae</i> pada media PDA dan V8 (Nath, 2014)	17
4.	Tanaman talas safira yang terserang penyakit hawar daun	80
5.	Pola pertumbuhan <i>P.colocasiae</i> pada media V8 dan PDA	81
6.	Pola pertumbuhan <i>P.colocasiae</i> pada media V8	81
7.	Pengamatan hifa dan sporangium <i>P.colocasiae</i>	82
8.	Amplifikasi PCR patogen <i>P.colocasiae</i>	82
9.	Dendrogram isolat PCEMK01 dan PCEMR01	84
10.	Pengujian produksi IAA dengan penambahan reagen Salkowski	88
11.	Uji pelarutan fosfat dengan terbentuknya zona bening di sekeliling koloni cendawan	89
12.	Hasil elektroforesis isolat menggunakan pasangan primer Lror dan LR5	93
13.	Uji produksi enzim selulase pada media CMC dengan penambahan iodin	98
14.	Uji produksi enzim kitinase pada media kitin dengan penambahan iodin	99
15.	Tipe interaksi antara cendawan antagonis dan patogen <i>P.colocasiae</i> secara in vitro	102



<b>Gambar</b>		<b>Halaman</b>
16.	Hasil elektroforesis isolat cendawan antagonis menggunakan primer Lror dan LR5	107
17	Uji patogenitas isolat patogen	108
18.	Grafik pengamatan intensitas serangan penyakit hawar daun talas pada 5hsp-8msp	120





## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		halaman
1	Sidik Ragam Rata-rata jumlah stomata pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	211
2	Sidik Ragam rata-rata kerapatan stomata pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	212
3	Sidik Ragam Rata-rata Luas Bukaan Stomata pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	213
4	Sidik Ragam Rata-rata Luas Daun 28 HST pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	214
5	Sidik Ragam Rata-rata Jumlah daun 14 HST pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	215
6	Sidik Ragam Rata-rata Jumlah daun 21 HST pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	216
7	Sidik Ragam Rata-rata Jumlah daun 28 HST pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	217
8	Sidik Ragam Rata-rata Jumlah daun 7 HST pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	218
9	Sidik Ragam Rata-rata Tinggi Tanaman 14 HST pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	219
10	Sidik Ragam Rata-rata Tinggi Tanaman 21 HST pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	220
11	Sidik Ragam Rata-rata Tinggi Tanaman 28 HST pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Pembibitan	221
12	Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Stomata PGPF pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Lahan	222
13	Sidik Ragam Rata-rata kerapatan stomata pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Lahan	223
	Sidik Ragam Rata-rata Luas Bukaan Stomata pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Lahan	224



Nomor		Halaman
15	Sidik Ragam Rata-rata Jumlah umbi pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Lahan	225
16	Sidik Ragam Rata-rata Rata-rata Berat Umbi pada perlakuan pemberian cendawan PGPF di Lahan	226
17	Sidik Ragam Rata-rata Jumlah Stomata pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	227
18	Sidik Ragam Rata-rata kerapatan stomata pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	228
19	Sidik Ragam Rata-rata Luas Bukaan Stomata pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	229
20	Sidik ragam Rata-rata tingkat serangan patogen <i>P. colocasiae</i> 5 hsp pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	230
21	Sidik ragam Rata-rata tingkat serangan patogen <i>P. colocasiae</i> 2 msp pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	231
22	Sidik ragam Rata-rata tingkat serangan patogen <i>P. colocasiae</i> 4 msp pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	232
23	Sidik Ragam Rata - rata tingkat serangan patogen <i>P. colocasiae</i> 6 msp pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	233
24	Sidik Ragam Rata - rata tingkat serangan patogen <i>P. colocasiae</i> 8 msp pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	234
25	Sidik Ragam Rata-rata Jumlah umbi pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	235
	Sidik Ragam Rata-rata Berat umbi pada perlakuan pemberian cendawan Antagonis di Lahan	236



Nomor		Halaman
27	Tanaman talas yang diaplikasikan cendawan PGPF di pembibitan pada akhir pengamatan (28 hst)	237
28	Umbi Tanaman Talas yang diberi perlakuan pemberian Patogen <i>Phytophthora colocasiae</i> dan Tanpa Pemberian Cendawan Antagonis (BoK) di Pertanaman talas	238
29	Umbi Tanaman Talas yang diberi perlakuan pemberian Patogen <i>Phytophthora colocasiae</i> dan Pemberian Cendawan Antagonis RTP8 ( <i>Trichoderma asperellum</i> ) (B1) di Pertanaman talas	238



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara agraris, yang sebagian besar masyarakatnya mengkonsumsi beras sebagai makanan pokoknya. Konsumsi beras di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Konsumsi beras nasional pada tahun 2017 mencapai 29,13 juta ton atau sekitar 111,58 kg/kapita/tahun yang melebihi rata-rata tingkat konsumsi beras dunia yaitu sebesar 60 kg/ kapita/ tahun (BPS, 2019). Ketergantungan penduduk Indonesia terhadap makanan pokok beras sangat tinggi, sehingga Indonesia masih mengimpor untuk memenuhi kebutuhan akan beras. Kondisi ketergantungan pangan pada satu jenis produk dapat menjadikan Indonesia rawan pangan, oleh sebab itu diperlukan pengembangan produk pangan pokok lain pengganti beras (Lakitan, 2014).

Tanaman talas merupakan salah satu umbi-umbian yang cukup populer di Indonesia dan dapat dijadikan sebagai makanan pokok pengganti beras. Tanaman talas memiliki 125 varietas dari spesies *Colocasia esculenta* yang ada di dunia dan salah satunya adalah talas safira (*Colocasia esculenta*

quorum). Tanaman talas safira memiliki nilai ekonomi yang tinggi hampir sebagian besar bagian tanaman dapat dimanfaatkan oleh



manusia. Dan memiliki peranan yang strategis sebagai sumber bahan pangan, bahan baku industri dan untuk pakan ternak. Tanaman talas safira memiliki peluang yang besar untuk dikembangkan karena berbagai manfaatnya dan umbi tanaman potensial ekspor massal ke Jepang. Kebutuhan talas di Jepang pada tahun 2010 mencapai  $\pm$  380.000 ton dan pada beberapa tahun terakhir permintaan Jepang yaitu sebanyak 100.000 ton talas safira per bulan dari Indonesia. Oleh karena itu Indonesia berpotensi untuk memenuhi kekurangan pasokan talas ke Jepang dan sebagai pemasok devisa melalui ekspor (Economic Review, 2010; Kasno 2014).

Setiap hektar tanaman talas safira mampu menghasilkan 30 sampai 35 ton tetapi lahan budidaya talas safira di Indonesia baru bisa menghasilkan sekitar 20 ton umbi talas per hektarnya (Anonim, 2010b; Ahdar, 2016). Salah satu kendala yang mempengaruhi produksi talas adalah adanya serangan hama dan penyakit yang menyebabkan hasil panen yang belum maksimal. Salah satunya adalah serangan penyakit hawar daun. Penyakit Hawar daun yang disebabkan oleh *Phytophthora colocasiae* Raciborski dapat menyebabkan kehilangan hasil sebesar 30-50% dan sulit dikendalikan saat curah hujan tinggi. *Phytophthora colocasiae* menghasilkan

yang siap lepas pada air dan dapat menyebar oleh percikan hujan. dimulai dari pinggir dan samping daun dimana air sering tertampung.



Luka infeksi secara berangsur-angsur akan meluas dan menjadi coklat gelap dengan garis tepi kuning (Erwin dan Olof, 1996).

Berbagai upaya pengendalian dilakukan utamanya melalui penggunaan fungisida, namun teknik ini belum mendapatkan hasil yang memuaskan dalam mengendalikan penyakit hawar daun talas yang disebabkan oleh patogen *P. colocasiae* Raciborski . Pengendalian menggunakan fungisida sintetik relatif lebih mahal dan berpotensi mengganggu lingkungan. Pengendalian lainnya yaitu perlakuan panas terhadap benih, penggunaan varietas resisten dan pengendalian hayati. Pengendalian terhadap patogen tanaman saat ini masih bertumpu pada penggunaan pestisida sintetik, padahal penggunaan pestisida sintetik secara terus-menerus dapat menimbulkan berbagai macam dampak negatif. Suwahyono (2009) menyatakan bahwa penggunaan pestisida sintetik dapat membahayakan keselamatan hayati termasuk manusia dan keseimbangan ekosistem. Menurut Budiarti & Nurhayati (2014), dampak negatif penggunaan pestisida sintetik yang cukup besar bagi lingkungan salah satunya adalah terbunuhnya mikroorganisme non target seperti cendawan dan bakteri antagonis yang berada di tanah terutama pada bagian rizosfer tanaman.

Upaya mengurangi penggunaan pestisida sintetik maka pengendalian

dapat menjadi alternatif pengendalian yang lebih aman dan ramah lingkungan. Salah satu bentuk pengendalian hayati adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme yang terdapat di tanah terutama



mikroorganisme yang berada di sekitar perakaran tanaman. Mikroorganisme baik cendawan ataupun bakteri yang berada pada zona perakaran (rizosfer) berperan dalam menguraikan bahan organik, membantu pertumbuhan tanaman dan beberapa jenis mikroorganisme lainnya diketahui dapat menekan perkembangan patogen tanaman (Murali *et al.*, 2012).

Banyak cendawan rizosfer yang mempunyai kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman sekaligus mampu menekan perkembangan patogen dan dikenal sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) seperti *Trichoderma* spp, *Fusarium* spp dan *Rhizoctonia* spp. yang telah diketahui juga dapat memacu pertumbuhan tanaman selain kemampuannya sebagai pengendali hayati (Shivana *et al.*, 1996; Elsharkawy *et.al*, 2012). PGPF banyak ditemukan di sekitar tanaman sehat yang ditanam secara budidaya maupun tanaman liar, dan cendawan ini dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan memproduksi hormon pertumbuhan yang merangsang pertumbuhan tanaman (Shivana *et al.*, 1994; Yadav, 2011; Abri, 2015; Pandya, 2018), memproduksi siderofor (Nenwani, 2001; Usha, 2003; Hossain *et.al*, 2017) dan melarutkan fosfat (Yadav, 2011; Nayak, 2013; Pandya, 2018). Selain itu, juga memiliki kemampuan untuk mengkoloni rizosfer serta mampu membantu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit

(Nachi, 1994; Hossain *et al*, 2017). Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi keefektifan cendawan PGPF dan antagonis



dalam mengendalikan penyakit hawar daun (*Phytophthora colocasiae*) pada tanaman talas safira (*Colocasia esculenta* var *antiquorum*)

## B. Rumusan Masalah

Pertanyaan penelitian yang harus dicari jawabannya melalui proses penelitian

1. Bagaimana intensitas serangan penyakit hawar daun di beberapa lokasi pertanaman talas safira di Sulawesi Selatan
2. Bagaimana karakteristik dan identifikasi patogen penyebabnya secara morfologi dan biomolekuler
3. Apakah cendawan rizosfer yang ditemukan bersifat sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPF) dengan kemampuan menghasilkan senyawa metabolit sekunder meliputi hormon (IAA dan GA<sub>3</sub>) serta biofertilizer (pelarut Fosfat).
4. Apakah cendawan rizosfer yang ditemukan bersifat sebagai antagonis dengan kemampuan menghasilkan siderofor, enzim kitinase dan selulase.
5. Bagaimana efektifitas isolat unggulan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPF) dan atau sebagai antagonis secara *in vivo* di lapangan.





### C. Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk memperoleh cendawan PGPF yang unggul dan antagonis yang efektif dalam mengendalikan penyakit hawar daun (*Phytophthora colocasiae*) pada tanaman talas safira (*Colocasia esculenta* var *antiquorum*)

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui intensitas serangan penyakit hawar daun di beberapa lokasi pertanaman talas safira di Sulawesi Selatan
2. Mengidentifikasi patogen penyebabnya secara morfologi dan biomolekuler
3. Mengkaji cendawan rizosfer yang bersifat sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPF) dalam menghasilkan senyawa metabolit sekunder meliputi hormon (IAA, GA<sub>3</sub>) dan biofertilizer (pelarut fosfat)
4. Mengkaji cendawan rizosfer yang bersifat sebagai antagonis dengan kemampuan menghasilkan siderofor, enzim kitinase dan selulase
5. Menguji efektifitas isolat unggulan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPF) dan atau sebagai antagonis secara *in vivo*.

### D. Kegunaan Penelitian

Kegunaan yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

Mediannya informasi intensitas serangan penyakit hawar daun di beberapa lokasi pertanaman tanaman talas safira di Sulawesi Selatan



2. Mengetahui karakteristik dan identitas patogen penyebab hawar daun secara morfologi dan biomolekuler.
3. Memperoleh cendawan rizosfer yang potensial sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPF) dalam menghasilkan senyawa metabolit sekunder meliputi hormon (IAA,GA<sub>3</sub>) dan biofertilizer (pelarut fosfat)
4. Memperoleh cendawan rizosfer yang potensial sebagai antagonis dengan kemampuan menghasilkan siderofor, enzim kitinase dan selulase
5. Dapat dijadikan sebagai acuan dalam formulasi pupuk hayati dan biofungisida.

### E. Kebaharuan Penelitian

Dari hasil penelitian ini ditemukan isolat unggul yang bersifat sebagai Plant Growth Promoting Fungi (PGPF) dan atau antagonis, yang bisa dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati dan pemicu pertumbuhan Tanaman talas safira (*Colocasiae esculenta* (L.) Schoot var. *antiquorum*).



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tanaman Talas

Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot) memiliki nama umum di dunia yaitu *Taro*, *Old cocoyam*, *Abalong*, *Taioba*, *Arvi*, *Keladi*, *Satoimo*, *Tayoba* dan *Yu-tao*. Talas berasal dari daerah Asia Tenggara, kemudian menyebar ke China, Jepang, dan beberapa pulau di Samudra Pasifik. Tanaman Talas termasuk divisi Magnoliophyta, Class Magnoliopsida, ordo Arales, famili Araceae, genus *Calocasia* dan spesies *Colocasia esculenta var antiquorum* (Schott) Hubbard & Rehder. *Colocasia esculenta* merupakan satu spesies polimorfik dengan dua varietas botani yaitu *C. esculenta var. esculenta* (dasheen) dan *C. esculenta var. antiquorum* (eddoe) (Purseglove, 1972; Tanimoto, 1986; Lebot, 2009). Beberapa studi menunjukkan perbedaan yang nyata secara morfologi dan genetik antara *var. esculenta* dan *var. antiquorum*. Perbedaan utama antara varietas *esculenta* dan *antiquorum* adalah struktur perbungaannya dan pada bentuk dan ukuran umbi utama dan umbi samping. Pada *C. esculenta* (L.) Schoot *var. esculenta*

diploid dan *var. antiquorum* bersifat triploid (Kuruvila, 1981; Irwin,

Berdasarkan umbinya, *C. esculenta* (L.) Schoot *var. esculenta*

akan umbi tunggal yang berukuran sedang atau besar (tergantung



varietasnya) tanpa adanya umbi-umbi cabang. Umbi tunggal inilah yang umum dikonsumsi masyarakat setelah diolah menjadi berbagai makanan. *C. esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*, memiliki umbi induk yang berukuran sedang yang membentuk umbi-umbi cabang yang ukurannya bervariasi ke arah samping yang memiliki ukuran umbi kecil (small corm taro). *C. esculenta* var *antiquorum* dikenal juga sebagai talas safira (Satoimo) karena varietas ini merupakan makanan kegemaran masyarakat Jepang, yang diperdagangkan secara internasional (Djazuli,1994; Prana,2007; Lebot, 2009)

*Colocasia esculenta*, yang umum dibudidayakan adalah *Colocasia esculenta* (L.) Schott var *esculenta* diduga berasal dari kawasan tropik Asia Selatan dan Tenggara, termasuk Indonesia dan *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*, yang berasal dari Cina dan Jepang, diduga merupakan hasil mutasi dan seleksi dari *C.esculenta* (L.) Schott yang diintroduksi ke China dan Jepang ratusan tahun yang lalu (Purseglove, 1972; Prana, dkk., 1999).

Talas adalah tanaman pangan yang berupa herba dan merupakan tanaman semusim atau tanaman sepanjang tahun dengan tinggi antara 0,5-1,5 m. Sistem perakaran serabut, liar dan pendek. Daunnya berbentuk perisai atau hati, lembaran daunnya 20-50 cm panjangnya, dengan tangkai

panjangnya, warna pelepah bermacam-macam. Panjang tangkai sekitar 30-80 cm dan lebar daun antara 20-50 cm. Panjang tangkai daun bervariasi tergantung genotipenya, antara < 30 cm-1,5 m. Umbi



mempunyai jenis bermacam-macam. Umbi dapat mencapai 4 kg atau lebih, berbentuk selinder atau lonjong sampai agak bulat, berukuran 30 cm x 15 cm, berwarna coklat. Kulit umbi talas berwarna kemerahan, bertekstur kasar, dan terdapat berkas-berkas pertumbuhan akar (Onwueme, 1994; Lebot, 2009).

Perbungaannya terdiri atas tongkol, seludang dan tangkai. Bunga jantan dan bunga betina terpisah, yang betina berada di bawah, bunga jantan di bagian atasnya, dan pada puncaknya terdapat bunga mandul. Buah bertipe buah buni. Bijinya banyak, bentuk bulat telur, panjangnya  $\pm$  2 mm. Tanaman talas mempunyai variasi yang besar baik karakter morfologi seperti umbi, daun dan pembungaan serta kimiawi seperti rasa dan aroma tergantung varietas dan tempat talas di tanam. Ukuran daun sangat dipengaruhi oleh lingkungan (Prana, 2003; Lebot 2009).

Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) merupakan salah satu umbi-umbian yang banyak ditanam di Indonesia. Talas banyak dibudidayakan di Indonesia karena talas dapat tumbuh di daerah yang beriklim tropis dan tidak terlalu memerlukan pengairan. Tanaman ini juga dapat dijadikan sebagai tanaman sela dan dapat tumbuh sepanjang tahun di daerah dataran rendah sampai dataran tinggi. Pertumbuhan paling baik dari tanaman ini dapat

dengan menanamnya di daerah yang memiliki ketinggian 0 m hingga di atas permukaan laut, suhu antara 21 – 30°C, Kelembaban udara dan curah hujan sebesar 1750-2500 mm per tahun. Tanah yang



paling baik untuk tanaman talas adalah tanah liat berpasir dan subur dengan struktur gembur, kaya bahan organik (humus), air tanah cukup, dan mempunyai keasaman (pH) 5,5-6,5. Pada tanah becek (menggenang), akar dan umbi talas mudah busuk akibat serangan penyakit tular tanah (Rahmat dan Herdi, 2015). Bagian yang dapat dipanen dari talas adalah umbinya, dengan umur panen berkisar antara 6 - 18 bulan dan ditandai dengan daun yang tampak mulai menguning atau mengering.

Tanaman talas memiliki kontribusi dalam menjaga ketahanan pangan di dalam negeri. Talas mengandung karbohidrat yang tinggi, protein, lemak dan vitamin. Talas juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan berpotensi sebagai barang ekspor yang dapat menghasilkan keuntungan. Nilai ekonomi tanaman talas tinggi karena hampir sebagian besar bagian tanaman dapat dimanfaatkan untuk dikonsumsi manusia. Talas merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan sehingga memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan. Zat gizi dalam umbi talas cukup tinggi sehingga memiliki beberapa manfaat seperti melancarkan pencernaan, menstabilkan peredaran darah, meningkatkan sistem imun tubuh dan perbaikan jaringan (Ermayuli, 2011; Papakonstantinou *et al*, 2012; ITPC, 2014). Talas mengandung banyak senyawa kimia yang dihasilkan dari metabolisme sekunder seperti

glikosida, saponin, minyak esensial, resin, gula, asam hialuronik am-asam organik. Pada kondisi optimal, produktivitas talas dapat ai 30 ton/hektar (Hunter et al., 2001; Koswara, 2010; ITPC, 2014).



## B. Penyakit Hawar Daun (*Phytophthora colocasiae*)

*Phytophthora colocasiae* adalah patogen yang menyebabkan penyakit hawar daun dan busuk umbi talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot). Patogen ini merupakan golongan Oomycota, bersifat hemibiotropik dan cepat menyebar (Vetukuri,2018). Kata *Phytophthora* berasal dari bahasa Yunani yang secara harfiah diterjemahkan menjadi "perusak tanaman". Parham, (1947) dalam penelitiannya mengatakan bahwa penyakit hawar daun pada talas pertama kali ditemukan di pulau Solomon pada tahun 1946. Beberapa waktu kemudian penyakit tersebut dijumpai hampir di seluruh pulau-pulau di sekitarnya (Gollifer dan Brown 1974).

Jackson, (1977) bahwa gejala infeksi pada daun talas tampak diawali dengan terdapatnya bercak-bercak kuning pada bagian daun yang agak basah, kemudian dengan cepat melebar dan membentuk luka warna coklat tak teratur. *Phytophthora colocasiae* merupakan patogen yang mempunyai kisaran inang terbatas, umumnya menyerang pada ubi rambat dan talas (Erwin dan Ribeiro 1996). Penyakit hawar daun *Colocasiae* telah tercatat di sejumlah Negara di Asia dan kawasan Pasifik. Penyakit ini secara signifikan

urangi jumlah daun dan merupakan penyebab utama kehilangan hasil. Pada serangan berat dapat menyebabkan kehilangan hasil 30 – 50% (Sing et al.,2012; Misra et al., 2007; Laxmi et al., 2012).



Gejala utama penyebab hawar daun yang disebabkan oleh patogen *P. colocasiae* adalah bintik kecil berwarna coklat tua atau bercak coklat muda di permukaan daun bagian atas. Gejala bintik-bintik diawal sering terjadi pada ujung dan pinggiran daun dimana air tertampung, Kemudian membesar dengan cepat, menjadi melingkar, dan berwarna ungu keunguan sampai coklat gelap dengan garis tepi kuning. Keberadaan *P. colocasiae* dapat ditandakan dengan terlihatnya bulu halus berwarna putih pada bagian permukaan atas daun di sekitar luka pada kondisi basah. Pada permukaan bawah daun, bintik berwarna abu-abu yang basah atau kering dan sering terlihat cairan eksudat berwarna kuning kemerahan yang menetes dari pusat luka. Eksudat tersebut akan menjadi coklat kehitaman dan keras setelah kering. Pada penyakit tingkat lanjut, luka akan berbentuk tidak teratur dengan berbagai ukuran atau meluas keseluruhan daun (Gambar 1). Seiring bertambahnya ukuran, gejala menyatu dan cepat menghancurkan daun dan menyebabkan tanaman menjadi mati. (Brooks, 2005; Bandyopadhyay, 2011; Omane, 2012; Mbong, 2013). Di samping menyerang daun, patogen *P. Colocasiae* juga menyerang tangkai daun. Banyak sporangia dan zoospora tercuci ke tanah atau terkena ke tangkai daun, yang sering menyebabkan tangkai daun runtuh. Bercak tumbuh dengan cepat dan bisa menghasilkan

oranye kemerahan (Mbong 2013; Nath, 2014)



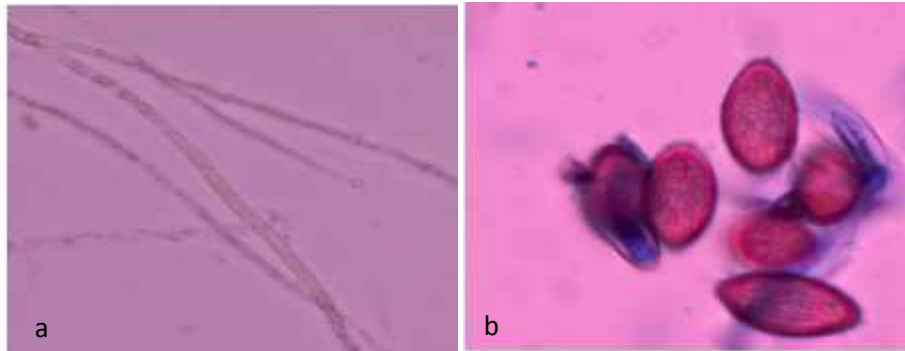




Gambar 1. Gejala Penyakit Hawar Daun (Nath,2014)

*Phytophthora colocasiae* menghasilkan spora yang dapat disebarkan oleh hujan yang tertiuip angin antara tanaman sehingga sporangia dan zoospora gampang menyebar (Gambar 2). *P. colocasiae* mampu bertahan dalam akar dan memproduksi oospora dan klamidospora sehingga menyebabkan adanya ketersediaan inokulum. Karena itu perkembangannya sangat cepat pada keadaan lembab dan umumnya kerusakan akar terjadi pada musim hujan. Sambungan yang sangat dekat dengan tanah atau tanah tergenang di bedengan merupakan kondisi yang memudahkan terjadinya infeksi. Infeksi dapat terjadi melalui luka alami, luka karena alat pertanian atau luka karena serangga. Infeksi terjadi terutama pada musim hujan dan dibantu oleh pH tanah agak asam (6,0–6.5) (Ploetz, 2003; Misra, 2008; Fontem and Mbong, 2011; Mbong, 2013).





Gambar 2. (a) Miselium asepta, b. Sporangia semipapilla (Padmaja,2017)

Reproduksi aseksual oleh *P. colocasiae*, spesies udara yang mirip dengan *P. infestans*, terjadi pada dedaunan basah. Sporangia terbentuk di ujung sporangiofor tidak bercabang. Sporangia biasanya dipisahkan dari sporangiofor oleh hujan, meninggalkan tangkai (pedicel) 3 sampai 10  $\mu\text{m}$  yang panjangnya menempel pada alasnya. Selama kondisi basah, sporangia berkecambah di permukaan atas daun dan pada tangkai daun. Bila suhu sejuk, mendekati 20°C (68°F), dan kelembaban relatif tinggi (90%), sporangia berkecambah secara tidak langsung, menghasilkan zoospora yang berenang selama beberapa menit, encyst, dan kemudian membentuk kuman. Proses ini bisa terjadi dalam waktu  $\pm$  2 jam. Pada suhu yang lebih hangat, sampai 30°C (86°F), sporangia berkecambah secara langsung. Produksi sporangia dengan perkecambahan langsung, pada umumnya lebih lambat dibandingkan dengan germinasi secara tidak langsung. Kondisi suhu yang

lembab karena hujan dan embun mempercepat produksi zoospora



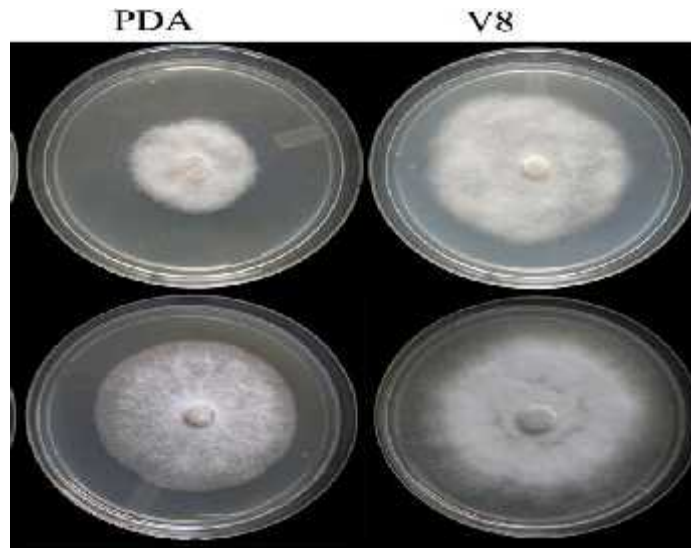
pada sporangium. Masa inkubasi adalah dua sampai empat hari pada suhu optimal 24 sampai 27°C (75 sampai 80°F) (Brooke, 2005; Mbong, 2013).

Hawar daun sulit dikendalikan saat curah hujan tinggi. Penyakit menyebar melalui pemencaran sporangia oleh percikan air. Penyakit akan meningkat pada temperatur antara 25 dan 28°C dan kelembaban relatif pada atau di bawah 65% selama siang hari, serta pada temperatur 20 sampai 22 °C dan kelembaban relatif 100% selama malam hari. Penyebaran penyakit oleh percikan air pada sporangia dan zoospora terjadi di atas permukaan daun. Pembakaran daun yang terinfeksi dan menghilangkan sisa tanaman setelah panen merupakan cara efektif. Keparahan penyakit akan meningkat oleh tingginya kelembaban relatif, sehingga menutup tanaman atau menanam pada area yang memiliki naungan harus dihindari (Misra, 2008; Misra, 2011; Mbong 2015).

Isolat *P. colocasiae* yang ditumbuhkan pada media PDA dan V8 menunjukkan empat pola pertumbuhan miselia yaitu kapas, rosaceous, petaloid dan stellate (gambar 3). *P. colocasiae* bersifat heterothallic dan membutuhkan tersedianya tipe A1 dan A2 untuk menghasilkan oospora. Diameter oospora dari hasil kawin silang mating type A1 dan A2 dimana diameter spora A1 lebih besar dari A2. Pertumbuhan dan sporulasi beberapa

*colocasiae* menunjukkan variasi seperti beberapa isolat ada yang di atas suhu 36°C, dan beberapa isolat menghasilkan klamidospora (Misra, 2011; Nath, 2014; Mbong, 2013)





Gambar 3. Koloni *P. colocasiae* pada media PDA dan V8 (Nath, 2014)

*P. colocasiae* sangat dinamis di alam dengan tingkat keragaman yang cukup besar. Keragaman genetik yang cukup besar diantara 14 isolat *P. colocasiae* yang berasal dari wilayah geografis yang berbeda. Amplifikasi AFLP dan RAPD yang digunakan pada 50 isolat *P. colocasiae* menyatakan bahwa *P. colocasiae* bersifat sangat dinamis dengan tingkat keberagaman dan polimorfisme yang tinggi diantara isolat *P. colocasiae* (Misra, 2011; Nath, 2014). *Phytophthora colocasiae* Strain Vitnamese 7290 yang disekuensing memiliki genom 56.6 Mb, Scaffolds 19853 dan gen penyandi protein 19984. *P. colocasiae* memiliki banyak gen yang berhubungan dengan patogenitas seperti Effektor RxLR. Sekuensing genom *P. colocasiae*

akan langkah dalam menentukan mekanisme molekuler dalam penanganan penyakit (Vetukuri,2018)



### C. Pengendalian Penyakit Secara Hayati

Penyakit dapat terjadi apabila terjadi interaksi antara tanaman, lingkungan serta patogen. Tanaman dapat terinfeksi oleh patogen apabila didukung oleh keadaan lingkungan yang lebih menguntungkan patogen, sehingga dapat menimbulkan penyakit. Apabila lingkungan terus menerus mendukung perkembangan patogen maka akan terjadi serangan penyakit yang cukup parah hingga merugikan bagi petani. Umumnya para petani menggunakan bahan pestisida kimia untuk mengatasi serangan penyakit. Hal ini dikarenakan pestisida kimia dapat memberikan hasil yang cepat dan nyata. Namun pemakaian bahan kimia yang terus menerus dapat menimbulkan dampak negative terhadap lingkungan dan kesehatan. Sebagian masyarakat telah menyadari bahwa pestisida kimia berdampak negatif sehingga mulai ditinggalkan.

Penerapan teknologi pertanian yang berwawasan lingkungan adalah pengendalian penyakit secara biologi (hayati). Tujuan pengendalian penyakit secara hayati tidak lain adalah mengurangi laju perkembangan penyakit melalui penurunan daya hidup patogen pada tanaman, menurunkan jumlah propagul yang diproduksi serta mengurangi penyebaran inokulum,

yang mengurangi infeksi patogen pada tanaman serta mengurangi serangan yang disebabkan oleh patogen (Nurhayati, 2011).



Penggunaan agensia pengendali hayati dalam mengendalikan organisma pengganggu tanaman (OPT) semakin berkembang karena memiliki beberapa keunggulan dibanding pengendalian berbasis pestisida. Beberapa keunggulan tersebut adalah: (1) aman bagi manusia, musuh alami; (2) dapat mencegah timbulnya ledakan OPT sekunder; (3) produk tanaman yang dihasilkan bebas dari residu pestisida; (4) terdapat di sekitar pertanaman sehingga dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap pestisida sintesis; dan (5) menghemat biaya produksi karena aplikasi cukup 1 atau 2 kali dalam satu musim panen.

Pengendalian saat ini banyak dikembangkan, salah satunya yaitu dengan pendekatan secara biologi dengan memanfaatkan konsorsium mikroba rizosfer yang memiliki kemampuan menambat N, melarutkan P dan mensekresikan hormon tumbuh tanaman. Pengendalian hayati merupakan salah satu langkah untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan memperbaiki kualitas lingkungan. Konsorsium mikrob adalah kumpulan mikrob yang hidup bersama dan berinteraksi baik sesamanya maupun dengan tanaman inangnya (Lindquist, 2001). Selain penggunaan mikroba rizosfer, penggunaan cendawan endofit juga banyak digunakan. Cendawan endofit adalah cendawan yang hidup dalam jaringan tanaman tanpa

akan gejala (Durham 2004). Potensi cendawan endofit cukup besar dikembangkan sebagai agens pengendali hayati, karena cendawan ini dalam jaringan tanaman sehingga berperan langsung dalam



menghambat perkembangan patogen dalam tanaman (Niere 2002), dan meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Pengendalian hayati oleh cendawan antagonis dapat terjadi melalui satu atau beberapa mekanisme yaitu: antibiosis, kompetisi, hiperparasit. Selain itu cendawan pengendali hayati ada yang mempunyai kemampuan induksi resistensi dan memacu pertumbuhan tanaman (Van loon, 2000).

Mekanisme antibiosis merupakan penghambatan patogen oleh senyawa metabolik yang dihasilkan oleh agensia hayati seperti: enzim, senyawa-senyawa volatile, zat pelisis dan senyawa antibiotik lainnya. Salah satu contoh adalah agensia hayati kelompok cendawan. Cendawan diketahui mampu menghasilkan bermacam senyawa beracun (toksis) untuk melawan organisme lainnya (Burgess, 1970). Dalam mengkolonisasi suatu substrat cendawan mempunyai kemampuan untuk menghasilkan sejumlah produk ekstraselular yang bersifat racun. Kemampuan cendawan menghasilkan suatu antibiotik sangatlah penting dalam menentukan kemampuannya untuk mengkolonisasi dan mengatur keberadaannya dalam suatu substrat. Antibiotik dapat juga mengakibatkan terjadinya endolisis atau autolisis yaitu pecahnya sitoplasma suatu sel oleh enzim yang diikuti kematian yang mungkin disebabkan kekurangan hara, antibiotik ataupun kerusakan dinding

gan demikian berhasil tidaknya suatu organisme pengendali hayati agensia hayati bergantung pada kemampuan antibiotik yang



dihasilkannya menekan pertumbuhan dan perkembangan patogen tanaman (Baker dan Cook, 1972)

Kompetisi adalah suatu mekanisme penekanan aktivitas patogen oleh agensia hayati terhadap sumber-sumber terbatas seperti zat organik, zat anorganik, ruang dan faktor –faktor pertumbuhan lainnya. Salah satu contoh adalah persaingan akan ruang/tempat pada akar. Contoh ektomikoriza merupakan agensia yang dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati. Cendawan tersebut mampu membungkus secara efektif seluruh akar dan menempati bagian rizosfer sehingga apabila ada mikroorganisme lain seperti misalnya *Armillaria mellea* atau *Phytophthora spp*, maka patogen tersebut tidak dapat lagi mengkolonisasi bagian tersebut.

Mekanisme hiperparasit merupakan perusakan patogen oleh senyawa atau zat yang dihasilkan oleh agensia hayati seperti kitinase, selulase, glukonase, enzim pelisis dan lainnya (Baker dan Cook, 1982). Agensia pengendali hayati juga dapat menginduksi resistensi tanaman terhadap patogen dengan cara mengaktifkan suatu lintasan sinyal dan melibatkan hormon asam jasmonik dan etilen tanaman (Van Loon, 2000).

#### **D. Cendawan Pemacu Pertumbuhan Tanaman (PGPF)**

Rizosfer merupakan daerah yang ideal bagi tumbuh dan hidupnya mikroorganisme tanah. Keadaan ini didukung oleh akar, yaitu sebagai penyedia nutrisi dan juga sebagai tempat tumbuh





dan berkembangnya mikroorganismenya. Beberapa macam nutrisi disekresikan di dalam rizosfer, yang sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan di dalam tanah

Cendawan rizosfer merupakan salah satu kelompok mikrobia yang dapat membantu pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme seperti peningkatan penyerapan nutrisi, sebagai pengendali hayati terhadap serangan patogen dan juga menghasilkan hormon pertumbuhan bagi tanaman (Chanway, 1997; Supriyanto, 2011) serta dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap berbagai penyakit terbawa tanah maupun penyakit terbawa udara.

Banyak jenis cendawan dapat diisolasi dari rizosfer tanaman budidaya seperti cabai, kentang, tembakau dan jagung. Cendawan rizosfer yang mempunyai kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman sekaligus mampu menekan perkembangan patogen dan dikenal sebagai Plant Growth Promoting Fungi (PGPF) (Shivana et al., 1996; Hyakumachi dan Kubota, 2003). Hasil penelitian Meera et al. (1994) menyatakan bahwa beberapa cendawan yang berasal dari rizosfer seperti *Aspergillus* spp., *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp., tidak hanya berpotensi sebagai Plant Growth Promoting Fungi (PGPF), tetapi dapat juga berpotensi untuk

meningkatkan ketahanan tanaman mentimun terhadap patogen *Fusarium* spp. dan *Trichum orbiculare*



Murali et al. (2012) PGPF juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara tidak langsung yaitu melalui perubahan terhadap struktur rizosfer tanah yang menguntungkan tanaman. Banyak PGPF banyak ditemukan di sekitar tanaman sehat yang ditanam secara budidaya maupun tanaman liar.

Secara umum, fungsi PGPF dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibagi dalam tiga kategori, yaitu:

1. Sebagai pemacu/perangsang pertumbuhan (biostimulants) dengan mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai zat pengatur tumbuh (fitohormon) seperti asam indol asetat (AIA), giberellin, sitokinin, dan etilen dalam lingkungan akar
2. Sebagai penyedia hara (biofertilizers) dengan melarutkan hara P yang terikat di dalam tanah
3. Sebagai pengendali patogen berasal dari tanah (bioprotectant) dengan cara menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit anti patogen seperti siderophore, -1,3-glukanase, kitinase

#### **D.1. Produksi Indol-3-Acetic Acid (IAA)**

Pengaruh penting mikroorganisme tanah dalam membantu pertumbuhan tanaman adalah kemampuannya dalam menghasilkan fitohormon. Fitohormon merupakan senyawa yang dalam jumlah sedikit tetapi berpengaruh besar terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman.



Fitohormon pendorong terdiri dari IAA (auksin), Gibberelin, Zeatin (sitokinin), sedangkan fitohormon penghambat terdiri dari ABA (Abscisic Acid), etilen dan senyawa fenolit. Fitohormon ini mampu diproduksi oleh mikroorganisme tertentu dan juga dapat dihasilkan oleh tanaman yang dapat mempengaruhi proses fisiologis tumbuhan (Weaver, 1972; Hanafiah, Anas, Napoleon dan Ghoffar, 2005). Peranan utama fitohormon eksogen adalah untuk menambah kadar hormon yang ada dalam tanaman dengan tujuan mempercepat pertumbuhan sehingga hasil tanaman yang diperoleh meningkat. Menurut Lingga (1986) fitohormon juga dapat memperbaiki sistem perakaran dan mempercepat keluarnya akar pada tanaman yang masih muda, serta membantu dalam menyerap unsur hara dari dalam tanah.

Indole-3-Acetic Acid (IAA) merupakan anggota utama dari kelompok auksin yang mengendalikan banyak proses fisiologis penting termasuk pembesaran dan pembelahan sel, diferensiasi jaringan dan respon terhadap cahaya dan gravitasi (Shokri,2010). Fungsi IAA adalah untuk mendorong pemanjangan sel serta menambah kemampuan sel dalam menyerap air, sehingga dapat meningkatkan potensial air jaringan akibatnya sel akan mengalami pemanjangan. Kemampuan IAA dalam proses pengembangan sel terkait dengan kehadiran zat lain, dimana interaksi antara IAA dan sitokinin

bentuk secara alami dapat mendorong pembelahan sel (Salisbury  
s, 1995).



Hormon auksin yang dihasilkan oleh tumbuhan disebut IAA endogen, sedangkan IAA eksogen ialah hormon auksin yang dihasilkan oleh organisme selain tumbuhan. Auksin endogen diproduksi di meristem tanaman, diperlukan saat pemanjangan sel, suatu proses sebelum diferensiasi sel. Auksin juga berfungsi meningkatkan elastisitas sel sedangkan IAA eksogen konsentrasi rendah diperlukan dalam mutipikasi untuk memperbaiki mutu tunas dan pembentukan akar (Haq & Dahot 2007).

Frankenberger dan Arshad, (1995) menyatakan bahwa mikroorganisme tanah mempunyai kemampuan dalam menghasilkan fitohormon IAA dalam jumlah yang dapat dihitung di daerah rhizosfir tanaman. Beberapa kelompok mikroorganisme baik bakteri, fungi maupun alga sangat aktif dalam menghasilkan fitohormon. Hanafiah *et al.* (2005) menyatakan bahwa *Agrobacterium tumefaciens*, *Ustilago maydis*, *Synchytrium endobioticum*, *Gymnosporangium juniperi virginianae* merupakan mikroorganisme yang mampu menghasilkan fitohormon, baik pada kultur murni maupun pada asosiasinya dengan tanaman. Produksi IAA sangat bervariasi antar spesies dan strain dalam genera yang sama dan juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, tingkat pertumbuhan dan ketersediaan substrat seperti asam amino.

IAA adalah metabolit sekunder dari cendawan, diekskresikan oleh organisme dekat akhir fase pertumbuhan atau selama fase dormansi (Isil.Seyis et al,2008). Banyak cendawan dapat menghasilkan



auksin dan sebagian besar spesies menggunakan tryptophan untuk memproduksi asam indole-3-acetic (IAA), terutama melalui asam indole-3-piruvat dan jalur tryptamine. Eksudat akar merupakan sumber alami L-triptofan untuk mikroorganisme rizosfer yang dapat meningkatkan produksi IAA di daerah rizosfer. Biosintesis IAA dalam tanah dapat dipacu dengan adanya triptofan yang berasal dari eksudat akar atau sel-sel yang rusak atau membusuk (Chaihan,2011). Tryptophan juga meningkatkan biosintesis IAA 2,7 kali lipat, bahwa biosintesis IAA ditingkatkan dengan ketersediaan substrak. Aktivitas enzimatis ditingkatkan dan IAA dapat diproduksi ketika triptofan eksternal menjadi tersedia untuk cendawan. Untuk produksi IAA, cendawan harus dapat memanfaatkan triptofan tanaman. Biosintesis IAA membutuhkan triptofan eksternal. Oleh karena itu, triptofan harus diekspor dari tanaman ke cendawan selama tahap biotropik untuk mendukung IAA biosintesis, karena cendawan tidak menginfeksi sel pada tahap awal ini dan tidak memiliki akses langsung ke tanaman selular metabolik (Rudy Maor et al, 2003). Konsentrasi tinggi dari IAA dapat menghambat respon hipersensitif (Robinette & Matthyse 1990; Jouanneau et al. 1991) dan dapat menekan ekspresi pertahanan gen tanaman (Yamada et al 1985; Shinshi et al 1987)

## D.2. Produksi GA3



Gibberelin merupakan salah satu hormon yang ditemukan oleh orang Jepang pada tahun 1930. Gibberelin adalah senyawa aktif

yang diambil dari cendawan *Gibberella fujikuroi*. Kemudian hormon ini di isolasi dan di bagi menjadi empat tipe, yakni giberelin A, giberelin A1, giberelin A2 serta giberelin A3. Struktur molekul dan fungsi setiap tipe hormon ini berbeda-beda. Secara devariatif bersama beberapa struktur giberelin dapat diidentifikasi melalui tumbuhan-tumbuhan lain, cendawan, atau pun pada bakteri. Total karbon pada hormon ini ada 19 sampai dengan 20 unit yang di masukkan dalam struktur 4 sampai 5 cincin. Beberapa ahli meramalkan hasil sintesis ini dapat menjadi biosintesis yang menghasilkan 3 molekul asetil KoA, 2 molekul NADPH yang berperan sebagai produk efek samping dari asam mevalonat.

Giberelin ditemukan pada semua bagian tumbuhan, misalnya pucuk batang, ujung akar, bunga, buah, dan terutama pada biji. Giberelin tidak mengakibatkan pucuk (koleoptil) membengkok seperti pada auksin. Giberelin berfungsi untuk merangsang pemanjangan batang, merangsang aktivitas enzim amilase dan proteinase yang berperan dalam mencerna cadangan makanan, merangsang pertumbuhan tunas yang dorman, menghilangkan dormansi biji untuk memacu perkecambahan dan merangsang perbungaan dan pertumbuhan buah secara partenogenesis (Istamar Syamsuri, 2007).

Hopkin (1995) melaporkan bahwa giberelin berperan dalam pembentangan pembelahan sel, pemecahan dormansi biji sehingga biji dapat tumbuh, mobilisasi endosperm cadangan selama pertumbuhan awal pemecahan dormansi tunas, pertumbuhan dan perpanjangan



batang, perkembangan bunga dan buah, pada tumbuhan roset mampu memperpanjang internodus sehingga tumbuh memanjang. GA3 merupakan salah satu jenis hormon giberelin yang dapat membantu eksplan untuk mensintesis auksin endogen (George dan Sherrington, 1984), selain itu GA3 juga dilaporkan dapat membantu pembentukan dan pemanjangan tunas (Rahman *et al.*, 2006).

### D.3 Siderofor

Siderofor adalah senyawa organik selain antibiotik yang dapat berperan dalam pengendalian hayati penyakit tumbuhan. Siderofor (*siderophore*) adalah senyawa pengompleks  $Fe^{3+}$  atau pengikat besi spesifik yang dihasilkan oleh beberapa jenis mikroba untuk menyembunyikan unsur besi di lingkungan rizosfir, sehingga tidak tersedia bagi perkembangan mikroba patogen (Maria *et al.*, 2002). Thorn and Reddy (1996) melaporkan bahwa kemampuan mikroba menghasilkan siderofor berimplikasi pada pengendalian mikroba patogen.

Siderofor diproduksi secara ekstrasel, senyawa dengan berat molekul rendah dengan afinitas yang sangat kuat terhadap besi (III) Haselwandter K (2008). Kemampuan siderofor mengikat besi (III) merupakan pesaing terhadap mikroorganisme lain, banyak bukti-bukti yang menyatakan bahwa

berperan aktif dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme (Fravel 1988). Menurut Wong dan Baker (1984) hasil ini menunjukkan bahwa mekanisme pengendalian patogen karena persaingan



zat besi. Banyak mikroba menggunakan pemanfaatan besi dalam bentuk garam besi di lingkungan (Guerinot,1990; Neilands,1995; Mahmoud,2001). Kondisi ini umumnya terjadi pada tanah-tanah bereaksi netral sampai basis dimana kelarutan unsur  $Fe^{3+}$  rendah. Namun dalam beberapa kasus, pengkkelatan  $Fe^{3+}$  dari mineral Fe-P pada tanah-tanah masam (Neilands,1993).

Sebagian besar cendawan mensekresikan zat besi khusus, siderofor, untuk memobilisasi logam ini sebagai respons terhadap ketersediaan zat besi yang rendah di lingkungan. Oleh karena itu, isolat dicirikan dengan produksi siderofor jenis katekol dan hidroksimat. Dalam sebuah penelitian yang dilakukan pada *Absidia corymbifera*, hanya siderofor tipe hydroxamate yang ditemukan (Holzberg dan Artis, 1983). Cendawan isolat F1 yang diisolasi dari rizosfer mampu menghasilkan siderepor, Nenwani et.al (2010) melaporkan isolat cendawan F1 mampu menghasilkan siderepor jenis catekol dan hydroxymate dengan nilai produksi 4.50 dan 4.55  $\mu\text{gml}^{-1}$ . Mikorhiza Arbuskular dapat meningkatkan penyerapan besi (Fe) pada tanaman yang berasosiasi dengan cendawan mikorisa. Siderophores juga berfungsi sebagai faktor virulensi dan umumnya diproduksi oleh cendawan patogen terutama hidroksimat. Namun, produksi siderofor tidak dibatasi hanya untuk

an patogen (Hossain et al., 2007)

sha (2013) melaporkan dari 6 isolat yang diseleksi dari rizosfer lada (*Piper nigrum* L) menunjukkan bahwa cendawan *Aspergillus flavus* dan





*A. niger* mampu menghasilkan siderofor. Siderofor diproduksi oleh beberapa dari bakteri dan cendawan digunakan untuk mengurangi populasi rizosferik cendawan dan bakteri patogen. Siderofor membawa penghambatan patogen di tanah dengan mengasingkan besi dari patogen, sehingga membatasi pertumbuhan patogen (Maria et.al,2002).

#### **D.4. Enzim Selulase dan Kitinase**

Berapa cendawan yang hidup didalam tanah mempunyai kemampuan untuk menguraikan senyawa lignin dan selulosa. Cendawan ini menghasilkan selulase yaitu enzim yang dapat menguraikan selulosa. Enzim selulase dapat diproduksi oleh cendawan, bakteri dan ruminansia. Produksi enzim secara komersial biasanya menggunakan cendawan atau bakteri. Genus cendawan yang menghasilkan enzim selulase diantaranya *Aspergillus* sp., *Bulgaria* sp., *Chaetomium* sp., *Helotium* sp., *Myrothecium* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp., *Phanerochaeta* sp., *Poria* sp., *Rhizophus* sp (Irawan, 2008), *Schizophyllum* sp., *Serpula* sp., dan *Trichoderma* sp. (Gandjar dan Syamsuridzal, 2006). Jenis fungi yang biasa digunakan dalam produksi selulase adalah *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigates*, *Aspergillus nidulans*, *Neurospora sitophila*, *Tricoderma viride*, *Tricoderma longibrachiatum*, dan *Saccharomyces cerevisiae*, *Chaetomium globosum*, *Scopulariopsis* sp., *Trichoderma koningii* dan *Trichoderma roseum*, dan *Mucor*



Tanah merupakan habitat utama mikroba. Salah satu peranan mikroba tanah adalah mendegradasi selulosa. Selulosa memegang peranan penting dalam siklus karbon di alam dan merupakan senyawa terbesar. Selulosa dari sisa tumbuhan dan organisme lain diurai oleh mikroba menjadi senyawa sederhana berupa glukosa, CO<sub>2</sub> dan hidrogen yang sangat berguna sebagai zat hara bagi tumbuhan dan organisme tanah lainnya. Proses penguraian selulosa melibatkan enzim selulase yang dihasilkan oleh mikroba. Selulase merupakan enzim ekstraseluler yang terdiri atas kompleks endo-1,4 glukonase (CMCase), Cxselulase endoselulosa, atau carboxy methyl cellulase), kompleks ekso-1,4 glukonase (aviselase, selobiohidrolase, C1 sellulase), dan 1,4 glukosidase atau selobiase. Kebanyakan mikroba selulolitik hidup pada lapisan atas dari tanah pada kedalaman 0-30 cm dan bersifat aerob. Beberapa bakteri, aktinomisetes, yeast dan cendawan mampu menghasilkan selulose (Aaronson, 1970; Griffin, 1981; Haigler dan Paul, 1991).

Cendawan merupakan agen dekomposisi bahan organik khususnya selulosa. Kadarmoidheen et al. (2012) menggunakan cendawan *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger* dan *Fusarium oxysporum* untuk mendegradasi limbah selulosa. Dari hasil degradasi limbah, cendawan *Trichoderma viride*

memiliki kemampuan paling tinggi kemudian *Aspergillus niger* dan *Fusarium oxysporum*. Cendawan *Helminthosporium* sp mempunyai kemampuan lebih tinggi dalam proses sakarifikasi jerami dibandingkan



*Cladosporium* sp. (Sivaramanan 2014). Enzim selulase dihasilkan oleh cendawan *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Myrothesium* dan *Trichoderma* (Akinyele et al. 2013).

Enzim kitinase adalah enzim pencernaan yang memecah ikatan glikosida dalam kitin, menghidrolisis kitin menjadi kitosan, enzim ini dapat digambarkan dari rangkaian molekul molekul penyusunnya berbentuk seperti pita. Kitin merupakan polimer linier yang tersusun dari 2.000-3.000 monomer Nasetil- D-glukosamin yang dihubungkan dengan ikatan D-1,4-glikosida. Mekanisme kerja enzim kitinase dalam menghidrolisis kitin pada limbah udang dan cendawan patogen, terkait dengan adanya kitin pada limbah udang dan pada dinding sel cendawan yang dapat dimanfaatkan oleh enzim tersebut sebagai substratnya. Sumber utama kitin adalah limbah hasil laut seperti: kulit udang, lobster, dan cangkang kepiting, serta dinding sel cendawan dan bakteri. Penggunaan kitinase telah dilaporkan oleh beberapa peneliti antara lain: Katatny *dkk.* (2000) menggunakan kitinase dan 1,3- glukonase dari *Trichoderma harzianum* sebagai agensia fungisida dalam pengendalian cendawan *Sclerotium rolfsii* secara *in vitro*; sedangkan Harjono dan Widyastuti (2001) menggunakan endo-kitinase murni dari *Trichoderma reesei* sebagai dalam menghambat perkecambahan spora cendawan *Ganoderma philippii* secara *in-vitro*.

Salah satu mikroorganisme biokontrol yang dikenal luas adalah *Trichoderma* sp. Mikroorganisme ini adalah cendawan penghuni



tanah yang dapat diisolasi dari tanah di sekitar perakaran tanaman. Spesies *Trichoderma* disamping sebagai organisme pengurai, dapat berfungsi sebagai agen hayati dan stimulator pertumbuhan tanaman. Beberapa spesies *Trichoderma* telah dilaporkan sebagai agensia hayati seperti *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viridae*, dan *Trichoderma koningii* yang berspektrum luas pada berbagai tanaman pertanian (Harman *et al*, 2004). Dilaporkan oleh Nugroho (2003) bahwa spesies *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan berbagai metabolit sekunder seperti kitinase yang berperan sebagai anti fungi patogen. Analisis genom mengungkapkan sifat mikoparasit yang dihasilkan oleh enzim kitinase pada spesies *Trichoderma* sp. dapat menyebabkan degradasi dinding sel cendawan patogen (Gruber *et al*. 2011). Kitinase dapat meng-katalisis reaksi degradasi kitin dengan memotong ikatan glikosida antara residu N-asetilglukosamin yang merupakan monomer penyusun kitin.

### E. Karakterisasi Cendawan

Karakterisasi dan identifikasi isolat perlu dilakukan pada suatu mikroba sebelum dilakukan koleksi. Identifikasi cendawan dapat dilakukan secara morfologi maupun molekuler. Karakterisasi dan Identifikasi morfologi dilakukan dengan memisahkan koloni yang berbeda pada media baru, seperti

pada warna koloni, tekstur dan rata-rata waktu tumbuh koloni (et al., 2000).



Salah satu mikroorganisme biokontrol yang dikenal luas adalah cendawan. Potensi cendawan sebagai cendawan antagonis yang bersifat preventif terhadap serangan penyakit tanaman telah menjadikan cendawan tersebut semakin luas digunakan oleh petani dalam usaha pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Identifikasi isolat cendawan dilakukan dengan pengamatan secara makroskopis meliputi pengamatan terhadap warna, bentuk koloni dan umur *full plate*. Kemudian pengamatan secara mikroskopis yang meliputi pengamatan terhadap hifa atau miselium, dilihat dari warna dan bentuk spora, bentuk hifa dan ada tidaknya sekat pada hifa (Hamdiyati, 2010).

#### 1. *Trichoderma*

*Trichoderma* adalah spora filamen aseksual yang merupakan jamur ascomycetes, Kelas Deuteromycetes. Reproduksi aseksual *Trichoderma* menggunakan konidia. Konidia terdapat pada struktur konidiofor yang memiliki banyak cabang. Cabang utama akan membentuk cabang, ada yang berpasangan dan ada yang tidak. Cabang tersebut kemudian akan bercabang lagi, pada ujung cabang terdapat fialid. Fialid dapat berbentuk silindris, lebarnya dapat sama dengan batang utama ataupun lebih kecil dan

pada ujung cabang konidiofor ataupun pada cabang utama. Konidia secara umum adalah elips dan bertekstur halus, jarang ditemukan lobosa. *Trichoderma* juga ditemukan struktur klamidospora.



Bentuknya secara umum subglobosa uniseluler dan berhifa, pada beberapa spesies, klamidosporanya berbentuk multiseluler. dan merupakan aspek penting dalam proses sporulasi (Gary, 2006; Samuels, 2010).

Suhu optimum untuk tumbuhnya *Trichoderma* berbeda-beda setiap spesiesnya. Ada beberapa spesies yang dapat tumbuh pada temperatur rendah ada pula yang tumbuh pada temperatur cukup tinggi, kisarannya sekitar 7 °C – 41 °C. *Trichoderma* yang dikultur dapat bertumbuh cepat pada suhu 25-30 °C, namun pada suhu 35 °C cendawan ini tidak dapat tumbuh. Kemampuan merespon kondisi pH dan kandungan CO<sub>2</sub> juga bervariasi. pH optimum bagi *Trichoderma* berkisar antara 3-7. Faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan *Trichoderma* adalah kelembaban dan penambahan HCO<sub>3</sub> dapat menghambat mekanisme kerja *Trichoderma*. Sumber karbon utama bagi *Trichoderma* adalah glukosa (Danielson, 2002; Rodrigues, 2009). Cendawan *Trichoderma* merupakan salah satu jenis cendawan yang dapat menjadi agens pengendali hayati. Aktivitas antagonis dari *Trichoderma* dapat berupa persaingan, parasitisme, predasi, atau pembentukan toksin seperti antibiotik. Kemampuan dan mekanisme *Trichoderma* dalam menghambat pertumbuhan patogen secara rinci bervariasi pada setiap spesiesnya. Perbedaan kemampuan ini

kan oleh faktor ekologi yang membuat produksi bahan metabolit yang si pula. Metabolit yang dihasilkan *Trichoderma* dapat berdifusi membran dialisis yang kemudian dapat menghambat pertumbuhan



beberapa patogen. Salah satu contoh metabolit tersebut adalah monooksigenase yang muncul saat adanya kontak antar jenis *Trichoderma*, dan semakin optimal pada pH 4. *Trichoderma viride* dapat bertahan hidup dalam bentuk kering / tidak aktif lebih dari 2 tahun (Carpenter, 2008; Iqbal, 2017)

*Trichoderma harzianum* dapat memproduksi enzim litik dan antibiotik. Selain itu *T. harzianum* juga dapat berkompetisi dengan patogen dan dapat membantu pertumbuhan tanaman. *Trichoderma harzianum* memiliki kisaran penghambatan yang luas karena dapat menghambat berbagai jenis cendawan. Saat berada pada kondisi yang kaya akan kitin, *Trichoderma harzianum* memproduksi protein kitinolitik dan enzim kitinase. Enzim ini berguna untuk meningkatkan efisiensi aktivitas biokontrol terhadap patogen yang mengandung kitin (Danielson, 2002).

## 2. *Penicillium*

*Penicillium* termasuk pada genus dari classis Deutoromycetes yang memiliki hifa yang bersekat dan berwarna kehijau-hijauan. Alat perkembangbiakan generatifnya berupa konidia, konidia dihasilkan pada bagian ujung fialida yang berbentuk seperti botol dan menyempit pada bagian ujungnya. *Penicillia*

silkan konidia dari konidiofor yang bercabang di dekat puncak, untuk struktur seperti sikat atau *penicillus*. Pada puncak konidiofor sel-sel yang agak membesar yang dikenal sebagai *metulae*. Dari



metulae muncul sterigma atau phialides. Dalam struktur inilah konidia diproduksi dan didorong keluar dalam rantai. Konidia penisilin berwarna, tetapi sebagian besar dalam nuansa abu-abu ke biru ke biru-hijau. Warnanya tidak begitu berbeda untuk berbagai spesies seperti untuk *Aspergillus*. Beberapa spesies membentuk askospora dalam cleistothecia dan juga ditempatkan dalam genera teleomorfik *Talaromyces* atau *Eupenicillium*. Ada sejumlah spesies *Penicillium* yang penting yang dapat menghasilkan sejumlah mikotoksin, termasuk okratoksin, asam penicillik, dan lainnya (Carter 1997; Bullerman, 2003)

### 3. *Aspergillus*

Cendawan *Aspergillus* sp. tergolong dalam Kingdom: Fungi, Phylum : *Ascomycota*, Kelas : *Ascomycetes*, Ordo : *Eurotiales*, Famili : *Trichocomaceae*, dan Genus *Aspergillus* (Alexopus *et al.*, 1996). Gandjar *et al.* (1999) melaporkan bahwa diameter koloni cendawan *Aspergillus* sp. pada medium PDA dapat mencapai 4-5 cm dalam 7 hari. Lapisan konidia yang lebat berwarna coklat tua hingga hitam. Konidiofor cendawan berbentuk tegak dan tunggal dengan ujung konidiofor yang membengkak berbentuk lonjong. Pada ujung konidiofor bermunculan konidia bersel satu yang

bulat. Kepala konidia berbentuk bulat, dinding konidiofor tipis dan putih dapat juga berwarna kecoklatan. *Aspergillus flavus* var.





*columnaris* menunjukkan sebagian besar kepala tipe uniseriate tetapi beberapa kepala tipe biseriate juga ditemukan. Karakter makroskopis pada Czapeks Dox Agar menunjukkan variasi dalam strain yang berbeda, kuning ke hijau atau hijau gelap dan bagian belakang tidak berwarna (hialin) (Afzal et.al, 2013)

#### 4. *Fusarium*

Cendawan *Fusarium sp* mempunyai 3 alat reproduksi, yaitu mikrokonidia (terdiri dari 1-2 sel), makrokonidia (3-5 septa), dan klamidospora (pembengkakan pada hifa). Makrokonidia berbentuk melengkung, panjang dengan ujung yang mengecil dan mempunyai satu atau tiga buah sekat. Mikrokonidia merupakan konidia bersel 1 atau 2, dan paling banyak dihasilkan di setiap lingkungan bahkan pada saat patogen berada dalam pembuluh inangnya. Makrokonidia mempunyai bentuk yang khas, melengkung seperti bulan sabit, terdiri dari 3-5 septa, dan biasanya dihasilkan pada permukaan tanaman yang terserang lanjut. Klamidospora memiliki dinding tebal, dihasilkan pada ujung miselium yang sudah tua atau didalam makrokonidia, terdiri dari 1-2 septa dan merupakan fase atau spora bertahan pada lingkungan yang kurang baik. Miselium yang dihasilkan oleh

an patogen penyebab penyakit layu ini mulanya berwarna putih kemudian menjadi kuning pucat, merah muda pucat sampai n. Cendawan ini tumbuh dari spora dengan struktur yang



menyerupai benang, ada yang mempunyai dinding pemisah dan ada yang tidak (Singh, 1991; Agrios, 2005; Ellis, 2018).

#### 5. *Mucor*

Spesies dalam genus *Mucor* (*Mucorales*, *Mucoraceae*) memiliki distribusi kosmopolitan dan dapat diisolasi dari hampir semua bahan organik, tanaman yang membusuk, kotoran, dan udara. *Mucor spp* kebanyakan dikenal sebagai organisme pembusuk, dan hanya satu spesies, *M. piriformis* yang telah dilaporkan sebagai patogen. *Mucor* memiliki hifa yang tidak bersekat dengan menghasilkan spora sebagai alat reproduksi aseksualnya. Spora yang dihasilkan berbentuk bulat dan sporangiumnya berwarna kuning sampai kecoklatan jika sporanya telah matang. sporangiofor itu ditandai oleh columella dengan berbagai bentuk mulai dari silinder hingga pyriform (Carter, 1997; Jacobs, 2008).

### F. Identifikasi Molekuler

Identifikasi secara morfologi dan susunan dari taksonomi morfologi spesies tidak dapat menggambarkan filogeni hingga tingkat spesies.

Identifikasi berdasarkan karakter morfologi tidak dapat digunakan untuk taksonomi cendawan hingga tingkat spesies (Price et al., 1978)

dan karakter molekuler dapat digunakan untuk mengidentifikasi taksonomi cendawan hingga tingkat spesies (Van der Vossen et al., 2003).



Identifikasi secara morfologi belum memberikan kepastian spesies ataupun hubungan kekerabatan. Identifikasi isolat fungi di tingkat spesies telah terbukti sulit, karena tingkat kesamaan morfologi yang sangat tinggi, Biologi molekuler merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari hubungan antara struktur dan fungsi molekul-molekul hayati serta kontribusi hubungan tersebut terhadap pelaksanaan. Dengan penemuan mengenai struktur DNA, dikembangkanlah teknik identifikasi secara molekuler yang dilakukan untuk mengatasi masalah taksonomi cendawan (Takamatsu, 1998) dan beberapa penelitian juga menggunakan teknik ini untuk identifikasi cendawan (Guo et al., 2000). Perbandingan sekuen pada gen penyandi ribosomal DNA dapat digunakan sebagai karakter untuk identifikasi molekuler suatu organisme karena gen ini memiliki sekuen yang terkonservasi maupun variable (Kurtzman dan Fell, 2006).

Identifikasi molekuler adalah metode deteksi dengan mengamati sifat-sifat molekuler yaitu berdasarkan urutan basa DNA. Jasad tertentu mempunyai urutan basa DNA yang spesifik untuk jasad tersebut. Persamaan urutan basa DNA yang ada dengan jasad lainnya dapat dijadikan sebagai acuan untuk melihat tingkat kekerabatan di antara jasad tersebut. Deteksi suatu jasad patogen secara molekuler adalah berdasarkan ada tidaknya

basa DNA tertentu yang spesifik bagi sekelompok, suatu jenis atau dari jasad patogen



DNA suatu jasad berada di dalam setiap sel yang menyusun jaringan atau sel itu sendiri sebagai satu kehidupan yang independen. Urutan basa DNA yang berfungsi untuk mengkode kegiatan metabolisme tertentu dikenal dengan gen, tetapi tidak semua urutan basa DNA tertentu berfungsi sebagai gen sehingga hanya merupakan suatu fragmen DNA dengan urutan basanya. Gen-gen yang ada di dalam suatu jasad patogen tumbuhan akan menentukan sifat dari jasad tersebut. Oleh karena itulah keberadaan suatu gen atau bagian dari suatu gen dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan deteksi jasad patogen yang bersangkutan. Keradaan suatu gen atau bagian dari gen dapat diamati dengan mengetahui urutan basa DNA-nya. Urutan basa DNA dari gen yang mengkode pembentukan enzim pektinase dan berbeda pula dengan urutan basa yang mengkode enzim-enzim lainnya. Walaupun mungkin ada persamaan besar di antara keduanya, tetapi masih ada urutan basa spesifik untuk gen pada masing-masing jasad tersebut. Kespesifikan urutan basa DNA dari gen-gen tertentu atau urutan basa DNA pada fragmen tertentu inilah yang kemudian digunakan sebagai dasar dari deteksi molekuler terhadap suatu jasad patogen.

Deteksi/identifikasi secara molekuler ini dapat dilakukan dengan cara atau metode, dan salah satu diantaranya adalah metode PCR (Polymerase Chain Reaction). Metode yang lain misalnya adalah RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), RAPD (Random



Amplified Polymorphic DNA), DNA hybridization, dan DNA sekuensing. Metode-metode tersebut diatas dapat digunakan salah satu atau saling melengkapi satu dan lainnya (Misra, 2011; Nath, 2014; Vetukuri, 2018)

Polymeration Chain Reaction (PCR) merupakan teknik in vitro yang ditemukan oleh Kary B. Mullis dan F. Faloona pada tahun 1983. PCR mereplikasi DNA secara enzimatis (biokimia) dan biomolekuler tanpa menggunakan perantara makhluk hidup. PCR juga mampu mengamplifikasi sekuen daerah spesifik dari DNA template, yang jumlahnya digandakan mencapai jutaan kali dalam beberapa jam sehingga dihasilkan akumulasi suatu fragmen yang kemudian dapat divisualisasi (Cold, 1994; Nasir, 2002). Amplifikasi DNA templet ini dapat berupa gen tunggal, bagian dari suatu gen, atau sekuensing yang tidak mengkode daerah spesifik. Amplifikasi bersifat impressive dan bersifat selektif hanya sekuensing DNA yang terletak diantara primer yang akan diamplifikasi secara eksponensial, sedangkan yang lainnya tidak diamplifikasi (Bloom, 2007).

Keunggulan PCR dikatakan tinggi, hal ini berdasarkan spesifitasnya, efisiensi dan keakuratannya. Spesifitas PCR terletak pada kemampuannya mengamplifikasi produk sesuai dengan yang diinginkan. Efisiensi PCR adalah kemampuannya mengamplifikasi sehingga menghasilkan produk sejumlah siklus. Keakuratan yang tinggi karena DNA polimerase menghindari kesalahan pada amplifikasi produk. Melalui PCR asi suatu mikroorganisme dari suatu sampel dapat dilakukan dengan



cepat dan spesifik. Hal ini disebabkan karena PCR mampu mendeteksi keberadaan mikroba target dalam konsentrasi yang sangat rendah, dimana dengan metode serologi sering tidak dapat dilakukan (Blaber, 1998; Michael *et al*, 1990)

PCR didasarkan pada amplifikasi enzimatik fragmen DNA dengan menggunakan dua oligonukleotida primer yang komplementer dengan ujung 5' dari kedua untaian sekuens target. Oligonukleotida ini digunakan sebagai primer untuk memungkinkan DNA template dikopi oleh DNA polymerase (Michael *et al*, 1990). PCR dibentuk dari DNA yang besar yang memiliki ukuran 10 kbp, tetapi rata-rata PCR hanya beberapa ratus sampai beberapa ribu basa DNA. Masalah dengan PCR yang panjang adalah akurasi dan prosesivitas dari enzim. Biasanya semakin panjang fragmen, semakin besar kemungkinan mengalami kesalahan. Deteksi molekuler dengan teknik Polymerase Chain Reaction (PCR) melalui tiga proses yaitu : Isolasi total DNA, Amplifikasi DNA dan Visualisasi hasil PCR (Elektroforesis).

Identifikasi yang tepat untuk mengetahui spesies dan kekerabatannya yaitu analisis molekuler dengan menggunakan sekuens DNA ribosomal (rDNA) pada daerah ITS (*Internal Transcribed Spacer*) (Mulyatni dkk., 2011).

Daerah *internal transcribed spacers* (ITS) merupakan daerah sek-uens DNA

tidak menyandikan protein fungsional dan berada di daerah RNA (rRNA). Daerah ini dapat digunakan sebagai penanda genetika memiliki variasi sekuens yang cukup tinggi bahkan dalam spesies



yang sama, dan semua fungi memiliki ITS rDNA. Oleh karena itu, ITS banyak digunakan untuk analisis filogenetik, proses evolusi, dan penentuan identitas taksonomi (Purnamasari dkk., 2012). Isolasi DNA dan amplifikasi PCR pada daerah ITS rDNA merupakan tahap awal yang perlu dilakukan dalam identifikasi molekuler. Sekuens DNA pada daerah ITS rDNA berevolusi lebih cepat dibandingkan daerah gen lainnya sehingga akan bervariasi pada setiap spesies (White dkk., 1990). Hal ini akan mempermudah dalam identifikasi spesies dengan membandingkan tingkat kemiripan (homologi) sekuens DNA daerah ITS yang dimiliki suatu fungi dengan fungi lainnya.

Metode molekuler untuk identifikasi spesies adalah berdasarkan penentuan sekuens DNA dan analisis filogenetik. Isolasi dan amplifikasi DNA merupakan langkah pertama untuk dapat menentukan sekuens DNA diikuti dengan analisis filogenetik. Salah satu analisis molekuler yang berkembang adalah penentuan sekuens ribosomal DNA (rDNA) pada daerah *Internal Transcribe Spacer* (ITS). *Spacer* (ITS) *Trichoderma* sp. Analisis molekuler tersebut telah menghasilkan program *TrichOKey* yang dapat digunakan untuk identifikasi secara tepat spesies *Trichoderma*. Sekuensing ribosomal DNA *Trichoderma* sp. diharapkan dapat digunakan untuk analisis filogenetik. Analisis ini digunakan untuk mengetahui hubungan kekerabatan antar

Hasil analisis membantu dalam memberikan informasi kemungkinan an metabolit sekunder yang dihasilkan dengan spesies lainnya. kromosom perlu diamplifikasi dengan tehnik PCR (Sambrook dan

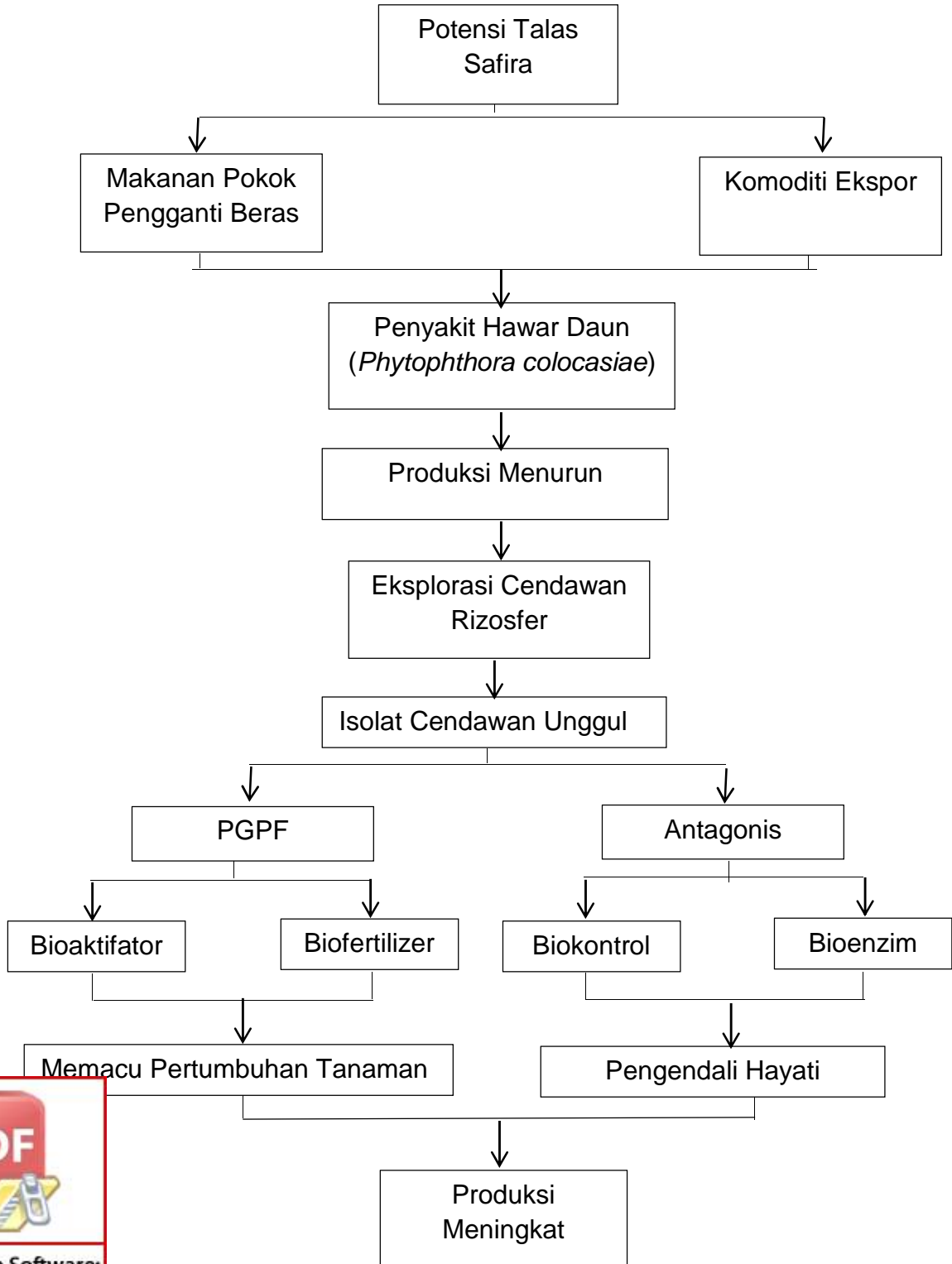


Russel, 2001) agar dapat diperoleh sekuens yang baik. Identifikasi isolat *Trichoderma* di tingkat spesies telah terbukti sulit karena tingkat kesamaan morfologi yang sangat tinggi. Saat ini ditemukan bahwa 50% identifikasi yang hanya berdasarkan morfologi ternyata salah pada *Trichoderma* sehingga diperlukan cara-cara molekuler untuk penentuan spesies *Trichoderma* secara tepat (Kubicek *et al*, 2003). Salah satu analisis molekuler yang dikembangkan oleh Druzhinina *et al*, (2005) adalah menggunakan sekuens DNA ribosomal (rDNA) pada daerah *Internal Transcribed Spacer*.





## G. Kerangka Konseptual



## H. Hipotesis

1. Terdapat perbedaan intensitas serangan penyakit hawar daun di beberapa lokasi pertanaman talas safira di Sulawesi Selatan
2. Terdapat perbedaan karakteristik patogen *Phytophthora colocasiae* secara morfologi dan biomolekuler.
3. Cendawan rizosfer yang ditemukan bersifat Pemacu Pertumbuhan Tanaman (PGPF) dengan menghasilkan senyawa metabolit sekunder meliputi hormon (IAA dan GA3) dan bersifat biofertilizer (pelarut fosfat)
4. Cendawan rizosfer yang ditemukan memiliki kemampuan sebagai antagonis dengan kemampuan menghasilkan siderofor, enzim kitinase dan selulase.
5. Cendawan rizosfer unggul yang ditemukan dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman talas safira dan atau berfungsi sebagai antagonis terhadap patogen *Phytophthora colocasiae*.

