

**EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT BERSIFAT ANTAGONIS
TERHADAP *Ralstonia* sp. PENYEBAB LAYU BAKTERI
TANAMAN KENTANG**

(Skripsi)

Oleh

Siti Azzahra Prabowo
2114191015



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT BERSIFAT ANTAGONIS TERHADAP *Ralstonia* sp PENYEBAB LAYU BAKTERI TANAMAN KENTANG

Oleh

SITI AZZAHRA PRABOWO

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi bakteri endofit yang berasosiasi dengan tanaman kentang sebagai agen biokontrol alami terhadap *Ralstonia* sp. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari Februari sampai Mei 2025. Kegiatan penelitian meliputi isolasi bakteri *Ralstonia* sp. dari umbi kentang bergejala menggunakan media *Tetrazolium Chloride* (TZC) dan bakteri endofit dari umbi kentang sehat varietas Granola. Kemudian, dilakukan uji patogenesitas *Ralstonia* sp. pada umbi kentang sehat. Uji karakteristik yang dilakukan meliputi uji Gram, uji Oksidatif/Fermentatif, uji *lecithinase*, dan uji *arginine dihydrolase*. Hasil isolasi diperoleh 14 isolat endofit non-patogen yang telah dikarakterisasi. Hasil uji antagonisme menunjukkan bahwa lima isolat bakteri endofit terpilih (EK4.2, EK5.2, EK12.5, EK15.6, dan EK30.9) memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan *Ralstonia* sp. secara *in vitro*, ditandai dengan terbentuknya zona hambat. Meskipun terjadi penurunan luas zona hambat seiring waktu yang mengindikasikan kemungkinan ketidakstabilan metabolit antagonis atau adaptasi patogen, temuan ini mengkonfirmasi potensi isolat-isolat endofit tersebut sebagai kandidat agen biokontrol hayati yang dapat dikembangkan untuk pengelolaan penyakit layu bakteri pada kentang.

Kata kunci: antagonisme, bakteri endofit, biokontrol, kentang, *Ralstonia* sp.

ABSTRACT

EXPLORATION OF ANTAGONISTIC ENDOPHYTIC BACTERIA AGAINST *Ralstonia* sp. THE CAUSE OF BACTERIAL WILT IN POTATO PLANTS

By

SITI AZZAHRA PRABOWO

This study aims to explore the potential of endophytic bacteria associated with potato plants as natural biocontrol agents against *Ralstonia* sp. The research was conducted at the Agricultural Biotechnology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung, from February to May 2025. Research activities included the isolation of *Ralstonia* sp. bacteria from symptomatic potato tubers using *Tetrazolium Chloride* (TZC) medium and endophytic bacteria from healthy potato tubers of the Granola variety. Subsequently, pathogenicity tests were conducted on *Ralstonia* sp. using healthy potato tubers. The characterization tests conducted included Gram staining, oxidative/fermentative tests, lecithinase tests, and arginine dihydrolase tests. The isolation yielded 14 non-pathogenic endophytic isolates that were characterized. Antagonism tests showed that five selected endophytic bacterial isolates (EK4.2, EK5.2, EK12.5, EK15.6, and EK30.9) had the ability to inhibit the growth of *Ralstonia* sp. in vitro, indicated by the formation of inhibition zones. Although there was a decrease in the size of the inhibition zone over time, indicating possible instability of the antagonistic metabolites or pathogen adaptation, these findings confirm the potential of these endophytic isolates as candidates for biological control agents that can be developed for the management of bacterial wilt disease in potatoes.

Keyword: antagonism, endophytic bacteria, biocontrol, potato, *Ralstonia* sp.

**EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT BERSIFAT ANTAGONIS
TERHADAP *Ralstonia* sp PENYEBAB LAYU BAKTERI
TANAMAN KENTANG**

Oleh

Siti Azzahra Prabowo

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

: **EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT
BERSIFAT ANTAGONIS TERHADAP
Ralstonia sp. PENYEBAB LAYU BAKTERI
TANAMAN KENTANG**

Nama Mahasiswa

: *Siti Azzahra Prabowo*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114191015

Jurusan

: Proteksi Tanaman

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Ir. Efri, M.S.
NIP 196009291987031002

Dr. Ivayani, S.P., M.Si.
NIP 198812292015042001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

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

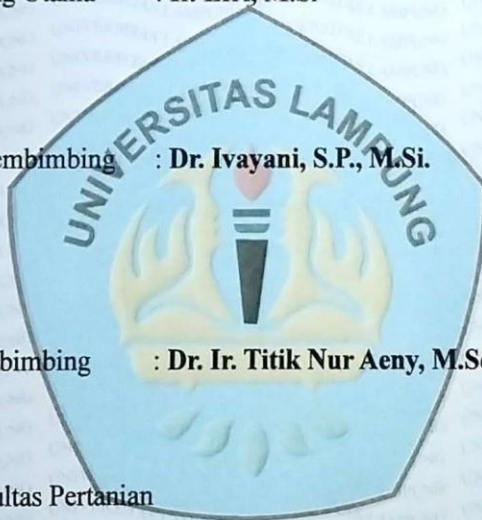
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing Utama : Ir. Efri, M.S.

Anggota Pembimbing : Dr. Ivayani, S.P., M.Si.

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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT BERSIFAT ANTAGONIS TERHADAP *Ralstonia* sp. PENYEBAB LAYU BAKTERI TANAMAN KENTANG”** merupakan hasil saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian 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, 21 Juni 2025
Penulis



Siti Azzahra Prabowo
NPM 2114191015

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Desa Gunung Pasir Jaya, Kecamatan Sekampung Udik, Kabupaten Lampung Timur pada 27 Januari 2003. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Joni Mandang Prabowo dan Ibu Meilya Yustanti. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di TK Al-Azhar 3 pada tahun 2009, SDN 1 Pugung Raharjo pada tahun 2015, SMPN 1 Gadingrejo pada tahun 2018, dan SMAN 1 Gadingrejo pada tahun 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung Jurusan Proteksi Tanaman melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis telah melaksanakan kegiatan Praktik Pengenalan Pertanian di Kecamatan Sekampung Udik, Lampung Timur pada tahun 2022. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Punjul Agung, Kecamatan Buay Bahuga, Kabupaten Way Kanan (2024) dan Praktik Umum di Laboratorium Proteksi Tanaman Semuli Raya, Abung Semuli, Lampung Utara pada tahun 2024. Penulis pernah aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota Bidang Eksternal (periode 2022/2023). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Bioteknologi Proteksi Tanaman (2024), Entomologi Pertanian (2024), Pestisida Pertanian (2024), Dasar-dasar Perlindungan Tanaman (2024), Bakteriologi Tumbuhan (2025), dan Penyakit Pasca Panen (2025).

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan segala kerendahan hati dan limpahan rasa syukur yang tak terhingga, karya tulis ini kupersembahkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Atas rahmat, hidayah, dan kekuatan-Nya lah saya mampu menyelesaikan perjalanan panjang ini.

Kepada:

Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Joni Mandang Prabowo dan Ibu Meilya Yustanti, yang selalu menjadi pilar kekuatan dan inspirasi dalam hidup Lala. Doa-doa tulus dan tak pernah putus yang senantiasa kalian panjatkan, kasih sayang yang tak terbatas, serta pengorbanan luar biasa yang kalian berikan yang sudah mengantarkan Lala sampai pada titik ini. Skripsi ini adalah wujud bakti dan cinta Lala, semoga menjadi kebanggaan bagi Ayah dan Ibu, serta penyejuk hati yang selalu mendoakan dan mendukung langkah demi langkah Lala.

Persembahan istimewa ini saya dedikasikan kepada adikku tersayang Nur Hafidzah Prabowo. Adek Idza adalah semangat dan motivasi dalam setiap langkah yang Mbak jalani. Terimakasih atas dukungan dan doa untuk kesuksesan Mbak yang telah diberikan selama ini.

Terakhir kepada Almamaterku tercinta, Universitas Lampung. Terimakasih banyak telah memberikan banyak pelajaran berharga yang saya dapatkan selama menempuh pendidikan ini.

MOTTO

"Hidup bukan tentang menemukan diri sendiri, tapi tentang menciptakan dirimu sendiri di setiap harinya."

(Siti Azzahra)

"Bukan seberapa keras kamu berlari, tapi seberapa indah jejak yang kamu tinggalkan"

(Siti Azzahra)

"Kreativitas itu kayak otot, kalau nggak dilatih ya lemes. Mulai aja, jangan mikir sempurna."

(Ernest Prakasa)

"Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya."

(QS. An-Najm: 39)

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, nikmat dan limpahan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT BERSIFAT ANTAGONIS TERHADAP *Ralstonia* sp. PENYEBAB LAYU BAKTERI TANAMAN KENTANG”**. Skripsi ini disusun secara maksimal oleh bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
3. Ir. Efri, M.S. selaku pembimbing utama yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, motivasi, saran, nasihat, masukan dan arahan bagi penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan,
4. Dr. Ivayani, S.P., M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan semangat, dukungan, masukan, serta saran yang sangat membangun selama proses pengerjaan penelitian dan penyusunan skripsi,
5. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., sebagai dosen pembahas yang telah memberikan motivasi, nasihat, masukan, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik,
6. Ir. Solikhin, M.P., sebagai dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan masukan selama masa perkuliahan,
7. Siti Azzahra, diri sendiri, semoga ilmu yang telah kamu peroleh dan kontribusi yang kamu berikan melalui skripsi ini dapat membawa manfaat

besar serta menjadi langkah awal yang gemilang dalam perjalanan karirmu ke depan. Selamat atas pencapaian luar biasa ini!,

8. Ayah dan Ibu, Adikku Idza, Adek Villi, dan Tante, serta Freya ponakan ate tercinta yang telah memberikan semangat, dukungan, dan sebagai penghibur selama penulis sedang berada di titik terendah dalam proses pengerjaan skripsi ini hingga akhirnya dapat diselesaikan dengan baik,
9. Kepada sahabat dan partnerku Amylia Putri Khalena dan Muhammad Nur Wahid yang telah memberikan semangat dan motivasi, serta selalu membersamai dalam setiap perjalanan penulis selama ini,
10. Tim bakteri Adila dan Fitri Antika atas bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian,
11. For Revenge, band yang lagunya senantiasa menemani penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini,
12. Keluarga besar Proteksi Tanaman angkatan 2021, dan
13. Terakhir, kepada berbagai pihak yang terlibat selama penulis menjalankan penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga tulisan ini tidak hanya menjadi bukti kelulusan, tetapi juga dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi yang bermanfaat bagi masyarakat.

Bandar Lampung, 21 Juli 2025
Penulis

Siti Azzahra Prabowo
NPM 2114191015

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	v
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 Kentang.....	5
2.2 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Kentang	5
2.3 Penyakit Layu Bakteri	6
2.3.1 Gejala Penyakit.....	7
2.3.2 Penyebab Penyakit.....	7
2.3.3 Pengendalian.....	8
2.4 Bakteri Endofit	9
III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan bahan	11
3.3 Pelaksanaan Penelitian	12
3.3.1 Isolasi Bakteri Patogen	12
3.3.3 Pemurnian dan Peremajaan.....	13
3.3.4 Uji Patogenesitas Bakteri Patogen.....	13
3.3.2 Isolasi Bakteri Endofit	12

3.3.5 Karakterisasi Bakteri Patogen dan Bakteri Endofit	14
3.3.6 Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap <i>Ralstonia</i> sp.....	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil Penelitian.....	22
4.1.1 Isolasi Bakteri Patogen dari Umbi Kentang	22
4.1.2 Karakterisasi Bakteri <i>Ralstonia</i> sp.....	24
4.1.3 Isolasi Bakteri Endofit dari Umbi Kentang	26
4.1.4 Karakterisasi Bakteri Endofit.....	27
4.1.5 Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap <i>Ralstonia</i> sp.....	32
4.1.6 Hasil Uji Karakteristik Bakteri Endofit	32
4.2 Pembahasan	36
V. SIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Simpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Skor keparahan penyakit	16
2. Nilai DSI hasil uji hipovirulen	29
3. Hasil perhitungan zona hambat uji antagonis bakteri	33
4. Hasil uji karakteristik bakteri endofit.	34
5. Data luas zona hambat 24 jam.....	51
6. Data luas zona hambat 48 jam.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Gejala penyakit layu bakteri pada umbi kentang.....	7
2. Inokulasi suspensi bakteri pada hipokotil tanaman uji.	16
3. Skema uji kemampuan antagonisme bakteri.....	20
4. Skema perhitungan zona hambat bakteri.	20
5. Gejala awal pada tanaman kentang.....	22
6. Hasil isolasi menggunakan media TZC.	23
7. Hasil inokulasi bakteri patogen pada umbi kentang.	23
8. Koloni bakteri pada media TZC.....	24
9. Reaksi hipersensitif daun tembakau setelah inokulasi <i>Ralstonia</i> sp....	24
10. Hasil uji <i>soft rot</i> umbi kentang setelah inokulasi <i>Ralstonia</i> sp.	25
11. Uji gram menggunakan KOH 3% menunjukkan reaksi Gram negatif.	25
12. Uji O/F menunjukkan reaksi oksidatif.....	26
13. Uji <i>arginine dihydrolase</i> menunjukkan reaksi negatif.....	26
14. Sampel umbi kentang.....	27
15. Sebagian isolat bakteri endofit kentang.	27
16. Uji hipersensitif pada daun tembakau.....	28
17. Uji soft rot pada umbi kentang.....	28
18. Inokulasi suspensi bakteri pada hipokotil tanaman uji.	16
19. Hasil uji hipovirulen.	29
20. Uji gram menggunakan KOH 3%.....	30
21. Hasil uji O/F.....	30
22. Hasil uji <i>casein</i> menunjukkan reaksi negatif.	31
23. Hasil uji <i>lechitinase</i>	31
24. Hasil uji <i>arginine dihydrolase</i>	32

25. Hasil isolasi bakteri endofit.....	51
26. Inokulasi suspensi bakteri patogen.....	51
27. Uji antagonis.....	52

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura strategis di Indonesia, memegang peran penting dalam diversifikasi pangan dan ketahanan pangan nasional. Sebagai tanaman semusim berumur pendek dengan bentuk perdu atau semak, kentang dapat berproduksi optimal dalam satu siklus budidaya sebelum mati. Potensi kentang sebagai sumber karbohidrat alternatif sangat besar dan kemampuannya untuk beradaptasi di berbagai agroekosistem di Indonesia. Peningkatan produksi kentang menjadi krusial tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan konsumsi domestik tetapi juga sebagai komoditas ekspor. Oleh karena itu, berbagai upaya pengembangan budidaya dan peningkatan produktivitas terus dilakukan untuk mengoptimalkan kontribusi kentang dalam sektor pertanian Indonesia (Setiadi dkk., 2021).

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, produksi kentang di Indonesia mencapai 1,25 juta ton di tahun 2023 yang turun sebesar 16,99% (2,55 juta ton) dari tahun 2022. Produksi kentang tersebut tertinggi terjadi pada bulan April, mencapai 142,81 ribu ton dengan luas panen 7,08 ribu hektar dan terendah terjadi pada bulan Desember, yaitu 73,46 ribu ton dengan luas panen 4,21 hektar. Penurunan produksi yang terjadi diduga salah satunya akibat penyakit layu bakteri yang seringkali muncul terlebih pada musim penghujan (Wenas dkk., 2016).

Layu bakteri merupakan salah satu penyakit penting yang merugikan bagi budidaya tanaman kentang. Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Ralstonia solanacearum* yang memiliki kisaran inang lebih dari 400 spesies tanaman

dari 50 famili tanaman penting yang di budidayakan di Indonesia termasuk kentang, pisang, tomat, terong, dan cengkih (Setiawan, 2019). Menurut Hawes dkk., (2019), sel *R. solanacearum* dapat menempel pada permukaan akar dan membentuk mikrokoloni pada zona pemanjangan akar. *R. solanacearum* masuk melalui luka atau lubang alami yang berpindah dan berkembang biak pada jaringan pembuluh pada akar yang rentan dalam waktu 24 jam.

Secara tradisional, pengendalian layu bakteri seringkali melibatkan rotasi tanaman, penggunaan varietas resisten, dan praktik sanitasi lahan yang ketat (Wenas dkk., 2016). Alternatif lain yang dapat dilakukan sebagai pengendalian adalah dengan menggunakan agen hayati atau biopestisida. Agen hayati tersebut didapatkan melalui kegiatan eksplorasi. Eksplorasi bertujuan untuk menemukan isolat yang dapat menghasilkan senyawa antimikroba atau biopestisida (Alwi dkk., 2021). Menurut Beric dkk. (2012), terdapat bakteri yang memiliki potensi sebagai biopestisida atau bakteri endofit bersifat antagonis pada tanaman hortikultura, antara lain genus *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, dan *Bacillus*.

Bakteri endofit dikenal mampu menghasilkan antibiotik, anti-kanker, antijamur, antivirus, senyawa volatil, bahkan sebagai insektisida (Lodewyckx dkk., 2002). Sturz dan Matheson (2000), melaporkan bahwa terjadi peningkatan resistensi kentang terhadap penyakit busuk lunak *Erwinia carotovora* dikarenakan adanya bakteri endofit yang mengkoloni umbi kentang. Senyawa yang dihasilkan tersebut dapat berfungsi sebagai pelindung jaringan tanaman dari serangan mikroorganisme yang bersifat patogen, sedangkan jaringan tumbuhan yang akan menyediakan kebutuhan nutrisi bagi mikroba endofit yang terkandung agar tetap hidup (Purwanto dkk., 2014).

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Memperoleh bakteri endofit yang memiliki kemampuan antagonisme terhadap *Ralstonia* sp., dan

2. Mengetahui karakteristik bakteri endofit yang berpotensi sebagai agen antagonis terhadap *Ralstonia* sp.

1.3 Kerangka Pemikiran

Bakteri endofit merupakan bakteri yang hidup dalam suatu jaringan tanaman tanpa menyebabkan gejala penyakit (Andriani dan Oktafiyanto, 2019). Zinniel dkk. (2002), menyatakan bahwa bakteri endofit dapat diisolasi dari beberapa bagian tanaman seperti akar, batang, bunga, dan kotiledon. Menurut Soekarno dkk. (2013), beberapa genus bakteri yang dapat mengendalikan patogen tanaman, antara lain *Agrobacterium*, *Bacillus*, dan, *Pseudomonas*. Selain itu, menurut penelitian Astuti (2017), bakteri endofit dengan genus *Anterobacter* sp. didapatkan dari bagian akar tanaman kentang.

Berdasarkan Paisal dkk. (2023), karakteristik bakteri endofit yang ditemukan pada akar tanaman kentang merupakan golongan bakteri gram positif. Menurut penelitian Kartini (2014), bakteri endofit antagonis bersifat fermentatif dan pengujian hipersensitif tidak menimbulkan gejala. Utami dkk. (2023), menyatakan bakteri endofit yang ditumbuhkan pada media *skim milk* dapat membentuk zona bening yang disebabkan adanya pemecahan kasein yang terhidrolisis menjadi peptida dan asam amino. Selain itu, bakteri endofit juga mampu membentuk zona bening pada media *Pikovskaya* yang mengindikasikan bahwa bakteri tersebut mampu melarutkan fosfat kompleks (Sugianto, 2019).

Mekanisme bakteri endofit dalam melindungi tanaman terhadap patogen, antara lain dapat mengeluarkan senyawa antimikroba, kompetisi ruang nutrisi, kompetisi mikro nutrisi seperti zat besi dan produksi siderofor, serta mampu menginduksi ketahanan tanaman (Marsaoli dkk., 2019). Mekanisme antibiosis berkaitan dengan kemampuan isolat bakteri endofit menghasilkan enzim sangat berperan dalam menginduksi ketahanan tanaman (Kartini dkk., 2014). Bakteri endofit dapat mendorong peningkatan ketersediaan dan penyerapan nutrisi, menginduksi toleransi inang terhadap stres, dan berperan dalam pengendalian biologis patogen tanaman (Santos dkk., 2018).

Menurut Istifadah dkk. (2016), hasil isolasi yang dilakukan pada akar dan umbi kentang dapat membentuk zona penghambatan terhadap patogen *Erwinia carotovora* secara *in vitro*. Zona hambat yang ada di sekitar koloni menunjukkan terdapat mekanisme antibiosis yang terjadi. Zona hambat yang terbentuk pada isolat bakteri endofit menandakan bahwa bakteri tersebut mampu memproduksi senyawa ekstraseluler atau metabolit sekunder yang bersifat antibakteri (Rori dkk., 2020; Kusumawati dkk., 2014).

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah disusun, hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Beberapa isolat bakteri endofit yang berasal dari umbi kentang memiliki kemampuan antagonisme terhadap *Ralstonia* sp., dan
2. Setiap isolat bakteri endofit yang berpotensi sebagai agen antagonis terhadap *Ralstonia* sp. memiliki karakteristik yang berbeda-beda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kentang

Kentang merupakan salah satu tanaman hortikultura yang ditumbuh di Indonesia. Kentang bukanlah tanaman yang berasal dari Indonesia, melainkan berasal dari Benua Eropa, terutama yang memiliki iklim dingin seperti Belanda dan Jerman. Pusat keanekaragaman genetik yang ditemukan dalam kentang bersumber dari Amerika Latin, yaitu pegunungan Andes di Peru dan Bolivia. Kentang mulai ditemukan dan berkembang di Indonesia sejak tahun 1794. Kentang dikenal di Indonesia sejak tahun 1811 dengan jenis umbi berkulit kekuning-kuningan (Aisyah dkk., 2016).

2.2 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Kentang

Tanaman kentang adalah tanaman semusim jenis umbi-umbian yang mengandung sumber karbohidrat. Klasifikasi tanaman kentang adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dicotyledonae
Sub kelas	: Asteridae
Ordo	: Solanales
Famili	: Solanaceae
Genus	: <i>Solanum</i>
Spesies	: <i>Solanum tuberosum</i> L.

Tanaman kentang adalah jenis tanaman umbi-umbian yang dapat terbentuk dari batang dengan struktur yang dimodifikasi, seperti geragih atau stolon dan rimpang. Tunas dan akar dapat muncul dari tanaman kentang yang dapat dijadikan media perbanyakan vegetatif oleh petani. Tanaman kentang termasuk ke dalam jenis sayuran semusim dengan banyak varietas yang berumur pendek (Sunaryono, 2007).

Batang tanaman kentang memiliki fungsi sebagai jalur zat-zat hara yang terserap dari tanah ke daun serta untuk menyalurkan hasil fotosintesis dari daun ke bagian tanaman yang lain. Ciri batang tanaman kentang, yaitu memiliki bentuk segi empat atau segi lima tergantung varietasnya. Batang tanaman dilapisi dengan bulu-bulu halus, berbuku, berongga, tidak berkayu namun agak keras saat ditekan. Bagian utama batang ditumbuhi akar dan stolon yang akan membentuk umbi dan menjadi tanaman baru. Tanaman kentang umumnya memiliki batang berwarna hijau tua dengan pigmen ungu dan bercabang samping (Samadi, 2007).

Daun tanaman kentang pada umumnya memiliki jumlah ganjil dan berbentuk oval dengan tulang daun menyirip dan ujung daun runcing yang menempel pada satu tangkai. Posisi daun kentang saling berhadapan dan di antara pasangan daun tersebut terdapat daun kecil seperti telinga yang disebut daun sela. Pada pangkal daun majemuk terdapat daun kecil yang disebut daun penumpu (Samadi, 2007).

Bunga tanaman kentang memiliki warna putih atau ungu yang tumbuh pada ketiak daun teratas. Benang sari berwarna kekuning-kuningan serta melingkari tangkai putik. Sedangkan umbi kentang terbentuk umbi batang yang berasal dari stolon. Umbi tersebut mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan air. Umbi ini berbentuk bulat, lonjong tidak beraturan atau mirip ginjal serta memiliki ukuran kecil hingga besar (Pitojo, 2004)

2.3 Penyakit Layu Bakteri

Layu bakteri pada kentang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*. dan memiliki arti penting yang signifikan di dunia pertanian. Menurut Nurbaya dkk. (2011), kerugian akibat penyakit ini dapat mengurangi kualitas dan kuantitas hasil

panen mencapai 43 hingga 78% bahkan dapat mencapai 100%. Bakteri *R. solanacearum* merupakan bakteri tular tanah yang sulit dikendalikan karena dapat hidup dan bertahan lama di dalam tanah. Bakteri tersebut dapat menginfeksi tanaman melalui luka terutama bagian sekitar tanah, yaitu perakaran (Agrios, 2005).

2.3.1 Gejala Penyakit

Menurut penelitian Ridjal dkk. (2022), gejala yang tampak menunjukkan daun pada bagian atas yang melengkung ke bawah atau layu. Kemudian, pada daun bagian bawah akan terlihat berubah warna menjadi kecoklatan dan serta batang yang berwarna kecoklatan disertai lendir dengan aroma khas. Sedangkan gejala pada umbi, yaitu saat dipotong tampak busuk berwarna keabu-abuan serta mengeluarkan lendir dan bau tidak sedap (Gambar 1).



Gambar 1. Gejala penyakit layu bakteri pada umbi kentang (Sumber : Wenas dkk., 2016)

2.3.2 Penyebab Penyakit

Penyakit layu bakteri merupakan penyakit yang berasal dari bakteri dan seringkali menginfeksi tanaman hortikultura, salah satunya tanaman kentang. Berdasarkan Wenas dkk. (2016), penyakit layu bakteri disebabkan oleh patogen *Ralstonia solanacearum*. Bakteri *R. solanacearum* tergolong bakteri penting yang mampu bertahan hidup di tanah dalam waktu yang cukup lama. Selain itu, bakteri ini juga disebut sebagai bakteri penting karena dapat bertahan pada iklim tropis, subtropik,

dan daerah beriklim hangat. Pada serangan yang berat, patogen ini dapat menyebabkan kematian tanaman inangnya (Denny dan Hayward, 2001).

Klasifikasi bakteri *R. solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada kentang adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Betaproteobacteria
Ordo	: Burkholderiales
Famili	: Burkholderiaceae
Genus	: <i>Ralstonia</i>
Spesies	: <i>Ralstonia solanacearum</i>

R. solanacearum adalah bakteri tular tanah yang berperan sebagai patogen tanaman. Bakteri ini dapat ditemukan di daerah subtropis dan tropis yang secara alami dapat menginfeksi perakaran (Saputra dkk., 2015). Tanaman kentang yang terinfeksi penyakit ini biasanya akan mengalami kelayuan pada daun-daun pucuk dan akan berlanjut ke seluruh daun hingga tanaman mati (Istifadah dan Sianipar, 2015). *R. solanacearum* dapat menginfeksi tanaman melalui lubang-lubang alami atau bagian tanaman yang terluka. Perpindahan bakteri patogen ini melalui antar sel, sehingga bakteri akan terakumulasi di dalam jaringan pembuluh *xylem*. Bakteri akan berpindah dari akar ke pucuk tanaman inang dengan bantuan air di pembuluh *xylem* (Febrianto, 2017).

2.3.3 Pengendalian

Penyakit layu bakteri merupakan salah satu penyakit penting yang dapat menyerang berbagai tanaman di wilayah tropis dan subtropis serta wilayah dengan iklim hangat di dunia (Hayward, 1991). Luasnya sebaran geografis dan sebaran inang, menyebabkan pengendalian yang dilakukan dengan sisten rotasi tanaman sulit untuk dilakukan. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengendalikan penyakit ini, salah satunya dengan menggunakan varietas tahan (Arlat, 1993). Pengendalian lain yang paling banyak diterapkan oleh petani adalah dengan menggunakan

antibiotik sebagai bakterisida. Namun, penggunaan tersebut secara terus menerus dan dalam jumlah yang besar akan menyebabkan kematian pada musuh alami dan resistensi patogen (Nababan dkk., 2017).

Alternatif pengendalian yang ramah lingkungan dibutuhkan untuk pertanian berkelanjutan, yaitu dengan menggunakan bakteri endofit yang bersifat antagonis. Bakteri antagonis menghasilkan senyawa antibiotik dan dapat berperan sebagai bakterisida terhadap bakteri patogen serta agens penginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit. Bakteri ini dapat hidup pada setiap bagian tanaman seperti batang akar, daun, dan buah. Keberadaan bakteri endofit secara alami dan dapat berasosiasi dengan tanaman dalam jangka waktu yang relatif lama. Bakteri endofit dapat mengendalikan patogen melalui beberapa cara, seperti kolonisasi, melawan langsung melalui senyawa metabolit, dan dengan cara memacu atau meningkatkan ketahanan sistemik tanaman inangnya.

2.4 Bakteri Endofit

Bakteri endofit merupakan salah satu makhluk hidup yang keberadaannya di dalam jaringan inang. Mikroorganisme ini dapat hidup di ruang intersel seperti akar, batang, daun, dan buah atau di pembuluh vaskular. Meskipun jumlah bakteri endofit yang ada di dalam tanaman tidak dapat ditentukan, bakteri dapat diidentifikasi dengan mengisolasi pada media agar. Bakteri endofit biasanya terdiri dari beberapa genus dan spesies dan dapat mengkolonisasi inangnya secara obligat ataupun fakultatif (Desriana dkk., 2014).

Bakteri endofit hidup dengan bersimbiosis yang saling menguntungkan dengan tanaman inang di mana mikroba ini memperoleh nutrisi dari metabolisme tanaman. Bakteri endofit juga membantu tanaman yang ditumpanginya dengan melindungi tanaman dari herbivora, serangga, atau jaringan patogen serta dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Sagita dkk., 2017). Bakteri endofit dapat masuk ke dalam jaringan tanaman melalui berbagai cara, seperti stomata, lentisel, luka alami, trikoma yang rusak, titik tumbuh akar lateral, radikula yang sedang tumbuh, jaringan akar meristematik yang tidak terdiferensiasi, atau menyerang

dinding sel rambut akar melalui enzim yang menghancurkan ikatan polisakarida dinding sel (Hallmann dkk., 1997).

Senyawa metabolit yang dihasilkan oleh bakteri endofit antagonis dapat berperan langsung sebagai bakterisida terhadap patogen. Senyawa metabolit memicu proses resistensi tanaman terhadap patogen, mengurangi risiko infeksi patogenik, dan berperan sebagai pengendali penyakit. Bakteri endofit bekerja secara langsung pada perkembangan dan pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen biologis, percepatan pencernaan, pelarutan fosfor, dan produksi fitohormon, yang memberikan ketahanan terhadap faktor biotik (Harmileni dkk., 2023).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan dari bulan Februari sampai Mei 2025, di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu LAF (*Laminar Air Flow*), autoklaf, bunsen, cawan petri, jarum ose, *scapel*, pinset, timbangan analitik, *showcase*, tabung erlenmeyer, *beaker glass*, *microwave*, tabung *eppendorf* 1,5 mL, tip, mikropipet, plastik *wrap*, *aluminium foil*, tisu, kertas merang, kapas, vorteks, jarum ent, rak tabung reaksi, tabung reaksi, penggaris, spidol permanent (opf), plastik tahan panas, pisau, nampan, karet gelang, korek api, dan kamera.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini, antara lain sampel umbi kentang yang berasal dari Pangalengan sebanyak 10 buah, alkohol 70%, tanaman tembakau, benih mentimun, kentang, agar batang, minyak parafin, akuades, KOH 3%, spirtus, *yeast*, *peptone*, *egg yolk*, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, NaCl, KH_2PO_4 , *glucose*, *Trypenyl Tetrazolium Chloride* (TZC), OF basal medium, bubuk *Skim Milk Agar* (SMA), media *Yeast Peptone Agar* (YPA), *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA), media *Water Agar* (WA), media *Moeller*, dan media *Pikovskaya*.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Isolasi Bakteri Patogen

Isolasi bakteri patogen diawali dengan pembuatan media TZC, yang digunakan secara spesifik untuk *Ralstonia* sp. Media ini dibuat dengan mencampurkan 5 gram pepton, 2,5 gram glukosa, 10 gram agar batang, dan 500 mL akuades. Seluruh campuran bahan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah proses sterilisasi selesai dan suhu media mencapai sekitar 50°C, larutan TZC 1% sebanyak 5 mL ditambahkan secara aseptik dan dihomogenkan sebelum dituang ke cawan petri.

Selanjutnya, proses isolasi dari sampel kentang bergejala dilakukan. Kentang yang menunjukkan gejala pembusukan dan lendir dengan bau menyengat dipotong untuk mendapatkan $\frac{3}{4}$ bagian sehat dan $\frac{1}{4}$ bagian sakit. Potongan sampel ini kemudian dimasukkan ke dalam tabung *ependorf* berisi 1 mL air steril. Potongan sampel dihancurkan perlahan menggunakan *scapel* steril dan didiamkan selama kurang lebih 10 menit agar bakteri keluar dari jaringan. Terakhir, suspensi yang terbentuk digoreskan secara aseptik menggunakan jarum ose pada permukaan media TZC dalam cawan petri dengan metode gores tiga kuadran untuk mendapatkan koloni tunggal.

3.3.2 Isolasi Bakteri Endofit

Isolasi bakteri endofit diawali dengan pembuatan media YPA. Media ini dibuat dengan memasukkan 5 g *yeast extract*, 10 g *peptone*, 20 g agar batang, dan 1000 mL akuades ke dalam tabung erlenmeyer. Setelah ditutup rapat menggunakan aluminium foil, media disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya, bakteri endofit diisolasi dari umbi kentang varietas Granola yang diperoleh dari daerah Pangalengan, Jawa Barat. Umbi kentang segar dibersihkan secara aseptik menggunakan alkohol untuk menghilangkan kontaminan permukaan. Kemudian, bagian dalam umbi kentang sepanjang 1–2 cm diambil secara aseptik. Potongan sampel ini dimasukkan ke dalam *tube* steril

berisi 1 mL air steril. Sampel selanjutnya dihancurkan menggunakan pinset steril dan didiamkan selama kurang lebih 10 menit agar bakteri endofit yang berada di dalam jaringan keluar dan membentuk suspensi. Terakhir, suspensi bakteri endofit digoreskan secara aseptik menggunakan jarum ose pada permukaan media YPA dalam cawan petri dengan metode gores tiga kuadran untuk mendapatkan koloni tunggal.

3.3.3 Pemurnian dan Peremajaan

Proses awal setelah isolasi adalah pemurnian bakteri, baik untuk isolat endofit maupun patogen, untuk mendapatkan kultur murni. Bakteri endofit yang muncul setelah diisolasi pada media YPA kemudian dimurnikan dengan mengambil setiap koloni yang menunjukkan bentuk dan warna berbeda, lalu digoreskan kembali menggunakan metode cawan gores (*Streak Plate*) pada media YPA hingga diperoleh koloni tunggal yang murni. Sementara itu, pemurnian isolat bakteri patogen *Ralstonia* sp. dilakukan dengan metode serupa pada media TZC hingga diperoleh kultur murni.

Setelah pemurnian, peremajaan isolat dilakukan untuk mempersiapkan bakteri sebelum pengujian lebih lanjut menggunakan media PPGA. Pembuatan media PPGA dimulai dengan merebus 200 g kentang dengan akuades menggunakan *microwave* untuk diambil sarinya, kemudian dicampur dengan 5 g *peptone*, 3 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 3 g NaCl, 0,5 g KH_2PO_4 , 10 g *glucose*, dan 20 g agar batang dalam 1000 mL akuades. Semua bahan tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Isolat bakteri, baik endofit maupun patogen, yang telah murni kemudian diremajakan pada media PPGA ini. Isolat yang telah diremajakan dan berumur 24 jam setelah inkubasi dapat digunakan untuk tahapan pengujian selanjutnya.

3.3.4 Uji Patogenesitas Bakteri Patogen

Bakteri patogen yang telah berhasil diisolasi kemudian dilakukan pengujian patogenesitas untuk mengetahui patogen tersebut merupakan penyebab suatu

penyakit. Pengujian ini dilakukan dengan menginokulasi kembali isolat bakteri yang telah didapatkan dari kentang bergejala ke kentang sehat dengan cara membuat suspensi bakteri lalu disuntikkan ke jaringan umbi kentang. Perlakuan tersebut diamati selama 7 hari. Gejala yang muncul kemudian dilakukan reisolasi kembali menggunakan media TZC dan hasil dari reisolasi harus memiliki ciri yang sama dengan hasil isolasi sebelumnya.

3.3.5 Karakterisasi Bakteri Patogen dan Bakteri Endofit

Karakterisasi bakteri dilakukan pada isolat bakteri patogen dan bakteri endofit melalui beberapa pengujian. Uji karakteristik bakteri patogen yang dilakukan, yaitu uji hipersensitif, uji *soft rot*, uji Gram menggunakan KOH 3%, uji oksidatif/fermentatif (O/F) dan uji *arginine dihydrolase*. Sedangkan uji karakterisasi bakteri endofit yang dilakukan, yaitu uji hipersensitif, uji *soft rot*, uji hipovirulen, uji Gram dengan KOH 3%, uji O/F, uji *casein*, uji *lecithinase* dan uji *arginine dihydrolase*.

3.3.5.1 Uji Hipersensitif

Uji hipersensitif dilakukan menggunakan media daun tembakau untuk mengetahui sifat patogenik bakteri terhadap tanaman. Uji dilakukan dengan mengambil isolat bakteri berumur 24 jam, kemudian disuspensikan dengan akuades steril sebanyak 1,5 mL serta dihomogenkan dengan *vortex*. Masing-masing suspensi diambil menggunakan *syringe* sebanyak 1 mL (tanpa jarum), lalu diinjeksikan pada setiap isolat ke bagian bawah daun tembakau. Sebagai kontrol negatif, diinjeksikan menggunakan akuades steril sedangkan kontrol positif menggunakan suspensi bakteri endofit. Perlakuan tersebut kemudian diamati selama 48 jam. Hasil dari pengujian ini positif apabila menunjukkan gejala nekrosis pada daun dan sebaliknya uji negatif tidak menunjukkan gejala (Baroroh dkk., 2014). Pada bakteri *Ralstonia* sp., hasil yang diharapkan adalah positif, yaitu timbulnya nekrosis pada daun tembakau, yang mengonfirmasi sifat patogenik dan virulensinya .

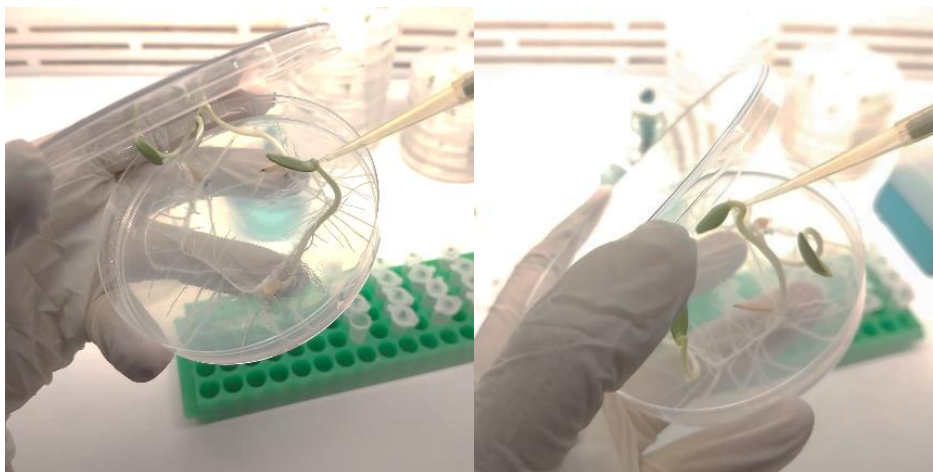
3.3.5.2 Uji *Softrot*

Uji *softrot* adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui sifat bakteri patogen atau non patogen dengan menggunakan media kentang. Uji dilakukan dengan mengiris umbi kentang setebal 1 cm, kemudian dicuci pada air mengalir selama kurang lebih 30 menit. Setelah itu, irisan kentang diletakkan pada cawan petri yang telah dialasi dengan tisu lembab. Kemudian, diambil satu ose biakan bakteri berumur 24 jam dan goreskan pada bagian tengah irisan kentang. Amati hasil pengujian tersebut setelah 24 jam dan 48 jam. Mikroba antagonis akan memiliki sifat parasit obligat yang hanya dapat hidup pada jaringan yang sudah mati. Apabila bakteri tersebut bersifat parasit, maka akan terjadi pembusukan pada kentang yang telah diberi isolat bakteri (Saadah dkk., 2023). Pada bakteri *Ralstonia* sp., hasil yang diharapkan adalah positif, yaitu timbulnya gejala pembusukan lunak dan basah pada irisan kentang, yang mengonfirmasi sifat patogenik dan kemampuannya merusak jaringan inang (Kusuma dkk., 2024).

3.3.5.3 Uji Hipovirulen

Uji hipovirulen dilakukan menggunakan tanaman mentimun sebagai tanaman indikator. Uji dilakukan dengan cara merendam benih mentimun terlebih dahulu ke dalam air hangat selama 30 menit untuk mempercepat pertumbuhan benih, lalu rendam dengan alkohol 70% selama 15 menit, kemudian rendam dengan klorok 0,3% selama 30 detik. Setelah itu, bilas menggunakan akuades sebanyak tiga kali dan keringkan. Kecambahkan benih menggunakan kertas merang lembab dalam nampan selama 1 hari. Setelah berkecambah, benih dipindahkan ke dalam media WA yang dibuat dengan cara mencampurkan 20 g agar batang dan 1000 mL akuades lalu disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Benih mentimun yang telah dipindahkan ke media WA kemudian diinkubasi selama 1 hari dalam suhu ruang.

Selanjutnya, dibuat suspensi biakan murni bakteri endofit dengan mengambil sebanyak satu ose isolat dan dicampurkan ke dalam 1 mL air steril, masukkan ke dalam *eppendorf* lalu dihomogenkan. Suspensi tersebut kemudian diambil sebanyak 300 µL diletakkan pada bagian tengah hipokotil (Gambar 2).



Gambar 2. Inokulasi suspensi bakteri pada hipokotil tanaman uji.

Pengamatan dilakukan selama 14 hari dan catat pertumbuhan serta perkembangan pada hipokotil berdasarkan skor keparahan penyakit (Tabel 1). Pengamatan gejala bertujuan untuk menentukan Indeks Keparahen Penyakit (*Disease Severity Index/DSI*). Isolat dikatakan hipovirulen jika nilai $DSI < 2$. Rumus *Disease Severity Index* (DSI) yang digunakan adalah sebagai berikut (Supriyanto, 2009):

$$DSI = \frac{\sum N}{Z}$$

dengan:

$DSI = Disease\ Severity\ Indeks$

$N =$ Skor keparahan penyakit pada masing-masing individu

$Z =$ Jumlah individu yang diamati.

Tabel 1. Skor keparahan penyakit

Skor	Gejala
0	Sehat, tidak ada infeksi pada hipokotil
1	Satu atau dua bercak coklat muda $< 0,25$ cm
2	Bercak coklat muda $< 0,5$ cm dan area kebasahan $< 10\%$ pada hipokotil
3	Bercak coklat muda sampai tua > 1 cm yang kemudian bergabung dengan bercak lainnya. Daerah kebasahan $10\% < x < 100\%$ pada hipokotil (daun belum layu dan hipokotil masih putih)
4	Hipokotil kolap, daun layu dan bibit mati

Sumber: Supriyanto (2009).

3.3.5.4 Uji Gram menggunakan KOH 3%

Uji gram dilakukan untuk mengetahui isolat bakteri yang digunakan termasuk Gram positif atau Gram negatif. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil satu ose isolat bakteri, kemudian diletakkan pada kaca preparat yang telah diberi KOH 3% sebanyak satu tetes. Selanjutnya, aduk hingga tercampur dan angkat isolat secara perlahan lalu amati adanya lendir yang terbentuk atau tidak. Apabila terjadi pembentukan lendir, maka bakteri tersebut termasuk dalam kelompok bakteri Gram negatif (-). Sedangkan apabila tidak terjadi pembentukan lendir, maka bakteri tersebut masuk ke dalam kelompok bakteri Gram positif (+).

3.3.5.5 Uji Oksidatif Fermentatif (O/F)

Uji oksidatif/fermentatif (O/F) dilakukan untuk mengetahui sifat metabolisme dasar bakteri, yaitu termasuk bakteri aerob atau anaerob. Pengujian ini diawali dengan pembuatan media O/F Basal Medium. Media dibuat dengan mencampurkan 9,38 gram OF Basal Medium dan 10 gram glukosa ke dalam 1000 mL akuades, kemudian dipanaskan hingga homogen menggunakan microwave. Setelah homogen, media dipindahkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 4 mL per tabung, lalu disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.

Uji dilakukan dengan isolat bakteri yang telah diremajakan dan berumur 24 jam diambil menggunakan jarum preparat steril, kemudian ditusukkan secara aseptik hingga ke dasar tabung reaksi berisi media O/F. Setiap isolat diuji dalam dua tabung: satu tabung diberi minyak parafin steril sebanyak 1 mL di permukaannya untuk menciptakan kondisi anaerob, dan tabung lainnya dibiarkan tanpa minyak parafin sebagai kondisi aerob. Tabung-tabung tersebut kemudian diinkubasi dan diamati perubahan warnanya selama tujuh hari.

Hasil uji O/F didasarkan pada perubahan warna indikator pH pada medium. Apabila terjadi perubahan warna medium dari hijau menjadi kuning pada medium yang diberi minyak parafin (kondisi anaerob), hal ini menandakan bakteri memetabolisme glukosa melalui proses fermentasi, sehingga dikategorikan sebagai bakteri fermentatif. Sebaliknya, jika perubahan warna menjadi kuning

hanya terjadi pada medium yang tidak diberi minyak parafin (kondisi aerob), ini menunjukkan bakteri memetabolisme glukosa melalui proses oksidasi, sehingga dikategorikan sebagai bakteri oksidatif. Pada bakteri *Ralstonia* sp., hasil yang konsisten adalah bersifat oksidatif. Sesuai dengan Wijayanti dkk. (2023) yang melaporkan sifat oksidatif pada isolat *Ralstonia* sp.

3.3.5.6 Uji Casein

Setelah isolat bakteri dimurnikan dan diremajakan, uji kasein dilakukan untuk mendeteksi kemampuan bakteri dalam menghidrolisis protein. Pengujian ini menggunakan media SMA. Pembuatan media SMA dilakukan dengan mencampurkan 5,1 g bubuk SMA dan 1,5 g agar batang ke dalam 100 mL akuades. Campuran tersebut kemudian disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah proses sterilisasi, media dituangkan secara aseptik ke dalam cawan petri dan dibiarkan memadat.

Pelaksanaan pengujian dengan satu ose isolat bakteri berumur 24 jam diambil secara aseptik, kemudian digoreskan pada permukaan media SMA dalam cawan petri. Setelah itu, bakteri diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu ruang. Apabila terdapat zona bening di sekitar goresan bakteri, hal ini menunjukkan reaksi positif, mengindikasikan bahwa bakteri mampu menghasilkan enzim protease (kaseinase) yang menghidrolisis protein kasein. Sebaliknya, jika tidak terdapat zona bening, reaksi ini menunjukkan hasil negatif, berarti bakteri tidak memiliki kemampuan tersebut (Prasojo, 2022).

3.3.5.7 Uji Lecithinase

Uji *lecithinase* dilakukan untuk mendeteksi kemampuan bakteri dalam memproduksi enzim lesitinase. Pengujian ini menggunakan media YPA dengan penambahan *egg yolk*. Pembuatan media dimulai dengan mensterilkan media YPA. Setelah media YPA cair dan mencapai suhu sekitar 50°C, 1 mL *egg yolk* ditambahkan ke dalam cawan petri yang telah berisi media YPA. Media

digoyangkan perlahan agar *egg yolk* dapat tercampur merata dan membentuk emulsi, kemudian dibiarkan hingga memadat.

Pelaksanaan pengujian dengan satu ose biakan bakteri berumur 24 jam diambil secara aseptik, lalu digoreskan pada permukaan media dalam cawan petri. Setelah inokulasi, cawan petri diinkubasi selama tujuh hari pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan setiap hari untuk mendeteksi terbentuknya zona lesitinase. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya daerah putih buram di sekitar koloni bakteri, yang mengindikasikan hidrolisis lesitin oleh enzim lesitinase (Suharjo dkk., 2022).

3.3.5.8 Uji *Arginine Dihydrolase*

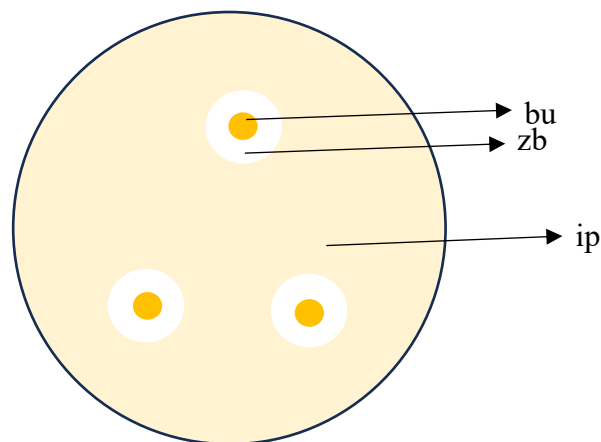
Uji *arginine dihydrolase* dilakukan untuk mendeteksi kemampuan bakteri dalam memproduksi enzim *arginine dihydrolase*. Enzim ini akan memecah arginin, memungkinkan bakteri menggunakannya sebagai sumber karbon dan energi untuk pertumbuhannya. Pengujian ini menggunakan media *Moeller*. Pembuatan media *Moeller* dilakukan dengan mencampurkan 21 g bubuk media *Moeller* dan 1000 mL akuades, kemudian dihomogenkan. Media tersebut selanjutnya dipanaskan menggunakan *microwave* hingga larut. Setelah itu, media dituang ke dalam tabung reaksi sebanyak 4 mL per tabung dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.

Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan isolat bakteri yang berumur 24 jam diambil menggunakan jarum *ent* steril, kemudian ditusukkan ke dalam media *Moeller* hingga dasar tabung. Tabung-tabung berisi inokulum kemudian diinkubasi pada suhu ruang dan diamati perubahannya selama tujuh hingga empat belas hari. Apabila terjadi perubahan warna media dari merah kecoklatan menjadi ungu, hal ini menunjukkan reaksi positif, mengindikasikan adanya aktivitas enzim *arginine dihydrolase*. Sebaliknya, jika terjadi perubahan warna media menjadi kuning, hal ini menunjukkan reaksi negatif, mengindikasikan tidak adanya aktivitas enzim arginin dihidrolase atau produksi asam (Suharjo dkk., 2022). Pada *Ralstonia* sp. hasil yang diharapkan adalah negatif. Hal ini konsisten dengan Nasrun dkk. (2007) yang menyatakan bahwa *Ralstonia* sp. tidak dapat

memfermentasi glukosa dan umumnya tidak memiliki aktivitas arginin dihidrolase.

3.3.6 Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap *Ralstonia* sp. secara *In Vitro*

Uji antagonis dilakukan untuk menguji aktivitas antibakteri dari bakteri endofit umbi kentang terhadap *Ralstonia* sp. Pengujian dilakukan dengan metode tuang, yaitu mengambil sebanyak 1 mL suspensi bakteri patogen lalu dituang ke dalam cawan petri kosong. Selanjutnya, tuangkan media PPGA dengan suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ sebanyak 15 mL. Cawan berisi media tersebut digoyangkan secara perlahan dengan tujuan menghomogenkan suspensi bakteri dengan media. Media dibiarkan hingga mengeras, kemudian ditetesi *paper disk* berdiameter 0,5 cm dengan suspensi bakteri uji. Setelah meresap, diletakkan *paper disk* tersebut ke dalam cawan petri yang telah terisi inokulum patogen. Pengulangan dilakukan sebanyak tiga kali. Inkubasi selama 24 – 48 jam dengan posisi terbalik dan dihitung daya hambatnya (Seniati, 2017).



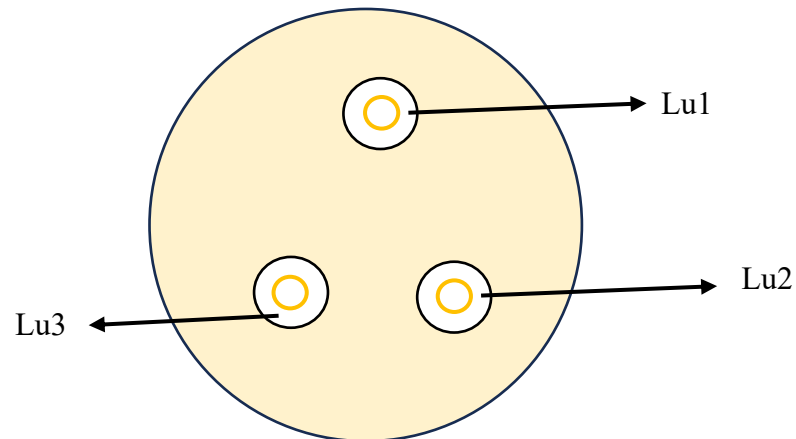
Gambar 3. Skema uji kemampuan antagonisme bakteri. *Paper disk* mengandung bakteri uji (bu), media PPGA mengandung inokulum patogen (ip), zona bening (zb).

Perhitungan luas zona hambat dilakukan menggunakan kertas milimeter block dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Zona Hambat} = \frac{(\text{Lu1} + \text{Lu2} + \text{Lu3})}{3}$$

Keterangan :

Lu = Luas ulangan



Gambar 4. Skema perhitungan zona hambat bakteri.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan simpulan sebagai berikut:

1. Hasil isolasi dan uji antagonisme isolat endofit terhadap *Ralstonia* sp. menunjukkan lima isolat, yaitu EK4.2 , EK5.2 , EK12.5 , EK15.6 , dan EK30.9 dari umbi kentang memiliki potensi sebagai antagonis terhadap bakteri *Ralstonia* sp., dan
2. Lima isolat dengan potensinya sebagai antagonis tersebut bukan bakteri *soft rot*, tidak hipersensitif dan bersifat hipovirulen. Selain itu, dari lima isolat tersebut terdapat dua isolat (EK5.2 dan EK15.6) memiliki karakteristik yang sama pada uji Gram, uji O/F, uji casein, uji *lechitinase*, dan uji *arginine dihydrolase* dan tiga isolat lainnya (EK4.2, EK12.5, dan EK30.9) memiliki karakteristik yang beragam.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan untuk melakukan identifikasi lebih lanjut menggunakan pendekatan molekuler terhadap isolat bakteri yang berpotensi sebagai antagonis untuk mengetahui identitas serta kemampuan lainnya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Selain itu, juga diperlukan uji antagonis secara *in-vivo* untuk mengetahui kemampuan antagonis bakteri saat diaplikasikan di lapang. Kemudian, perlu dilakukannya penambahan waktu pengamatan pada uji antagonis untuk memastikan bahwa isolat bakteri tersebut benar-benar mampu dijadikan sebagai agen biokontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology*. Fifth Edition. USA: Elsevier Academic Press.
- Aisyah, Mawardi, dan Nurasiah. 2016. Budidaya kentang di Dataran Tinggi Gayo tahun 1945-2015. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Sejarah*. 1(1): 156-171.
- Alwi, M., Widiawati, Umrah, dan Lambui, O. 2021. Eksplorasi bakteri tanah lokal penghasil antimikroba di Cagar Alam Tanjung Api Teluk Tomini Sulawesi Tengah, Indonesia. *Jurnal Biocelebes*. 15(1): 41-54.
- Andriani, D. dan Oktafiyanto, M. F. 2019. Potensi bakteri endofit dari tanaman paitan titonia deversifolia sebagai biofertilizer dan biopestisida. *JUATIKA: Jurnal Agronomi Tanaman Tropika*. 1(2): 84-90.
- Arlat, M. 1993. Studies On The hrp Pathogenicity Genes From *Pseudomonas solanacearum* GMI1000. Di dalam : Disertasi. Abjad, A. N. 2006. Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Biokontrol Untuk Menyelidiki Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) Pada Tomat.
- Asharo, R. T., Indrayanti, R., Amala, A., Raihan, E. D., Tampanguma, R. R., Putri, H. A. E., Pasaribu, P. O., dan Wardana, N. A. 2024. Isolation and characterization of pathogenic mold causing potato tuber rot disease. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 10(4): 1506-1512.
- Astuti, R. D. 2017. Skrining bakteri endofit kentang (*Solanum tuberosum*) yang berpotensi sebagai agen biokontrol cendawan patogen. *Skripsi*. UIN Alauddin. Makassar.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Produksi Tanaman Sayuran, 2021-2023*. [Produksi Tanaman Sayuran - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia](#). Diakses pada 20 Januari 2025.
- Baroroh, H. F., Aini, L. Q., dan Abadi, A. L. 2014. Uji efektivitas antibakteri ekstrak daun dan buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) terhadap *blood disease bacterium*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 2(2): 87-97.
- Beric, T., Kojic, M., Stankovic, S., Topisirovic, L., Degrassi, G., Myers, M., Venturi, V., dan Fira, D. 2012. Antimicrobial activity of *Bacillus* sp. natural isolates and their potential use in the biocontrol of phytopathogenic bacteria. *Food Technol. Biotechnol*. 50(1): 25-31.

- Beveridge, T. J. 2001. Use of the Gram stain in microbiology. *Biotechniques*. 30 (1): 111-118.
- Cappuccino, J. G. dan Sherman, N. 2013. *Microbiology: a laboratory manual*. Pearson Higher Ed.
- Choudhary, D. K., Anand, M. dan Kumar, A. 2008. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Potential in disease suppression and plant growth promotion. *Journal of Plant Pathology*. 90(2): 173-181.
- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C., dan Barka, E. A. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology*. 71(9): 4951-4959.
- Denny, T. P. dan Hayward, A.C. 2001. *Ralstonia*. in : Lab Guide for the Identification of Plant Pathogenic Bacteria 3rd ed. N. W. Schadd, J.B. Jones, and W. Chun, eds, APS Press, St. Paul, MN. Pages 151-174.
- Desriana. Safira, U. M., Bintang, M., Rivai, A., dan Lisdiyanti, P. 2012. Isolasi dan karakterisasi bakteri endofit dari tanaman binahong dan ketepeng china. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 3(2): 89-93.
- Fahdila, S., Susilo, F., dan Karim, A. 2020. Isolasi dan identifikasi bakteri endofit pada akar cabai (*Capsicum annuum* L.) untuk menghambat pertumbuhan jamur (*Fusarium oxysporum*). *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*. 2(2): 93-98.
- Fajarfika, R., Hilmany, T., Nafi'ah, H. H., Sativa, N., dan Supriatna, J. 2022. Isolasi *Pseudomonas* sp. untuk pengendalian biologi terhadap layu bakteri. *Jurnal Agroteknologi dan Sains (JARGOS)*. 6(2): 106-144.
- Febrianto, H. 2017. Identifikasi bakteri *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri dan uji ketahanan beberapa kultivar kentang (*Solanum tuberosum* L.) di rumah kaca. *Skripsi*. Universitas Negeri Jakarta. Jakarta.
- Fitriani, N., Sari, R. P., dan Wijayanti, N. 2024. karakterisasi fisiologis bakteri endofit dari akar tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) di Kabupaten Sleman. *Jurnal Agroteknologi*. 12(1): 15-22.
- Gao, F. K., Dai, C. C., and Liu, X. Z. 2010. Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens. *African Journal of Microbiology Research*. 4: 1346–1351
- Ginting, L., Wijanarka., dan Kusdiyantini, E. 2020. Isolasi bakteri endofit tanaman pepaya (*Carica papaya* L.) dan uji aktivitas enzim amilase. *Jurnal Berkala Bioteknologi*. 3(2): 1-7.
- Hallmann, J., Quadts-Hallmann, A., Mahaffee, W. F., dan Kloepper, J. W. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Journal Microbiology*. 43: 895-914.
- Hamtini. Nurhati, W., Rahmita, M., Trisna, C., Rahmawati, J., dan Shufiyani. 2022. Isolasi dan identifikasi bakteri endofit pada batang dan daun tanaman

- songgolangit (*Tridax procumbens* (Lour.)). *Journal of Medical Laboratory Research*. 1(1): 19-22.
- Harmileni, Saragih, G., Hidayani, T. R., Mirnandaulia, M., Ginting, C. N., dan Fachrial, E. 2023. *Mikroba Endofit dalam Dunia Kesehatan: Manfaat dan Aplikasi*. UNPRI Press. Medan.
- Haryani, T. S. 2018. Pemanfaatan bakteri antagonis terhadap pengendalian jamur patogen *Fusarium oxysporum* dan *Phytophthora capsici* secara *In Vitro*. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 11(1): 1-11.
- Hawes, M., Allen, C., Turgeon, B. G., Curlango-Rivera, G., Minh Tran, T., Huskey, D. A., dan Xiong, Z. 2016. Root border cells and their role in plant defense. *Annual Review of Phytopathology*. 54(1): 143-161.
- Hayward, A. C. 1991. Biology and Epidemiology of Bacteria Wilt Caused by *Pseudomonas solanacearum*. Di dalam :Disertasi. Abjad, A. N. 2006. Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Biokontrol Untuk Menyelidiki Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) Pada Tomat.
- Hidayati, N., Utami, A., dan Widodo, W. 2023. Isolasi dan karakterisasi bakteri endofit dari tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) sebagai agen antagonis *Ralstonia solanacearum*. *Jurnal Agroteknologi Pertanian*. 11(2): 123-130.
- Hugh, R. dan Leifson, E. 1953. The taxonomic significance of fermentative versus oxidative metabolism of carbohydrates by various gram negative bacteria. *Journal of bacteriology*. 66(1): 24-26.
- Istifadah, N. dan Sianipar, P. R. D. 2015. Potensi limbah media jamur konsumsi untuk menekan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman kentang. *Jurnal Agrikultura*. 26(2): 84-89.
- Istifadah, N., Umar, M. S., Sudrajat., dan Djaya, L. 2016. Kemampuan bakteri endofit akar dan ubi kentang untuk menekan penyakit busuk lunak (*Erwinia carotovora* pv. *carotovora*) pada ubi kentang. *Jurnal Agrikultura*. 27(3): 167-172.
- Karpagan, T. dan Nagalakshmi, P. K. 2014. Isolation and characterization of phosphate solubilizing microbes from agriculture soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*. 3(3): 601-614.
- Kartini, E., Abadi, A. L., dan Aini, L. Q. 2014. Pengembangan bio-bakterisida yang memanfaatkan bahan aktif bakteri endofit potensial antagonis untuk mengendalikan *Erwinia* sp., di umbi kentang. *Jurnal HPT*. 2(4): 63-70.
- Kharwar, R. N., Verma, V. C., Strobel, G., dan Ezra, D. 2008. The endophytic fungal complex of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Current science*. 228-233.
- Kusuma, J. G. R., Setiawan, A. W., dan Jayanti, R. M. 2024. Isolasi dan karakterisasi *Ralstonia Solanacearum* species complex penyebab penyakit layu pada tanaman jahe di Kecamatan Sumowono dan Tenganan, Kabupaten Semarang. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*. 31(3): 196-205.

- Kusumawati, D. E., Pasaribu, F. H., dan Bintang, M. 2014. Aktivitas antibakteri isolat bakteri endofit dari tanaman miana (*Coleus scutellarioides* [L.] Benth.) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Current Biochemistry*. (1): 45-50.
- Lestari, S., Widodo, A., dan Santoso, I. 2023. Karakterisasi bakteri *Bacillus* sp. penghasil enzim protease dari produk fermentasi bekasam ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. 27(2): 78-85.
- Lodewyckx, C., Vangronsveld, J., Porteous, F., Moore, E. R. B., Taghavi, S., Mezgeay, M., dan van der Lelie, D. 2002. Endophytic bacteria and their potential applications. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 21: 583–606.
- Matos, A. D. M., Tanaka, F., Nakamura, C., Kaga, H., dan Morisaki, H. 2017. Culturable endophytic bacterial floral of the maturing leaves and roots of rice plants (*Oryza sativa*) cultivated in a paddy field. *Microbes and Environment*. 22(2): 175-185.
- Magvirah, T., Marwati. dan Ardhani, F. 2019. Uji daya hambar bakteri *Staphylococcus aureus* menggunakan ekstrak daun tahongai (*Kleinhovia hospita* L.). *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis*. 2(2): 41-50.
- Nababan, C. P., Suswati. dan Hasibuan, S. 2017. Efektivitas penggunaan biofumigan limbah *Brassica* terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum* ras 3) pada tanaman kentang di Pematang Silima Huta Kabupaten Simalungun. *Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*. 2(1): 56-64.
- Nasrun. Christanti. Arwiyanto, T., dan Mariska, I. 2007. Karakteristik fisiologis *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri nilam. *Jurnal Littri*. 13(2): 43-48.
- Nugraheni, I. A., Widyaningsih, N., Syarifah, S. M., dan Susila, W. A. 2022. Uji antagonis *Bacillus megaterium* terhadap *Fusarium oxysporum* dna pengaruhnya pada pertumbuhan tanaman cabai rawit. *Biosense*. 5(1): 14-23.
- Nurbaya. Zulfikar, A., Kusinanti, T., Baharuddin. dan Lologau, B. A. 2011. Kemampuan mikroba antagonis dalam mengendalikan *Ralstonia solanacearum* pada sistem budidaya aeroponik tanaman kentang. 7(3): 155-158.
- Paisal. Triwahyu, E., dan Nirwanto, H. 2023. Eksplorasi bakteri *Bacillus* spp. pada perakaran tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) sebagai agensia pengendali hayati patogen *Fusarium* sp. asal lahan Wonokitri Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. *Jurnal Pertanian Agros*. 25(4): 4028-4041.
- Perombelon, M. C. dan Kelman, A. 1980. Ecology of the soft rot erwinias. *Annual review of phytopathology*. 18(1): 361-387.
- Pitojo, S. 2004. *Benih Kentang*. Kanisius. Yogyakarta.
- Prasojo, U. B. 2022. Identifikasi dan uji kisaran inang penyebab penyakit busuk lunak tanaman cocor bebek (*Kalanchoe* spp.). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Purwanto, U. M., Pasaribu, F. H., dan Bintang, M. 2014. Isolasi bakteri endofit dari tanaman sirih hijau (*Piper betle* L.) dan potensinya sebagai penghasil senyawa antibakteri. *Current biochemistry*. 1(1): 51-57.
- Ramadhaniar, S. D. dan Aidawati, N. 2023. Uji antagonis *Bacillus* spp. dan *Pseudomonas* kelompok fluorescens dalam menghambat perkembangan cendawan *Sclerotium rolsii* penyebab busuk batang pada tanaman kacang tanah. In *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Pesisir*. 2(1): 460-474.
- Rori, C. A., Kandou, F. E. F., dan Tangapo, A. M. 2020. Isolasi dan uji antibakteri dari bakteri endofit tumbuhan mangrove *Avicennia marina*. *Koli Journal: English Language Education*. 1(1): 1-7.
- Saadah, F. L. dan Rahmadhini, N. 2023. Eksplorasi dan identifikasi *Bacillus* sp. dari tanah rizosfer bambu dan tomat di Kelurahan Made, Sambikerep, Surabaya: *Agrocentrum*. 1(1): 1-6.
- Sagita, D., Suharti, N., dan Azizah, N. 2017. Isolasi bakteri endofit dari daun sirih (*Piper betle* L.) sebagai antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ipteks Terapan*. 11(1): 65-74.
- Saida, N., Samsul. dan Edy. 2024. Isoasi dan uji aktivitas pelarut fosfat dari Rhizosfer tanaman padi (*Oryza sativa*) pada fase vegetatif dan generatif. *Jurnal Agrotek*. 8(2): 147-155.
- Samadi. 2007. *Kentang dan Analisis Usaha Kentang*. Kanisius. Yogyakarta.
- Santos, M. L., Berlitz, D. L., Wiest, S. L. F., Schünemann, R., Knaak, N., dan Fiuza, L. M. 2018. Benefits Associated with the Interaction of Endophytic Bacteria and Plants. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 61: 1–11.
- Santoyo, G., Moreno-Hagelsieb, G., del Carmen Orozco-Mosqueda, M., dan Glick, B. R. 2016. Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiological research*. 183. 92-99.
- Saputra, R., Arwiyanto, T., dan Wibowo, A. 2015. Uji aktivitas antagonistik beberapa isolat *Bacillus* spp. terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada beberapa varietas tomat dan identifikasinya. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. 1(5): 1116-1122.
- Seniati. 2017. Kajian uji jonfrontasi terhadap bakteri pathogen dengan menggunakan metode sebar, metode tuang, dan metode gores. *Jurnal Galung Tropika*. 6(1): 42-48.
- Setiadi, Y., Wibisono, Y. C., dan Rahayu, S. 2021. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi kentang di Kabupaten Bandung. *Jurnal Agribisnis Indonesia*. 9(2): 119-130.
- Setiawan, A. W. 2019. Epidemiologi penyakit layu bakteri dan perkembangan kompleks spesies *Ralstonia solanacearum*. *Jurnal Galung Tropika*. 8(3): 243-270.
- Soekarno, B. P. W., Surono. dan Hendra. 2013. Optimalisasi peran kompos bioaktif dengan penambahan asam humat dan asam fulvat untuk

- meningkatkan ketahanan tanaman mentimun terhadap serangan *Pythium* sp. *Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. 15(1) : 35-43.
- Sturz, A. V. dan Nowak, J. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied soil ecology*. 15(2): 183-190.
- Sugianto, S. 2019. Potensi *Rhizobacteria* sebagai pelarut fosfat. *Jurnal Sains dan Seni*. 7(2): 2337-3520.
- Suharjo, R., Yuyun, F. dan Puji, L. 2022. *Prosedur Isolasi dan Karakterisasi Biokimia Spesies Dickeya*. Pusaka Media. Bandar Lampung. 75 hlm.
- Sunaryono, H. H. 2007. *Petunjuk Praktis Budi Daya Kentang*. AgroMedia.
- Supriyanto. 2009. Penapisan PGPF untuk pengendalian penyakit busuk lunak lidah buaya (*Aloe vera*) di tanah gambut. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 15(2): 71-82.
- Tahat, M. M. dan Sijam, K. 2010. *Ralstonia solanacearum*: The bacterial wilt causal agent. *Asian Journal of Plant Sciences*. 9(7): 385-393.
- Utami, O. R., Prihatiningsih, N., dan Suharti, W. S. 2023. Karakterisasi biokimia dan aplikasi bakteri endofit sebagai pemacu pertumbuhan tanaman padi. *Jurnal Agrin*. 27(1): 77-91.
- Wenas, M., Manengkey, G. S., dan Makal, H. V. 2016. Insidensi penyakit layu bakteri pada tanaman kentang (*Solanum Tuberosum* L.) di Kecamatan Modinding. *In Cocos*. 7(3): 1-11.
- Wibowo, A. S., Iriyanti, A. D., Khairunnisa, D. A., Stiyaningsih, H., Putri, I. M., Areka, S. K., dan Nurfalah, Z. 2024. *Statistik Hortikultura 2023*. Badan Pusat Statistik.
- Wijayanti, N., Nurfitriani, A., dan Sumarsono, D. 2023. Karakterisasi morfologi dan fisiologi bakteri penyebab penyakit layu pada tanaman terong di Wilayah Jawa Barat. *Jurnal Agrikultura*. 34(2): 99-106.
- Wismayanti, G., Sedjati, S., dan Trianto, A. 2019. Aktivitas antagonis bakteri yang berasosiasi dengan teritip (*Balanus* sp.) terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus cereus*. *Jurnal Kelautan Tropis Maret*. 22(1): 49-56.
- Worosuryani, C., Priyatmojo, A., 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 Gajah Mada. Yogyakarta.
- Zinniel, D. K., Lambrecht, P., Harris, N. B., Feng, Z., Kuczmarski, D., Higley, P., dan Vidaver, A. K. 2002. Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants. *Applied and environmental microbiology*. 68(5): 2198-2208.