

**EKSPLORASI, IDENTIFIKASI, DAN SELEKSI JAMUR PATOGEN GULMA
DI PERKEBUNAN TEBU PT GUNUNG MADU PLANTATIONS
SEBAGAI KANDIDAT BIOHERBISIDA**

(Skripsi)

Oleh

AFRIANDA DINIANI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

EKSPLORASI, IDENTIFIKASI, DAN SELEKSI JAMUR PATOGEN GULMA DI PERKEBUNAN TEBU PT GUNUNG MADU PLANTATIONS SEBAGAI KANDIDAT BIOHERBISIDA

Oleh

AFRIANDA DINIANI

Berbagai jamur dilaporkan menjadi patogen pada gulma dan memiliki potensi untuk mengendalikan gulma (bioherbisida). Penelitian bertujuan mendapatkan berbagai jamur patogen pada gulma dan mengetahui potensinya sebagai agensia pengendali hayati gulma di PT Gunung Madu Plantations (PT GMP). Penelitian dilaksanakan dari Juli sampai November 2023 di Laboratorium *Resarch and Development* PT GMP Lampung Tengah. Penelitian terdiri atas eksplorasi dan identifikasi jamur patogen gulma, serta seleksi jamur patogen gulma sebagai kandidat bioherbisida. Hasil eksplorasi jamur patogen dari 7 jenis gulma (*Cyperus rotundus*, *Borerria alata*, *Ageratum conyzoides* L., *Asystasia gangetica*, *Eichhornia crassipes*, *Digitaria ciliaris*, *Rottboellia exaltata*) di PT GMP didapatkan 5 genus jamur yaitu *Fusarium*, *Phaeoacremonium*, *Colletotrichum*, *Curvularia*, dan *Robillarda*. Jamur *Fusarium* sp. didapatkan dari gulma *C. rotundus* dan *A. gangetica*, jamur *Colletotrichum* sp. didapatkan dari gulma *A. conyzoides* dan *A. gangetica*, jamur *Phaeoacremonium* sp. didapatkan dari gulma *B. alata*, jamur *Curvularia* sp. didapatkan dari gulma *E. crassipes*, *D. ciliaris*, dan *R. exaltata*, dan jamur *Robillarda* sp. didapatkan dari gulma *E. crassipes*. Hasil uji patogenesitas menunjukkan bahwa semua jamur hasil isolasi dapat menginfeksi gulma uji (gulma asal), namun hanya jamur *Phaeoacremonium* sp. asal gulma *B. alata* dan jamur *Colletotrichum* sp. asal gulma *A. gangetica* tidak patogenik pada tanaman tebu. Uji potensi jamur *Phaeoacremonium* sp. dengan kerapatan $1,41 \times 10^7$ spora/mL dan *Colletotrichum* sp. dengan kerapatan spora $1,88 \times 10^7$ spora/mL menunjukkan tingkat keparahan penyakit, berturut-turut 10,62 % dan 11,40%. Uji metabolit sekunder jamur *Phaeoacremonium* sp. dan *Colletotrichum* sp. pada tanaman timun dapat menyebabkan keracunan sedang, berturut-turut sebesar 26,00% dan 25,15%.

Kata kunci: Gulma, hayati, pengendalian, ramah lingkungan

**EKSPLORASI, IDENTIFIKASI, DAN SELEKSI JAMUR PATOGEN GULMA
DI PERKEBUNAN TEBU PT GUNUNG MADU PLANTATIONS
SEBAGAI KANDIDAT BIOHERBISIDA**

Oleh

AFRIANDA DINIANI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **EKSPLORASI, IDENTIFIKASI, DAN SELEKSI JAMUR PATOGEN GULMA DI PERKEBUNAN TEBU PT GUNUNG MADU PLANTATIONS SEBAGAI KANDIDAT BIOHERBISIDA**

Nama Mahasiswa : **Afrianda Diniani**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2054191001**

Program Studi : **Proteksi Tanaman**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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

NIP 198002082005011002



Dr. Hidayat Pujiswanto, S.P., M.P.

NIP 197512172005011004

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman



Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.

NIP 198108152008122001

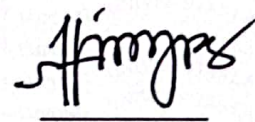
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

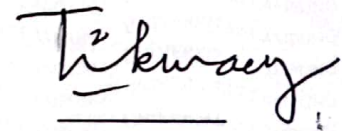
Ketua : Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.



Anggota Pembimbing : Dr. Hidayat Puji Siswanto, S.P., M.P.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 6 Februari 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“EKSPLOKASI, IDENTIFIKASI, DAN SELEKSI JAMUR PATOGEN GULMA DI PERKEBUNAN TEBU PT GUNUNG MADU PLANTATIONS SEBAGAI KANDIDAT BIOHERBISIDA”** 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, 14 Maret 2024

Penulis,



Afrianda Diniani

NPM 2054191001

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Desa Cipadang, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran pada tanggal 25 Juli 2002. Penulis ini merupakan anak pertama dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Erwin Haris Susetyo dan Ibu Ani Aryani. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Harapan Kita pada tahun 2007-2008, pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 52 Gedong tataan pada tahun 2008-2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 1 Gadingrejo pada tahun 2014-2017, Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Gadingrejo pada tahun 2017-2020, dan pada tahun 2020 penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung dengan Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN).

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukajaya, Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat pada periode I tahun 2023. Penulis juga telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT Gunung Madu Plantations, Kecamatan Terus Nunyai, Kabupaten Lampung Tengah di tahun 2023. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Teknologi Pengendalian Hayati Jurusan Agroteknologi. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi internal kampus Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang seminar dan diskusi 2021/2022 dan pada tahun 2022/2023.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kupersembahkan karya ini sebagai ungkapan terima kasihku untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta, Papa Erwin Haris Susetyo dan Ibu Ani Aryani yang senantiasa mendoakan dan mengiringi langkahku sampai saat ini dengan segala daya dan upaya, serta tiada hentinya memberikan nasihat, bimbingan, motivasi dan kasih sayang kepada penulis,
2. Ketiga adikku Afrisca Rindiani, Nizam Fairuz, dan Andria Estevani terimakasih atas segala doa, dan dukungannya selama ini kepada penulis,
3. Teman-teman seperjuangan Proteksi Tanaman Angkatan 2020, serta Almamaterku tercinta Universitas Lampung tempat penulis menempuh studi.

**“APA YANG KAMU LAKUKAN HARI INI
AKAN MENJADI PENENTU DIMASA DEPAN”**

**“SETIAP DETIK YANG BERLALU TAK DAPAT KEMBALI,
BERAPAPUN KAU BAYAR”**

**“TIDAK ADA MIMPI YANG TERLALU TINGGI TAK ADA MIMPI
YANG PATUT DIREMEHKAN LAMBUNGKAN SETINGGI YANG KAU
INGINKAN DAN GAPAILAH DENGAN SELAYAKNYA YANG KAU
HARAPKAN” (Maudy Ayunda)**

**“BOLEH JADI KAMU MEMBENCI SESUATU, PADAHAL IA AMAT
BAIK BAGIMU, BOLEH JADI PULA KAMU MENYUKAI SESUATU,
PADAHAL IA AMAT BURUK BAGIMU ALLAH MENGETAHUI,
SEDANGKAN KAMU TIDAK MENGETAHUI”
(QS. AL BAQARAH: 216)**

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, Karena atas berkat, rahmat, karunia dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Eksplorasi, Identifikasi, dan Seleksi Jamur Patogen Gulma di Perkebunan Tebu PT Gunung Madu Plantations sebagai Kandidat Bioherbisida”**. Tujuan dari penulisan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu ucapan terimakasih penulis kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
2. Ibu Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
3. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing, mengarahkan, memberi motivasi dan memberi semangat penulis untuk melaksanakan penelitian dan menulis skripsi,
4. Bapak Dr. Hidayat Pujisiswanto, S.P., M.P. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing, menasihati, memberi motivasi, memberi arahan untuk melaksanakan penelitian dan menulis skripsi,
5. Ibu Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc. selaku penguji yang telah memberi masukan, dan saran kepada penulis untuk penelitian dan penulisan skripsi,
6. Bapak Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing, memberi arahan, dari awal perkuliahan hingga melaksanakan penelitian dan menulis skripsi,

7. Keluarga terutama kedua orang tua saya Ibu Ani Aryani, papa Erwin Haris Susetyo, papa Dedi Rustandi adik-adikku Afrisca Rindiani, Nizam Fairuz, dan Andria Estevani, yang telah memberikan kasih sayang, dukungan fisik maupun materi, nasihat, semangat, dan doa tiada henti agar penulis dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung dengan baik dan tepat waktu,
8. Sahabat dan teman teman seperjuangan, Amanda Nur Latifa, Novelia Permatasari, Amalia Cahya pertiwi, Nora Apriska Verdiana, Ummu Khairunnisa, Milla Syafa Gusryan, Izmi Suci Casmayati, Ario Jihan Pranata, dan Yopi Almuhayat yang telah membantu, memberi semangat, dan menjadi tempat berkeluh kesah penulis dalam melaksanakan penelitian,
9. Keluarga besar Weed R&D PT Gunung Madu Plantations Pak Budi, Mas Alif, Pak Tassa, Pak Robbul, Pak Ucok, Pak Misno, Pak Sarwoko, Pak Akbar, yang telah membantu dan membimbing penulis selama melakukan penelitian,
10. Karyawan serta tenaga kerja Disease R&D PT Gunung Madu Plantations, Ibu Wanti, Ibu Sayu, Pak Wandu, Mas Iwan, Mba Vani yang telah membantu dan membimbing penulis selama melakukan penelitian,
11. Keluarga LSTC, Pak Dede, Pak Ahmad, Pak Rahman, Pak Bambang, Pak Dardik, Pak Tua, dan semuanya yang telah memberikan tempat istirahat dan makanan selama melaksanakan penelitian,
12. Teman-teman Jurusan Proteksi Tanaman, terkhusus Angkatan 2020.

Bandar Lampung, 14 Maret 2024

Afrianda Diniani
NPM. 205419001

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gulma	5
2.2 Jamur Patogen Gulma	6
2.3 Jamur Patogen sebagai Agensia Hayati Pengendali Gulma	
(Bioherbisida)	8
III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Pelaksanaan Penelitian	12
3.3.1 Eksplorasi dan Isolasi Jamur dari Gulma.....	12
3.3.2 Identifikasi.....	12
3.3.3 Uji Patogenesitas Jamur Hasil Isolasi	13
3.3.4 Uji Potensi Jamur Patogen Gulma sebagai Bioherbisida	13
3.3.5 Uji Potensi Metabolit Sekunder Jamur sebagai Bioherbisida	16
3.4 Analisis data	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil.....	18
4.1.1 Sampel Gulma Sakit	18
4.1.3 Uji Potensi Jamur <i>Phaeoacremonium</i> sp. sebagai Bioherbisida pada Gulma <i>B. alata</i>	27

4.1.4 Uji Potensi Jamur <i>Colletotrichum</i> sp. sebagai Bioherbisida pada Gulma <i>A. gangetica</i>	28
4.1.5 Uji Potensi Metabolit Sekunder Jamur <i>Phaeoacremonium</i> sp. dan <i>Colletotrichum</i> sp. sebagai Bioherbisida.....	30
4.2 Pembahasan	31
V. SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan.....	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skor keparahan penyakit.....	16
2. Skoring keracunan tanaman terhadap aplikasi herbisida.....	17
3. Sidik ragam pengaruh kerapatan spora dan waktu aplikasi jamur <i>Phaeoacremonium</i> sp. pada gulma <i>B. alata</i>	27
4. Pengaruh aplikasi jamur <i>Phaeoacremonium</i> sp. pada berbagai kerapatan terhadap masa inkubasi, keterjadian penyakit, dan keparahan penyakit pada gulma <i>B. alata</i>	28
5. Sidik ragam pengaruh kerapatan spora dan waktu aplikasi jamur <i>Colletotrichum</i> sp. pada gulma <i>A. gangetica</i>	28
6. Pengaruh aplikasi jamur <i>Colletotrichum</i> sp. pada berbagai kerapatan terhadap keterjadian penyakit pada gulma <i>A. gangetica</i>	29
7. Pengaruh aplikasi jamur <i>Colletotrichum</i> sp. pada berbagai kerapatan dan waktu aplikasi terhadap keparahan penyakit dan bobot basah pada gulma <i>A. gangetica</i>	29
8. Pengaruh aplikasi metabolit sekunder jamur <i>Phaeoacremonium</i> sp. dan <i>Colletotrichum</i> sp. terhadap kehijauan daun.....	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tata letak percobaan pot gulma di rumah kaca. P0= Kontrol (aplikasi aquades steril), P1= Kerapatan spora/ml 10^4 , P2= Kerapatan spora/ml 10^5 , P3= Kerapatan spora/ml 10^6 , U1= Ulangan 1, U2= Ulangan 2, U3= Ulangan 3	14
2. Sampel gulma sakit yang digunakan dalam penelitian. a. <i>C. rotundus</i> , b. <i>A. conyzoides</i> , c. <i>B. alata</i> , d. <i>A. gangetica</i> , e. <i>E. crassipes</i> , f. <i>D. ciliaris</i> , g. <i>R. exaltata</i>	19
3. Jamur hasil isolasi dari gulma <i>C. rotundus</i> dengan gejala daun menguning. a. Koloni jamur pada media PDA, dan b. Konidia jamur perbesaran 400x.....	20
4. Jamur hasil isolasi dari gulma <i>A. conyzoides</i> , dengan gejala bercak nekrosis berwarna coklat pada tepi/ujung daun. a. Koloni jamur pada media PDA, dan b. Konidia jamur perbesaran 400x.....	21
5. Jamur hasil isolasi dari gulma <i>B. alata</i> dengan gejala bercak nekrosis berwarna coklat pada tepi/ujung daun. a. Koloni jamur pada media PDA, dan b. Konidia jamur perbesaran 400x.....	21
6. Jamur hasil isolasi dari gulma <i>A. gangetica</i> dengan gejala daun membentuk bercak berwarna coklat. a1. Koloni jamur pertama pada media PDA, a2 Konidia jamur pertama perbesaran 40x, b1. Koloni jamur kedua pada media PDA, b2. Konidia jamur kedua perbesaran 40x, c1. Koloni jamur ketiga pada media PDA, dan c2. Konidia jamur ketiga perbesaran 400x.....	22
7. Jamur hasil isolasi dari gulma <i>E. crassipes</i> dengan gejala bercak berwarna coklat pada tepi/ujung daun. a1. Koloni jamur pertama pada media PDA, a2. Konidia jamur pertama perbesaran 40x, b1. Koloni jamur kedua pada media PDA, dan b2. Konidia jamur kedua perbesaran 400x.....	23
8. Jamur hasil isolasi dari gulma <i>D. ciliaris</i> dengan gejala berupa bercak berwarna kuning kecoklatan pada tepi/ujung daun a. Koloni jamur pada media PDA, dan b. Konidia jamur perbesaran 400x.....	24

9. Jamur hasil isolasi dari gulma *R. exaltata* dengan gejala daun membentuk bercak bulat kecil, berwarna kuning kecoklatan.
a. Koloni jamur pada media PDA, dan b. Konidia jamur perbesaran 400x 24
10. Uji Patogenesitas jamur hasil isolasi dari gulma sakit pada gulma uji. a. *Fusarium* sp. pada gulma *C. rotundus*, b. *Colletotrichum* sp. pada gulma *A. conyzoides*, c. *Phaeoacremonium* sp. pada gulma *B. alata*, d. *Fusarium* sp. pada gulma *A. gangetica*, e. *Fusarium* sp. pada gulma *A. gangetica*, f. *Colletotrichum* sp. pada gulma *A. gangetica*, g. *Curvularia* sp. pada gulma *E. crassipes*, h. *Robillarda* sp. pada gulma *E. crassipes*, i. *Curvularia* sp. pada gulma *D. ciliaris*, j= *Curvularia* sp. pada gulma *R. exaltata*. 25
11. Uji patogenesitas jamur hasil isolasi dari gulma sakit pada tanaman tebu. a. *Fusarium* sp. dari gulma *C. rotundus*, b. *Colletotrichum* sp. dari gulma *A. conyzoides*, c. *Phaeoacremonium* sp. dari gulma *B. alata*, d. *Fusarium* sp. dari gulma *A. gangetica*, e. *Fusarium* sp. dari gulma *A. gangetica*, f. *Colletotrichum* sp. dari gulma *A. gangetica*, g. *Curvularia* sp. dari gulma *E. crassipes*, h. *Robillarda* sp. dari gulma *E. crassipes*, i. *Curvularia* sp. dari gulma *D. ciliaris*, j. *Curvularia* sp. dari gulma *R. exaltata*. 26
12. Pengaruh aplikasi metabolit sekunder jamur *Phaeoacremonium* sp. dan *Colletotrichum* sp. pada kehijauan daun. (A) daun mentimun yang diaplikasi metabolit sekunder jamur *Colletotrichum* sp., (B) daun mentimun yang diaplikasi metabolit sekunder jamur *Phaeoacremonium* sp., dan (C) daun mentimun tanpa aplikasi metabolit sekunder jamur..... 30

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara alami, jamur dapat berasosiasi dengan tanaman sebagai patogen maupun bukan patogen. Jamur patogen merupakan jamur yang dapat menyebabkan gangguan fisiologi, kerusakan jaringan, dan atau mengakibatkan kematian pada tanaman. Jamur bukan patogen adalah jamur yang hidup bersama (bersimbiosis) dengan tanaman (Ginting dan Prasetyo, 2016) dan tidak mengganggu fisiologi atau mengakibatkan kematian pada tanaman tetapi memberikan keuntungan pada tanaman (Kurnia dkk., 2019).

Jamur sebagai patogen dapat menyerang tanaman budidaya dan juga tumbuhan liar seperti rumput (gulma). Berbagai jamur telah dilaporkan sebagai patogen pada gulma. Kokaew (2005) melaporkan *Curvularia pallescens* menjadi patogen pada gulma *Cyperus rotundus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Echinochloa colona*, *Eleusine indica*, *Digitaria ciliaris*, *Brachairia reptans*, dan *Pennisetum polystachyon*. Suwanagul (2013) melaporkan *Drechslera homlii* menjadi patogen pada gulma *D. aegyptium*. Singh *et al.* (2016) melaporkan jamur *Phaeoacremonium* sp. menjadi patogen pada gulma *E. crassipes*. Gu *et al.* (2023) melaporkan jamur *C. echinocloae* sebagai patogen pada gulma *E. cchinocloa*.

Berbagai penelitian melaporkan bahwa jamur patogen memiliki potensi sebagai agensia hayati pengendali gulma. Harding and Raizada (2015) melaporkan bahwa jamur *Colletotrichum* sp., *Phoma* sp., dan *Scelerotinia* sp. memiliki potensi sebagai agensia hayati gulma. Saxena and Pandey (2002) menggunakan *Alternaria alternata* untuk mengendalikan *Lantana camara*.

Tilley and Walker (2002) menggunakan *Curvularia intermedia* untuk mengendalikan gulma *Digitaria sanguinalis*. Fauzi dkk. (2018) melaporkan jamur *Uredo eichornia*, *Acremonium zonatum*, *Alternaria eichorniae*, *Cercospora piaropi*, *Myrothecium roridum*, dan *Rhizoctonia* sebagai agensia hayati pengendali gulma eceng gondok. Soesanto *et al.* (2020) melaporkan jamur *Fusarium* sp. dan *Chaetomium* sp. dapat menyebabkan penyakit pada *A. conyzoides*, *A. spinosus*, *A. gangetica*, *S. nodiflora* dan *W. trilobata*. *Phoma chenopodicola* berpotensi mengendalikan gulma *Chenopodium album* (Cimmino *et al.*, 2013). Fauzi dkk. (2018) melaporkan bahwa jamur *Fusarium* sp. dapat digunakan untuk mengendalikan gulma *E. crassipes*.

Kelebihan penggunaan jamur untuk mengendalikan gulma yaitu tidak berdampak pada lingkungan, tidak meninggalkan residu, dan mengurangi munculnya gulma resisten. Selain itu kelebihan dari penggunaan agensia hayati yaitu aman bagi kesehatan para petani karena tidak mengandung bahan-bahan kimia. Kekurangan dari penggunaan agensia hayati yaitu cara kerja relatif lama dan proses pembuatannya cukup lama sehingga tidak bisa langsung diaplikasikan (Roberts *et al.*, 2022). Penggunaan jamur untuk mengendalikan gulma sangat berpotensi untuk dikembangkan sehingga perlu dilakukannya eksplorasi identifikasi dan seleksi untuk mengetahui jenis jamur patogen yang mampu digunakan sebagai agen pengendali hayati untuk mengendalikan gulma.

Pada perkebunan tebu, termasuk di PT Gunung Madu Plantations, keberadaan gulma merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya. Selama ini, pengendalian gulma cenderung dilakukan dengan aplikasi herbisida sintetik, meskipun berdampak buruk pada lingkungan dan menyebabkan gulma menjadi resisten. Salah satu usaha untuk mengurangi dampak buruk herbisida sintetik, maka perlu dikembangkan pengendalian gulma secara hayati. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu kiranya dilakukan eksplorasi, identifikasi, dan seleksi jamur patogen pada gulma, serta mengkaji potensi dari jamur patogen sebagai agensia hayati bagi gulma, khususnya yang ada di PT Gunung Madu Plantations.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan berbagai jamur patogen pada gulma di PT Gunung Madu Plantations (GMP),
2. Mengetahui potensi jamur patogen sebagai agensia hayati pengendali gulma di PT Gunung Madu Plantations (GMP).

1.3 Kerangka Pemikiran

Jamur patogen dilaporkan dapat menyerang gulma. Roberts *et al.* (2022) melaporkan bahwa jamur *C. gloeosporioides* menjadi patogen pada gulma *C. chinensis*, *C. australis*, *A. indica*, *S. exaltata*, dan *M. pusilla*. Soesanto *et al.* (2020) melaporkan bahwa *Fusarium* sp. menjadi patogen pada gulma *A. conyzoides*, *A. spinosus*, *A. gangetica*, *S. nodiflora*, dan *W. trilobata*. Selain itu, jamur *F. oxysporum* menjadi patogen pada gulma *C. kyllingia*, *C. rotundus*, *E. indica*, dan *D. ciliaris* (Ziulhak dkk., 2019). Kokaew (2005) melaporkan bahwa jamur *C. pallescens* merupakan patogen pada gulma *C. rotundus*, *D. aegyptium*, *E. colona*, *E. indica*, *D. ciliaris*, *B. reptans*, *R. cochinchinensis*, dan *P. polystachyon*. Selain itu, Ziulhak dkk. (2019) melaporkan jamur *C. lunata* merupakan patogen pada gulma *C. kyllingia*, *C. rotundus*, *E. indica*, dan *D. ciliaris*.

Banyak spesies jamur dilaporkan memiliki potensi sebagai agensia hayati pengendali gulma (Junior *et al.*, 2019; Schein *et al.*, 2022). Galea (2021) melaporkan bahwa jamur *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, *Macrophomina phaseolina*, dan *Neoscytalidium noahollaniae* dapat mengendalikan gulma *Parkinsonia aculeata* L. Sementara itu, Cai and Gu (2016) melaporkan bahwa jamur *Puccinia canaliculata* dapat menyebabkan kematian pada daun teki kuning (*Cyperus esculentus*). Jamur *Phoma macrostoma* dapat mengendalikan dandelion (*Taraxum officinale*). Jamur *Alternaria cuscutacidae* Rudakov dapat digunakan untuk mengendalikan gulma parasit *Cuscuta* spp. (Pacanoski, 2015).

Heraux *et al.* (2005) melaporkan *Trichoderma virens* dapat mengurangi pertumbuhan *redroot pigweed* (*Amaranthus retroflexus*). Chandramohan and Charudattan (2003) melaporkan bahwa *Crotalaria spectabilis* Roth. dan *Senna obtusifolia* L. berhasil dikendalikan menggunakan campuran tiga patogen yaitu *Phomopsis amaranticolor*, *A. cassiae*, dan *Colletotrichum dematium*. Jamur dari genus *Colletotrichum* adalah salah satu spesies yang paling banyak digunakan dalam formulasi agensia hayati bagi gulma (Roberts *et al.*, 2022).

Jamur patogen yang diinokulasi ke gulma dapat menyebabkan perubahan metabolisme, seperti: mengurangi fungsi aktivitas seluler, mengurangi enzim dan hormon, yang dapat menyebabkan penurunan penyerapan nutrisi serta penghambatan perkecambahan biji. Berkurangnya serapan nutrisi dapat berdampak pada perkembangan kloroplas dan dapat menyebabkan klorosis pada gulma target (Roberts *et al.*, 2022). Selain itu, pengendalian gulma juga dapat dilakukan menggunakan metabolit sekunder jamur. Jamur memiliki kemampuan untuk menghasilkan berbagai senyawa yang dapat merusak tanaman (fitotoksik). Reveglia *et al.* (2022) melaporkan *P. minimum* menghasilkan fitotoksin poliketide, yaitu scytalone dan isosclerone yang dapat menyebabkan gejala atau kerusakan pada tanaman. Metabolit *A. eichhorniae* perlegrinones dan alteichin yang telah menunjukkan potensi yang baik sebagai agensia hayati gulma *E. crassipes*. Scytalone dan isosclerone adalah dua metabolit fitotoksik yang dihasilkan oleh *P. aleophilum* dan *P. chlamydospora*, agen penyebab penyakit esca (Evidente *et al.*, 2000).

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Terdapat berbagai jenis jamur patogen pada gulma di PT Gunung Madu Plantations (GMP),
2. Jamur patogen pada gulma tersebut memiliki potensi sebagai agensia hayati pengendali gulma.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gulma

Gulma merupakan tumbuhan yang menimbulkan kendala dalam produksi pertanian. Gulma bersaing dengan tanaman budidaya untuk mendapatkan air, gas, nutrisi, cahaya, dan sumber daya pertumbuhan lainnya, serta dapat menjadi inang bagi hama dan penyakit (Nichols *et al.*, 2015; Hidayat, 2017). Gangguan gulma dapat menyebabkan tanaman budidaya menjadi kerdil, daun-daun menguning, dan produksi rendah (Tampubolon dkk., 2018). Jenis gulma meliputi gulma golongan tekian (*Sedges*), gulma golongan berdaun lebar (*broad leaves*), dan gulma golongan rumput (*grasses*) (Arfianto, 2016).

Gulma golongan teki tekian merupakan jenis gulma yang termasuk ke dalam famili *Cyperaceae*. Golongan teki terdiri atas 4000 spesies. Ciri-ciri gulma golongan teki yaitu batang berbentuk segitiga, kadang-kadang bulat atau pipih dan berisi, daun berjejal pada pangkal batang dan tersusun dalam tiga deretan, daun berbentuk pita, bunga tersusun dalam bulir atau anak bulir dan biasanya dilingkupi oleh satu daun pelindung, cara perbanyakannya utamanya ada yang terletak dalam tanah, ada pula menggunakan biji. Contoh gulma yang termasuk dalam golongan ini adalah teki (*Cyperus rotundus*), wingi (*Scirpus grosussus*), rumput sendayan (*Rhynchospora corymbosa*), jekeng (*Cyperus iria*), babawangan (*Eriocaulon cinereum*), dan rumput knop (*Cyperus kyllingia*), dan lain lain (Arfianto, 2016).

Gulma golongan berdaun lebar meliputi semua jenis gulma selain famili *Gramineae* dan *Cyperaceae*. Gulma berdaun lebar umumnya terdiri atas golongan *Dycotyledoneae*. Ciri-ciri umum berdaun lebar ini adalah ukuran daunnya lebar, tulang daun berbentuk jaringan dan terdapat tunas-tunas tambahan pada setiap ketiak daun. Contoh gulma berdaun lebar antara lain bayam duri (*Amaranthus spinosus*), babandotan atau wedusan (*Ageratum conyzoides*), saliara (*Lantana camara*), kremah (*Alternanthera philoxeroides*), genjer (*Limnocharis flava*), dan sebagainya (Arfianto, 2016).

Golongan rerumputan merupakan jenis gulma yang termasuk ke dalam famili *Gramineae*. Selain merupakan komponen terbesar dari seluruh populasi gulma, famili ini memiliki daya adaptasi yang cukup tinggi, distribusinya amat luas dan mampu tumbuh pada lahan kering maupun tergenang. Ciri-ciri golongan rerumputan ini adalah batangnya berbentuk silindris, ada pula yang agak pipih atau persegi, batang biasanya berongga, beberapa diantaranya berisi, daunnya tunggal dan berbentuk garis; daun berseling membentuk barisan kanan dan kiri; tulang daunnya; daun terdiri dari pelepah dan helaian daun dengan tepi daunnya rata; bunga tersusun dalam bulir. Gulma yang tergolong rerumputan diantaranya ilalang (*Imperata cylindrica*), rumput pahit atau pahitan (*Axonopus compressus*), rumput belulang (*Eleusine indica*), jajagoan (*Echinochloa crusgalli*), lempuyangan atau jajahean (*Panicum repens*), cakar ayam (*Digitaria ciliaris*), (*Rottboellia exaltata*) dan lain-lain (Arfianto, 2016).

2.2 Jamur Patogen Gulma

Berbagai jamur dapat menjadi patogen pada gulma (Pacanoski, 2015). Jamur patogen mampu menyebabkan kematian yang tinggi pada tanaman target, memiliki tingkat resistensi yang rendah, dan tidak berdampak pada lingkungan alam sekitar dan kesehatan manusia (Kremer, 2019). Dengan menggunakan jamur patogen ini maka dapat menghasilkan bahan infeksius dalam jumlah besar (Hershenhorn *et al.*, 2016). Jamur patogen pada gulma ini biasanya

diinokulasi ke dalam organisme target melalui semprotan cair atau butiran padat yang diaplikasikan langsung ke bagian tanaman (Caldwell *et al.*, 2012).

Fauzi dkk. (2018) melaporkan bahwa jamur *Fusarium* sp. menjadi patogen pada gulma *E. crassipes*, pada gulma *A. gangetica* (Yulia *et al.*, 2022), pada gulma *A. conyzoides*, *A. spinosus*, *A. gangetica*, *S. nodiflora*, dan *W. trilobata* (Soesanto *et al.*, 2020), *F. oxysporum* menjadi patogen pada gulma *Orobancha* spp. (Roberts *et al.*, 2022), pada gulma *S. hermonthica* (Marley and Shebayan, 2005), pada gulma *C. kyllingia*, *C. rotundus*, *E. indica*, dan *D. ciliaris* (Ziulhak dkk., 2019), pada gulma *Opuntia ficus indica* (Pacanozki, 2015). Yulia *et al.* (2022) melaporkan bahwa jamur *Colletotrichum* sp. menjadi patogen pada gulma *A. gangetica*, *C. echinocloae* merupakan jamur patogen pada gulma *E. cruss-galli* (Gu *et al.*, 2023), *C. gloeosporioides* menjadi patogen pada gulma *A. virginica* (Menaria, 2007), pada gulma *C. chinensis*, *C. australis*, *A. indica*, *S. exaltata*, dan *M. pusilla* (Roberts *et al.*, 2022), *C. truncatum* menjadi patogen pada gulma *S. exaktata* (Schisler *et al.*, 1991), *C. coccodes* menjadi patogen pada gulma *S. ptycanthum* (Mathur and Praveen, 2018). Gramaje *et al.* (2014) melaporkan bahwa jamur *Phaeoacremonium* sp. menjadi patogen pada *sandalwood trees* pada gulma *E. crassipes* (Singh *et al.*, 2016), *P. tuscanicum* menjadi patogen pada *oak decline* (Bashiri, 2020).

Zhu and Qiang (2004) melaporkan bahwa jamur *C. eragrostidis* menjadi patogen pada gulma *D. sanguinalis*, jamur *C. pallescens* menjadi patogen pada gulma *C. rotundus*, *D. aegyptium*, *E. colona*, *E. indica*, *D. ciliaris*, *B. reptans*, *R. cochinchinensis* dan *P. polystachyon* (Kokaew, 2005), *C. dactyloctenicola* menjadi patogen pada gulma *D. aegyptium*, *C. nodosa* merupakan jamur patogen pada gulma *C. barbata*, *B. reptans*, dan *D. ciliaris*, *C. pseudobrachyspora* menjadi patogen pada gulma *E. indica*, *C. variabilis* menjadi patogen pada gulma *C. barbata*, *D. ciliatis*, dan *I. cylindrica*, *C. verrucolosa* menjadi patogen pada gulma *C. dactylon* dan *E. indica* (Felix *et al.*, 2017), *C. lunata* menjadi patogen pada gulma *C. kyllingia*, *C. rotundus*, *E. indica*, dan *D. ciliaris* (Ziulhak dkk., 2019). Jiang *et al.* (2021) melaporkan jamur *Robillarda* sp. menjadi patogen pada *Castanea*.

2.3 Jamur Patogen sebagai Agensia Hayati Pengendali Gulma (Bioherbisida)

Jamur patogen tanaman merupakan salah satu penyebab penyakit tanaman yang paling merusak mulai dari pertumbuhan hingga distribusi dan penyimpanan, mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan bagi produsen (Kamel, 2021). Namun, jamur patogen dapat dimanfaatkan sebagai agensia hayati pengendali gulma. Penggunaan jamur patogen sebagai agensia hayati pengendali gulma merupakan alternatif pengendalian gulma yang ramah lingkungan (Guo *et al.*, 2020). Jamur patogen dapat menghasilkan metabolit yang dapat mematikan gulma sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan gulma. Produksi agensia hayati bagi gulma yang berasal dari patogen tanaman telah dipastikan menjadi pendekatan efektif untuk pengendalian gulma (Junior *et al.*, 2019). Menggunakan patogen tanaman sebagai agen biokontrol dapat menyebabkan kerusakan parah pada spesies gulma sasaran. Jamur patogen tersebut harus diproduksi secara massal dan patogenesitasnya diuji pada gulma dalam berbagai kondisi lingkungan (Cai and Gu, 2016).

Sejauh ini, para peneliti telah melaporkan hampir 100 jenis jamur patogen yang di isolasi dari lebih dari 50 jenis gulma (Dagno *et al.*, 2012). Jamur dapat dikembangkan menjadi agensia pengendali hayati pada gulma terutama dari genus *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Cercospora*, *Puccinia*, *Entyloma*, *Ascochyta*, *Sclerotinia*, *Diaporthe*, dan lain-lain (Palmer *et al.*, 2010). Pusat penelitian gulma di Cina mengkaji jamur dapat digunakan sebagai agensia hayati pengendali gulma. Banyak sistem patologi jamur pada gulma yang telah dipelajari, seperti *Curvularia eragrostidis* pada crabgrass besar (*Digitaria sanguinalis*) (Zhu and Qiang, 2004), *C. lunata*, *Helminthosporium gramineum* f. sp. *echinochloa* dan *Bipolaris eleusines* pada rumput Cockspur (*Echinochboa crusgalli*) (Wei *et al.*, 2009), *S. rolfsii* pada canada goldenrod (*Solidago canadensis*).

Maulina (2019) melaporkan bahwa jamur *Fusarium* sp. dan *Chaetomium* sp. berpotensi agensia hayati pengendali gulma *A. conyzoides*. Pada gulma

E. crassipes (Fauzi dkk., 2018). *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. berpotensi sebagai agensia hayati pada gulma *A. gangetica* (Yulia *et al.*, 2022). *Phoma macrostoma* telah diteliti dapat mengendalikan gulma berdaun lebar di Kanada dan Amerika (Evans *et al.*, 2013). *Curvularia intermedia* berpotensi digunakan sebagai agensia hayati untuk mengendalikan *D. sanguinalis* (Tilley and Walker, 2002). Penggunaan jamur *Drechslera gigantea*, *Exserohilum rostratum* dan *Exserohilum longirostratum*, berpotensi digunakan sebagai agensia hayati gulma terhadap beberapa gulma golongan rumput dalam percobaan lapangan (Casella *et al.*, 2010).

Dua spesies dalam genus *Sclerotinia* berpotensi untuk mengendalikan gulma. *Scelerotina minor* efektif mengendalikan dandelion (Dieyeh and Watson, 2007). *S. minor* dan *S. sclerotiorum* memiliki aktivitas fitotoksik terhadap tanaman merambat *Cirsium arvense* (Skipp *et al.*, 2013). *Puccinia thlaspeos* berpotensi untuk mengendalikan *Isatis tinctoria* (Thomson and Kropp, 2004). Jamur *Alternaria destruens* diisolasi dari *Cuscuta gronovii* yang berpotensi dapat digunakan untuk mengendalikan gulma *Cuscuta* spp. (Cook *et al.*, 2009). *C. orbiculare* berpotensi mengendalikan gulma *Xanthium spinosum* (Auld *et al.*, 1990). *P. palmivora* diisolasi dari tanaman *Morrenia odorata* dan digunakan untuk mengendalikan spesies yang sama diperkebunan jeruk. *C. gloeosporioides* dan *C. orbiculare*, merupakan dua spesies jamur yang mengandung sejumlah kandidat gen patogenesis yang memiliki peran spesifik dalam proses infeksi. Terdapat juga bukti bahwa kedua spesies *Colletotrichum* ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan asam indol asetat, suatu hormon tanaman, yang turunannya merupakan bahan aktif herbisida (Gan *et al.*, 2013).

Pengelolaan gulma dengan metabolit jamur dianggap sebagai herbisida yang paling aman bagi lingkungan dan manusia. Fitotoksin jamur merupakan metabolit sekunder yang berperan penting dalam menginduksi gejala penyakit pada tanaman dan gulma (Schueffler and Anke, 2014). Fitotoksin jamur termasuk dalam kelas senyawa alami seperti: aromatik, asam amino, kumarin dan isocoumarin, sito-chalasan, ethanon, furopyran, nonenolida, oksazatriisi

kloalkalenon, piron, spirophyto-toksin, terpen, trichothecenes, dan lainnya (Evidente and Motta, 2001).

Singh (2007) melaporkan senyawa herbisida dari beberapa jamur terpilih terhadap berbagai gulma. Metabolit *Alternaria eichhorniae* perlenginones dan alteichin yang telah menunjukkan potensi yang baik sebagai agensia hayati gulma *E. crassipes*. Scytalone dan isosclerone adalah dua metabolit fitotoksik yang dihasilkan oleh *Phaeoacremonium aleophilum* dan *P. chlamydospora*, agen penyebab penyakit esca (Evidente *et al.*, 2000). Colletopyrone adalah metabolit fitotoksik yang dihasilkan oleh *Colletotrichum nicotianae*. Senyawa ini menyebabkan bercak nekrotik coklat pada daun tembakau muda (Evidente *et al.*, 1993). Kloroorcinol adalah metabolit fitotoksik yang dihasilkan oleh *Colletotrichum higginsianum*. Senyawa ini menyebabkan nekrosis pada daun *Sonchus arvensis*, *Helianthus annuus*, *Convolvulus arvensis*, *Ambrosia artemisiifolia* (Felix *et al.*, 2017).

Keuntungan penggunaan jamur patogen gulma sebagai agensia hayati yaitu tidak menyebabkan efek buruk pada organisme non-target. Selain itu juga terbuat dari alelokimia dengan demikian tidak berbahaya bagi bioekosistem dan kesehatan manusia. Beberapa alelokimia larut dalam air, sehingga lebih mudah diaplikasikan. Struktur kimia alelokimia juga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan herbisida sintetik. Selain itu jamur patogen pada gulma sebagai agensia hayati ini memiliki toksisitas dan resiko resistensi yang rendah (Bailey, 2014). Sedangkan kelemahan dari penggunaan agensia hayati ini yaitu proses atau cara kerja dari jamur patogen gulma yang lama, efek yang ditimbulkan ke tanaman target juga rentang waktunya cukup lama. Selain itu biaya yang digunakan cukup mahal baik untuk pengembangan dan penggunaannya, penggunaan agensia hayati ini umumnya lebih sulit diduga keberhasilannya dibandingkan dengan herbisida sintetik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Juli sampai November 2023 di Laboratorium *Disease* dan Rumah Kaca PT Gunung Madu Plantations, Lampung Tengah.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri, tabung reaksi, kertas alumunium, shaker, pinset, haemocytometer, timbangan digital, autoclaf, erlenmeyer, LAF (*Laminar Air Flow*), oven, gelas ukur, kantung plastik, jarum ose, *scalpel*, tisu, pisau, mikroskop olympus bx53, pot diameter 30 cm, kertas whatman, alat tulis dan kamera. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah media PDA, alkohol 70%, aquades, sampel gulma sakit yang digunakan sebagai bahan isolasi dan bibit gulma sehat, jenis gulma sampel yaitu gulma golongan teki (*Cyperus rotundus*), gulma berdaun lebar (*Ageratum conyzoides* L., *Borreria alata*, *Asystasia gangetica*, *Eichhornia crassipes*), dan gulma golongan rumput (*Digitaria ciliaris*, *Rottboellia exaltata*), bibit tebu (varietas GMP 7), tanah, dan blotong.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Eksplorasi dan Isolasi Jamur dari Gulma

Pelaksanaan penelitian ini diawali dengan mengambil sampel gulma sakit di PT Gunung Madu Plantations (R&D). Jenis gulma sampel yaitu gulma golongan teki (*C. Rotundus*), gulma berdaun lebar (*A. conyzoides*, *B. alata*, *A. gangetica*, *E. crassipes*), dan gulma golongan rumput (*D. ciliaris*, *R. exaltata*). Isolasi jamur dilakukan dari sampel gulma sakit (menunjukkan gejala penyakit). Bagian daun dan umbi gulma sakit dipotong dengan ukuran 2 mm. Potongan dipilih dari bagian antara yang sakit dan sehat, kemudian dilakukan sterilisasi permukaan dengan merendam dalam klorok 10% selama 3 menit. Selanjutnya potongan sampel tanaman dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali lalu direndam alkohol 70% selama 3 menit, dan dibilas lagi dengan air steril sebanyak 3 kali. Setelah itu dikeringanginkan dengan meletakkan potongan sampel gulma di atas kertas watman no 1. Setelah dikeringanginkan, potongan sampel gulma tersebut diinokulasikan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) di cawan petri secara aseptis. Cawan petri berisi sampel gulma sakit selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang dengan pencahayaan 12 jam terang dan 12 jam gelap. Jamur yang tumbuh dari potongan sampel gulma kemudian dimurnikan dengan cara dipindahkan ke media PDA baru. Pemurnian bertujuan untuk memperoleh biakan murni tanpa adanya pertumbuhan mikroba lain (Adryan dkk., 2017).

3.3.2 Identifikasi

Identifikasi jamur pada tingkat genus dilakukan berdasarkan ciri-ciri morfologi, baik secara makroskopis maupun mikroskopis. Pengamatan makroskopis meliputi bentuk koloni dan warna koloni. Pengamatan mikroskopis meliputi bentuk spora, warna spora, dan ukuran spora dengan perbesaran 400x. Data ciri morfologi yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan pustaka (Barnett and Hunter, 1998; Yulia *et al.*, 2022; Singh *et al.*, 2016; Kusai *et al.*, 2015) untuk mendapatkan informasi nama genus jamur terkait.

3.3.3 Uji Patogenesitas Jamur Hasil Isolasi

Uji patogenesitas jamur dilakukan pada gulma dan tanaman tebu. Gulma yang digunakan adalah gulma asal dari jamur yang diisolasi. Bibit gulma *C. rotundus*, *A. conyzoides*, *B. alata*, *A. gangetica*, *E. crassipes*, *D. ciliaris*, dan *R. exaltata* serta bibit tebu (varietas GMP 7) diambil dari lapangan dan ditanam dalam pot. Setiap pot ditanami 3 bibit gulma atau tebu. Penanaman dilakukan di rumah kaca PT Gunung Madu Plantations. Setelah bibit gulma tumbuh normal (2 minggu setelah tanam) dan tebu berumur (1 bulan) dilakukan inokulasi jamur hasil isolasi. Sebelum dilakukan inokulasi, daun gulma dan tebu dilukai menggunakan jarum sebanyak 3 luka. Potongan koloni jamur diameter 5 mm dari biakan berumur 7 hari ditempelkan di atas luka pada daun dengan bagian jamur menempel didaun uji. Selanjutnya, potongan koloni jamur ditimpa dengan kapas basah untuk menjaga kelembaban dan diselotip agar potongan koloni jamur dan kapas tidak jatuh. Untuk pembanding, potongan media PDA tanpa jamur ditempelkan pada daun yang juga dilukai. Pengamatan dilakukan 7 hari setelah inokulasi dengan melihat ada tidaknya gejala nekrosis pada titik inokulasi. Khusus untuk uji patogenesitas pada tanaman tebu, apabila pada daun tanaman tebu uji terdapat gejala nekrosis, maka jamur terkait tidak diuji lanjut ke uji potensi spora jamur sebagai bioherbisida.

3.3.4 Uji Potensi Jamur Patogen Gulma sebagai Bioherbisida

Pada pengujian ini, jamur yang digunakan adalah jamur yang tidak menimbulkan gejala pada uji patogenesitas di tanaman tebu. Pengujian dilakukan dalam percobaan faktorial menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah kerapatan spora (P) yaitu: 0, 10^4 , 10^5 , dan 10^6 spora/mL, dan faktor kedua adalah waktu aplikasi (W) yaitu: aplikasi pagi dan aplikasi sore, sehingga terdapat 8 perlakuan (P0W1: kerapatan spora 0, aplikasi pagi hari, P1W1: kerapatan spora 10^4 mL/pot, aplikasi pagi hari, P2W1: kerapatan

spora 10^5 mL/pot, aplikasi pagi hari, P3W1: kerapatan spora 10^6 mL/pot, aplikasi pagi hari, P0W2: kerapatan spora 0, aplikasi sore hari, P1W2: kerapatan spora 10^4 mL/pot, aplikasi sore hari, P2W2: kerapatan spora 10^5 mL/pot, aplikasi sore hari, dan P3W2: kerapatan spora 10^6 mL/pot, aplikasi sore hari). Setiap unit percobaan terdiri dari 3 tanaman yang diulang 3 kali. Tata letak percobaan masing-masing gulma *B. alata* dan *A. gangetica* tersaji pada (Gambar 1).

Gulma B. alata
(Aplikasi pagi hari)

P3U2	P1U3	P0U1	P2U3
P2U2	P0U2	P3U1	P1U2
P0U3	P2U1	P3U3	P1U1

Gulma B. alata
(Aplikasi sore hari)

P1U3	P2U1	P3U1	P2U2
P0U3	P1U1	P2U3	P1U2
P3U2	P0U2	P3U3	P0U1

Gulma A. gangetica
(Aplikasi pagi hari)

P1U1	P0U3	P2U2	P2U3
P3U2	P1U2	P3U3	P3U1
P0U1	P0U2	P2U2	P1U3

Gulma A. gangetica
(Aplikasi sore hari)

P0U3	P2U2	P2U1	P1U3
P3U2	P0U2	P1U3	P1U1
P1U2	P3U1	P2U3	P3U3

Gambar 1. Tata letak percobaan pot gulma di rumah kaca. P0= Kontrol (aplikasi aquades steril), P1= Kerapatan spora/mL 10^4 , P2= Kerapatan spora/mL 10^5 , P3= Kerapatan spora/mL 10^6 , U1= Ulangan 1, U2= Ulangan 2, U3= Ulangan 3.

Uji potensi jamur patogen gulma sebagai bioherbisida dilakukan dengan terlebih dahulu menumbuhkan jamur *Phaemocremonium* sp. asal gulma *B. alata* dan jamur *Colletotrichum* sp. asal gulma *A. gangetica* pada media PDB. Sebanyak 3 tabung reaksi yang berisi biakan jamur berumur 7 hari dimasukkan dalam labu

erlenmeyer 250 mL berisi 100 mL media cair, kemudian diinkubasi selama 11 hari dengan di gojog di atas shaker dengan kecepatan 150 rpm. Setelah 11 hari, dilakukan penghitungan kerapatan spora menggunakan *haemocytometer*. Kerapatan spora jamur *Phaeoacremonium* sp. yaitu $1,41 \times 10^7$ spora/mL dan jamur *Colletotrichum* sp. yaitu $1,88 \times 10^7$ spora/mL. Aplikasi jamur patogen dilakukan dengan cara disemprotkan secara merata pada permukaan gulma menggunakan *handsprayer*. Volume semprot yang digunakan adalah 20 mL/pot untuk jamur *Phaeoacremonium* sp. pada gulma *B. alata*, dan 55 mL/pot untuk jamur *Colletotrichum* sp. pada gulma *A. gangetica*. Volume semprot ini berbeda karena perbedaan volume tanaman.

Pengamatan dilakukan setiap minggu selama 1 bulan. Peubah yang diamati adalah masa inkubasi, keterjadian dan keparahan penyakit, serta bobot basah dan kering gulma. Masa inkubasi dihitung sejak inokulasi patogen sampai gejala penyakit pada gulma pertama kali muncul. Keterjadian penyakit dihitung menggunakan rumus perhiitungan (Pajrin dkk., 2013) sebagai berikut:

$$KP = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

- KP = Keterjadian Penyakit (%)
 A = Jumlah tanaman yang terserang
 B = Total tanaman yang diamati

Keparahan penyakit dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KpP = \frac{\sum (ni \times vi)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan:

- KpP = Kearahan Penyakit
 ni = Jumlah daun yang terserang pada kategori tertentu
 vi = Nilai kategori dari daun terserang
 N = Nilai kategori tertinggi
 Z = Jumlah seluruh daun yang diamati

Skoring keparahan penyakit bercak daun menurut Miarti dkk. (2020) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skor keparahan penyakit

Skor	Keterangan	Kriteria serangan
0	Tidak terdapat gejala	Tanaman sehat
1	Gejala timbul >0-10% luas daun	Ringan
2	Gejala terjadi pada >10% - 25% luas daun	Agak parah
3	Gejala terjadi pada > 25% - 50% luas daun	Parah
4	Gejala terjadi pada > 50% atau tanaman mati	Sangat parah

Pengamatan bobot basah gulma dilakukan dengan menimbang seluruh bagian gulma (akar, batang, dan daun) yang sudah dibersihkan dari sisa-sisa tanah yang menempel pada gulma. Pengamatan bobot kering gulma dilakukan dengan menimbang kering seluruh bagian gulma. Berat kering gulma didapat dengan mengoven gulma pada temperatur 80 °C sampai bobotnya konstan.

3.3.5. Uji Potensi Metabolit Sekunder Jamur sebagai Bioherbisida

Pada pengujian ini, jamur yang digunakan adalah jamur yang tidak menimbulkan gejala pada uji patogenesis di tanaman tebu. Uji metabolit sekunder jamur dilakukan menggunakan tanaman indikator yaitu timun (Toderó *et al.*, 2018). Tiga benih timun ditanam pada media tanam dalam polibag. Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah dan blotong dengan perbandingan 3:1. Penyiapan metabolit jamur dilakukan dengan menumbuhkan jamur uji pada media cair (PDB). Sebanyak 6 tabung reaksi yang berisi jamur berumur 7 hari dimasukkan dalam labu erlenmeyer 500 mL yang berisi 200 mL media cair, kemudian diinkubasi selama 11 hari dengan digojog di atas *shaker* dengan kecepatan 150 rpm. Setelah 11 hari, media tumbuh jamur disaring menggunakan kertas Whatman no 1 untuk memisahkan jamur dan sisa PDA dengan cairan media tumbuh. Cairan hasil saringan (cairan metabolit) yang didapatkan selanjutnya digunakan dalam pengujian. Tanaman timun dengan daun yang telah terbuka sempurna, disemprot cairan metabolit dengan konsentrasi 100% menggunakan *hand sprayer*. Pengujian dilakukan pada tiga tanaman timun yang berbeda untuk setiap metabolit jamur uji. Peubah yang diamati adalah gejala

fitotoksisitas pada tanaman timun, seperti daun menguning, bercak, maupun daun mengering dan tanaman mati serta kehijauan daun. Kehijauan daun diukur menggunakan alat klorofil meter SPAD. Pengukuran kehijauan daun dilakukan pada tiga titik yang berbeda yaitu ujung, tengah, dan pangkal daun. Pengukuran fitotoksisitas menggunakan skor pada Tabel 2 (Direktorat Pupuk dan Pestisida, 2012).

Tabel 2. Skoring keracunan tanaman terhadap aplikasi herbisida

Skor	Kriteria	Keterangan
0	Tidak ada keracunan	0-5% bentuk daun atau warna daun dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal
1	Keracunan ringan	>5-20% bentuk daun atau warna daun dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal
2	Keracunan sedang	>20-50% bentuk daun atau warna daun dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal
3	Keracunan berat	>50-75% bentuk daun atau warna daun dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal
4	Keracunan sangat berat	>75% bentuk daun atau warna daun dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal sampai tanaman mati

3.4 Analisis data

Data hasil pengamatan yaitu keterjadian penyakit, keparahan penyakit, bobot basah dan bobot kering, dan kandungan klorofil dianalisis dengan sidik ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Perbedaan nilai tengah antar perlakuan diuji menggunakan uji BNT dengan α 0,05.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Didapatkan 5 genus jamur dari gulma sakit di PT Gunung Madu Plantations yaitu: *Fusarium* dari gulma *Cyperus rotundus*, dan *Asystasia gangetica*, jamur *Colletotrichum* sp. dari gulma *Ageratum conyzoides* L., dan *Asystasia gangetica*, jamur *Phaeoacremonium* sp. dari gulma *Borerria alata*, jamur *Curvularia* sp. dari gulma *Eichhornia crassipes*, *Digitaria ciliaris*, *Rottboellia exaltata*, dan jamur *Robillarda* sp. dari gulma *Eichhornia crassipes*.
2. Jamur *Phaeoacremonium* sp. asal gulma *Borerria alata* dan *Colletotrichum* sp. asal gulma *Asystasia gangetica* memiliki potensi sebagai bioherbisida baik diaplikasikan menggunakan spora maupun menggunakan metabolit sekunder.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini penulis menyarankan untuk melakukan identifikasi secara molekuler agar didapatkan hasil yang akurat dan analisis kandungan metabolit sekunder jamur yang berpotensi sebagai bioherbisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Adryan, A., Widyastuti, R., dan Djajakirana, G. 2017. Isolasi dan identifikasi mikroba tanah pendegradasi selulosa dan pektin dari rhizosfer *Aquilaria malaccensis*. *Buletin Tanah dan Lahan*. 1(1): 58-64.
- Arfianto, F. 2016. Identifikasi pertumbuhan gulma pada penyiapan media tanam tanah setelah pemberian kapur dolomit. *Anterior Jurnal*. 15(2): 161-171.
- Auld, B.A., Say, M.M., Ridings, H.I., and Andrews, J. 1990. Field applications of *Colletotrichum orbiculare* to control *Xanthium spinosum*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 32(4): 315-323.
- Bailey, K. 2014. *The Bioherbicide Approach to Weed Control Using Plant Pathogen*. Integrated Pest Management. New York.
- Barnett, H.L. and Hunter, B. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Third Edition*. Burges Publishing Company. Minneapolis.
- Bashiri, S. 2020. *Phaeoacremonium tuscanicum*, a new fungal pathogen associated with oak decline in Zagros forests, Iran. *Mycologia Iranica*. 7(2): 247-252.
- Cai, X. and Gu, M. 2016. Bioherbicides in organic horticulture. *Horticulturae*. 2(2): 1-10.
- Caldwell, C.J., Hynes, R.K., Boyetchko, S.M., and Korber, D.R. 2012. Colonization and bioherbicidal activity on green foxtail by *Pseudomonas fluorescens* BRG100 in a pest formulation. *Canadian Journal of Microbiology*. 58(1): 1-9.
- Casella, F., Charudattan, R., and Vurro, M. 2010. Effectiveness and technological feasibility of bioherbicide candidates for biocontrol of green foxtail (*Setaria viridis*). *Biocontrol Science and Technology*. 20(10): 1027-1045.

- Chandramohan, S. and Charudattan, R. 2003. A multiple-pathogen system for bioherbicide control of several weeds. *Biocontrol Science and Technology*. 13(2): 199-205.
- Chen, J., Han, B., Silin, L., Yichang, C., Wenjia, L., Jianwen, C., and Wankuan, S. 2022. First report of ring spot disease on sugarcane caused by *Curvularia ischaemi* in China. *Plant Disease*. 107(55): 1261-1640.
- Chowdhury, S., Rashid, H., Ahmed, R., and Haque, M. 2020. Studies on leaf blight disease of Sisso (*Dalbergia sissoo* Roxb.) in Bangladesh. *International Journal of Economic Plants*. 7(4): 162-164.
- Cimmino, A., Andolfi, A., Zonno, M.C., Avolio, F., Santini, A., Tuzi, A., Alexander, B., Maurizio, V., and Antonio, E. 2013. Chenopodolin a phytotoxic unrearranged ent- pimaradiene diterpene produced by *Phoma chenopodicola*, a fungal pathogen for *Chenopodium album* biocontrol. *Journal of Natural Products*. 76(7): 1291-1297.
- Cook, J. C., Charudattan, R., Zimmerman, T. W., Roskopf, E. N., Stall, W. M., and MacDonald, G. E. 2009. Effects of *Alternaria destruens*, glyphosate, and ammonium sulfate individually and integrated for control of dodder (*Cuscuta pentagona*). *Weed Technology*. 23(4): 550-555.
- Costa, M., Barba, A., Glaucia, M., and Ludwig, H. 2021. *Colletotrichum falcatum* and *Fusarium* species induce symptoms of red rot in sugarcane in Brazil. *Plant Pathology*. 70(8): 1807-1818.
- Dagno, K., Lahlali, R., Diourte, M., and Mohammed, H. 2012. Present status of the development of mycoherbicides against water hyacinth: successes and challenges. a review. *Biotechnologie Agronomie Societe et Environnement*. 16(3): 360-368.
- Damm, U., Mostert, L., Crous, P., and Fourie, P. 2008. Novel *Phaeoacremonium* species associated with necrotic wood of *Prunus trees*. *Persoonia*. 20: 87-102.
- Dieyeh, A. and Watson, A. 2007. Efficacy of *Sclerotinia minor* for dandelion control: effect of dandelion accession, age and grass competition. *Weed Research*. 47(1): 63-72.
- Direktorat Pupuk dan Pestisida. 2012. *Metode Standar Pengujian Efikasi Herbisida*. Direktorat Sarana dan Prasarana Pertanian. Jakarta.
- Evans, H., Seier, K., Derby, A., Falk, S., and Bailey, K. 2013. Tracing the origins of white tip disease of *Cirsium arvense* and its causal agent, *Phoma macrostoma*. *Weed Research*. 53(1): 42-52.

- Evidente, A., Lanzetta, R., Capasso, R., Vurro, M., and Bottalico, A. 1993. Pinlidoxin, a phytotoxic nonenolide from *Ascochyta pinodes*. *Phytochemistry*. 34(4): 999-1003.
- Evidente, A. and Motta, A. 2001. In bioactive compounds from natural products. *Phytotherapy Research*. 16(6): 473-525.
- Evidente, A., Sparapano, L., Andolfi, A., and Bruno, G. 2000. Two naphthalenone pentaketides from liquid cultures of *Phaeoacremonium aleophilum*, a fungus associated with esca of grapevine. *Phytopathologia Mediterranea*. 39(1): 162-168.
- Fauzi, M., Murdan, dan Muthahanas, I. 2018. Potensi jamur *Fusarium* sp. sebagai agen pengendali hayati gulma eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Scientific Journal of Agronomy*. 4(1): 64-71.
- Felix, M., Senwanna, C., Cheewangkoon, R., and Crous, P. 2017. New species and records of *Bipolaris* and *Curvularia* from Thailand. *Mycosphere*. 8(9): 1555-1573.
- Galea, V.J. 2021. Use of stem implanted bioherbicide capsules to manage an infestation of *Parkinsonia aculeata* in Northern Australia. *Plants*. 10(9): 2-17.
- Gan, P., Ikeda, K., Irieda, H., Narusaka, M., Connell, R. J., Narusaka, Y., Takano, Y., Kubo, Y., and Shirasu, K. 2013. Comparative genomic and transcriptomic analyses reveal the hemibio trophic stage shift of *Colletotrichum* fungi. *New Phytologist*. 197: 1236-1249.
- Ginting, C. dan Prasetyo, J. 2016. *Jamur Patogen Tumbuhan*. Plantaxia. Yogyakarta.
- Gu, Q., Shinghai, C., Qichao, H., Anan, C., Li, L., and Ruha, L. 2023. *Colletotrichum echinochloae*: a potential bioherbicide agent for control of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.). *Plants*. 12(3): 2-14.
- Guo, Q. Y., Cheng, L., Zhu, H. X., Li, W., Wei, Y. H., Chen, H. Y., Guo L. Z., Weng H., and Wang, J. 2020. Herbicidal activity of *Aureobasidium pullulans* PA-2 on weeds and optimization of its solid-state fermentation conditions. *Journal of Integrative Agriculture*. 19(1): 173-182.
- Gramaje, D., Maela, L., Ana, P., Treena, B., and Josep, A. 2014. New *Phaeoacremonium* species isolated from Sandalwood trees in Western Australia. *Ima Fungus*. 5(1): 67-77.
- Hafiz, R., Salleh, B., and Latiffah, Z. 2013. Morphological and molecular characterization of *Fusarium solani* and *Fusarium oxysporum* associated

- with crown disease of oil palm. *Brazilian Journal of Microbiology*. 44(3): 959-968.
- Harding, D. and Raizada, M. 2015. Controlling weeds with fungi, bacteria and viruses: a review. *Frontiers in Plant Science*. 6: 659-673.
- Heraux, F., Hallet, S., Ragothama, K.G., and Weller, S. 2005. Composted chicken manure as a medium for the production and delivery of *Trichoderma virens* for weed control. *Horticultural Science*. 40(5): 1394-1397.
- Hershenhorn, J., Casella, F., and Vurro, M. 2016. Weed biocontrol with fungi: past, present and future. *Biocontrol Science and Technology*. 26(10): 1-32.
- Hidayat, M. 2017. Analisis vegetasi dan keanekaragaman tumbuhan di kawasan manifetasi geotermal Ie Suum Kecamatan Mesjid Raya Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Biotik*. 5(20): 114-124.
- Hilton, A., Huanming, Z., Wenying, Y., and Won, B. 2017. Identification and characterization of pathogenic and endophytic fungal species associated with pokkah boeng disease of sugarcane. *Plant Pathology*. 33(3): 238-248.
- Jiang, N., Xinlei, F., and Chengming, T. 2021. Identification and characterization of leaf-inhabiting fungi from *Castanea* plantations in China. *Journal of Fungi*. 7(64): 2-59.
- Junior, R., Scariot, M., Forte, C., Pandolfi, L., Dil, J., Weirich, S., Carezia, C., Mulinari, J., Mazutti, M., and Fongaro, G. 2019. New perspective for weeds control using autochthonous fungi with selective bioherbicide potential. *Heliyon*. 5(5): 2-7.
- Kamel, A. 2021. Silver Nanomaterials for Agri Food Applications Nanobiotechnology for Plant Protection (Paperback). Elsevier Science. London.
- Kim, J. and Sang, H. 2019. The fungus *Colletotrichum* as a source for bioactive secondary metabolites. *Archives of Pharmacal Research*. 42(9): 735-753.
- Kokaew, J. 2005. Diversity of Fungi on Major Weed Diseases in Vegetable Garden Plots and their Potential Uses as Biological Weed Control. *Thesis*. Kasetsart University.
- Kremer, R. 2019. *Bioherbicides and Nanotechnology: Current Status and Future Trends*. Academic Press. Burlington.

- Kurnia, Gusmiaty, dan Larekeng, S. 2019. Identifikasi dan karakterisasi mikoriza pada tegakan nyatoh (*Palaquium* sp.). *Jurnal Perennial*. 15(1): 51-57.
- Kusai, N., Azmi, M., Zulkiffly, S., Yusof, M., and Zinudin, N. 2015. Morphological and molecular characterization of *Curvularia* and related species associated with leaf spot disease of rice in Peninsular Malaysia. *Rendiconti Lincei*. 27(2): 205-214.
- Marley, P. and Shebayan, J. 2005. Field assessment of *Fusarium oxysporum* based mycoherbicide for control of *Striga hermonthica* in Nigeria. *Biocontrol*. 50: 389-399.
- Masi M., Zonno M.C., Cimmino A., Reveglia P., Berestetskiy A., Boari A., Vurro M., and Evidente, A. 2018. On the metabolites produced by *Colletotrichum gloeosporioides* a fungus proposed for the *Ambrosia artemisiifolia* biocontrol; spectroscopic data and absolute configuration assignment of Colletochlorin A. *Natural Product Research*. 32(13): 1537-1547.
- Mathur, M. and Praveen, G. 2018. *Recruit the Plant Pathogen for Weed Management: Bioherbicide Sustainable Strategy*. Springer Nature Singapore. Singapore.
- Menaria, B. 2007. Bioherbicides: an eco-friendly approach to weed management. *Current science*. 92(1): 10-11.
- Miarti, C.W., Efri, Hadi, M.S., dan Suharjo, R. 2020. Identifikasi penyakit bercak daun coklat dan busuk umbi pada tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) akibat penambahan pupuk KCl dan “zincmicro”. *Journal of Tropical Upland Resources*. 2(1): 103-112.
- Maulina, Y. 2019. Eksplorasi dan Identifikasi Cendawan Patogen Gulma Daun Lebar serta Uji Virulensinya pada Gulma Daun Lebar dan Tanaman Budidaya. *Skripsi*. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Nichols, V., Nele, V., Rachael, C., and Bram, G. 2015. Weed dynamics and conversation agriculture principles a review. *Field Crops Research*. 183: 56-68.
- Pacanoski, Z. 2015. *Bioherbicides. Herbicides, Physiology of Action, and Safety*. IntechOpen. London.
- Pajrin, J., Pangesso dan Rosmini. 2013. Uji ketahanan beberapa varietas jagung (*Zea mays* L) terhadap intensitas serangan penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*). *Agrotekbis*. 1(2): 113-139.

- Palmer, W A., Heard, T A., and Sheppard, A. 2010. A review of Australian classical biological control of weeds programs and research activities over the past 12 years. *Biological Control*. 52(3): 271-287.
- Reveglia, P., Maria, L., Marco, M., Alessio, C., and Genoveffa, N. 2022. Untargeted and targeted LC-MS/MS based metabolomics study on in vitro culture of *Phaeoacremonium* species. *Journal of Fungi*. 8(1): 2-18.
- Roberts, J., Florentine, S., Fernando, W., and Tennakoon, K. 2022. Achievements, developments and future challenges in the field of bioherbicides for weed control: a global review. *Plants*. 11(17): 1-18.
- Salvamani, S., and Norazah, M. 2014. Macroscopic and microscopic approaches for identification of fungi from plant soil of Cameron Highlands. *Bioremediation Science and Technology Research*. 2(1): 14-18.
- Saxena, S., and Pandey, A. 2002. Evolution of indigenous isolate of *Alternaria alternata* (LC #508) for use as a mycoherbicide for *Lantana camara* L. *Crop Protection*. 21(1): 71-73.
- Schein, D., Maicon, S., Silvana, S., Luiz, E., Cristiane, F., Renata, G., Bryan, B., Ricardo, C., Giovanni, L., Marcuss, V., and Marcio, A. 2022. Microbial prospecting for bioherbicide production and evaluation of methodologies for maximizing phytotoxic activity. *Processes*. 10(10): 2-16.
- Schisler, D., Howard, K., Bothast, R. 1991. Enhancement of disease caused by *Colletotrichum truncatum* in *Sesbania exaltata* by coinoculating with epiphytic bacteria. *Biology Control*. 1(4): 261-268.
- Schueffler, A. and Anke, T. 2014. Fungal natural products in research and development. *Natural Product Reports*. 31(10): 1425-1448.
- Singh, B., Saxena, S., Meshram, V., and Kumar, M. 2016. Mycoherbicidal potential of *Phaeoacremonium italicum*, a new pathogen of *Eichhornia crassipes* infesting harike Wetland, India. *Mycobiology*. 44(2): 85-92.
- Singh, A. K. 2007. Isolation and characterization of herbicidal compounds from some selected fungi. *Thesis*. Bioscience. R.D. University. Jabalpur.
- Skipp, R.A., Bourdot, G.W., Hurrell, G.A., Chen, L.Y., Wilson, D.J., and Saville, D.J. 2013. *Verticillium dahliae* and other pathogenic fungi in *Cirsium arvense* from New Zealand pastures: occurrence, pathogenicity and biological control potential. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 56(1): 1-21.
- Suwanagul., A. 2013. Diversity of Hyphomycetes Fungi from Diseased Weeds. *Proceeding: The 4th Tropical Weed Science Conference*. Thailand.

- Soesanto, L., Endang, M., and Abdul, M. 2020. The potential of *Fusarium* sp. and *Chaetomium* sp. as biological control agents of five broad-leaf weeds. *Journa of Sustainable Agriculture*. 35(2): 299-307.
- Tampubolon, K., Sihombing, F., Purba, Z., Samosir, S., dan Karim, S. 2018. Potensi metabolit sekunder gulma sebagai pestisida nabati di Indonesia. *Jurnal Kultivasi*. 17(3): 683-693.
- Thomson, S. V., and Kropp, B. R. 2004. Production of *Puccinia thlaspeos* 'woad' strain inoculum using traditional farming equipment. *Phytopathology*. 94: 155.
- Tilley, A, and Walker, H. 2002. Evaluation of *Curvularia intermedia* (*Cochliobolus intermedius*) as a potential microbial herbicide for large Crabgrass (*Digitaria sanguinalis*). *Biological Control*. 25(1): 12-21.
- Todero, I., Tassia, C., Luciana, L., Thiarles, B., Gustavo, A., Thiago, C., Jonas, A., Giovani, L., and Marcio, A. 2018. Formulation of a bioherbicide with metabolites from *Phoma* sp. *Scientia Horticulturae*. 241: 285-292.
- Triasih, U., Abdul, L., Anton, M., and Sri, W. 2023. Morphological and molecular identification as well pathogenicity of the causal agents of fruit rot disease of apple manalagi (*Malus sylvestris*) in Pujon, East Java. *Journal of Tropical Plant Pests and Diseases*. 23(1): 56-66.
- Viswanathan, R. 2020. *Fusarium* diseases affecting sugarcane production in India. *Indian Phytopathology*. 73(35): 415-424.
- Watanabe, T. 2010. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species (3rd Edition)*. CRC Press. Boca Raton.
- Wei, T., Li, J., and Ni, HW. 2009. Bio-characteristics of *Culvularia lunata* J15. *Chinese Journal of Biological Control*. 25(1): 54-59.
- Xu, D., Mengyao, X., Zhen, S., Xiaowei, J., Xuwen, H., Daowan, L., and Ligang, Z. 2021. Phytotoxic secondary metabolites from fungi. *Toxins*. 13(4): 2-65.
- Xu, Z., Mengying, S., Yongqing, T., Zhao, P., Yifang, N., and Meide, L. 2019. Dirhamnolipid produced by the pathogenic fungus *Colletotrichum gloeosporioides* BWH-1 and its herbicidal activity. *Molecules*. 24(16): 5-10.
- Yulia, E., Mahmudah, A., Rahayu, A., Ceppy, N., Maharini, Y., Suganda, T., and Widayat, D. 2022. Phytopathogenic fungi as potential biocontrol agents against an invasive weed, *Asystasia gangetica*, at Sakambangan rubber

plantation in Garut, West Java, Indonesia. *Jurnal Biodiversitas*. 23(9): 4532-4538.

Ziaulhak, D., Loekas, S., dan Abdul, M. 2019. Eksplorasi dan uji virulensi jamur patogen gulma daun sempit di pertanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Sosial dan Sains*. 1(1): 19-27.

Zhu, Y. and Qiang, S. 2004. Isolation, pathogenicity and safety of *Curvularia* *agrostidis* isolate QZ-2000 as a bioherbicide agent for large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*). *Biocontrol Science and Technology*. 14: 769-782.