

**KARAKTERISASI, IDENTIFIKASI, DAN UJI PATOGENISITAS JAMUR
ENTOMOPATOGEN DARI RHIZOSFER TEBU SEBAGAI AGEN
PENGENDALI PENGGEREK BATANG TEBU**

(Skripsi)

Oleh

**NASYWA AMANDA PUTRI
2114191017**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

KARAKTERISASI, IDENTIFIKASI, DAN UJI PATOGENISITAS JAMUR ENTOMOPATOGEN DARI RHIZOSFER TEBU SEBAGAI AGEN PENGENDALI PENGGEREK BATANG TEBU

Oleh

NASYWA AMANDA PUTRI

Pengerek batang tebu (*Chilo auricilius*) merupakan salah satu hama penting tanaman tebu yang dapat menurunkan hasil panen secara signifikan. Pengendalian menggunakan insektisida kimiawi menyebabkan resistensi hama dan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan agen pengendali yang aman dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi, mengidentifikasi dan menguji kemampuan beberapa isolat jamur entomopatogen yang berasal dari rhizosfer tebu sebagai agen pengendali *C. auricilius*. Sebanyak 3 isolat jamur entomopatogen (GMP3U2, GMP7U3, dan J.Ulat GMP) digunakan dalam penelitian ini. Isolat jamur tersebut merupakan hasil skrining dari penelitian sebelumnya. Uji pertumbuhan koloni, sporulasi, viabilitas, kemampuan pemacu pertumbuhan dan patogenisitas jamur entomopatogen secara *in vitro* dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat GMP3U2 memiliki kemampuan tumbuh, sporulasi, dan viabilitas tertinggi. Isolat GMP3U2 juga memiliki kemampuan dalam menginfeksi larva *C. auricilius* dengan mortalitas mencapai 55%. Kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan juga ditunjukkan oleh isolat GMP3U2. Isolat GMP3U2 terlihat memiliki performa lebih baik dibandingkan dengan kedua isolat yang lain. Temuan ini mengindikasikan potensi isolat GMP3U2 sebagai agen multifungsi untuk pengendalian hayati dan mendukung produksi tebu yang berkelanjutan. Hasil identifikasi molekuler menunjukkan bahwa isolat GMP3U2 berada dalam satu grup yang sama dengan *reference strain* spesies *Aspergillus nomiae*, sedangkan GMP7U3 dan J.Ulat GMP adalah *Talaromyces trachyspermus*.

Kata kunci: *Chilo auricilius*, jamur entomopatogen, pengendalian hayati, rhizosfer, tebu

**KARAKTERISASI, IDENTIFIKASI, DAN UJI PATOGENISITAS JAMUR
ENTOMOPATOGEN DARI RHIZOSFER TEBU SEBAGAI AGEN
PENGENDALI PENGGEREK BATANG TEBU**

Oleh

NASYWA AMANDA PUTRI

Skripsi

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

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

: KARAKTERISASI, IDENTIFIKASI, DAN UJI
PATOGENISITAS JAMUR ENTOMOPATOGEN
DARI RHIZOSFER TEBU SEBAGAI AGEN
PENGENDALI PENGGEREK BATANG TEBU

Nama Mahasiswa

: Nasywa Amanda Putri

Nomor Induk Mahasiswa : 2114191017

Jurusan

: Proteksi Tanaman

Fakultas

: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

W. Wibowo

Y. Fitriana

Ir. Lestari Wibowo, M.P.
NIP 196208141986102001

Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP 198108152008122001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

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

NIP 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

Pembimbing Utama : **Ir. Lestari Wibowo, M.P.**

l. Lestari

Anggota Pembimbing : **Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.**

Yuyun

Pengaji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P.**

Sudi

2. Dekan Fakultas Pertanian



M. Kuswanta Futas Hidayat

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Maret 2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“KARAKTERISASI, IDENTIFIKASI, DAN UJI PATOGENISITAS JAMUR ENTOMOPATOGEN DARI RHIZOSFER TEBU SEBAGAI AGEN PENGENDALI PENGGEREK BATANG TEBU”** adalah benar hasil karya sendiri bukan orang lain. Semua hasil yang tertulis dalam skripsi ini telah sesuai dengan kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terjadi kekeliruan dan terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia mengikuti sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, April 2025
Penulis,



Nasywa Amanda Putri
NPM 2114191017

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 25 Juni 2003, sebagai anak keempat dari lima bersaudara, dari pasangan Almarhum Bapak Faizin Nurhadi dan Ibu Sri Indarti.

Penulis memulai pendidikan di Taman Kanak-kanak (TK) Pratama pada tahun 2007-2008, Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Sawah Brebes pada tahun 2009-2015, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 5 Bandar Lampung pada tahun 2015-2018, dan Sekolah Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 2 Bandar Lampung pada tahun 2018-2021.

Tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada Januari 2024 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Aji Jaya, Kecamatan Simpang Pematang, Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung. Agustus 2024 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Pusat Pelatihan Pertanian Pedesaan Swadaya (P4S) Jaya Anggara Farm. Selama masa perkuliahan penulis pernah menjadi anggota aktif Bidang Eksternal Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) periode 2023 dan 2024. Penulis juga pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Mikrobiologi Pertanian (2023), Pestisida Pertanian (2024), Kewirausahaan (2024), Bahasa Inggris Profesi (2025), dan Bioteknologi Proteksi Tanaman (2025).

Alhamdulillahirobbil'alamin
Segala puji bagi Allah SWT bersama dengan rahmat-Nya

Kupersembahkan karya ini untuk:

Orang tua tercinta Almarhum Bapak Faizin dan Ibu Sri Indarti, Kakak-kakak, dan Adik ku sebagai wujud rasa terima kasih atas kasih sayang dan dukungannya selama ini

Berikut pula sahabat dan teman-teman seperjuangan yang telah memberikan banyak dukungan di setiap waktu

Ir. Lestari Wibowo, M.P., Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., dan Dr. Ir. Sudi Pramono, M.S. yang telah memberikan arahan, saran, motivasi, serta ilmu yang bermanfaat

Serta

Almamater tercinta

**PROTEKSI TANAMAN, FAKULTAS PERTANIAN,
UNIVERSITAS LAMPUNG**

MOTTO

“It’s not the knowledge which should come to you, it is you who should come to knowledge”

– Imam Malik

“It always seems impossible until it is done”

– Nelson Mandela

“For all of you who are striving for your dream, you should believe in yourself and don’t let anyone bring you down. Negativity does not exist, it’s all about positivity, so keep that in mind. Have good friends around you, have good peers, surround yourself with good people, cause you’re good person, too. “

– Mark Lee

SANWACANA

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT atas berkat serta karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“KARAKTERISASI, IDENTIFIKASI, DAN UJI PATOGENISITAS JAMUR ENTOMOPATOGEN DARI RHIZOSFER TEBU SEBAGAI AGEN PENGENDALI PENGGEREK BATANG TEBU”**. Skripsi ini ditulis dengan tujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian Universitas Lampung. Dalam pelaksanaan, penulisan, dan penyusunan skripsi ini, penulis mendapat banyak sekali dukungan, bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
2. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
3. Ibu Ir. Lestari Wibowo, M.P., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan semangat selama penelitian sampai penulisan skripsi ini selesai,
4. Ibu Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, arahan, motivasi, dan semangat selama penelitian sampai penulisan skripsi ini selesai,
5. Bapak Dr. Ir. Sudi Pramono, M.S., selaku Dosen Penguji atas kritik, saran, bimbingan, arahan, dan semangat kepada penulis,
6. Ibu Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan, saran, dan nasihat selama perkuliahan,
7. Bapak Prof. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D., selaku tim dosen peneliti yang banyak memberikan arahan, saran, serta nasihat kepada penulis,

8. Seluruh dosen di Universitas Lampung atas dedikasinya dalam mengajar dan membekali pengetahuan yang bermanfaat kepada penulis selama masa studi di Universitas Lampung,
9. Pak Heru, Ibu Arum, Pak Imam, Pak Juvri, serta staff-staff lapangan PT Gunung Madu Plantations yang banyak membantu dan memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis,
10. Kedua orang tua Bapak Faizin Nurhadi (Alm.) dan Ibu Sri Indarti yang selalu memberikan doa, kasih sayang, serta dukungannya untuk Penulis,
11. Sahabat penulis Uh'yan Abadan, Qannitha Shaffa J. S., Okcaesa Darma, Ivanka Nabila, dan Sidang Blawan yang telah memberikan semangat, motivasi, dan bersama-sama disetiap suka duka menjalani perkuliahan,
12. Rekan-rekan sesama peneliti penggerek, Qannitha Shaffa J. S., Diah Ayu, Della Septiana, Adila, dan Fitri Antika atas kebersamaan, motivasi, semangat, serta bantuan yang diberikan pada penulis selama penelitian,
13. Rekan-rekan penulis Aqilah, Amylia, Yunita, Marchellius, Karina, Zakia, Jeremi, Faiz, dan seluruh mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman angkatan 2021 yang banyak membantu dalam memberikan informasi kepada penulis selama masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi,
14. Mba Tari, Mba Yeyen, Mba Lio, Mba Fauziah, Bang Nando, Bang Sem, Mas Helmi, dan Mas Zein, yang telah memotivasi dan membantu Penulis saat penelitian maupun penyusunan skripsi, dan
15. Almamater tercinta dan seluruh pihak yang namanya tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Semoga semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dapat terbalas.

Bandar Lampung, April 2025
Penulis,

Nasywa Amanda Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	17
1.1 Latar Belakang	17
1.2 Tujuan Penelitian.....	19
1.3 Kerangka Pemikiran	19
1.4 Hipotesis	20
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	21
2.1 Tanaman Tebu	21
2.2 Penggerek Batang Berkilat (<i>Chilo auricilius</i>)	22
2.3 Pengendalian Hayati	23
2.3.1 Jamur Entomopatogen	23
2.3.2 Tanah Rhizosfer.....	24
2.4 Jamur sebagai PGPF (<i>Plant Growth Promoting Fungi</i>).....	24
BAB III. METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat	26
3.2 Alat dan Bahan	26
3.3 Persiapan Penelitian	27
3.3.1 Pembuatan Media PDA (<i>Potato Dextrose Agar</i>).....	27
3.3.2 Peremajaan Isolat Jamur Rhizosfer.....	27
3.4 Pelaksanaan Penelitian	28

3.4.1 Karakterisasi Isolat Jamur Entomopatogen dari Rhizosfer Tebu	28
3.4.2 Uji Patogenisitas Isolat Jamur terhadap Larva <i>C. auricilius</i>	31
3.4.3 Identifikasi Jamur Entomopatogen dari Rhizosfer	33
3.5 Analisis Data	35
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	 36
4.1 Hasil.....	36
4.1.1 Karakter Isolat Jamur Entomopatogen dari Rhizosfer Tebu	36
4.1.2 Patogenisitas Isolat Jamur Entomopatogen terhadap Larva	41
4.1.3 Identitas Jamur Entomopatogen dari Rhizosfer.....	42
4.2 Pembahasan.....	47
 BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	 50
5.1 Simpulan.....	50
5.2 Saran	50
 DAFTAR PUSTAKA	 52
 LAMPIRAN.....	 58

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Isolat jamur yang digunakan	28
2. Diameter pertumbuhan koloni jamur entomopatogen.....	36
3. Sporulasi jamur entomopatogen.....	37
4. Viabilitas spora jamur entomopatogen.....	37
5. Pengukuran parameter untuk penentuan sebagai PGPF.....	40
6. Persentase mortalitas larva <i>C. auricilius</i>	41
7. Pertumbuhan koloni jamur pada 1 HSI.....	60
8. Analisis ragam pertumbuhan koloni jamur pada 1 HSI.....	60
9. Pertumbuhan koloni jamur pada 2 HSI.....	60
10. Analisis ragam pertumbuhan koloni jamur pada 2 HSI.....	60
11. Pertumbuhan koloni jamur pada 3 HSI.....	60
12. Analisis ragam pertumbuhan koloni jamur pada 3 HSI.....	61
13. Pertumbuhan koloni jamur pada 4 HSI.....	61
14. Analisis ragam pertumbuhan koloni jamur pada 4 HSI.....	61
15. Pertumbuhan koloni jamur pada 5 HSI.....	61
16. Analisis ragam pertumbuhan koloni jamur pada 5 HSI.....	61
17. Pertumbuhan koloni jamur pada 6 HSI.....	62
18. Analisis ragam pertumbuhan koloni jamur pada 6 HSI.....	62
19. Pertumbuhan koloni jamur pada 7 HSI.....	62
20. Analisis ragam pertumbuhan koloni jamur pada 7 HSI.....	62
21. Data sporulasi jamur	63
22. Anara sporulasi jamur (Transformasi log x)	64
23. Viabilitas jamur 8 jsi	64
24. Analisis ragam viabilitas jamur 8 jsi.....	64

25. Viabilitas jamur 10 jsi	64
26. Analisis ragam viabilitas jamur 10 jsi	65
27. Data jumlah daun	65
28. Analisis ragam jumlah daun	65
29. Data kehijauan daun	65
30. Analisis ragam kehijauan daun	66
31. Data tinggi tanaman	66
32. Analisis ragam tinggi tanaman	66
33. Data panjang akar	66
34. Analisis ragam panjang akar	67
35. Data bobot basah tajuk	67
36. Analisis ragam bobot basah tajuk	67
37. Data bobot kering tajuk	67
38. Analisis ragam bobot kering tajuk	68
39. Data bobot basah akar	68
40. Analisis ragam bobot basah akar	68
41. Data bobot kering akar	68
42. Analisis ragam bobot kering akar	69
43. Data mortalitas larva <i>C. auricilius</i>	69
44. Analisis ragam mortalitas larva <i>C. auricilius</i>	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Pengukuran diameter pertumbuhan koloni jamur entomopatogen.	28
2. Kenampakan parameter pengukuran tinggi tanaman.....	39
3. Larva <i>C. auricilius</i> yang diaplikasikan dengan jamur rhizosfer.	41
4. Morfologi jamur entomopatogen isolat GMP3U2.	42
5. Morfologi jamur entomopatogen isolat J.Ulat GMP	43
6. Morfologi jamur entomopatogen isolat GMP7U3	44
7. Hasil analisis sekuensing isolat J. Ulat GMP dan GMP7U3	45
8. Hasil analisis sekuensing isolat GMP3U2	46
9. Kenampakan spora jamur entomopatogen	59
10. Viabilitas jamur entomopatogen	59

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan salah satu komoditas utama dalam industri gula. Pada tahun 2022, luas perkebunan tebu di Indonesia diperkirakan mencapai ± 430 ribu ha, tersebar di berbagai daerah seperti Jawa Timur, Jawa Tengah, Lampung, Jawa Barat, Sumatera Selatan, Sulawesi Selatan, Sumut, Yogyakarta, Nusa Tenggara Barat, dan Gorontalo (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2022). Sebagai bahan baku utama dalam produksi gula, diperlukan tebu dengan kualitas dan kuantitas yang optimal. Namun, produksi tebu sering mengalami penurunan akibat berbagai faktor abiotik dan biotik, salah satunya adalah serangan hama.

Hama utama yang menyerang pertanaman tebu antara lain pengerek batang dan pengerek pucuk, yang dapat menyebabkan penurunan hasil gula hingga 10% (Subiyakto, 2016). Di Indonesia, terdapat enam spesies pengerek batang yang umum ditemukan, yaitu pengerek batang jambon (*Sesamia inferens* Walker), pengerek batang raksasa (*Phragmatoecia castaneae* Hubner), pengerek batang abu-abu (*Tetramera schistacea* Snellen), pengerek batang berkilat (*Chilo auricilius* Dudgeon), pengerek batang kuning (*Chilo infuscatellus* Snellen), dan pengerek batang bergaris (*Chilo sacchariphagus* Bojer). Di antara spesies tersebut, pengerek batang berkilat, pengerek batang bergaris, dan pengerek batang raksasa merupakan hama dengan dampak ekonomi paling signifikan (Annisa dkk., 2023).

Salah satu hama yang menyebabkan kerusakan serius pada tanaman tebu adalah pengerek batang berkilat (*C. auricilius*), yang dapat menurunkan hasil panen dan

menyebabkan kerugian ekonomi yang besar. Meidalima dan Kawaty (2015) melaporkan bahwa serangan hama ini dapat mulai terdeteksi sejak tanaman berumur dua bulan, dengan tingkat serangan tertinggi terjadi pada usia tiga hingga lima bulan. Berbagai metode pengendalian telah diterapkan untuk menekan populasi hama ini, tetapi efektivitasnya masih terbatas karena larva berkembang di dalam batang, sehingga pengendalian kimiawi menggunakan pestisida kurang efektif (Meidalima, 2014). Oleh karena itu, pengendalian hayati menjadi alternatif yang menjanjikan karena lebih ramah lingkungan dan efektif dalam mengatasi hama serta patogen tanaman.

Pengendalian hayati menggunakan agensia hayati, seperti serangga predator, nematoda, protozoa, jamur, bakteri, virus, mikoplasma, dan mikroorganisme lainnya, telah banyak dikembangkan. Agensia hayati memiliki keuntungan karena tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan maupun tanaman (Girsang dkk., 2020). Salah satu agensia hayati yang potensial adalah jamur entomopatogen, yang dapat menginfeksi dan menyebabkan kematian serangga inang. Rosmayuningsih dkk. (2014) menjelaskan bahwa jamur entomopatogen memiliki beberapa keunggulan, seperti tingkat produktivitas tinggi, siklus hidup yang cepat, serta spora yang mampu bertahan dalam kondisi lingkungan yang kurang mendukung. Oleh karena itu, pemanfaatan jamur entomopatogen dapat menjadi strategi alternatif dalam pengendalian hama penggerek batang tebu.

Hingga saat ini, pemanfaatan jamur entomopatogen dari rhizosfer tebu untuk pengendalian hama penggerek tebu masih terbatas. Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, telah mengoleksi beberapa isolat jamur entomopatogen hasil eksplorasi dari rhizosfer pertanaman tebu. Namun, penelitian mengenai identitas serta efektivitas jamur-jamur tersebut dalam mengendalikan hama penggerek batang tebu masih belum dilakukan. Selain itu, diperlukan karakterisasi lebih lanjut, seperti kemampuan pertumbuhan koloni, sporulasi, dan viabilitas spora, serta potensi isolat tersebut sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF).

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengkarakterisasi isolat jamur entomopatogen dari rhizosfer tanaman tebu,
2. Mengidentifikasi isolat jamur entomopatogen dari rhizosfer tanaman tebu, dan
3. Menguji kemampuan isolat jamur entomopatogen dari rhizosfer dalam menginfeksi dan menyebabkan mortalitas larva penggerek batang tebu secara *in vitro*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Berbagai patogen, seperti jamur, virus, bakteri, protozoa, dan nematoda, memiliki kemampuan menginfeksi tidak hanya pada tumbuhan tetapi juga pada serangga. Patogen yang dapat menginfeksi serangga disebut entomopatogen. Jamur sebagai salah satu patogen yang dapat menginfeksi serangga, keberadaannya sangat tersebar di alam (Nuraida dan Hariani, 2022). Jamur entomopatogen dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti jaringan tanaman (jamur endofit), serangga yang terinfeksi (*cadaver*), serta tanah di sekitar perakaran tanaman (rhizosfer). Rhizosfer merupakan lingkungan tanah yang kaya akan mikroba, termasuk agensia hidup yang berpotensi sebagai patogen serangga (Ristiari dkk., 2019).

Keberadaan jamur entomopatogen di tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kadar air, pH, kandungan bahan organik, serta komposisi senyawa kimia lainnya (Rahayu dkk., 2021). Penelitian-penelitian sebelumnya telah melaporkan keberadaan jamur entomopatogen pada rhizosfer pertanaman tebu. Agastya dkk. (2018) menemukan tiga jenis isolat jamur entomopatogen pada rhizosfer lahan kering pertanaman tebu, yaitu *Aspergillus* sp., *Metarhizium* sp., dan *Beauveria* sp. Donga *et al.* (2021) melaporkan penemuan *B. bassiana*, *Isaria* spp., dan *Metarhizium* spp. pada tanah ladang tebu di Afrika. Sementara Fitri (2024) menemukan tiga jenis isolat jamur entomopatogen yang berasal dari serangga terinfeksi (*cadaver*) dan rhizosfer pertanaman tebu, yang diantaranya adalah *Beauveria* sp., *Aspergillus* sp., dan *Trichoderma* sp.

Performa jamur entomopatogen dapat diketahui dengan cara menguji ciri karakteristik dari jamur entomopatogen tersebut, mulai dari pertumbuhan koloni, kemampuan produksi spora, serta kemampuan perkecambahan sporanya. Lestari dkk. (2023) menyebutkan ciri jamur entomopatogen yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai agensi pengendali adalah yang mempunyai nilai sporulasi dan viabilitas yang tinggi. Simbolon (2023) menyebutkan bahwa jamur entomopatogen dengan kerapatan spora pengenceran 10^7 efektif untuk mengendalikan penggerek batang padi putih dengan persentase mortalitas mencapai 100%. Fitri (2024) melaporkan bahwa jamur *Aspergillus* sp. dengan daya perkecambahan mencapai 41,84% dapat menyebabkan kematian larva penggerek batang tebu (*C. auricilius*) sebesar 56%. Ruspratama dan Himawan (2021) melaporkan bahwa jamur entomopatogen yang di aplikasikan pada hama *Spodoptera exigua* selain dapat mengurangi populasi hama, juga berpotensi meningkatkan bobot dari umbi lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa jamur entomopatogen juga mempunyai potensi menjadi agen pemacu pertumbuhan tanaman.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Karakteristik masing-masing isolat jamur entomopatogen dari rhizosfer tanaman tebu berbeda,
2. Isolat jamur entomopatogen dari rhizosfer tanaman tebu berasal dari genus berbeda, dan
3. Isolat jamur entomopatogen hasil eksplorasi dari rhizosfer mampu menginfeksi dan menyebabkan mortalitas larva penggerek batang tebu (*Chilo auricilius*) secara *in vitro*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tebu

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman yang dapat tumbuh baik di daerah tropika basah maupun subtropis. Tebu termasuk dalam famili rumput-rumputan (*Poaceae*) dan merupakan tanaman monokotil yang dapat dibudidayakan secara vegetatif menggunakan bagal maupun generatif melalui pembibitan mata ruas tunggal dan mata tunas tunggal (Rokhman dkk., 2014).

Tanaman ini mempunyai akar serabut. Batang tanamannya berbentuk bulat dengan ruas-ruas kulit batang yang tebal, keras, dan panjang. Permukaan daunnya berbulu dengan pertulangan daun sejajar. Daun tebu termasuk kedalam jenis daun lengkap yang terdiri dari pelepah dan beberapa helai daun. Pelepahnya memiliki ciri memeluk batang dengan lebar daun yang semakin menyempit ke atas.

Daunnya langsung menempel pada ruas batang dengan pola tersebar memanjang membentuk pita, ujung daunnya runcing sedangkan bagian pangkalnya rata.

Bunga tanaman tebu digolongkan dalam bunga majemuk (Ardila dkk., 2022).

Menurut *United States Department of Agriculture* (USDA) (2024), klasifikasi botani tanaman tebu adalah sebagai berikut.

Kingdom	:	Plantae
Sub Kingdom	:	Tracheobionta
Super divisi	:	Spermatophyta
Divisi	:	Magnoliophyta
Kelas	:	Liliopsida
Subclass	:	Commelinidae
Ordo	:	Cyperales
Famili	:	Poaceae
Genus	:	<i>Saccharum</i>
Spesies	:	<i>Saccharum officinarum</i> L.

Tebu merupakan tanaman perkebunan utama sebagai bahan baku gula. Permintaan gula yang tinggi menjadikan tebu memiliki peranan penting dalam industri makanan. Direktorat Jenderal Perkebunan (2024), melaporkan bahwa produksi tebu di tahun 2022 yang mencapai 2,41 juta ton, di tahun 2023 terjadi penurunan menjadi 2,27 juta ton. Hal ini sepertinya berkaitan dengan menurunnya luas areal perkebunan tebu yang diperkirakan mencapai \pm 524 ribu ha pada tahun 2022, namun menurun menjadi \pm 511 ribu ha di tahun 2023. Penurunan produksi tebu ini dapat disebabkan oleh banyak faktor lain salah satunya karena organisme pengganggu tumbuhan (OPT) seperti serangan hama.

2.2 Pengerek Batang Berkilat (*Chilo auricilius*)

Pengerek batang berkilat (*C. auricilius* Dudgeon) merupakan salah satu hama utama pada tanaman tebu. Gejala serangan mulai terlihat pada tanaman berumur lima bulan atau lebih, ditandai dengan bercak transparan berbentuk bulat oval pada daun. Serangan dimulai ketika telur yang diletakkan di bagian bawah permukaan daun menetas. Larva kemudian masuk melalui pelepas atau batang tebu, membentuk lubang gerekan yang merusak ruas batang (Subiyakto, 2016). Peningkatan populasi *C. auricilius* beriringan dengan umur tanaman tebu. Populasinya memuncak antara bulan Juni sampai Desember karena dipicu curah hujan. *C. auricilius* dapat hidup berdampingan dengan jenis pengerek yang lain, tanpa terjadi kompetisi makan (Sallam *et al.*, 2021).

Menurut *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) (2025), klasifikasi dari *C. auricilius* adalah sebagai berikut.

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Lepidoptera
Famili	: Crambidae
Genus	: <i>Chilo</i>
Spesies	: <i>Chilo auricilius</i> Dudgeon

Imago betina *C. auricilius* meletakkan telur secara berkelompok di bawah daun tebu. Satu imago betina mampu menghasilkan 100-150 telur per kelompok dengan tingkat penetasan 39-90%. Telur menetas dalam waktu 5-8 hari setelah

diletakkan. Larva instar satu dan dua memakan lapisan daun sebelum menembus batang tebu. Fase larva berlangsung selama 21- 85 hari, fase pupa selama 5-14 hari, sedangkan imago bertahan selama 5-14 hari. Siklus *C. auricilius* berlangsung selama 36-111 hari (Partihar dkk., 2024). Karena mengalami empat tahap perkembangan (telur, larva, pupa, dan imago), *C. auricilius* dikategorikan sebagai serangga dengan metamorfosis sempurna (Kindangen dkk., 2020).

2.3 Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati merupakan teknik pengendalian hama yang menggunakan mikroba non-patogenik sebagai agen pengendali. Dalam pengendalian ini, musuh alami hama dimanfaatkan untuk menekan perkembangbiakan hama. Sifatnya bergantung dengan kepadatan hama tersebut, apabila populasi hama meningkat secara alamiah populasi musuh alami juga akan meningkat (Muliani, 2022). Pengendalian ini adalah inti dari pengendalian hama terpadu (PHT) yang berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimiawi sintetik. Karena itu, pengendalian hayati bersifat ekologis karena ramah lingkungan dan berkelanjutan karena dapat mempertahankan ekosistem pertanian.

Musuh alami dalam pengendalian hayati terdiri atas parasitoid, predator, dan entomopatogen (Hayati, 2021). Pengertian dari parasitoid yaitu serangga yang hidup dan mendapatkan makan dari inangnya, lalu inang akan mati saat siklus hidup parasit sempurna (Muliani, 2022). Predator sendiri adalah kelompok organisme yang ukurannya biasanya lebih besar dari mangsanya, organisme ini bertahan hidup dengan memakan organisme lain atau mangsanya (Malado dkk., 2024). Entomopatogen merupakan organisme yang bersifat patogen terhadap serangga hama. Beberapa kelompok entomopatogen yang umum digunakan meliputi bakteri, jamur, virus, protozoa, dan nematoda (Rahayu dkk., 2021).

2.3.1 Jamur Entomopatogen

Jamur entomopatogen dapat ditemukan di tanah sekitar perakaran tanaman (rhizosfer) dan dari serangga yang terinfeksi jamur tersebut (Suciatmih dkk., 2015). Arsi dkk. (2020) menjelaskan bahwa jamur entomopatogen bersifat

heterotrof, bergantung pada organisme lain sebagai sumber makanan, dengan cara memarasit serangga hama. Infeksi jamur entomopatogen dapat terjadi melalui dua cara mekanisme, yaitu kimiawi dan mekanik. Infeksi kimiawi melibatkan enzim seperti kitinase, proteinase, dan lipase yang berperan dalam penguraian kutikula serangga. Sementara itu, infeksi mekanik terjadi saat menembus kutikula serangga menggunakan hifanya. Setelah penetrasi, jamur akan berkembang di dalam hemolimfa serangga dan menyebabkan kematian inangnya (Apriansyah dkk., 2024). Jamur entomopatogen dapat masuk ke tubuh serangga melalui kulit, saluran pencernaan, dan spirakel (Permadi dkk., 2019).

2.3.2 Tanah Rhizosfer

Rhizosfer merupakan selapis tanah yang menyelimuti akar tanaman (rhizoplane). Pada daerah ini terjadi interaksi antara tanah, tanaman, serta organisme yang berhubungan dengan akar. Faktanya secara biologi, daerah rhizosfer memiliki tingkat aktivitas dan jumlah mikroorganisme yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah non-rhizosfer. Hal ini karena interaksi yang terjadi antara akar dan mikroorganisme akan menaikkan ketersediaan hara untuk keduanya (Puspitorini, 2024). Keberadaan akar tanaman mempengaruhi kandungan bahan organik dan eksudat di tanah, yang pada akhirnya mendukung kelimpahan mikroba tanah (Tambingsila, 2020). Yuliana dkk. (2019) menyatakan bahwa jamur entomopatogen dapat ditemukan di sekitar perakaran. Beberapa jenis jamur yang sering ditemukan dalam tanah rhizosfer antara lain *Trichoderma*, *Penicillium*, dan *Paecilomyces* (Liza dkk., 2015).

2.4 Jamur sebagai PGPF (*Plant Growth Promoting Fungi*)

Plant Growth Promoting Fungi atau *Plant Growth Regulator* merupakan jamur yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Sistem kerjanya terbagi menjadi mekanisme langsung seperti produksi fitohormon, pengurangan kadar etilen dalam tanah, dan pelarut fosfat. Serta mekanisme tidak langsung seperti mekanisme pengendalian hayati, produksi antibiotik, dan induksi resistensi sistemik (*Induce systemic resistance*). Fitohormon diartikan sebagai

senyawa atau zat kimia yang mempunyai kemampuan untuk merangsang serta menghambat pertumbuhan tanaman contohnya seperti auksin dan giberelin (Silva dkk., 2021). Hyakumachi (1994) melaporkan beberapa jamur rhizosfer yang berpotensi sebagai PGPF diantaranya *Penicilium*, *Trichoderma*, dan *Fusarium*. Jamur dari genus *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Piriformospora*, dan *Phoma* telah banyak dilaporkan sebagai PGPF (Hossain dkk., 2017).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari Agustus 2024 sampai Desember 2024. Jamur entomopatogen yang digunakan berasal dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung (LBPFP), dan diperoleh dari rhizosfer tanaman tebu. Aplikasi isolat jamur terhadap hama penggerek batang tebu dilakukan di Laboratorium *Research and Development*, PT Gunung Madu Plantations. Sementara itu, peremajaan, uji pertumbuhan, sporulasi, viabilitas, identifikasi morfologi, dan identifikasi molekuler dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Uji kemampuan jamur sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) dilakukan di Rumah Plastik, Bataranila, Natar.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain cawan petri, timbangan, autoklaf, skalpel, bor gabus, jarum ose, pinset, mikropipet (0-1000 μ L), tip (0-1000 μ L), *microwave*, *haemocytometer*, plastik tahan panas, kaca preparat, *cover glass*, mikroskop, labu Erlenmeyer, *aluminium foil*, karet gelang, plastik tahan panas, dandang, tabung reaksi, Bunsen, plastik wrap, *Laminar Air Flow* (LAF), penggaris, nampan, kertas merang, *polybag*, *chlorophyll meter*, oven, *tisu*, *rotamixer*, *hand sprayer*, tabung *microcentrifuge*, *centrifuge*, drigalski, mesin PCR, cetakan sumur agar, tabung *Eppendorf* (1,5 mL), mesin elektroforesis, *Digi Doc*, program MEGA 11, alat tulis, dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tiga isolat jamur entomopatogen dari koleksi LBPFP (Tabel 1), larva *C. auricilius* (instar 3-4), kentang, agar batang, akuades, alkohol 70%, asam laktat, *dextrose*, batang tebu, air, benih mentimun varietas Tafi F1, kompos, pasir, Tween 80, CTAB 2%, *buffer*, fenol, kloroform, isoamyl alkohol (PCI), kloroform isoamyl alkohol (CI), *isopropanol* dingin 60%, alkohol dingin 70%, *buffer* TE, sampel DNA, primer umum ITS-1 dan ITS-4, *Green master mix*, air steril, DNA hasil PCR, *loading dye*, dan DNA *ladder*.

3.3 Persiapan Penelitian

3.3.1 Pembuatan Media PDA (*Potato Dextrose Agar*)

Media PDA dibuat dengan mencampurkan ekstrak kentang, *dextrose*, dan agar batang. Untuk 1000 mL media PDA, digunakan 200 g kentang, 20 g *dextrose*, dan 20 g agar batang. Kentang dipotong dadu dan direbus dalam 1000 mL akuades hingga mendidih. Larutan hasil rebusan kemudian dicampurkan dengan *dextrose* dan agar batang dalam labu Erlenmeyer. Setelah ditutup *aluminium foil* dan diikat dengan karet gelang, media disterilsasi dalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah suhu turun hingga ± 50°C, ditambahkan 1,4 mL larutan asam laktat, dihomogenkan, kemudian media dituangkan ke dalam cawan petri steril.

3.3.2 Peremajaan Isolat Jamur Rhizosfer

Tiga isolat jamur entomopatogen rhizosfer pertanaman tebu (Tabel 1) diperbanyak dengan peremajaan pada media PDA. Peremajaan dilakukan secara steril di dalam LAF dengan memotong isolat jamur menggunakan ose atau *skalpel*, kemudian meletakkannya pada media baru. Setelah inkubasi selama 7 hari, isolat siap digunakan.

Tabel 1. Isolat jamur entomopatogen yang digunakan dalam penelitian

No	Kode isolat	Asal isolat	Tahun isolasi
1	GMP3U2	Rhizosfer Tebu PT GMP	2024
2	GMP7U3	Rhizosfer Tebu PT GMP	2024
3	J. Ulat GMP	Serangga terinfeksi PT GMP	2024

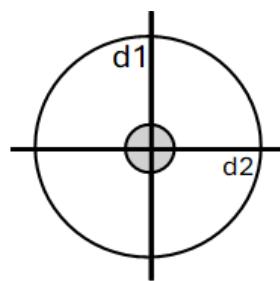
3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Karakterisasi Isolat Jamur Entomopatogen dari Rhizosfer Tebu

Karakterisasi dilakukan dengan uji pertumbuhan koloni, sporulasi, dan viabilitas spora, pengujian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga isolat jamur sebagai perlakuan, dan diulang sebanyak lima kali. Uji PGPF dilakukan menggunakan RAL yang terdiri dari lima perlakuan (tiga isolat jamur, satu konsorsium, dan satu kontrol), masing-masing dengan lima ulangan.

3.4.1.1 Uji Pertumbuhan Koloni Jamur

Pengukuran diameter pertumbuhan koloni jamur entomopatogen dilakukan dengan membuat garis vertikal dan horizontal yang titik potongnya tepat berada ditengah koloni jamur (Gambar 1). Pengukuran dilakukan setiap hari dari 1-7 hari setelah inokulasi (HSI).



Gambar 1. Pengukuran diameter pertumbuhan koloni jamur entomopatogen.

Rumus penghitungan diameter pertumbuhan koloni jamur (Syahnen dkk., 2014):

$$D = \frac{d_1+d_2}{2}$$

Keterangan:

D = diameter koloni jamur (cm),

d₁ = diameter vertikal koloni jamur (cm), dan

d₂ = diameter horizontal koloni jamur (cm).

3.4.1.2 Uji Sporulasi Jamur

Pembuatan suspensi konidia jamur dilakukan dengan menambahkan 10 mL air steril ke dalam cawan petri berisi biakan jamur, kemudian jamur dipanen menggunakan drigalski dengan hati-hati. Selanjutnya suspensi dipindahkan ke tabung reaksi dan dilakukan pengenceran bertingkat. Pengujian sporulasi jamur entomopatogen dilakukan dengan mengambil 25 μ L suspensi konidia jamur entomopatogen kemudian diteteskan secara perlahan pada bidang hitung *haemocytometer*, dan ditutup dengan gelas penutup. Penghitungan jumlah spora dibantu dengan mikroskop binokuler perbesaran 400x. Jumlah spora dihitung dengan cara memilih 5 bidang atau kotak sedang pada *haemocytometer*, kemudian setiap bidang dihitung jumlah spora pada tiap kotak kecilnya lalu dirata-ratakan nilainya. Setelah diketahui rata-rata spora pada 5 bidang pandang *haemocytometer* sporulasi jamur dihitung dengan rumus (Syahnen dkk., 2014) :

$$S = R \times K \times F$$

Keterangan:

S = Jumlah spora (spora/mL),

R = Jumlah rata-rata spora pada 5 bidang pandang *haemocytometer*,

K = Konstanta koefisien alat ($2,5 \times 10^5$), dan

F = Faktor Pengenceran yang dilakukan.

3.4.1.3 Uji Viabilitas Spora Jamur

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengambil 20 μ L suspensi spora jamur entomopatogen kemudian diteteskan di atas media PDA lalu diinkubasi selama 6 jam. Selanjutnya diamati isolat jamur yang diinkubasi di bawah mikroskop dengan perbesaran 400 x. Pengamatan dilakukan setiap 2 jam sekali sampai spora berkecambah, selanjutnya dihitung banyaknya spora yang berkecambah dan yang tidak berkecambah. Spora dapat dikatakan berkecambah apabila terbentuk tabung kecambah yang panjangnya dua kali diameter spora (Espinel-Ingroff, 2000).

Rumus untuk menghitung viabilitas spora dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Syahnen dkk., 2014) :

$$\text{Viabilitas Spora} = \frac{\text{Jumlah spora berkecambah}}{\text{Total spora yang diamati}} \times 100\%$$

3.4.1.4 Uji Kemampuan Jamur sebagai PGPF (*Plant Growth Promoting Fungi*)

Pengujian PGPF dilakukan dengan menggunakan tanaman mentimun sebagai tanaman indikator. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan isolat jamur sebagai jamur yang dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan cara mengaplikasikan jamur ke media tumbuh. Peubah yang diamati dalam percobaan adalah tinggi tanaman, jumlah daun, kehijauan daun, panjang akar, bobot basah tajuk, bobot basah akar, bobot kering akar, serta bobot kering tajuk. Pengamatan dilakukan mulai dari 1 hari sampai dengan 21 hari setelah tanam (HST).

3.4.1.4.1 Perbanyakan Jamur dengan Media Beras

Menyiapkan beras sebanyak 100 g per plastik per isolat ($3 \text{ ulangan} \times 10 \text{ isolat jamur} = 3000 \text{ g}$). Beras yang telah disiapkan selanjutnya dicuci bersih dan kukus sampai setengah matang dalam kurun waktu ± 15 menit. Setelah itu, beras setengah matang tersebut dikeringanginkan hingga dingin. Kemudian dimasukan 100 g beras setengah matang ke dalam plastik tahan panas. Beras yang dimasukan ke dalam plastik tahan panas, dipadatkan dan diposisikan pada bagian bawah plastik. Lalu setelah terisi, plastik tahan panas tersebut digulung dan distaples. Beras disterilkan dengan cara diautoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 20 menit. Selanjutnya isolat jamur diinokulasikan dan diinkubasi selama 2-3 minggu.

3.4.1.4.2 Penyemaian Benih Timun

Benih mentimun direndam dengan air hangat bersuhu $\pm 45^\circ\text{C}$ selama 30 menit. Selanjutnya benih didesinfeksi dengan direndam dalam alkohol 70% selama 1 menit untuk mencegah terjadinya kontaminasi. Lalu, benih dicuci menggunakan air steril sebanyak tiga kali untuk membersihkan sisa larutan desinfektan. Kemudian benih disemai dalam nampakan yang dilapisi kertas merang lembab dan diinkubasi selama 3-5 hari hingga berkecambah.

3.4.1.4.3 Penyiapan Media Tanam

Menyiapkan pasir dan kompos steril dengan perbandingan (1:1) yang telah disterilkan dengan menggunakan dandang selama 2 jam. Selanjutnya media tanam tersebut dicampur dengan 10 g formulasi isolat jamur entomopatogen rhizosfer. Selanjutnya campuran media tanam dan formulasi isolat jamur entomopatogen tersebut dimasukkan sebanyak 1,0 kg/polybag.

3.4.1.4.4 Pindah Tanam dan Pemeliharaan

Benih mentimun yang sudah berkecambah dipindah tanamkan ke dalam polybag sebanyak dua kecambah. Setelah berumur 5 hari setelah tanam (HST) dipilih salah satu tanaman yang lebih baik, lalu satu tanaman lainnya dicabut sehingga dalam satu polybag hanya terdapat satu tanaman mentimun. Pemeliharaan dilakukan dengan melakukan penyiraman tanaman mentimun pada waktu sore selama 21 hari di Rumah Plastik, Bataranila, Natar.

3.4.1.4.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan setiap dua hari sekali selama 21 hari. Pengamatan terhadap bobot basah dan bobot kering brangkas tanaman yang meliputi bagian akar, tajuk dan panjang akar, dilakukan pada hari terakhir pengamatan yang digunakan sebagai data penunjang untuk mengetahui efek perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman. Bobot basah tanaman ditimbang setelah tanaman baru dicabut dan dicuci bersih. Sedangkan bobot kering tanaman ditimbang setelah dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven selama 3 hari dengan suhu 80°C sampai bobot konstan.

3.4.2 Uji Patogenisitas Isolat Jamur terhadap Larva *C. auricilius*

Pengujian dilakukan dengan RAL menggunakan empat perlakuan (tiga isolat dan satu kontrol) dengan 5 kali ulangan.

3.4.2.1 Persiapan Serangga Uji Larva *C. auricilius*

Serangga uji larva *C. auricilius* yang digunakan pada pengujian merupakan larva *C. auricilius* (instar 3-4) hasil *rearing*. Metode *rearing* yang digunakan mengacu pada metode *rearing* PT Gunung Madu Plantation, Lampung Tengah.

3.4.2.2 Aplikasi Suspensi Jamur Entomopatogen pada Larva *C. auricilius*

Pembuatan suspensi jamur entomopatogen mengacu pada metode yang dilakukan oleh Fitriana *et al.* (2018) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 10 mL larutan 1% molase yang mengandung 0.1% Tween 80, ditambahkan ke dalam cawan petri yang berisi biakan murni jamur entomopatogen terpilih berumur 7 hari. Kemudian spora jamur dipanen menggunakan drigalski dengan hati-hati sehingga media agar tidak terikut. Suspensi spora jamur entomopatogen yang didapatkan, selanjutnya diencerkan menggunakan larutan 1% molase yang mengandung 0.1% Tween 80 hingga kerapatan 10^6 spora/mL. Setelahnya suspensi disemprotkan ke serangga larva pengerek batang instar 3 dengan jarak 10-15 cm dari serangga uji. Pada perlakuan kontrol hanya disemprot dengan 0,1% Tween 80. Setiap satuan percobaan menggunakan 10 larva hama pengerek batang tebu. Pengamatan dilakukan selama 7 hari setelah aplikasi atau sampai serangga uji mati. Persentase mortalitas selanjutnya dihitung dengan rumus Malau *et al.* (2010) sebagai berikut.

$$PI = \frac{\Sigma n}{\Sigma N} \times 100$$

Keterangan:

PI = Persentase infeksi (%),

n = Serangga yang mati (ekor), dan

N = Jumlah serangga yang diuji (ekor).

Apabila pada kontrol terdapat kematian larva *C. auricilius* kurang dari 20%, maka harus dilakukan persentase kematian terkoreksi yang dihitung dengan rumus (Abbot, 1987) sebagai berikut.

$$\% = \left(\frac{X - Y}{100 - Y} \right) \times 100$$

Keterangan:

X = Persentase kematian pada perlakuan,

Y = Persentase kematian pada kontrol.

3.4.3 Identifikasi Jamur Entomopatogen dari Rhizosfer

3.4.3.1 Identifikasi Morfologi

Jamur yang telah berumur 7 hari setelah isolasi (HSI) diamati morfologi makroskropis dan mikroskopis. Pengamatan secara makroskopis meliputi warna, bentuk, dan pertumbuhan koloni jamur. Sementara itu, pengamatan mikroskopis dilakukan menggunakan mikroskop majemuk dengan perbesaran 400x untuk mengamati karakteristik hifa, termasuk keberadaan sekat, percabangan, serta warna (gelap atau hialin transparan). Selain itu, diamati juga warna dan bentuk konidia (bulat, lonjong, berantai atau tidak beraturan) serta keberadaan konidia (Ariyanto dkk., 2013).

3.4.3.2 Identifikasi Molekuler

3.4.3.2.1 Ekstraksi DNA Jamur Entomopatogen

Jamur berumur 7-14 HSI dipanen menggunakan drigalsky dengan menambahkan 10 mL akuades ke dalam cawan berisi biakan jamur. Hasil panen kemudian dimasukan ke dalam tabung dan disentrifugasi pada kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya, endapan dicuci dengan menambahkan 500 μ L alkohol 70%, lalu disentrifugasi kembali dengan kondisi yang sama, dan supernatant dibuang. *Pellet* yang tersisa ditambahkan 1.000 μ L larutan *buffer*, ditumbuk halus, dan diambil 500 μ L. Larutan tersebut kemudian ditambahkan 400 μ L CTAB 2%, dimasukkan ke dalam tabung mikrocentrifuge, dan diinkubasi pada suhu 65 °C selama 60 menit. Setelah itu, ditambahkan 500 μ L larutan fenol, kloroform, dan isoamil alkohol (PCI), kemudian disentrifugasi selama 10 menit pada kecepatan 14.000 rpm.

Supernatant sebanyak 600 μ L diambil dan dipindahkan ke tabung baru. Selanjutnya ditambahkan 600 μ L kloroform isoamil alkohol (CI) dan disentrifugasi selama 10 menit pada kecepatan 14.000 rpm. Supernatant sebanyak 400 μ L diambil dan dipindahkan ke tabung *microcentrifuge* baru, lalu ditambahkan 400 μ L isopropanol dingin 60%, kemudian diinkubasi pada suhu 20 °C selama 20 menit.

Larutan kemudian disentrifugasi kembali dengan kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit. Supernatant dibuang, dan pellet yang terbentuk dicuci dengan 500 μ L alkohol dingin 70%. Setelah itu, larutan disentrifugasi kembali pada kecepatan yang sama selama 5 menit, supernatant dibuang, dan pellet dikeringkan selama satu hari sebelum ditambahkan 50 μ L buffer TE.

3.4.3.2.2 Amplifikasi dengan PCR (*Polymerase Chain Reaction*)

Amplifikasi DNA hasil ekstraksi dilakukan dengan teknik PCR berdasarkan metode White et al. (1990), menggunakan primer universal ITS-1 (5’TCC GTAGGT GAA CCT TGC GG 3’) dan ITS-4 (5’TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC 3’). Reaksi PCR dilakukan dalam volume total 25 μ L, terdiri dari 1,0 μ L DNA sampel, 1,0 μ L primer ITS-1, 1,0 μ L primer ITS-4, 12,5 μ L *Green master mix*, dan 9,5 μ L air steril. Proses PCR terdiri dari tahapan sebagai berikut: inisiasi pada suhu 95 °C selama 5 menit, denaturasi pada suhu 94-95°C selama 3 menit, *annealing* pada suhu 30-60°C dan ekstensi pada suhu 72°C selama 1 menit, dan Ekstensi akhir pada suhu 72°C berlangsung selama 45 detik. Proses denaturasi hingga ekstensi dilakukan sebanyak 30 siklus.

3.4.3.2.3 Elektroforesis dan Visualisasi Hasil PCR

Hasil PCR sebanyak 3 μ L dicampur dengan 1 μ L *loading dye*, kemudian dimasukkan ke dalam sumur agarosa. Sumur lainnya diisi dengan 3 μ L DNA *ladder* sebagai penanda ukuran. Elektroforesis dilakukan selama 60 menit pada tegangan 50 Volt. Hasil elektroforesis kemudian diamati menggunakan *Digi Doc*.

3.4.3.2.4 Sekuensing dan Analisis Hasil

DNA isolat yang diperoleh dikirimkan ke PT Genetika Science, Jakarta untuk proses sekuensing. Hasil sekuensing dianalisis menggunakan perangkat lunak MEGA 11.

3.5 Analisis Data

Data uji pertumbuhan koloni, sporulasi, viabilitas spora, PGPF, dan patogenisitas dianalisis menggunakan analisis ragam (ANARA). Uji homogenitas dilakukan dengan Uji Bartlett, sedangkan keaditifitannya diuji dengan Uji Tukey. Jika hasil analisis menunjukkan perbedaan nyata, maka dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) untuk membedakan nilai tengahnya.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah diuraikan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Tiga isolat jamur dari rhizosfer tebu menunjukkan karakteristik berbeda, dengan GMP3U2 sebagai isolat unggul dalam pertumbuhan, sporulasi, viabilitas spora, serta potensi sebagai PGPF,
2. Identifikasi morfologi menunjukkan bahwa isolat GMP3U2, GMP7U3, dan J. Ulat GMP secara berurut teridentifikasi sebagai jamur yang berasal dari genus *Aspergillus* sp., *Talaromyces* sp., dan *Paecilomyces* sp. Sementara identifikasi molekuler menunjukkan bahwa GMP3U2 adalah *Aspergillus nomiae*, sedangkan GMP7U3 dan J. Ulat GMP adalah *Talaromyces trachyspermus*,
3. Uji patogenisitas menunjukkan bahwa semua isolat mampu menginfeksi larva *C. aurilius*. Persentase mortalitas isolat GMP3U2 (*A. nomiae*), J. Ulat GMP (*T. trachyspermus*) dan GMP7U3 (*T. trachyspermus*) secara berturut-turut yakni 55,00%; 50,00%; dan 36,67%. Dengan persentase kematian terkoreksi GMP3U2 (34,15%), J.Ulat GMP (26,83%), dan GMP7U3 (7,32%).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan:

1. Melakukan uji patogenisitas ulang dengan instar larva yang seragam untuk membuktikan efektivitas pengaplikasian jamur entomopatogen terhadap larva *C. auricilius*.

2. Studi lebih lanjut apakah jamur *A. nomiae* mengandung aflatoksin dengan melakukan uji aflatoksin untuk memastikan isolat jamur aman bagi manusia, hewan non-target, dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W.S. 1987. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 3(2): 302-303.
- Agastya, I., Ameliawati, P., dan Fikrinda, W. 2018. Eksplorasi dan identifikasi jamur patogen serangga di rhizosfer lahan kering Kabupaten Malang. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 17(3): 13-17.
- Ahdawana, A. 2024. Kombinasi media biakan dan pengaruh air kelapa terhadap perbanyakannya *Trichoderma harzianum*. *Disertasi*. Universitas Muslim Indonesia. Makassar.
- Annisa, S., Asbani, N., dan Zayadi, H. 2023. Pengaruh aplikasi silika pada pertumbuhan tebu (*Saccharum officinarum* L.) terhadap resistensi hama penggerek batang (*Chilo infuscatellus*) dan pucuk (*Scirpophaga excerptalis*) di Balittas Karangploso Malang. *Jurnal Sains Alami (Known Nature)*. 5(2): 1-9.
- Apriansyah, D., Nadrawati, dan Djamilah. 2024. Patogenesitas beberapa isolat cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium* spp. terhadap larva *Crocidolomia pavonana* F. *Prosiding Seminar Nasional Perlindungan Tanaman*. Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Ardila, L., Rosanti, D., dan Kartika, T. 2022. Karakteristik morfologi tanaman buah di Desa Suka Damai Kecamatan Tungkal Jaya Kabupaten Musi Banyuasin. *Indobiosains*. 4(2): 36-46.
- Ariyanto, E. F., Abadi, A. L., dan Djauhari, S. 2013. Keanekaragaman jamur endofit pada daun tanaman padi (*Oryza sativa* L.) dengan sistem pengelolaan hama terpadu (PHT) dan konvensional di Desa Bayem, Kecamatan Kasembon, Kabupaten Malang. *Jurnal HPT*. 1(2): 37-51.
- Arsi, Pujiastuti, Y., Kusuma, S. S. H., dan Gunawan, B. 2020. Eksplorasi, isolasi dan identifikasi jamur entomopatogen yang menginfeksi serangga hama. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*. 1(2): 70-76.
- Batang, B. P. dan A'yun, C. Q. 2021. Eksplorasi jamur rizosfer kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) dan uji antagonis terhadap jamur *Sclerotium rolfsii* Sacc. penyebab penyakit. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.

- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2022. *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. <https://ditjenbun.pertanian.go.id/template/uploads/2022/08/STATISTIK-UNGGULAN-2020-2022.pdf>. Diakses pada tanggal 23 April 2024.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2024. *Statistik Perkebunan Jilid 1 2023-2025*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. <https://ditjenbun.pertanian.go.id/?publikasi=buku-statistik-perkebunan-2023-2025-jilid-i>. Diakses pada tanggal 08 Februari 2025.
- Donga, T. K., Meadow, R., Meyling, N. V., dan Klingen, I. 2021. Natural occurrence of entomopathogenic fungi as endophytes of sugarcane (*Saccharum officinarum*) and in soil of sugarcane fields. *Insects*. 12(2): 160.
- Espinel-Ingroff, A., Warnock, D.W., Vazquez, J.A., and Arthington-Skaggs, B.A. 2020. In vitro antifungal susceptibility methods and clinical implications of antifungal resistance. *Med. Mycol.* 38(1): 293-304.
- Falah, M. F., Sukorini, H., Septia, E. D., Roeswitawati, D., dan Fahmi, I. Z. 2024. Test of entomopathogenic fungus *Metarhizium rileyi* on mortality of main pets of cabbage (*Brassica oleracea* var capitata). *Journal of Global Sustainable Agriculture*. 5(1): 84-92.
- Fitri, I. N. W. 2024. Eksplorasi jamur entomopatogen yang berpotensi mengendalikan pengerek batang berkilat *Chilo auricilius* dudgeon di PT Gunung Madu Plantations. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Fitriana, Y., Suharjo, R., Swibawa, I. G., Lestari, P., dan Merdiana, E. 2018. Influence of culture medium on the sporulation and viability of *Aspergillus* spp. and *Talaromyces* spp. entomopathogenic fungi. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 18(2): 12-22.
- Girsang, W., Purba, J., dan Daulay, S. 2020. Uji aplikasi agens hayati tribac mengendalikan patogen hawar daun (*Helminthosporium* sp.) tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 17(1): 51-59.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). 2025. *Taxonomy level for species*. GBIF Secretariat. <https://doi.org/10.15468/39omei>. Diakses pada tanggal 12 Januari 2025.
- Hayati, R. 2021. *Pembangunan Pertanian*. Deepublish Publisher. Sleman.
- Hossain, M. M., Sultana, F., dan Islam, S. 2017. *Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives: Volume 2: Microbial Interactions and Agro-Ecological Impacts*. Springer. India.
- Hyakumachi, M. 1994. Plant growth promoting fungi from turfgrass rhizosphere with potential for disease suppression. *Soil Microorganisms*. 44: 53-68.
- Kindangen, K., Paseru, D., dan Sumampouw, M. 2020. Pembuatan aplikasi augmented reality “Metamorfosis Hewan”. *Jurnal Ilmiah Realtech*. 16(1): 25-31.

- Lapinangga, N. J. dan da Lopez, Y. F. 2016. Efektivitas cendawan entomopatogen isolat lokal terhadap hama kumbang ubi jalar *Cylas formicarius* Fabricus. *Jurnal Pertanian Terapan*. 21(2): 317-327.
- Lestari, P., Fitriana, Y., Purnomo, P., Susilo, F. X., Suharjo, R., dan Sulistiani, R. 2023. Performa entomopatogen yang diperoleh dari pertanaman jagung di Provinsi Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 11(2): 291-298.
- Liza, E. Y., Adrinal, A., dan Trisno, J. 2015. Keragaman cendawan rizosfer dan potensinya sebagai agens antagonis *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu tanaman krisan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 11(2): 68-72.
- Mahardhika, W. A., Lunggani, A. T., Rukmi, I., Setiawan, D., Nia, A. B., Firdausa, N. A., dan Anggraeni, D. D. 2021. Characterization of filoplan and endophytic mold isolates *Avicennia marina* from mangrove area, Semarang. *Jurnal Biologi Tropis*. 21(2): 593-599.
- Malado, M., Purnamasari, R., Nuryono, N., Monica, R.D., Lestari, S., Bahri, S., Putri, K.A., Palupi, D., Suhadi, S. and Faizah, H., 2024. *Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Pertanian*. CV. Gita Lentera. Padang.
- Malau, M., Sopyan, A., dan Yusriadi. 2010. Pengujian Jamur *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. isolat asal Banjar Baru dalam menekan perkembangan hama tanaman. *Agroscientiae*. 17(2): 101-105.
- Mastur, M., Syafaruddin, S., dan Syakir, M. 2015. Peran dan pengelolaan hara nitrogen pada tanaman tebu untuk peningkatan produktivitas tebu. *Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri*. 14(2): 73-86.
- Meidalima, D. 2014. Parasitoid hama penggerek batang dan pucuk tebu di Cinta Manis, Ogan Ilir Sumatera Selatan. *Biosaintifika: Journal of Biology and Biology Education*. 6(1): 1-7.
- Meidalima, D. dan Kawaty, R. R. 2015. Eksplorasi dan pengamatan intensitas serangan hama penting tanaman tebu di PTPN VII, Cinta Manis Sumatera Selatan. *Biosaintifika: Journal of Biology and Biology Education*. 7(1): 68-76.
- Muliani, I. Y. 2022. *Parasitoid dan Predator Pengendali Serangga Hama*. CV Jejak (Jejak Publisher). Bandung.
- Nuraida, D. H. dan Hariani, F. 2022. *Monograf Persistensi Dan Transmisi Isolat Jamur Entomopatogen Metarhizium anisopliae (Pengendalian Hama Kubis Crocidolomia pavonana Fabricius)*. Guepedia. Medan.
- Octavia, A. dan Wantini, S. 2017. Perbandingan pertumbuhan jamur *Aspergillus flavus* pada media PDA (Potato Dextrose Agar) dan media alternatif dari singkong (*Manihot esculenta* Crantz). *J. Analis Kesehatan*. 6(2): 625-631.
- Partihar, A. K. S., Singh, A., Kumawat, M. M., and Dangi, N. L. 2024. *Agricultural Insect Pest and IPM Pests of Sugarcane*. Royal Book Publishing. India.

- Permadi, M. A., Lubis, R. A., dan Kinarang, I. 2019. Studi keragaman cendawan entomopatogen dari berbagai rizosfer tanaman hortikultura di Kota Padangsidimpuan. *Eksakta: Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*. 4(1): 1-9.
- Puspitorini, P. 2024. *Dasar Ilmu Tanah*. Mitra Cendekia Media. Blitar.
- Putra, G. W. K., Ramona, Y., dan Proborini, M. W. 2020. Eksplorasi dan identifikasi mikroba yang diisolasi dari rhizosfer tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.) di Kawasan Pancasari Bedugul. *Journal of Biological Sciences*. 7(2): 205-213.
- Rahayu, M., Susanna, S., dan Hasnah, H. 2021. Potensi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (isolat lokal) dalam mengendalikan hama ordo Coleoptera. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 6(2): 155-165.
- Ristiari, N. P. N., Julyasih, K. S. M., dan Suryanti, I. A. P. 2019. Isolasi dan identifikasi jamur mikroskopis pada rizosfer tanaman jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour.) di Kecamatan Kintamani, Bali. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*. 6(1): 10-19.
- Rokhman, H., Taryono, dan Supriyana. 2014. Jumlah anakan dan rendemen enam klon tebu (*Saccharum officinarum* L.) asal bibit bagal, mata ruas tunggal, dan tunas tunggal. *Jurnal Vegetalika*. 3(3): 89-96.
- Rosmayuningsih, A., Rahardjo, B. T., dan Rachmawati, R. 2014. Patogenisitas jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap hama kepingding tanah (*Stibaropus molginus*) (Hemiptera: Cydnidae) dari beberapa formulasi. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*. 2(2): 28-37.
- Ruspratama, A. K. dan Himawan, T. 2021. Aplikasi agens hayati untuk pengendalian ulat bawang (*Spodoptera exigua* Hbn.) dan pengaruhnya terhadap hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Folium: Jurnal Ilmu Pertanian*. 5(2): 116-122.
- Salbiah, D. dan Fronika, S. 2021. Penggunaan *Metarhizium anisopliae* Sorokin lokal terhadap *Spodoptera frugiperda* JE Smith. *Dinamika Pertanian*. 37(2): 93-100.
- Sallam, N., Achadian, E. M. A., Kristini, A., Magarey, R., and Deomano, E. 2021. Population dynamics of sugarcane moth borers in Indonesian cane fields. *Indonesian Sugar Research Journal*. 1(1): 1-18.
- Sari, P., Intara, Y. I., dan Nazari, A. P. D. 2019. Pengaruh jumlah daun dan konsentrasi rootone-f terhadap pertumbuhan bibit jeruk nipis lemon (*Citrus limon* L.) asal stek pucuk. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*. 44(3): 365-376.
- Si, K. M., Sukmawan, Y. P., Imun, M., Ratnaningtyas, N. I., dan Ekowati, N. 2024. *Teknik Kultivasi Pertumbuhan Jamur Coprinus comatus Secara Terpadu*. Jakad Media Publishing. Surabaya.

- Silva, J. M. D., Montaldo, Y. C., Almeida, A. C. P. S. D., Dalbon, V. A., Acevedo, J. P. M., Santos, T. M. C. D., and Lima, G. S. D. A. 2021. Rhizospheric fungi to plant growth promotion: a review. *Journal of Agricultural Studies*. 9(1): 411-425.
- Simbolon, Z. 2023. Efikasi jamur entomopatogen beauveria bassiana terhadap hama pengerek batang padi putih (*Scirpophaga innotata*) secara in vitro. *Skripsi*. Universitas Medan Area. Medan.
- Sirait, D. D. N., Tobing, M. C., dan Safni, I. 2023. Keragaman genetik cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) berasal dari tanah pertanaman kelapa sawit berdasarkan penanda RAPD. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 20(1): 22-39.
- Subiyakto, S. 2016. Hama pengerek tebu dan perkembangan teknik pengendaliannya. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 35(4): 179-186.
- Suciati, S., Kartika, T., dan Yusuf, S. 2015. Jamur entomopatogen dan aktivitas enzim ekstraselulernya. *Berita Biologi*. 14(2): 131-142.
- Sutejo, A. M., Priyatmojo, A., dan Wibowo, A. 2008. Identifikasi morfologi beberapa spesies jamur Fusarium. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 14(1): 7-13.
- Syahnen, Sirait, D. D. N., dan Pinem, S. E. Br. 2014. *Teknik Uji Mutu Agens Pengendali Hayati (APH) di Laboratorium*. Laboratorium Lapangan Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP). Medan.
- Tambingsila, M. 2020. Identifikasi dan uji efektivitas cendawan rhizosfer tanaman kakao potensinya sebagai antagonis pengendali (*Phytophthora palmivora* Bult.) penyebab busuk buah kakao. *Agropet*. 13(1): 12-23.
- Tian, Y., Zhang, Z., Sui, L., Zhao, Y., Lu, Y., Meng, Z., Shi, W., and Li, Q. 2024. Screening and identification of biocontrol fungus with high pathogenicity against *Spodoptera litura*. *Chinese Journal of Biological Control*. 40(2): 282-290.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2024. *Classification for Kingdom Plantae Down to Species Saccharum officinarum*. <https://plants.usda.gov/plant-profile/SAOF>. Diakses pada tanggal 12 Januari 2025.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. J. W. T., dan Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. 18(1): 315-322.
- Widyaningsih, S. 2023. The test fungi growth physiology of *Trichoderma* sp. and *Gliocladium* sp. from citrus plants. *Gontor Agrotech Science Journal*. 9(1): 1-10.
- Yuliana, Y., Anshary, A., dan Yunus, M. 2019. Identifikasi cendawan entomopatogen dan mortalitas serangga umpan pada beberapa lapisan tanah dari perkebunan kakao (*Theobroma cacao* L.). *Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian (e-journal)*. 7(1): 140-148.

- Zhang, Z., Tian, Y., Sui, L., Lu, Y., Cheng, K., Zhao, Y., Li, Q., and Shi, W. 2024. First record of *Aspergillus nomiae* as a broad-spectrum entomopathogenic fungus that provides resistance against phytopathogens and insect pests by colonization of plants. *Frontiers in Microbiology*. 14: 1284276.
- Zulkarnain, E., Evizal, R., Lumbanraja, J., Rini, M.V., Satgada, C.P., Agustina, W., Amalia, H.R. dan Awang, T.R. 2017. Aplikasi pupuk anorganik dan organonitrofospada tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Lahan Kering Gedong Meneng Inorganic. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 17(1): 77-84.