

**KARAKTERISASI, PATOGENISITAS, DAN IDENTIFIKASI
BAKTERI ENDOFIT TANAMAN TEBU SEBAGAI ENTOMOPATOGEN
PENGGEREK BATANG TEBU**

(Skripsi)

Oleh

**Fitri Antika
2114191029**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

KARAKTERISASI, PATOGENISITAS, DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT TANAMAN TEBU SEBAGAI ENTOMOPATOGEN PENGGEREK BATANG TEBU

Oleh

FITRI ANTIKA

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dan menguji kemampuan bakteri endofit tanaman tebu sebagai entomopatogen terhadap penggerek batang tebu (*Chilo auricilius*) serta mengidentifikasi untuk mengetahui identitasnya. Penelitian dilakukan pada Agustus hingga Desember 2024 di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan PT Gunung Madu Plantations, Lampung Tengah, serta Rumah plastik Bataranila, Kecamatan Natar, Lampung Selatan. Sebanyak tiga isolat bakteri endofit (G3D2.11BKK, G5B2.160KB, G7D2.176BB) diuji dalam penelitian ini. Ketiga isolat tersebut merupakan hasil skrining penelitian sebelumnya. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa ketiga isolat bersifat Gram positif, fermentatif, dan mampu memanfaatkan berbagai sumber bahan organik. Isolat G7D2.176BB menunjukkan kemampuan terbaik dalam meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, kehijauan daun, serta berat basah dan kering tajuk dan akar. Hasil uji patogenisitas menunjukkan bahwa aplikasi isolat konsorsium memiliki tingkat mortalitas larva *C. auricilius* sebesar 30%, mengindikasikan potensi sebagai agen hayati pengendali hama sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman tebu. Hasil analisis molekuler menunjukkan bahwa isolat yang berhasil diidentifikasi adalah *Acinetobacter calcoaceticus*, *Bacillus velezensis*, dan *Bacillus cereus*.

Kata kunci: Bakteri endofit, entomopatogen, pengendalian hayati, penggerek batang tebu

**KARAKTERISASI, PATOGENISITAS, DAN IDENTIFIKASI
BAKTERI ENDOFIT TANAMAN TEBU SEBAGAI ENTOMOPATOGEN
PENGGEREK BATANG TEBU**

Oleh

FITRI ANTIKA

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, PATOGENISITAS, DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT TANAMAN TEBU SEBAGAI ENTOMOPATOGEN PENGGEREK BATANG TEBU

Nama Mahasiswa

: Fitri Antika

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114191029

Jurusan

: Proteksi Tanaman

Fakultas

: Pertanian



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

Prof. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D.
NIP. 198106212005011003

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

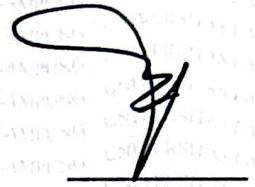
Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.
NIP. 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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



Sekretaris

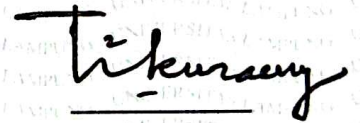
: Prof. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D.



Penguji

Bukan Pembimbing

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



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 1964111181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 Maret 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Karakterisasi, Patogenisitas, dan Identifikasi Bakteri Endofit Tanaman Tebu sebagai Entomopatogen Penggerek Batang Tebu”** 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, 18 April 2025

A handwritten signature in black ink is written over a red and white revenue stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METERAI TEMPEL', and 'JEAAAMX214144431'.

Fitri Antika
NPM. 2114191029

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung Timur pada 27 November 2004 yang merupakan anak perempuan dari pasangan Bapak Budi Irawan dan Ibu Indah Lestari. Penulis menyelesaikan Pendidikan di SDN 1 Labuhan Ratu Enam pada tahun 2015, SMPN 1 Labuhan Ratu pada tahun 2018, SMAN 1 Labuhan Ratu pada tahun 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada tahun 2022, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Pengenalan Pertanian (P3) di Kecamatan Labuhan Ratu, Lampung Timur. Pada tahun 2024 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata di Desa Karang Mulya, Kecamatan Way Serdang, Kabupaten Mesuji. Pada tahun yang sama penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Pusat Pelatihan Pertanian dan Perdesaan Swadaya (P4S) Jaya Anggara Farm, Bandar Lampung. Selama menjalani perkuliahan penulis pernah menjadi asisten dosen pada responsi Mata Kuliah Kewirausahaan, praktikum Bakteriologi Tumbuhan, praktikum Penyakit Penting Tanaman, praktikum Bioteknologi Proteksi Tanaman, dan praktikum Perbanyakan Massal Agensia Hayati. Penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang Pengembangan Minat dan Bakat pada periode 2022/2023. Penulis juga mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa Forum Studi Islam Mahasiswa Pertanian (FOSI FP) sebagai anggota kewirausahaan pada periode 2021/2022 dan Wakil Kepala Biro Ikatan Mahasiswa Muslim Pertanian Indonesia pada periode 2022/2023. Penulis beberapa kali mengikuti perlombaan Karya Tulis Ilmiah di tingkat Nasional, salah satunya berhasil mendapatkan juara dua pada acara Diestro HIMAPROTEKTA pada tahun 2023.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alami, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "**Karakterisasi, Patogenisitas, dan Identifikasi Bakteri Endofit Tanaman Tebu sebagai Entomopatogen Penggerek Batang Tebu**". Skripsi ini penulis persembahkan sebagai ucapan terima kasih kepada keluarga tercinta, Ayah Budi Irawan dan Ibu Indah Lestari, Kakek Suhono dan Basirun, Nenek Sunarti dan Junaidah, Adik Zaskia Salsabila dan Anindya Alfanin yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungan materil atau pun non materil serta doa yang tidak putus-putusnya.

MOTTO

”Jalani dulu, jangan berpikir negatif, berpikirlah positif, yakin dengan kemampuan sendiri, agar hal baik tidak terlewatkan dan mendapatkan banyak pelajaran serta pengalaman”

-Fitri Antika-

”Ada banyak hal yang harus digapapain, agar tidak punya dendam dan musuh”

-Fitri Antika-

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Karakterisasi, Patogenisitas, dan Identifikasi Bakteri Endofit Tanaman Tebu sebagai Entomopatogen Penggerek Batang Tebu”**. Sholawat serta salam tidak lupa selalu penulis panjatkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang senantiasa dinantikan syafaat-Nya di Yaumul Qiyamah kelak. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini penulis mendapat banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan fasilitas kepada mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung untuk melaksanakan penelitian,
2. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
3. Ibu Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku pembimbing utama dan pembimbing akademik yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
4. Bapak Prof. Radix Suharjo, S. P., M. Agr., Ph.D., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,

5. Ibu Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku dosen pembahas yang telah memberikan banyak ilmu, bimbingan, saran, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
6. Kepada kedua orang tua, kakek, nenek, adik-adik ku tersayang yang telah memberikan penulis banyak dukungan, doa, nasihat, motivasi, dan semangat dalam penulis menyelesaikan pendidikan,
7. Tim laboratorium mba Tari, mba Yeyen, bang Nando, mba Ayu, mba Lionita, mba Fauziah, terima kasih atas bantuan, saran, motivasi, dan semangat selama penulis melaksanakan penelitian,
8. Kepada Klub Bojer (Adila, Della Septiana, Diah Ayu Murtiana, Qannita Shafa J.S, dan Nasywa Amanda Putri) terima kasih atas kerja sama, dukungan, dan semangat yang membersamai penulis hingga penelitian selesai,
9. Kepada Hengki Fernando terima kasih selalu menemani, mendengarkan keluhan kesah, menghibur serta memberikan motivasi, dukungan, dan semangat kepada penulis,
10. Keluarga besar Proteksi Tanaman terkhusus angkatan 2021, terima kasih atas kerja sama, dukungan, bantuan, motivasi, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis,
11. Kepada almamater tercinta, terima kasih atas kesempatan yang telah diberikan untuk menempuh pendidikan tinggi dan mendapatkan ilmu pengetahuan yang berharga, dan
12. Kepada PT Gunung Madu Plantations, Lampung Tengah atas fasilitas yang telah diberikan kepada penulis selama melakukan penelitian.

Bandar Lampung, 18 April 2025

Fitri Antika

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Tebu.....	5
2.2 Hama Penggerek Batang Tebu.....	5
2.3 Pengendalian Hama Penggerek Batang Tebu	6
2.4 Bakteri Endofit	7
III. METODOLOGI PENELITIAN	9
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Persiapan Penelitian	10
3.3.1 Pembuatan Media <i>Potato Pepton Glucose Agar</i> (PPGA).....	10
3.3.2 Peremajaan Isolat Bakteri Endofit	10
3.4 Pelaksanaan Penelitian	10
3.4.1 Uji Biokimia Isolat Bakteri	11
3.4.2 Uji Kemampuan sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman atau <i>Plant Growth Promoting Bacteria</i> (PGPB)	14
3.4.3 Uji Patogenisitas Bakteri Endofit sebagai Entomopatogen Penggerek Batang Tebu	17
3.4.4 Analisis Data	19
3.4.5 Identifikasi Molekuler Isolat Bakteri Endofit	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22

4.1 Hasil	22
4.1.1 Uji Biokimia.....	22
4.1.2 Uji Kemampuan sebagai <i>Plant Growth Promoting Bacteria</i> (PGPB)	26
4.1.3 Uji Patogenisitas Bakteri Endofit sebagai Entomopatogen Penggerek Batang Tebu	28
4.1.4 Identifikasi Molekuler	30
4.2 Pembahasan.....	31
V. SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Isolat bakteri yang digunakan dalam penelitian.....	10
2. Kemampuan bakteri endofit dalam memanfaatkan beberapa jenis bahan organik.....	26
3. Hasil uji PGPB bakteri endofit.....	26
4. Mortalitas larva <i>C. auricillius</i> akibat aplikasi bakteri endofit.	28
5. Pengaruh aplikasi bakteri endofit terhadap perkembangan pupa dan imago <i>C. auricillius</i>	29
6. Data tinggi tanaman	47
7. Analisis ragam tinggi tanaman.....	47
8. Data kehijauan daun.....	47
9. Analisis ragam kehijauan daun	48
10. Data jumlah daun	48
11. Analisis ragam jumlah daun.....	48
12. Data panjang akar.....	48
13. Analisis ragam panjang akar	48
14. Data berat kering akar	49
15. Analisis ragam berat kering akar	49
16. Data berat basah akar	49
17. Analisis ragam berat basah akar.....	49
18. Data berat kering tajuk	49
19. Analisis ragam berat kering tajuk	50
20. Data berat basah tajuk	50
21. Analisis ragam berat basah tajuk	50
22. Data mortalitas larva penggerek batang tebu	51
23. Analisis ragam mortalitas penggerek batang tebu	51
24. Data mortalitas terkoreksi larva penggerek batang tebu.....	51
25. Analisis ragam mortalitas terkoreksi larva penggerek batang tebu	51

26. Data pupa terbentuk	52
27. Analisis ragam pupa terbentuk.....	52
28. Data pupa cacat	52
29. Analisis ragam pupa cacat.....	52
30. Data pupa mati	52
31. Analisis ragam pupa mati.....	53
32. Data imago terbentuk	53
33. Analisis ragam imago terbentuk	53
34. Data imago normal	53
35. Analisis ragam imago normal	53
36. Data imago cacat	54
37. Analisis ragam imago cacat	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Reaksi Gram positif.....	22
2. Hasil uji soft rot: (a) kontrol dan (b) reaksi negatif	23
3. Hasil uji hipersensitif menunjukkan tidak adanya gejala.....	23
4. Hasil uji O/F: (a) kontrol dan (b) fermentatif.....	24
5. Hasil uji <i>lecithinase</i> menunjukkan reaksi negatif	24
6. Hasil uji casein menunjukkan isolat G3D2.11 BKK bereaksi negatif, sedangkan isolat G5B2.160KB dan G7D2.176BB bereaksi positif.....	25
7. Hasil uji kemampuan tumbuh pada beberapa suhu: (a) kontrol dan (b) reaksi positif	25
8. Perubahan warna media bahan organik setelah diinokulasikan bakteri..	26
9. Perbandingan tinggi tanaman hasil uji PGPB bakteri endofit: (a) Isolat G7D2.176BB, (b) G5B2.160KB, (c) Konsorsium, (d) Isolat G3D2.11 BKK, dan (e) Kontrol.....	27
10. Perbandingan panjang akar hasil uji PGPB bakteri endofit (a) Isolat G5B2.160KB, (b) G7D2.176BB, (c) Isolat G3D2.11BKK, (d) Konsorsium, dan (e) Kontrol.....	27
11. Perbedaan kondisi larva: (a) Larva yang mengalami infeksi akibat perlakuan Konsorsium dan (b) Larva Kontrol	28
12. Perbedaan hasil uji terhadap pupa terbentuk: (a) Pupa cacat akibat perlakuan G5B2.160KB, (b) Pupa normal pada kontrol, dan (c) Pupa mati.....	29
13. Perbedaan hasil uji terhadap imago terbentuk. (a) Imago terbentuk: (a) Imago normal pada kontrol dan (b) Imago cacat akibat perlakuan G5B2.160KB.....	29
14. Pohon filogenik hasil sekuens 16SrDNA yang dibuat menggunakan metode <i>Maximum likelihood Tree</i> menunjukkan isolat G3D2.11BK berada dalam satu kelompok yang sama dengan <i>Acinetobacter</i> <i>calcoaceticus</i>	30

15. Pohon filogenik hasil sekuens 16S rDNA yang dibuat menggunakan metode <i>Maximum likelihood Tree</i> menunjukkan isolat G5B2.160KB dan G7D2.176BB berada dalam satu kelompok yang sama dengan bakteri <i>Bacillus</i>	31
16. Diagram prosedur ekstraksi DNA.....	45
17. Diagram prosedur amplifikasi DNA dengan PCR.....	45
18. Diagram prosedur elektroforesis dan visualisasi hasil PCR.	45
19. Isolat bakteri endofit: (a) Isolat G3D2.11BKK, (b) Isolat G5B2.160KB, dan (c) Isolat G7D2.176BB.....	46
20. Persiapan media tanam: (a) Pencampuran pasir dan kompos dan (b) Sterilisasi	46
21. Perkecambahan benih mentimun	46
22. Pengaplikasian suspensi bakteri pada media tanam.....	47
23. Pembuatan suspensi bakteri.	50
24. Pengaplikasian suspensi bakteri pada larva <i>C. auricilius</i>	51

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan komoditas utama dalam industri gula di Indonesia yang memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan dan ekonomi nasional (Azmie *et al.*, 2019). Sebagai salah satu komoditas strategis, keberlanjutan produksi tebu sangat penting untuk memastikan pasokan gula yang stabil untuk kebutuhan domestik. Namun, produktivitas tebu sering kali mengalami kendala akibat serangan hama, salah satunya adalah penggerek batang tebu (*Chilo auricilius*). Hama ini tidak hanya menurunkan produksi hingga 30-45% (Munif *et al.*, 2014), tetapi juga berdampak pada penurunan kadar gula serta kualitas nira, sehingga menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi petani dan industri gula (Hendarjati *et al.*, 2022).

Saat ini, pengendalian hama penggerek batang tebu masih bergantung pada insektisida kimiawi, yang dianggap efektif, dan mudah diakses. Namun, penggunaan insektisida yang berlebihan memunculkan berbagai dampak negatif, seperti resistensi hama, pencemaran lingkungan, dan gangguan terhadap organisme non target yang berperan dalam ekosistem (Direktorat Jenderal Perkebunan. 2021). Selain itu, residu insektisida yang sulit terurai dapat mempengaruhi kesehatan manusia serta keberlanjutan pertanian. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian yang lebih ramah lingkungan, salah satunya melalui pengendalian hayati berbasis agen mikroba. Pendekatan pengendalian hayati semakin mendapat perhatian dalam industri gula di Indonesia, seiring dengan tren pertanian berkelanjutan yang menekankan keberlanjutan produksi dan pelestarian ekosistem. Salah satu mikroba yang menjanjikan dalam pengendalian hayati adalah bakteri endofit (Compant *et al.*, 2005).

Bakteri endofit adalah mikroorganisme yang dapat hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan penyakit. Beberapa jenis bakteri endofit memiliki sifat entomopatogen, yaitu mampu menginfeksi dan membunuh serangga hama (Pulungan dan Tumangger, 2018). Selain itu, bakteri ini juga berperan sebagai *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) yang mendukung pertumbuhan tanaman, melalui mekanisme seperti peningkatan ketersediaan nutrisi, produksi hormon pertumbuhan (auksin dan sitokinin), serta induksi ketahanan sistemik tanaman (*Induced System Resistance*, ISR) (Munif *et al.*, 2014).

Tren penggunaan agen hayati dalam industri gula Indonesia mulai berkembang, dengan dukungan dari pemerintah dan perusahaan swasta. Beberapa perusahaan perkebunan tebu, seperti PT Gunung Madu Plantations, telah mengeksplorasi potensi mikroba endofit dalam meningkatkan produktivitas tebu secara berkelanjutan. Penelitian sebelumnya yang dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, telah diisolasi tiga isolat bakteri endofit dari tanaman tebu yang menunjukkan sifat entomopatogen terhadap *Tenebrio molitor*. Namun, hingga saat ini peran spesifik isolat tersebut dalam menginfeksi penggerek batang tebu serta potensinya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman masih belum diketahui.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi bakteri endofit sebagai agen hayati dalam pengendalian penggerek batang tebu melalui pendekatan uji patogenisitas, karakterisasi biokimia, dan identifikasi molekuler. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah untuk pengembangan metode pengendalian hama yang ramah lingkungan, mendukung keberlanjutan ekosistem, serta memperkuat daya saing industri gula di Indonesia.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik biokimia dan potensi isolat bakteri endofit sebagai entomopatogen penggerek batang tebu, dan
2. Mengidentifikasi secara molekuler bakteri endofit tanaman tebu.

1.3 Kerangka Pemikiran

Mikroba endofit, seperti bakteri dan jamur, menunjukkan potensi besar sebagai agen biokontrol, karena kemampuannya untuk hidup secara simbiosis di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan penyakit (Sitepu *et al.*, 2018). Mikroba endofit memiliki keunggulan dalam efisiensi aplikasi, stabilitas lingkungan, serta kemampuannya dalam menginduksi ketahanan sistemik tanaman (Munif *et al.*, 2014).

Bakteri endofit memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai agen biokontrol dan sebagai *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB). Sebagai PGPB, bakteri ini meningkatkan ketersediaan nutrisi melalui fiksasi nitrogen, solubilisasi fosfat, serta produksi hormon pertumbuhan (auksin dan sitokinin) (Sitepu *et al.*, 2018). Selain itu, bakteri ini dapat menginduksi ketahanan sistemik tanaman melalui pelepasan senyawa bioaktif seperti peramin dan *indole diterpenoids*, yang berperan dalam pertahanan tanaman terhadap serangan hama (Yulianti, 2013). Kombinasi kemampuan ini menjadikan bakteri endofit sebagai agen hayati potensial dalam pengendalian hama penggerek batang tebu, sekaligus mendukung produktivitas tanaman dengan pendekatan yang lebih ramah lingkungan dan keberlanjutan.

Penelitian Walida *et al.* (2018) menunjukkan bahwa mikroba endofit dapat mengurangi tingkat serangan hama pada padi hingga 40% melalui produksi senyawa bioaktif. Penelitian Harni (2016) menunjukkan bakteri endofit dapat menekan populasi dan jumlah nematoda akar puru (*Meloidogyne incognita*) sebesar 33-39% pada tanaman kopi. Marwan *et al.* (2021) menemukan bahwa bakteri endofit dapat menghambat pertumbuhan miselia patogen tanaman, seperti *Fusarium oxysporum*, *Pyricularia. oryzae*, dan *Rhizoctonia solani*. Selain itu, Astuti dan Hala (2024) melaporkan *Bacillus thuringiensis* dapat meningkatkan daya tahan dari serangan hama, khususnya dari ordo Lepidoptera.

1.4 Hipotesis

Bakteri endofit tanaman tebu koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung memiliki potensi sebagai entomopatogen penggerek batang tebu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tebu

Tebu merupakan tanaman dari famili Poaceae yang memiliki peran penting sebagai bahan baku utama industri gula di Indonesia. Tanaman ini mampu tumbuh optimal di daerah tropis dan subtropis pada berbagai jenis tanah, mulai dari daerah rendah hingga ketinggian 1400 mdpl (Ubaidillah *et al.*, 2021).

Klasifikasi tebu menurut Zain (2022) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Klass	: Liliopsida
Ordo	: Cyperales
Famili	: Poaceae
Genus	: <i>Saccharum</i>
Spesies	: <i>Saccharum officinarum</i>

Batang tebu mengandung nira, yaitu cairan yang dapat diolah menjadi gula.

Kandungan kadar gula dalam nira bervariasi, tergantung pada varietas, umur tanaman, dan metode pengolahannya (Prayoga *et al.*, 2016).

2.2 Hama Penggerek Batang Tebu

Salah satu kendala utama dalam budidaya tanaman tebu adalah serangan hama penggerek batang tebu (*C. auricilius*), yang dapat merusak tanaman sejak

awal pertumbuhan hingga masa panen. Serangan hama ini dapat menyebabkan kerusakan signifikan, dengan tingkat serangan mencapai 19% (Sudarsono, 2011). Klasifikasi *C. auricilius* menurut Kumar *et al.* (2019) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Ordo : Lepidoptera
 Family : Crambidae
 Genus : *Chilo*
 Spesies : *Chilo auricilius*

Siklus hidup *C. auricilius* berlangsung selama 58-87 hari (Muliasari dan Trilaksono, 2020), dengan tahapan sebagai berikut. Fase telur: berkembang menjadi larva dalam 6-7 hari. Fase larva: mengalami 6-7 kali pergantian kulit selama 45-70 hari. Fase ini merupakan tahap paling merusak, karena larva sangat aktif bergerak dan memakan jaringan tanaman. Fase pupa: berubahnya menjadi imago dalam waktu 7-10 hari. Fase imago: hidup sebagai ngengat dewasa selama 7-10 hari untuk bereproduksi.

2.3 Pengendalian Hama Penggerek Batang Tebu

Serangan hama penggerek batang tebu dapat menurunkan produktivitas perkebunan tebu secara signifikan. Pestisida kimiawi masih menjadi metode pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) yang paling umum digunakan oleh petani di Indonesia. Pestisida ini dianggap efektif, mudah digunakan, namun memiliki dampak negatif seperti resistensi hama, akumulasi residu di lingkungan serta gangguan terhadap organisme non-target (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021).

Sebagai alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan, pendekatan pengendalian hayati telah diterapkan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Di Indonesia, pelepasan parasitoid lalat jatiroto *Diatraeophaga striatalis* (30 pasang/ha) mampu menurunkan serangan penggerek batang dari 18% menjadi 6%

(Subiyakto, 2016). Di India, penggunaan parasitoid telur *Trichogramma chilonis* dengan dosis 50.000 ekor/ha terbukti menurunkan serangan penggerek batang dari 14,88% menjadi 7,14% (Brar *et al.*, 1996). Di Pakistan, dosis 60.000 ekor/ha *T. chilonis* mampu menekan populasi penggerek batang secara signifikan (Saljoqi *et al.*, 2015). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pelepasan *T. chilonis* setiap minggu dengan dosis 100 ribu ekor/ha dapat menurunkan 8% kerusakan batang akibat penggerek dan meningkatkan produksi tebu 35 ton/ha (Goebel *et al.*, 2010). Penggunaan musuh alami tidak hanya efektif dalam menekan populasi hama, tetapi juga mendukung keseimbangan ekosistem pertanian secara berkelanjutan.

2.4 Bakteri Endofit

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan kerusakan atau penyakit pada inangnya. Bakteri endofit memiliki kemampuan untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan meningkatkan nutrisi penting, aktivitas enzim, dan mempengaruhi sifat fisikokimia lainnya (Mukherjee *et al.*, 2021). Bakteri ini memiliki potensi besar sebagai agen biokontrol dan agen pemacu pertumbuhan tanaman. Bakteri endofit mampu memproduksi senyawa metabolit sekunder, seperti alkaloid, terpenoid, steroid, flavonoid, kuinon, dan fenol, yang bersifat antibakteri dan mampu menghambat pertumbuhan patogen tanaman (Ariyanti dan Arsita, 2023).

Saat ini, bakteri endofit banyak dimanfaatkan sebagai agen hayati karena kemampuannya untuk (Marwan *et al.*, 2021):

1. Menghasilkan zat antimikroba, yang mampu melawan patogen tanaman,
2. Memfiksasi nitrogen, sehingga meningkatkan ketersediaan unsur hara,
3. Memobilisasi fosfat, yang mendukung pertumbuhan tanaman, dan
4. Meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen.

Hingga saat ini, belum ada laporan mengenai penggunaan bakteri endofit sebagai pengendali hama penggerek batang tebu. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit memiliki potensi besar sebagai agen biokontrol terhadap berbagai patogen tanaman; Munif *et al.* (2012) melaporkan bahwa beberapa isolat bakteri endofit dari padi gogo memiliki antibiosis terhadap

P. oryzae secara *in vitro*. Astuti dan Hala (2024) melaporkan *Bacillus thuringiensis* dapat meningkatkan daya tahan tanaman dari serangan hama, khususnya dari ordo Lepidoptera. Selain itu, Harni *et al.* (2007) juga melaporkan bahwa bakteri endofit dapat menekan populasi nematoda peluka akar (*Pratylenchus brachyurus*) pada tanaman nilam.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di beberapa tempat yaitu pengujian biokimia dan identifikasi molekuler dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, pengujian patogenesitas dilakukan di PT Gunung Madu Plantations Lampung Tengah, dan pengujian *plant growth promoting bacteria* dilakukan di rumah plastik Bataranila, Lampung Selatan. Penelitian dilaksanakan pada Agustus-Desember 2024.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *laminar air flow*, bunsen, cawan petri, tabung reaksi, labu erlenmeyer, gelas ukur, jarum ose, mikropipet, timbangan elektrik, *polybag*, gelas beaker, *mikrowave*, shaker, *tabung eppendorf*, kapas, tisu, nampan plastik, jarum ent, tip, penggaris, aluminium foil, plastik tahan panas, karet, plastik wrap, kaca preparat, *water bath*, mesin PCR, autoklaf, pisau, alat tulis, dan kamera/hp.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat bakteri endofit koleksi Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, media *yeast peptone agar* (YPA), akuades, tanaman tembakau, tanaman mentimun, tanah, agar batangan, KOH 3%, kentang, alkohol 70%, air steril, dan spiritus. Media biakan yang digunakan yaitu media *potato peptone glucose agar* (PPGA) dan media *yeast peptone agar* (YPA). Media yang digunakan untuk uji antara lain media basal medium OF, *yeast peptone* (YP), *skim milk agar*, dan *lecithinase*. Bahan organik yang digunakan yaitu *Lactose*, *Myo-inositol*, *Mannitol*, *Inulin*, *5-Ketogluconate*, *D-arabinose*.

3.3 Persiapan Penelitian

3.3.1 Pembuatan Media PPGA

Media PPGA digunakan untuk meremajakan isolat bakteri. Cara pembuatan media PPGA sebagai berikut. Pertama, mengupas kulit kentang dan memotong kentang berbentuk dadu lalu menimbang kentang sebesar 200 g. Kedua, menimbang pepton 5 g, $\text{NaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 3 g, NaCl 3 g, KH_2PO_4 0,5 g, *Glucose* 10 g, dan agar 20 g. Ketiga, masukan semua bahan yang telah ditimbang ke dalam labu erlenmeyer. Keempat, menambahkan akuades 1000 ml ke dalam labu erlenmeyer.

3.3.2 Peremajaan Isolat Bakteri Endofit

Isolat bakteri endofit yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung (Tabel 1). Isolat bakteri diremajakan pada media PPGA secara aseptik di dalam *laminar air flow* (LAF). Peremajaan dilakukan dengan cara, isolat bakteri diambil dengan jarum ose lalu menggoreskan pada media PPGA dalam cawan petri. Setelah itu hasil peremajaan diinkubasi di suhu ruang selama 7 hari dan diamati setiap hari hingga bakteri tumbuh.

Tabel 1. Isolat bakteri yang digunakan dalam penelitian

No	Kode isolat	Varietas (Bagian tanaman)	Tahun isolasi
1	G3D2.11 BKK	GMP3 (Daun)	2024
2	G5B2. 160 KB	GMP5 (Batang)	2024
3	G7D2. 176 BB	GMP7 (Daun)	2024

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama yaitu uji biokimia yang terdiri dari uji Gram, hipersensitif, *soft rot*, oksidatif-fermentatif, *lecithinase*, casein, uji kemampuan tumbuh pada beberapa suhu, uji kemampuan untuk menggunakan beberapa bahan organik, dan uji kemampuan sebagai PGPB. Tahap kedua yaitu uji patogenisitas isolat bakteri endofit sebagai entomopatogen

penggerek batang tebu. Tahap ketiga yaitu identifikasi isolat bakteri endofit secara molekuler menggunakan 16 SrDNA.

3.4.1 Uji Biokimia Isolat Bakteri

3.4.1.1 Uji Gram

Uji Gram bertujuan untuk mengetahui isolat bakteri yang digunakan termasuk gram positif atau gram negatif. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengambil satu ose bakteri yang berumur 24 jam. Kemudian, bakteri tersebut diletakkan di atas kaca preparat dan ditetesi KOH 3%, lalu diaduk rata menggunakan jarum ose selama kurang lebih satu menit dan diangkat secara perlahan dengan tinggi sekitar 1 cm. Apabila terbentuk lendir maka bakteri tersebut digolongkan ke dalam Gram negatif dan apabila tidak terbentuk lendir maka bakteri tersebut digolongkan ke dalam Gram positif (Kurnia, 2016).

3.4.1.2 Uji Soft Rot

Uji *soft rot* bertujuan untuk mengetahui isolat bakteri yang menyebabkan busuk pada kentang termasuk ke dalam bakteri penyebab busuk lunak. Kentang diiris setebal 1 cm dan dicuci dengan air mengalir selama 30 menit. Kemudian masing-masing irisan kentang diletakkan pada cawan petri berisi tisu yang telah dilembabkan menggunakan akuades. Pengujian ini dilakukan dengan cara menggoreskan satu jarum ose bakteri yang berumur 24 jam pada bagian tengah kentang. Setelah itu, umbi kentang diinkubasi selama 24-48 jam. Reaksi positif ditunjukkan dengan terjadinya pembusukan pada bagian tengah kentang (Andayani *et al.*, 2019).

3.4.1.3 Uji Hipersensitif

Uji hipersensitif bertujuan untuk membuktikan apakah benar isolat bakteri adalah spesifik bakteri patogen pada tanaman. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri yang sudah berumur 24 jam. Kemudian disuspensikan

menggunakan 0,5 mL air steril yang dimasukkan ke dalam tabung eppendorf 1,5 mL. Suspensi bakteri tersebut kemudian dihomogenkan menggunakan *rotamixer*. Setelah itu diambil 0,5 mL suspensi bakteri dan disuntikkan di antara kedua epidermis daun tembakau menggunakan jarum suntik 1 cc. Bagian tanaman yang telah disuntikan suspensi bakteri kemudian diberikan label dan diinkubasi selama 24-48 jam. Gejala positif hipersensitif ditunjukkan dengan adanya gejala nekrosis atau mengeringnya bagian daun tembakau yang disuntikkan suspensi bakteri. Uji hipersensitif menggunakan tanaman tembakau dikarenakan tanaman tembakau dapat mengalokasikan serangan bakteri patogen sebagai respon ketahanan tanaman tembakau terhadap penyakit (Prasetyo *et al.*, 2022).

3.4.1.4 Oksidatif/Fermentatif (O/F)

Uji oksidatif fermentatif (O/F) bertujuan untuk mengetahui sifat dari isolat bakteri termasuk oksidatif atau fermentatif. Pengujian ini dilakukan menggunakan media O/F (bassal medium). Bahan untuk membuat media O/F yaitu 9,8 g bubuk media O/F dan 1000 mL akuades. Setelah itu media tersebut dituang ke dalam tabung reaksi sebanyak 4 mL dan disterilisasi. Isolat bakteri yang berumur 24 jam diambil menggunakan jarum ent, kemudian ditusukkan ke dalam tabung yang berisi media O/F hingga dasar tabung dan diangkat secara perlahan. Salah satu tabung diberi minyak parafin steril dan satu tabung lainnya tidak diberi minyak parafin. Perubahan warna diamati selama 1-7 hari. Apabila terjadi perubahan warna dari hijau ke kuning pada kedua tabung, maka bakteri tersebut bersifat fermentatif. Apabila perubahan warna hanya terjadi pada tabung reaksi yang tidak diberi minyak parafin, maka bakteri tersebut bersifat oksidatif (Andayani *et al.*, 2019).

3.4.1.5 Uji *Lecithinase*

Uji *lecithinase* bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri dalam menggunakan *lecithin*. Pengujian ini dilakukan menggunakan media YPA dan dicampurkan dengan *egg yolk*. Bahan yang digunakan untuk membuat media YPA yaitu 10 g pepton, 5 g yeast, 20 g agar dan 1000 mL akuades. Pembuatan media *lecithinase* dilakukan dengan cara memasukkan 0,5 mL *egg yolk* ke dalam

cawan petri dan ditambahkan 10 mL media YPA, setelah itu dihomogenkan hingga merata. Isolat bakteri yang berumur 24 jam diambil sebanyak satu ose dan digoreskan pada media *lecithinase*. Setelah itu bakteri diinkubasi pada suhu 28°C dan diamati selama 1-7 hari. Uji positif *lecithinase* menghasilkan zona buram yang menyebar di tepi koloni saat bakteri diinokulasikan ke dalam media uji (Handoko *et al.*, 2020).

3.4.1.6 Uji Casein

Uji casein bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri dalam menghidrolisis protein. Pengujian ini dilakukan menggunakan media *skim milk agar*. Bahan yang digunakan untuk membuat media ini yaitu 10 g bubuk *skim milk agar* dan 1000 mL akuades. Pengujian dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri yang berumur 24 jam, lalu digoreskan pada cawan petri yang sudah berisi media *skim milk agar*. Setelah itu bakteri diinkubasi selama 24-48 jam. Reaksi positif dari uji ini yaitu ditunjukkan dengan adanya zona bening, sedangkan reaksi negatif tidak menunjukkan zona bening (Prasojo, 2021).

3.4.1.7 Uji Kemampuan Tumbuh pada Beberapa Suhu

Uji kemampuan tumbuh pada beberapa suhu bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri dapat tumbuh pada suhu 39 °C dan 40 °C. Pengujian dilakukan menggunakan media YP. Bahan yang digunakan untuk membuat media ini adalah 10 g pepton, 5 g yeast dan 1000 mL akuades. Pengujian dilakukan dengan menggunakan satu ose bakteri yang sudah berumur 24 jam dan disuspensikan ke dalam tabung eppendorf 1,5 mL yang sudah diberikan 0,5 mL air steril, kemudian dihomogenkan menggunakan rotamixer. Setelah itu, suspensi tersebut diambil menggunakan jarum ose dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang sudah berisi media YP dan diinkubasi menggunakan *water bath* selama 3-7 hari. Reaksi positif ditunjukkan dengan tumbuhnya bakteri di dalam media ditandai dengan media yang berubah warna dari kuning menjadi putih keruh setelah dilakukan inkubasi (Oktaviana, 2018).

3.4.1.8 Uji Kemampuan untuk Menggunakan Beberapa Jenis Bahan Organik

Uji ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri dapat tumbuh pada bahan organik tertentu. Pengujian ini menggunakan media Ayer's yang dibuat menggunakan bahan-bahan antara lain $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 1 g, KCL 0,2 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,2 g, *Bromthymol Blue* (BTB) 2%, dan 1000 ml akuades. Bahan organik yang digunakan dalam pengujian ini yaitu *Lactose*, *Myo-inositol*, *Mannitol*, *Inulin*, *5-Ketogluconate*, *D-arabinose*. Pengujian dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri berumur 24 jam dan dimasukkan ke dalam tabung eppendorf 1,5 mL yang berisi 0,5 mL air steril dan dihomogenkan menggunakan rotamixer. Setelah itu bakteri diambil menggunakan jarum ent dan ditusukkan pada media Ayer's sampai dasar tabung dan diinkubasi pada suhu 28 °C. Pengamatan dilakukan pada hari ke 2, 4, 7, 14, dan 21 hari. Bakteri mampu menggunakan bahan organik tersebut ditunjukkan adanya perubahan warna media dari hijau menjadi kuning atau biru dengan menyesuaikan bahan organik yang digunakan (Suharjo, 2013).

3.4.2 Uji Kemampuan sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman atau *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB)

Pengujian PGPB dilakukan di rumah plastik, Bataranila, Lampung Selatan. Uji kemampuan isolat bakteri sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dilakukan dengan menggunakan tanaman mentimun sebagai tanaman indikator. Pelaksanaan pengujian diawali dengan meremajakan isolat bakteri pada media PPGA dalam tabung reaksi dan diinkubasi selama 24 jam. Uji kemampuan bakteri sebagai PGPB menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan lima perlakuan (tiga isolat bakteri, konsorsium dan kontrol), setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali.

3.4.2.1 Persiapan Media Tanam dan Suspensi Bakteri

Media tanam yang digunakan untuk pengujian PGPB merupakan campuran pasir dan kompos dengan perbandingan 1:1 (v:v) sebanyak 500 g. Media tanam kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf selama 3 jam. Setelah disterilisasi,

media yang sudah dalam keadaan dingin dimasukkan ke dalam polibag ukuran 0,5 kg. Isolat bakteri yang sudah diperbanyak pada media PPGA dipanen dengan menambahkan 10 mL akuades kemudian dihomogenkan dalam tabung reaksi dan dimasukan ke dalam labu erlenmeyer berisi 290 mL akuades kemudian dihomogenkan sebagai suspensi bakteri. Selanjutnya, suspensi bakteri tersebut diambil sebanyak 20 mL untuk disiram di permukaan tanah dan diinkubasi selama 2 hari sebelum ditanam kecambah mentimun.

3.4.2.2 Penyemaian Benih

Benih mentimun direndam dengan air hangat ($\pm 45^{\circ}\text{C}$) selama 30 menit. Perendaman tersebut bertujuan untuk mempercepat proses perkecambahan benih. Setelah itu, benih mentimun didesinfeksi dengan cara direndam dengan alkohol 70% selama 1 menit, kemudian direndam kembali dalam larutan sodium *hypochlorite* 2% selama 30 detik, untuk mencegah terjadinya kontaminasi. Kemudian, benih dicuci dengan air steril sebanyak tiga kali untuk membersihkan sisa larutan desinfektan, lalu benih disemai dalam nampan yang telah dilapisi kertas merang lembab dan diinkubasi selama dua hari hingga berkecambah.

3.4.2.3 Pindah Tanam dan Pemeliharaan

Benih mentimun yang sudah berkecambah kemudian ditanam dalam satu polibag sebanyak dua kecambah, dengan masing-masing perlakuan membutuhkan lima polibag. Setelah berumur lima hari setelah tanam (hst) dipilih salah satu tanaman yang lebih baik, kemudian satu tanaman lainnya dicabut sehingga dalam satu polibag hanya ada satu tanaman mentimun. Pemeliharaan dilakukan dengan melakukan penyiraman tanaman mentimun selama 1-21 hst. Penyiraman tanaman mentimun dilakukan pada sore hari.

3.4.2.4 Pengamatan

Pengamatan dilakukan selama 21 hari dengan variabel pengamatan meliputi (Worosuryani *et al.*, 2006):

a. Tinggi tanaman

Tinggi tanaman diukur setiap dua hari sekali selama 21 hari. Tanaman diukur menggunakan meteran dengan cara mengukur dari pangkal tanaman sampai pada daun yang paling tinggi (monokotil).

b. Jumlah daun

Jumlah daun dihitung setiap dua hari sekali selama 21 hari. Daun yang dihitung meliputi daun yang sudah membuka dan lengkap bagian-bagiannya.

c. Kehijauan daun

Kehijauan daun diukur menggunakan *chlorophyl* meter pada hari terakhir pengamatan atau hari ke-14. Pengukuran kehijauan daun dilakukan pada bagian daun bawah, tengah, dan atas. Pengukuran kehijauan daun dilakukan dengan cara meletakkan daun pada sensor dan dijepit. Nilai kehijauan daun yang diperoleh selanjutnya dirata-ratakan untuk setiap tanaman sampel.

d. Panjang akar

Pengukuran panjang akar dilakukan pada saat tanaman telah dipanen yaitu pada hari ke-21. Pengukuran dilakukan setelah akar tanaman dibersihkan dan dipisahkan dengan batang tanaman. Panjang akar diukur dengan menggunakan meteran. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur akar dari pangkal hingga ujung akar.

e. Berat basah tajuk

Berat basah tajuk dihitung dengan cara menimbang seluruh bagian tanaman, setelah tanaman baru dipanen dan dipisahkan dari akarnya. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik. Berat basah tajuk dinyatakan dalam satuan gram (g).

f. Berat basah akar

Berat basah akar ditimbang setelah akar dipisahkan dari tanaman dan dicuci bersih. Selanjutnya, penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan

analitik. Berat basah akar dinyatakan dalam satuan gram (g).

g. Berat kering tajuk dan akar

Tajuk dan akar dimasukkan dalam amplop yang berbeda sesuai dengan perlakuan, kemudian dioven selama tiga hari dengan suhu 80 °C. Setelah itu ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik. Berat kering tajuk dan akar dinyatakan dalam satuan gram (g).

3.4.3 Uji Patogenisitas Bakteri Endofit sebagai Entomopatogen Penggerek Batang Tebu

Uji patogenisitas bakteri endofit sebagai entomopatogen penggerek batang tebu menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan yaitu tiga isolat bakteri entomopatogen, konsorsium (gabungan ketiga isolat bakteri), kontrol, dan diulang sebanyak empat kali. Uji patogenisitas bertujuan untuk menguji kemampuan isolat dalam menyebabkan infeksi dan sakit pada serangga target (Dunggio, 2024).

3.4.3.1 Persiapan Larva Penggerek Batang Tebu

Serangga uji yang digunakan merupakan larva penggerek batang tebu instar 3 hasil rearing dari PT Gunung Madu Plantations, Lampung Tengah.

3.4.3.2 Pembuatan Suspensi Bakteri

Pembuatan suspensi bakteri mengacu pada metode yang dilakukan oleh Salaki dan Pelealu (2018) dengan sedikit modifikasi. Pertama, bakteri yang sudah berumur 24 jam diambil menggunakan jarum ose dan dimasukkan ke dalam 10 mL media YPB yang mengandung 0,1 % Tween 80 dan dishaker 24 jam.

Suspensi yang didapatkan kemudian diencerkan menggunakan larutan 1% molase yang mengandung 0.1% Tween 80 hingga mencapai kerapatan 10^6 cfu/mL.

Selanjutnya, menambahkan suspensi bakteri ke dalam media YPB 240 mL dan dishaker 6 jam.

3.4.3.3 Aplikasi ke Serangga Hama Penggerek Batang Tebu

Masing-masing suspensi bakteri dimasukkan ke dalam masing-masing sprayer atau alat semprot sebanyak 10 mL/botol. Suspensi disemprotkan ke 15 larva dalam cawan. Aplikasi dilakukan dengan lima perlakuan yaitu tiga isolat bakteri endofit, konsorsium dan satu kontrol dengan masing-masing perlakuan terdapat empat ulangan. Perlakuan kontrol disemprot dengan 0,1% Tween 80. Pengamatan dilakukan selama 14 hari. Data yang diamati adalah mortalitas larva penggerek batang tebu yang dihitung menggunakan rumus Dewi *et al.* (2017) sebagai berikut.

$$P (\%) = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Mortalitas total (%).

n = Jumlah larva uji yang mati (ekor).

N = Jumlah larva yang diuji (ekor).

Jika pada kontrol terdapat kematian (tidak lebih dari 20%) maka persentase kematian perlu dikoreksi dengan rumus Abbot (1925) yaitu:

$$|\% MT| = \frac{(X - Y)}{(100 - Y)} \times 100\%$$

Keterangan:

MT = Persentase kematian yang terkoreksi,

X = Persentase kematian pada perlakuan, dan

Y = Persentase kematian pada kontrol.

Melakukan pengamatan visual dengan melihat gejala pada larva penggerek batang tebu. Gejala infeksi larva uji diamati setiap hari selama pengamatan berlangsung. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari bakteri endofit tersebut. Gejala infeksi yang diamati seperti perilaku larva yang sulit bergerak, kulit larva mulai lunak dan warna larva yang berubah menjadi kehitaman hingga kemudian larva tidak bergerak dan menimbulkan bau busuk serta berlendir yang menandakan larva telah mati (Pujiastuti *et al.*, 2023).

3.4.4 Analisis Data

Data yang dikumpulkan, meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, kehijauan daun, panjang akar, berat basah tajuk, berat basah akar, berat kering tajuk, berat kering akar, serta parameter perkembangan serangga (kematian larva, pupa terbentuk, pupa cacat, pupa mati, imago terbentuk, imago normal, dan imago cacat), dianalisis homogenitas menggunakan Uji Bartlett dan aditivitas data menggunakan Uji Tukey. Jika data bersifat homogen dan aditif, maka dianalisis menggunakan Analisis Ragam (ANOVA). Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), maka dilanjutkan dengan Uji *Duncans's Multiple Range Test* (DMRT) taraf kepercayaan 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

3.4.5 Identifikasi Molekuler Isolat Bakteri Endofit

Identifikasi isolat bakteri endofit secara molekuler melalui beberapa tahapan yaitu ekstraksi DNA, amplifikasi DNA menggunakan mesin PCR, elektroforesis dan visualisasi hasil PCR, serta sekuensing dan analisis hasil.

3.4.5.1 Ekstraksi DNA

Ekstraksi DNA dilakukan berdasarkan metode Suharjo *et al.* (2014) dengan modifikasi sebagai berikut: bakteri berumur 24 jam diambil sebanyak satu ose dari media PPGA, lalu dipindahkan ke dalam tabung mikro 1,5 mL dan ditambahkan 567 μ L TE buffer menggunakan mikropipet. Ditambah 10 μ L SDS 10% dan 3 μ L Proteinase-K kemudian dihomogenkan. Suspensi diinkubasi dalam *water bath* (37 °C selama 1 jam) dengan penghomogenan setiap 10 menit. Setelah inkubasi, ditambahkan 100 μ L NaCl, dihomogenkan secara perlahan lalu ditambah 80 μ L CTAB 2%. Sampel diinkubasi kembali pada suhu 65 °C selama 10-15 menit sambil dihomogenkan setiap 10 menit. Ditambahkan 720 μ L *Chloroform Isoamyl Alcohol* (CI) (24:1), kemudian dihomogenkan secara perlahan dan disentrifuge pada 14.000 rpm selama 5 menit.

Supernatan sebanyak 600 μ L dipindahkan ke dalam tube 1,5 mL baru, lalu ditambahkan 600 μ L *Phenol Chloroform Isoamyl Alcohol* (PCI) (25:24:1). Sampel dihomogenkan dan disentrifugasi kembali pada 14.000 rpm selama 5 menit. Supernatn dipindahkan ke dalam tube baru, lalu ditambahkan isopropanol 60% (sama volumenya dengan supernatan), dihomogenkan perlahan, dan diinkubasi di refrigerator selama 10 menit. Sampel disentrifugasi kembali pada 14.000 rpm selama 15 menit, supernatan dibuang, lalu ditambahkan 400 μ L ethanol 70% dingin. Disentrifugasi pada 14.000 rpm selama 5 menit, supernatan dibuang, dan pelet dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam. Pelet yang sudah kering dilarutkan dalam 20 μ L TE buffer. Untuk memastikan keberadaan DNA, dilakukan elektroforesis, lalu divisualisasikan menggunakan *Digidoc Imaging System*. Diagram prosedur ekstraksi DNA dapat dilihat pada lampiran.

3.4.5.2 Amplifikasi DNA dengan PCR

Amplifikasi DNA dilakukan menggunakan metode PCR dengan primer universal 16S rDNA (FD1 dan RP2) (Wood *et al.*, 1998). Prosedur amplifikasi DNA sebagai berikut: Komposisi reaksi PCR terdiri dari 9,5 μ L air steril, 12,5 μ L Master Mix (Red Mix), 1 μ L primer FD1, 1 μ L primer RP2 dan 1 μ L hasil ekstraksi DNA bakteri. Program PCR terdiri dari: inisiasi pada suhu 95°C selama 5 menit (1 kali siklus), dilanjutkan dengan 30 siklus tahap denaturasi pada suhu 95°C selama 1 menit, annealing pada suhu 58°C selama 1 menit dan ekstensi pada suhu 72°C selama 1 menit, serta tahap elongasi pada suhu 72°C selama 5 menit dalam 1 kali siklus (Suharjo *et al.*, 2014). Sampel diamplifikasi menggunakan mesin PCR, kemudian dilanjutkan dengan elektroforesis. Diagram prosedur amplifikasi DNA dapat dilihat pada lampiran.

3.4.5.3 Elektroforesis dan Visualisasi Hasil PCR

Elektroforesis dilakukan untuk memverifikasi keberhasilan amplifikasi DNA. Prosedur elektroforesis sebagai berikut: Sebanyak 0,1 g agarose ditimbang lalu dilarutkan dalam 20 mL TBE buffer dan dipanaskan di microwave selama 20 detik. Setelah larutan mendidih, ditambahkan 1 μ L Ethidium Bromide (EtBr, 10

mg/mL) untuk pewarnaan DNA. Larutan dituangkan ke dalam cetakan gel dan didiamkan 30 menit hingga mengeras. Gel dipindahkan ke dalam alat elektroforesis, kemudian diisi TBE buffer hingga seluruh gel terendam. Pada sumur pertama, dimasukkan 3 μ L DNA marker (ladder). Pada sumur berikutnya, dimasukkan 3 μ L hasil PCR dari setiap sampel. Elektroforesis dijalankan pada 50 volt selama 60-70 menit. Setelah selesai, gel diamati menggunakan *Digidoc Imaging System*, jika terdapat pita maka amplifikasi DNA dianggap berhasil. Diagram prosedur elektroforesis dan visualisasi hasil PCR dapat dilihat pada lampiran.

3.4.5.4 Sekuensing dan Analisis Hasil

Hasil PCR dikirim ke PT Genetika Science, Jakarta untuk dilakukan sekuensing DNA. Data sekuen yang diperoleh dianalisis menggunakan perangkat lunak BioEdit untuk menyusun urutan nukleotida. Urutan nukleotida dibandingkan dengan data referensi pada Gen Bank menggunakan metode BLAST (*Basic Local Alighment Search Tool*) pada situs NCBI (*National Center for Biotechnology Information*). Analisis filogenetik dilakukan menggunakan perangkat lunak MEGA 11 untuk menentukan kelompok isolat bakteri berdasarkan konstruksi pohon filogeni (Sepriana dan Sumiati, 2020).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Ketiga bakteri endofit (G3D2.11BKK, G5B2.160KB. dan G7D2.176BB) memiliki karakteristik antara lain Gram positif, *soft rot* negatif, hipersensitif negatif, fermentatif, *lecithinase* negatif, mampu tumbuh pada suhu 39°C dan 40°C, serta mampu tumbuh menggunakan bahan organik 5-Ketogluconate, Myo-inositol, Lactose, Inulin, D-arabinose, dan Mannitol. Bakteri *B. velezensis* dan *B. cereus* memiliki karakteristik casein positif, sedangkan *A. calcoaceticus* bersifat casein negatif. Bakteri endofit isolat G7D2.176BB memiliki potensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, karena menyebabkan tinggi tanaman, kehijauan daun, berat basah tajuk, berat kering tajuk, dan berat basah akar secara signifikan ($p < 0,05$). Ketiga bakteri endofit tersebut berpotensi sebagai entomopatogen penggerek batang tebu. Gabungan dari ketiga bakteri endofit tersebut (konsorsium) menyebabkan mortalitas larva paling tinggi daripada perlakuan lainnya yaitu 30%. Bakteri endofit isolat G5B2.160KB menyebabkan imago cacat secara signifikan yaitu 11,25%, dan
2. Ketiga bakteri endofit telah diketahui identitasnya yaitu bakteri endofit isolat G3D2.11BKK adalah *A. calcoaceticus*, G5B2.160KB adalah *B. velezensis* dan G7D2.176BB adalah *B. cereus*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut mengenai bakteri endofit sebagai entomopatogen penggerek batang tebu dengan pengujian dilakukan secara *in vivo*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 3(2): 302-303.
- Andayani, A. P., Dermiyati., Suharjo, R., Ivayani, dan Telaumbanua, M. 2019. Efektivitas larutan mikroorganisme local dari tandan kosng kelapa sawit secara aerob. *Journal of Tropical Upland Resources*. 1(1): 43-50.
- Ariyanti, D. dan Arsita, N. 2023. Isolasi dan uji daya hambat bakteri endofit alga hijau (*Ulva lactuca*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella thyphi*. *Jurnal Tambora*. 7(2): 24-32.
- Astuti, W. W. dan Hala, Y. 2024. Pemberdayaan *Bacillus thuringiensis* sebagai biopestisida pada tanaman. *Jurnal Biogenerasi*. 10(1): 554-557.
- Azmie, U., Dewi, R. K., dan Sarjana, I. D. G. R. 2019. Pola kemitraan agribisnis tebu di Kecamatan Jetis Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian*. 3(2): 119-130.
- Brar, K. S., Maninder Shenhmar, M. S., Bakhetia, D. R. C., Doomra, S., Sharma, D. K., Duhra, M. S., and Singla, M. L. 1996. Bioefficacy of *Trichogramma Chilonis* Ishii (Hymenoptera, Trichogrammatidae) for the control of *Chilo auricilius* Dudgeon on sugarcane in Punjab. *Plant Protection Bulletin Faridabad*. 48(1-4): 9-10.
- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C., dan Barka, E. A. 2005. Penggunaan bakteri pemacu pertumbuhan tanaman untuk pengendalian hayati penyakit tanaman: prinsip, mekanisme kerja, dan prospek masa depan. *Mikrobiologi terapan dan lingkungan*. 71(9): 4951-4959.
- Dewi, M., Yuli, A., Salbiah, D., dan Sutikno, A. 2017. Uji beberapa konsentrasi tepung biji pinang (*Areca catechu* L.) terhadap mortalitas larva penggerek tongkol jagung manis (*Helicoverpa armigera* Hubner). *Doctoral Dissertation*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2021. *Ancaman Pestisida terhadap Keanekaragaman Hayati Darat*. <https://ditjenbun.pertanian.go.id/ancaman-pestisida-terhadap-keanekaragaman-hayati-darat/>. Diakses pada 03 Maret 2025 pukul 13.49.

- Dunggio, Y. 2024. *Bakteriologi Dasar Belajar Bakteriologi dengan Mudah & Komprehensif*. Grup Penerbitan CV Budi Utama. Sleman.
- Dwimartina, F., Joko, T., dan Arwiyanto, T. 2021. Karakteristik morfologi dan fisiologi bakteri endofit dan rizobakteri dari tanaman cengkeh sehat. *Jurnal Agro Wiralodra*. 4(1): 1-8.
- Elsharkawy, M. M., Almasoud, M., Alsulaiman, Y. M., Baeshen, R. S., Elshazly, H., Kadi, R. H., and Shawer, R. 2022. Efficiency of *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus cereus* against *Rhynchophorus ferrugineus*. *Insects*. 13(10): 905.
- Fadilah, W., Rasyidah, R., dan Mayasari, U. 2022. Isolasi dan karakterisasi bakteri heterotrofik pada Kawasan Perairan Pantai Indah Kalangan, Tapanuli Tengah. *Journal of Biological Sciences*. 9(2): 306-317.
- Fajrin, M. dan Santosa, M. 2019. Pengaruh media tanam dan pengaplikasian PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*) terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 7(4): 681-689.
- Goebel, F. R., Roux, E., Marquier, M., Frandon, J., Do Thi Khanh, H., and Tabone, E. 2010. Biocontrol of *Chilo sacchariphagus* (Lepidoptera: Crambidae) a key pest of sugarcane: lessons from the past and future prospects. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*. 28(3): 128-132.
- Handoko, Y. A., Kristiawan, Y. A., dan Agus, Y. H. 2020. Isolasi dan karakterisasi biokimia bakteri pembusuk buah cabai rawit. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*. 11(1): 34-41.
- Hardiansyah, M. Y., Musa, Y., dan Jaya, A. M. 2020. Identifikasi *plant growth promoting rhizobacteria* pada rizosfer bambu duri dengan gram KOH 3%. *Agrotechnology Research Journal*. 4(1): 41-46.
- Haris, U. C. 2022. Karakterisasi, Identifikasi dan Uji Kisaran Inang Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Padi di Talang Padang Provinsi Lampung. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Harni, R. 2016. Prospek pengembangan bakteri endofit sebagai agens hayati pengendalian nematoda. *Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri*. 15(1): 31-49.
- Harni, R., Munif, A., dan Mustika, I. 2007. Potensi bakteri endofit pengendali nematoda peluka akar (*Pratylenchus brachyurus*) pada nilam. *Hayati Journal of Biosciences*. 14(1): 7-12.
- Hastuti, U. S., Nugraheni, F. S. A., dan Asna, P. A. 2017. Identifikasi dan penentuan indeks hidrolisis protein pada bakteri proteolitik dari tanah mangrove di Margomulyo, Balikpapan. *In Proceeding Biology Education*

Conference. 14(1): 265-270.

Hendarjati, H., Raditya, W. A., Adrian, F., dan Achadian, E. M. 2022. Tingkat parasitasi hama penggerek batang tebu *Chilo terrenellus* Pgn. (Lepidoptera: Crambidae) di Okaba Merauke. *Indonesian Sugar Research Journal*. 2(1): 35-39.

Hu, Y., You, J., Wang, Y., Long, Y., Wang, S., Pan, F., and Yu, Z. 2022. Biocontrol efficacy of *Bacillus velezensis* strain YS-AT-DS1 against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato plants. *Frontiers in Microbiology*. 13: 1035748.

Jia, H. and Wang, H. 2021. Introductory Chapter: Studies on Cucumber. *In Cucumber Economic Values and Its Cultivation and Breeding*. IntechOpen. London.

Kumar, K., Jaglan, M. S., and Verma, T. 2019. Biology of early shoot borer, *Chilo infuscatellus* Snellen on sugarcane, *Saccharum officinarum* L. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 7(5): 262-268.

Kurnia, K. 2016. Isolasi bakteri heterotroph di Situ Cibuntu, Jawa Barat dan karakterisasi resistensi asam dan logam. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*. 9(2): 74-79.

Lopes, F. C., Martinelli, A. H. S., John, E. B. O., and Ligabue-Braun, R. 2021. Microbial Hydrolytic Enzymes: Powerful Weapons Against Insect Pest. In: Khan, M. A. dan Ahmad, W. (Eds). *Microbes for Sustainable Insect Pest Management*. Pp. 1-31. Springer. Heidelberg, Germany.

Mangunwardoyo, W., Ismayasari, R., dan Riani, E. 2009. Aktivitas kitinase, lesitinase, dan hemolisin isolat dari bakteri ikan nila (*Oreochromis niloticus* Lin.) yang dikultur dalam keramba jaring apung Waduk Jatiluhur, Purwakarta. *Jurnal Riset Akuakultur*. 4(2): 257-265.

Marwan, H., Nusifera, S., dan Mulyati, S. 2021. Potensi bakteri endofit sebagai agens hayati untuk mengendalikan penyakit blas pada tanaman padi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 26(3): 328-333.

Mendoza-Almanza, G., Esparza-Ibarra, E. L., Ayala-Luján, J. L., Mercado-Reyes, M., Godina-González, S., Hernández-Barrales, M., and Olmos-Soto, J. 2020. The cytotoxic spectrum of *Bacillus thuringiensis* toxins: from insects to human cancer cells. *Toxins*. 12(5): 301.

Moon, J. H., Ajuna, H. B., Won, S. J., Choub, V., Choi, S. I., Yun, J. Y., and Ahn, Y. S. 2023. Entomopathogenic potential of *Bacillus velezensis* CE 100 for the biological control of termite damage in wooden architectural buildings of Korean cultural heritage. *International Journal of Molecular Sciences*. 24(9): 8189.

Mukherjee, A., Bhowmick, S., Yadav, S., Rashid, M. M., Chouhan, G. K.,

- Vaishya, J. K., and Verma, J. P. 2021. Re-vitalizing of endophytic microbes for soil health management and plant protection. *3 Biotech.* 11(399): 1-17.
- Muliasari, A. A. dan Trilaksono, R. 2020. Insidensi hama dan penyakit utama tebu (*Saccharum officinarum* L.) di PT PG Rajawali II Jatitujuh Majalengka. *Jurnal Sains Terapan.* 10(1): 40-52.
- Munif, A., Pradana, A. P., Soekarno, B. P. W., dan Herliyana, E. N. 2014. Isolasi dan uji potensi konsorsium bakteri endofit asal tanaman kehutanan sebagai agen biokontrol dan pemacu pertumbuhan tanaman tomat. *Prosiding Seminar Nasional Perlindungan Tanaman II.* Hlm 112-330.
- Munif, A., Wiyono, S., dan Suwarno. 2012. Isolasi bakteri endofit asal padi gogo dan potensinya sebagai agens biokontrol dan pemacu pertumbuhan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia.* 8(3): 57-64.
- Nugroho, R. B. A. dan Musrichan, M. 2012. Hubungan faktor risiko terjadinya *Acinetobacter* sp Mdro terhadap kematian penderita sepsis di Picu Rumah Sakit Dr Kariadi Semarang. *Doctoral Dissertation.* Universitas Diponegoro, Semarang.
- Oktaviana, H. A. 2018. Identifikasi dan uji kisaran inang penyebab penyakit mati pucuk pada tanaman pepaya (*Carica papaya* L.). *Skripsi.* Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Prasetyo, R. A., Isnawati, I., dan Rahayu, D. A. 2022. Isolasi, karakterisasi, dan identifikasi bakteri patogen pada tumbuhan kantong semar (*Nepenthes gracillus*). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi.* 11(2): 255-262.
- Prasojo, U. B. 2021. Identifikasi dan uji kisaran inang penyebab penyakit busuk lunak tanaman cocor bebek (*Kalanchoe* spp.). *Skripsi.* Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Prayoga, S. A., Minwal., dan Amir, N. 2016. Pengaruh jenis pupuk organik dan sistem tanam terhadap pertumbuhan bibit tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Pertanian.* 11(1): 51-55.
- Pujiastuti, Y., Hakari, I. M., Suparman, S. H. K., Umayah, A., Gunawan, B., dan Herlin, W. 2023. Kajian *Bacillus thuringiensis* diperbanyak pada media padat hasil samping agroindustri terhadap mortalitas larva *Oryctes rhinoceros* di rumah bayang. *Jurnal Agrotek Tropika.* 11(4): 651-660.
- Pulungan, A. S. dan Tumangger, D. E. 2018. Isolasi dan karakterisasi bakteri endofit penghasil enzim katalase dari daun buasbuas (*Premna pubescens* Blume). *Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan.* 5(1): 71-80.
- Rabbee, M. F., Ali, M. S., Choi, J., Hwang, B. S., Jeong, S. C., and Baek, K. H. 2019. *Bacillus velezensis*: a valuable member of bioactive molecules within plant microbiomes. *Molecules.* 24(6): 1-14.

- Raharja, H., Zubaidah, A., dan Prasetyo, D. 2023. Analisis biokimia bakteri kandidat probiotik yang diisolasi dari saluran pencernaan udang jerbung (*Penaeus merguensis*). *Aquatic Sicienses Journal*. 10(2): 158-162.
- Ruiu, L., Falchi, G., Floris, I., Marche, M. G., Mura, M. E., and Satta, A. 2015. Pathogenicity and characterization of a novel *Bacillus cereus* sensu lato isolate toxic to the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wied. *Journal of invertebrate pathology*. 126(7): 71-77.
- Sa'adah, F. L., Rahmadhini, N., dan Suharto. 2023. Eksplorasi dan identifikasi *Bacillus* sp. dari tanah rizosfer bambu dan tomat di Kelurahan Made, Sambikerep, Surabaya. *Agrocentrum*. 1(1): 1-6.
- Salaki, C. L. dan Pelealu, J. 2018. Pemanfaatan entomopatogen indigenous Indonesia sebagai kandidat biopestisida ramah lingkungan terhadap hama penting tanaman cabai. *Eugenia*. 24(3): 132-144.
- Saljoqi, A. U. R., Anwar, K., Khan, I. A., Salim, M., Nadeem, M., and Huma, Z. 2015. Effectiveness of *Trichogramma chilonis* (Ishii) against sugarcane stem borer, *Chilo infuscatellus* (Snell) in different sugarcane varieties. *Thai Journal of Agricultural Science*. 48(2): 59-66.
- Sanjaya, M. S., Fitriana, Y., Lestari, P., dan Suharjo, R. 2024. Eksplorasi dan identifikasi bakteri simbiosis wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens* Stal.) sebagai pendegradasi insektisida imidakloprid. *Jurnal Proteksi Agrikultura*. 1(1): 20-27.
- Sepriana, C. dan Sumiati, E. 2020. Identifikasi dan uji daya hambat isolat bakteri endofit bunga tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) terhadap bakteri patogen. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 6(1):101-106.
- Sinubu, W. V., Tumbol, R. A., Undap, S. L., Manoppo, H., dan Kreckhoff, R. L. 2022. Identifikasi bakteri patogen *Aeromonas* sp. pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Desa Matungkas, Kecamatan Dimembe, Kabupaten Minahasa Utara. *E-Journal Budidaya Perairan*. 10(2): 109-120.
- Sitepu, R., Wiyono, S., dan Santosa, D. A. 2018. Seleksi dan identifikasi endofit pemacu pertumbuhan dari lima varietas tebu di PT Gunung Madu Plantations, Lampung. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 20(1): 19-24.
- Solichah, C., Poerwanto, M. E., dan Wicaksono, D. 2022. *Jamur Metarhizium Sebagai Agen Hayati Pengendali Hama Tanaman*. Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional. Yogyakarta.
- Sopialena. 2018. *Pengendalian Hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba*. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Subiyakto, S. 2016. Hama penggerek tebu dan perkembangan teknik

- pengendaliannya. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 35(4): 179-186.
- Sudarsono, H. 2011. Kajian beberapa karakteristik biologi penggerek batang tebu berkilat *Chilo auricilius* dan parasitoidnya (*Trichogramma chilonis*). In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*: 33-99. Lampung. 21 September 2011.
- Suharjo, R. 2013. Studies on the taxonomy and identification of *Dickeya* spp. and *Pectobacterium* spp. isolat in Japan. *PhD. Thesis*. Shizuoka University. Jepang.
- Suharjo, R., Sawada, H., and Takikawa, Y. 2014. Phylogenetic study of Japanese *Dickeya* spp. and development of new rapid identification methods using PCR RFLP. *Journal of General Plant Pathology*. 80(3): 237-254.
- Ubaidillah, Z.Y., Hartatie, D., dan Harlianingtyas, I. 2021. Hubungan luas lahan dengan produksi tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Kabupaten Jember. *Agropross: National Conference Proceeding of Agriculture*. 5: 115-120.
- Walida, H., Azis, B., Triyanto, Y., dan Suhendra, D. 2018. Isolasi bakteri *plant growth promoting rhizobakteria* (PGPR) lokal dari endofit akar tanaman kelapa sawit dan uji antagonis terhadap penyakit jamur akar putih. *Jurnal Agroplasma (STIPER) Labuhanbatu*. 5(2): 1-8.
- Wood, J., Scott, K. P., Avguštin, G., Newbold, C. J., dan Flint, H. J. 1998. Estimation of the relative abundance of different bacteroides and prevotella ribotypes in gut samples by restriction enzyme profiling of PCR-amplified 16S rRNA gene sequences. *Applied and Environmental Microbiology*. 64(10): 3683-3689.
- Worosuryani, C., Priyatmojo, A., dan Wibowo, A. 2006. Uji kemampuan berbagai jamur tanah yang diisolasi dari lahan pasir sebagai PGPF dan agen pengendali hayati penyakit layu *Fusarium* pada semangka. *Tesis*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Yulianti, T. 2013. Pemanfaatan endofit sebagai agensia pengendali hayati hama dan penyakit tanaman. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 5(1): 40-49.
- Zain, M. M. 2022. *Seribu Manfaat Tanaman Tebu Inovasi Limbah Tebu yang Wajib Anda Ketahui*. Deepublish. Yogyakarta.