

**KARAKTERISASI BAKTERI PATOGEN YANG BERASOSIASI  
DENGAN ARTHROPODA PADA PERTANAMAN KENTANG  
DI KERTASARI BANDUNG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Lutfi Apriyadi  
2214191076**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### KARAKTERISASI BAKTERI PATOGEN YANG BERASOSIASI DENGAN ARTHROPODA PADA PERTANAMAN KENTANG DI KERTASARI BANDUNG

OLEH

LUTFI APRIYADI

Penyakit bakteri pada tanaman kentang menjadi salah satu kendala utama dalam budidaya karena dapat menurunkan hasil dan kualitas umbi secara signifikan. Selain dipengaruhi faktor lingkungan dan bahan tanam, penyebaran bakteri patogen diduga melibatkan arthropoda sebagai pembawa (*carrier*) atau vektor. Informasi mengenai arthropoda pembawa bakteri patogen pada pertanaman kentang masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengetahui jenis arthropoda pada pertanaman kentang serta mengarakterisasi bakteri patogen yang berasosiasi dengannya di Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung. Sampel arthropoda dikumpulkan di Desa Tarumajaya, Cibeureum, dan Cikembang menggunakan metode *sweep net* dan pengambilan langsung. Arthropoda yang diperoleh digunakan sebagai sumber isolasi bakteri dari permukaan dan bagian dalam tubuh. Isolat dimurnikan dan dikarakterisasi melalui uji Gram, oksidatif/fermentatif (O/F), *soft rot* pada umbi kentang, hipersensitif pada daun tembakau, patogenesis pada tanaman kentang, lecithinase, serta kemampuan memanfaatkan berbagai bahan organik. Delapan isolat yang diduga patogen selanjutnya diidentifikasi secara molekuler menggunakan analisis gen 16S rDNA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertanaman kentang di Kertasari memiliki keragaman arthropoda yang tinggi. Sebanyak 51 isolat bakteri berhasil diisolasi dengan karakter fisiologis dan biokimia yang beragam. Beberapa isolat menyebabkan gejala busuk pada jaringan tanaman dan reaksi hipersensitif yang mengindikasikan sifat patogen. Identifikasi molekuler menunjukkan bahwa isolat tersebut termasuk genus *Alcaligenes*, *Stenotrophomonas*, *Paenibacillus*, dan *Bacillus*. Penelitian ini memberikan informasi awal mengenai potensi peran arthropoda dalam penyebaran bakteri patogen pada pertanaman kentang.

**Kata kunci:** Arthropoda, bakteri patogen, karakterisasi bakteri, kentang, vektor penyakit tanaman.

## **ABSTRACT**

### **CHARACTERIZATION OF PATHOGENIC BACTERIA ASSOCIATED WITH ARTHROPODS IN POTATO FIELDS IN KERTASARI BANDUNG**

**By**

**Lutfi Apriyadi**

*Bacterial diseases in potato plants are among the major constraints in potato cultivation, as they can significantly reduce both yield and tuber quality. In addition to environmental factors and planting materials, the dissemination of pathogenic bacteria is suspected to involve arthropods as carriers or vectors. Information regarding arthropods that carry pathogenic bacteria in potato fields is still limited. This study aimed to identify arthropod species present in potato fields and to characterize the pathogenic bacteria associated with them in Kertasari District, Bandung Regency. Arthropod samples were collected from Tarumajaya, Cibereum, and Cikembang Villages using sweep net and direct collection methods. The collected arthropods were used as sources for bacterial isolation from both external body surfaces and internal body parts. The isolates were purified and characterized through Gram staining, oxidative/fermentative (O/F) tests, soft rot assays on potato tubers, hypersensitivity tests on tobacco leaves, pathogenicity tests on potato plants, lecithinase activity tests, and assessments of the ability to utilize various organic compounds. Eight isolates suspected to be pathogenic were further identified molecularly using 16S rDNA gene analysis. The results showed that potato fields in Kertasari possessed a high diversity of arthropods. A total of 51 bacterial isolates were successfully obtained, exhibiting diverse physiological and biochemical characteristics. Several isolates caused rotting symptoms in plant tissues and hypersensitive reactions, indicating pathogenic properties. Molecular identification revealed that these isolates belonged to the genera *Alcaligenes*, *Stenotrophomonas*, *Paenibacillus*, and *Bacillus*. This study provides preliminary information on the potential role of arthropods in the dissemination of pathogenic bacteria in potato cultivation systems.*

**Keywords:** *Arthropods, pathogenic bacteria, bacterial characterization, potato, plant disease vectors.*

**KARAKTERISASI BAKTERI PATOGEN YANG BERASOSIASI  
DENGAN ARTHROPODA PADA PERTANAMAN KENTANG  
DI KERTASARI BANDUNG**

**Oleh**

**Lutfi Apriyadi**

**Skripsi**

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

**pada**

**Jurusan Proteksi Tanaman  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

Judul Skripsi : **KARAKTERISASI BAKTERI PATOGEN  
YANG BERASOSIASI DENGAN  
ARTHROPODA PADA PERTANAMAN  
KENTANG DI KERTASARI BANDUNG**

Nama Mahasiswa : **Tutfi Apriyadi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2214191076

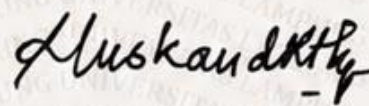
Jurusan : Proteksi Tanaman

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI**  
1. Komisi Pembimbing

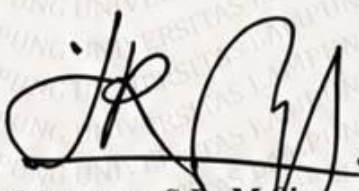


**Dr. Puji Lestari, S.P., M. Si.**  
NIP. 198707042023212051



**Dr. Ir. Suskandini Ratih D., M.P.**  
NIP. 196105021987072001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

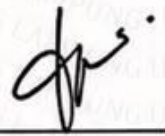


**Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.**  
NIP. 198002082005011002

## MENGESAHKAN

### 1. Komisi Pembimbing

Ketua : **Dr. Puji Lestari, S.P., M. Si.**



Sekretaris : **Dr. Ir. Suskandini Ratih D., M.P.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Prof. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph. D.**



### 2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **13 Mei 2026**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Karakterisasi Bakteri Patogen yang Berasosiasi dengan Arthropoda pada Pertanaman Kentang di Kertasari Bandung”** 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, 08 Juni 2026



Lutfi Apriyadi  
NPM. 2214191076

## DAFTAR ISI

	halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Kerangka Pemikiran .....	4
1.5 Hipotesis .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Kentang sebagai Komoditas Strategis .....	7
2.2 Agroekosistem dan Budidaya Kentang di Dataran Tinggi .....	8
2.3 Arthropoda dalam Ekosistem Pertanian .....	9
2.4 Peran Arthropoda sebagai Hama .....	9
2.5 Arthropoda sebagai Vektor Patogen .....	10
2.6 Bakteri Patogen Tanaman Kentang .....	10
2.7 Interaksi Arthropoda–Bakteri .....	11
2.8 Karakterisasi Bakteri Patogen .....	13
2.9 Studi Sebelumnya dan Kesenjangan Penelitian .....	14

<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	16
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	17
3.3.1 Pengambilan Sampel Arthropoda .....	17
3.3.2 Isolasi Bakteri yang Berasosiasi dengan Arthropoda .....	17
3.3.3 Pemurnian dan Peremajaan .....	18
3.3.4 Karakterisasi Bakteri.....	18
<b>IV.HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	25
4.1.1 Arthropoda yang Diperoleh.....	25
4.1.2 Isolat yang diperoleh dari Arthropoda .....	26
4.1.3 Karakterisasi Bakteri.....	27
4.2 Pembahasan .....	38
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>46</b>
5.1 Simpulan .....	46
5.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Isolat bakteri hasil isolasi dari arthropoda.....	27
2. Hasil uji patogenesis isolat bakteri pada tanaman kentang.....	32
3. Hasil uji kemampuan menggunakan beberapa bahan organik.....	34
4. Kemampuan beberapa isolat yang diisolasi dari arthropoda dalam ..	35
5. Isolat yang diperoleh dari Arthropoda.....	53
6. Intensitas gejala pada uji patogenesis .....	54
7. Hasil uji biokimia isolat bakteri dari Arthropoda.....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Diagram kerangka pemikiran penelitian.....	5
2. Peta plot dan sub plot pengambilan sampel arthropoda. ....	17
3. Beberapa serangga yang ditemukan di pertaman kentang .....	26
4. Uji gram bakteri yang diisolasi dari arthropoda.....	28
5. Histogram hasil uji Gram 51 isolat bakteri.....	28
6. Hasil uji O/F isolat bakteri.....	29
7. Histogram hasil uji O/F dari 51 isolat bakteri. ....	29
8. Gejala soft rot pada umbi kentang yang ditandai dengan pelunakan	30
9. Histogram hasil uji <i>soft rot</i> 51 isolat bakteri.....	30
10. Uji hipersensitif bakteri pada tanaman tembakau .....	31
11. Histogram hasil uji hipersensitif 51 isolat bakteri. ....	31
12. Uji patogenesis bakteri pada tanaman kentang .....	32
13. Hasil uji lecithinase isolat bakteri yang diisolasi dari arthropoda...	33
14. Histogram hasil uji lecithinase 51 isolat bakteri. ....	33
15. Hasil uji kemampuan bakteri untuk menggunakan beberapa jenis .	34
16. Gejala busuk pada beberapa buah .....	35
17. Pohon filogenik hasil sekuens 16S rDNA .....	36
18. Pohon filogenik hasil sekuens 16S rDNA .....	37
19. Pohon filogenik hasil sekuens 16S rDNA .....	37
20. Pohon filogenik hasil sekuens 16S rDNA .....	38
21. Pengambilan sampel arthropoda menggunakan <i>sweep net</i> .....	52
22. Uji patogenesis pada tanaman kentang .....	52
23. Inokulasi patogen pada kegiatan uji <i>soft rot</i> . ....	52
24. Pita DNA pada elektroforesis 8 isolat bakteri yang diduga patogen	53

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandung pada tanggal 11 April 2004 sebagai putra dari pasangan orang tua yang senantiasa memberikan dukungan dalam menempuh pendidikan. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Lembangsari pada tahun 2016, MTS Al-Fatah Cikembang pada tahun 2019, MA Al-Fatah Cikembang pada tahun 2022. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengembangkan diri dalam bidang akademik maupun organisasi. Pada tahun 2023, penulis melaksanakan Praktik Pengenalan Pertanian (P3) di Kecamatan Candipuro, Lampung Selatan, pada tahun 2025 mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Segala Mider, Pubian, Kabupaten Lampung Tengah, dan Praktik Umum di Balai Besar Pelatihan Pertanian (BBPP) Lembang, Jawa Barat.

Selain kegiatan akademik, penulis aktif sebagai asisten praktikum pada mata kuliah Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Virologi Tumbuhan, Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman, Penyakit Pasca Panen, dan Karantina Tumbuhan, serta aktif dalam organisasi kemahasiswaan sebagai anggota bidang Seminar dan Diskusi HIMAPROTEKTA periode 2023–2024, anggota bidang Kajian Ilmiah Islam dan Keumatan UKM-U Birohmah Universitas Lampung periode 2023–2024, anggota bidang Akademik dan Riset FOSI Fakultas Pertanian periode 2023–2024, anggota Divisi *Research and Development* Komunitas Baca UPT Perpustakaan Universitas Lampung tahun 2023, staf ahli Komisi III Bidang Advokasi DPM-U KBM Universitas Lampung tahun 2024, serta anggota bidang Pendidik Sebaya dan Konselor Sebaya (PSKS) PIK-R Raya Universitas Lampung tahun 2023.

## **PERSEMBAHAN**

*Karya kecil ini kupersembahkan untuk setiap raga yang hadir dan bertahan dalam proses tumbuh, terima kasih atas waktu, doa, dan kasih sayang tanpa jeda yang mengiringi langkah ini.*

## MOTTO

“Tumbuhlah dengan baik dan jadikan dirimu bermanfaat meski dalam keterbatasan.”

-Lutfi Apriyadi-

*“Success is not final, failure is not fatal: it is the courage to continue that counts”*

-Winston Churchill-

“Engkau lelaki kelak sendiri”

-Iwan Fals-

“Hidupilah hidup sehidup hidupnya”

-Anonim-

## SANWACANA

### بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

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 Bakteri Patogen yang Berasosiasi dengan Arthropoda pada Pertanaman Kentang di Kertasari Bandung”. Sholawat serta salam tidak lupa selalu penulis panjatkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang senantiasa dinantikan syafaat-Nya di Yaumul kiamat 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. 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. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
3. Dr. Puji Lestari, S.P., M.Si. selaku pembimbing utama dan pembimbing akademik yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
4. Dr. Suskandini Ratih D., M.P. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,

5. Prof. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., Ph.D. selaku dosen pembahas yang telah memberikan banyak ilmu, bimbingan, saran, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
6. Mama tersayang, perempuan paling kuat yang selalu membuat penulis percaya bahwa semua akan baik-baik saja. Terima kasih karena telah menjadi rumah paling hangat di tengah lelahnya perjalanan hidup penulis. Setiap doa yang tidak pernah terputus dan setiap pengorbanan yang diberikan mungkin tidak akan pernah mampu terbalaskan. Skripsi ini penulis persembahkan untuk mama, dengan segala cinta, rasa syukur, dan bangga,
7. Bapak, A Ijoy, Amel dan *Big Family* MT tersayang yang telah memberikan penulis banyak dukungan, doa, nasihat, motivasi, dan semangat dalam penulis menyelesaikan pendidikan,
8. Tim Pandawa dan karna (Hafidz, Wira, Gani, Naufal, Richo dan Ijlal) terima kasih atas kerja sama, dukungan, dan semangat yang membersamai penulis dari awal perkuliahan hingga penelitian selesai,
9. Keluarga Laboratorium Bioteknologi Pertanian, terimakasih atas masukan, bantuan dan dukungan selama penulis melakukan penelitian,
10. Keluarga besar Proteksi Tanaman terkhusus angkatan 2022, terima kasih atas kerja sama, dukungan, bantuan, motivasi, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis, dan
11. Kepada diri ini, terima kasih karena tetap bertahan di tengah ragu dan lelah yang tak selalu terlihat, karena memilih terus melangkah meski berkali-kali ingin berhenti. Penulis kehilangan banyak hal di perjalanan ini, tapi tidak dengan diri ini yang terus berusaha dan dari sanalah penulis belajar bahwa selesai bukan tentang menjadi sempurna, melainkan tentang tidak menyerah sampai akhir.

Bandar Lampung, 08 Juni 2026

Lutfi Apriyadi

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki peran strategis dalam sistem pertanian dan ketahanan pangan, baik di tingkat global maupun nasional (Hendra *et al.*, 2020). Selain menjadi sumber karbohidrat alternatif selain beras dan gandum, kentang juga memiliki nilai gizi tinggi serta fleksibilitas dalam pengolahan, sehingga berkontribusi dalam program diversifikasi pangan. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas dan kualitas hasil kentang menjadi aspek penting dalam sistem pertanian berkelanjutan.

Di Indonesia kentang umumnya dibudidayakan di daerah dataran tinggi dengan kondisi agroklimat yang sesuai. Salah satu sentra produksi kentang di Jawa Barat adalah Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung yang terletak di ketinggian 1.512 mdpl (BPS Kabupaten Bandung, 2021). Wilayah ini memiliki luas area pertanaman kentang mencapai  $\pm$  975 hektar dengan produksi tahunan mencapai 19.275 kg (Ernawati *et al.*, 2015; Firdaus *et al.*, 2021). Potensi besar ini menjadikan Kertasari sebagai salah satu pusat penghasil kentang yang tidak hanya memenuhi kebutuhan pasar lokal, tetapi juga berperan penting dalam distribusi kentang ke wilayah lainnya, seperti Jakarta dan sekitarnya (Pojok Bandung, 2021). Selain itu, Kertasari juga dikenal sebagai daerah penghasil benih kentang berkualitas tinggi dan memiliki peran penting dalam mendukung pasokan benih nasional.

Meskipun memiliki potensi produksi yang besar, produktivitas kentang di Indonesia mengalami fluktuasi. Produksi kentang nasional pada tahun 2023

mencapai 1,25 juta ton, mengalami penurunan sebesar 16,99% dibandingkan tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2024). Salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya penurunan produksi adalah adanya organisme pengganggu tanaman (OPT), baik berupa hama maupun patogen. Diantara berbagai patogen, bakteri merupakan salah satu agen penyebab penyakit yang menimbulkan kerugian ekonomi signifikan, terutama melalui penurunan hasil panen dan kualitas umbi (Nasution *et al.*, 2021).

Penyakit bakteri pada tanaman kentang menjadi ancaman serius karena penyebarannya relatif cepat dan sulit dikendalikan. Beberapa bakteri yang umum menyerang tanaman kentang di antaranya *R. solanacearum*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, dan *Pectobacterium* spp., yang umumnya menginfeksi tanaman melalui luka atau bukaan alami (Aisyah *et al.*, 2022). Perkembangan penyakit ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dengan kelembaban tinggi, suhu hangat, dan drainase tanah yang buruk. Selain itu, penyebaran bakteri dapat terjadi melalui benih terinfeksi, air irigasi, alat pertanian, serta perpindahan tanah yang terkontaminasi.

Selain faktor-faktor tersebut, keberadaan arthropoda pada tanaman kentang juga berpotensi untuk menyebarkan patogen. Arthropoda memiliki potensi besar dalam penyebaran penyakit pada tanaman kentang karena kemampuannya bertindak sebagai vektor berbagai patogen, termasuk bakteri. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa serangga mampu membawa bakteri patogen baik secara eksternal pada permukaan tubuh maupun secara internal melalui sistem pencernaan, kemudian mentransmisikannya saat aktivitas makan atau oviposisi (Therhaag *et al.*, 2024). Pergerakan arthropoda yang luas dan kemampuannya beradaptasi dengan lingkungan budidaya membuatnya menjadi agen penyebar yang efisien dan sulit dikendalikan (Dinata *et al.*, 2023). Contohnya, lalat buah (*Bactrocera* sp.) dilaporkan dapat membawa bakteri *Erwinia carotovora*, sedangkan kumbang daun seperti *Epilachna* sp. berpotensi memfasilitasi masuknya patogen melalui luka yang ditimbulkan selama aktivitas makan (Chandi *et al.*, 2018; Wielkopolan *et al.*, 2021).

Meskipun peran arthropoda sebagai vektor patogen telah banyak dilaporkan, informasi mengenai jenis arthropoda yang berasosiasi dengan bakteri patogen pada tanaman kentang, khususnya di Kecamatan Kertasari, masih sangat terbatas. Padahal, karakteristik agroekosistem lokal sangat mempengaruhi komposisi arthropoda dan dinamika penyebaran penyakit. Ketiadaan informasi ini menjadi kendala dalam merumuskan strategi pengendalian penyakit yang efektif dan berbasis ekologi.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian yang secara khusus mengkaji keanekaragaman arthropoda pada pertanaman kentang serta potensinya sebagai vektor bakteri patogen. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai hubungan antara arthropoda dan bakteri patogen pada tanaman kentang, sehingga dapat menjadi dasar dalam pengembangan strategi pengendalian penyakit yang lebih efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja jenis arthropoda yang ditemukan pada pertanaman kentang di Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung?
2. Bagaimana karakteristik bakteri yang berasosiasi dengan arthropoda berdasarkan sifat morfologi, fisiologis, dan biokimia?
3. Apakah bakteri yang berasosiasi dengan arthropoda memiliki potensi sebagai patogen pada tanaman kentang serta bagaimana identitasnya secara molekuler?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jenis-jenis arthropoda yang ditemukan pada pertanaman kentang di Kertasari, Kabupaten Bandung,
2. Mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri patogen yang berasosiasi dengan arthropoda tersebut, dan

3. Mengidentifikasi bakteri yang berpotensi patogen secara molekuler serta mengevaluasi kemampuan patogenitasnya pada tanaman kentang dan kisaran inangnya.

#### 1.4 Kerangka Pemikiran

Kentang merupakan komoditas hortikultura strategis yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Namun, produktivitas dan kualitas hasilnya sering mengalami penurunan akibat serangan berbagai organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Di antara berbagai OPT, bakteri patogen menjadi salah satu penyebab utama penurunan mutu dan hasil yang signifikan. Penyebaran bakteri patogen tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan bahan tanam, tetapi juga dapat melibatkan organisme lain sebagai agen penyebar, salah satunya adalah arthropoda.

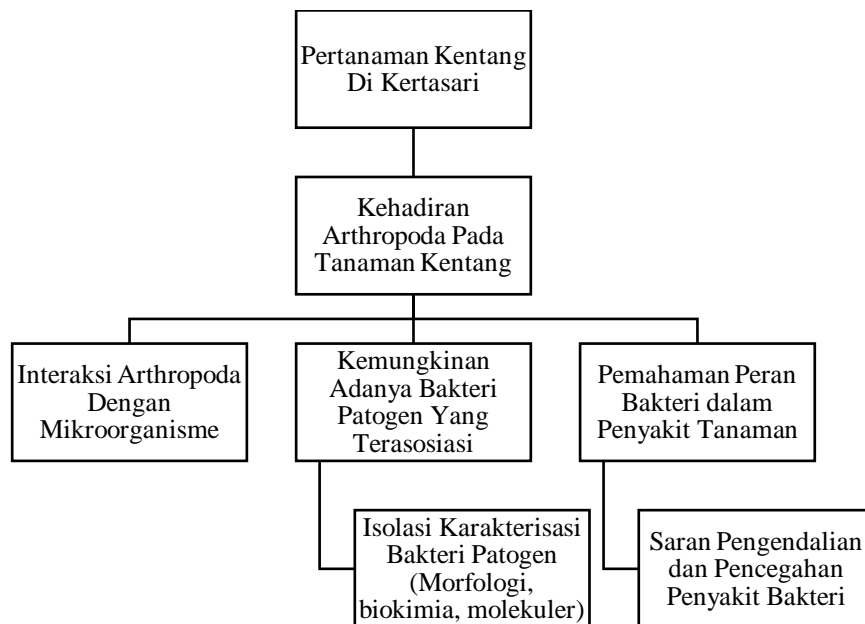
Arthropoda, seperti serangga dan tungau, memiliki peran penting dalam agroekosistem, baik sebagai hama maupun sebagai vektor patogen. Beberapa spesies arthropoda diketahui dapat merusak jaringan tanaman melalui aktivitas makan, sehingga membuka jalan masuk bagi patogen. Selain itu, arthropoda juga dapat membawa bakteri patogen secara eksternal maupun internal, dan kemudian mentransmisikannya ke tanaman lain saat berpindah tempat. Peran ganda ini menjadikan arthropoda sebagai faktor penting dalam dinamika penyebaran penyakit tanaman kentang.

Berbagai spesies arthropoda yang umum ditemukan pada pertanaman kentang, seperti kutu daun (*Aphis* spp.), ulat grayak (*Spodoptera litura*), dan penggerek umbi (*Phthorimaea operculella*), berpotensi berkontribusi terhadap kerusakan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung (Dinata *et al.*, 2023).

Interaksi antara arthropoda dan bakteri patogen ini dapat meningkatkan keparahan penyakit, terutama pada kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan patogen. Meskipun demikian, informasi mengenai keterkaitan antara keberadaan arthropoda dan bakteri patogen pada pertanaman kentang, khususnya di wilayah Kertasari, masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang mampu

menjelaskan hubungan tersebut melalui pendekatan isolasi dan karakterisasi bakteri yang berasosiasi dengan arthropoda di lapangan.

Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi jenis-jenis arthropoda yang ditemukan pada pertanaman kentang, kemudian mengisolasi bakteri dari tubuh arthropoda tersebut untuk selanjutnya dikarakterisasi. Karakterisasi bakteri dilakukan untuk mengetahui potensi patogenitasnya, salah satunya melalui pengujian berdasarkan prinsip postulat Koch. Dengan demikian, hubungan antara arthropoda sebagai pembawa bakteri dan potensi penyakit pada tanaman kentang dapat dipahami secara lebih komprehensif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dalam memahami peran arthropoda sebagai vektor bakteri patogen serta mendukung pengembangan strategi pengendalian OPT yang lebih efektif, berbasis ekologi, dan berkelanjutan. Kerangka pemikiran penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram kerangka pemikiran penelitian.

## 1.5 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat beragam jenis arthropoda yang ditemukan pada pertanaman kentang di Kertasari,
2. Terdapat bakteri patogen yang berasosiasi dengan arthropoda tersebut, dan
3. Bakteri yang berasosiasi dengan arthropoda diduga bersifat patogen dan dapat diidentifikasi secara molekuler ke dalam genus tertentu.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kentang sebagai Komoditas Strategis

Kentang merupakan salah satu komoditas hortikultura strategis di Indonesia yang memiliki peran penting dalam ketahanan pangan nasional. Sebagai sumber karbohidrat alternatif selain beras, kentang berkontribusi signifikan terhadap diversifikasi pangan dan peningkatan pendapatan petani (Putra *et al.*, 2024). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), produksi kentang Indonesia mengalami peningkatan sebesar 4,21% pada tahun 2023 dibandingkan tahun sebelumnya, menunjukkan tren positif dalam sektor pertanian hortikultura. Peningkatan ini mencerminkan potensi besar kentang dalam mendukung ketahanan pangan dan ekonomi nasional.

Selain itu, kentang juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi dalam perdagangan internasional. Meskipun volume ekspor kentang Indonesia ke pasar ASEAN menunjukkan tren penurunan sebesar -4,32% selama periode 2017–2021, Indonesia masih memiliki daya saing komparatif yang kuat di kawasan tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata BRCA (*Balassa Revealed Comparative Advantage*) Indonesia yang mencapai 2,9931, menandakan keunggulan komparatif dalam ekspor kentang di pasar ASEAN (Erlangga, 2023). Dengan demikian, pengembangan industri kentang tidak hanya penting untuk memenuhi kebutuhan domestik tetapi juga memiliki potensi besar dalam meningkatkan devisa negara melalui ekspor.

Di tingkat lokal, usahatani kentang memberikan kontribusi signifikan terhadap pendapatan rumah tangga petani. Penelitian Putra *et al.* (2024) di Kabupaten

Garut menunjukkan bahwa usahatani kentang dengan luas lahan rata-rata 0,54 hektar menghasilkan keuntungan sebesar Rp25.906.826 per musim tanam, yang mampu memenuhi sekitar 80,1% kebutuhan rumah tangga petani. Namun, tantangan seperti keterbatasan lahan dan akses terhadap teknologi masih menjadi hambatan dalam meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani. Oleh karena itu, diperlukan intervensi kebijakan yang mendukung peningkatan kapasitas petani dan pengembangan infrastruktur pertanian.

Secara keseluruhan, kentang sebagai komoditas strategis memiliki peran multifaset dalam mendukung ketahanan pangan, peningkatan pendapatan petani, dan ekspor nasional. Pengembangan sektor kentang yang berkelanjutan memerlukan sinergi antara pemerintah, pelaku industri, dan petani untuk mengatasi tantangan yang ada dan memaksimalkan potensi yang dimiliki.

## **2.2 Agroekosistem dan Budidaya Kentang di Dataran Tinggi**

Tanaman kentang menunjukkan pertumbuhan dan produksi optimal pada daerah dataran tinggi yang memiliki suhu udara berkisar antara 14–22°C dan ketinggian antara 1.000 hingga 2.000 meter di atas permukaan laut. Kondisi agroekosistem di dataran tinggi, seperti intensitas cahaya yang tinggi dan ketersediaan air yang cukup, mendukung perkembangan vegetatif dan generatif tanaman kentang. Namun, budidaya kentang di dataran medium (300–700 m dpl) juga mulai dikembangkan dengan penerapan teknologi budidaya yang tepat, seperti penggunaan zat pengatur tumbuh, untuk mengatasi tantangan suhu yang lebih tinggi dan meningkatkan hasil produksi (Amelia *et al.*, 2023)

Agroekosistem di dataran tinggi tidak hanya mencakup komponen fisik seperti tanah dan iklim, tetapi juga mencakup interaksi antara tanaman, organisme pengganggu, serta aktivitas manusia. Dalam konteks budidaya kentang, praktik pertanian seperti rotasi tanaman, pengolahan tanah, dan penggunaan bibit yang sehat sangat menentukan keberhasilan produksi. Namun, di banyak wilayah dataran tinggi, termasuk Kertasari, petani masih menggunakan bibit hasil panen sebelumnya tanpa perlakuan khusus. Hal ini berisiko memicu terjadinya

akumulasi patogen di lahan dan meningkatkan keberadaan vektor biologis seperti arthropoda (Haryati, 2014).

Selain itu, intensifikasi pertanian di dataran tinggi sering kali tidak diimbangi dengan pengelolaan ekosistem yang berkelanjutan. Kondisi tersebut dapat mengganggu keseimbangan populasi musuh alami dan memperbesar peluang terjadinya ledakan populasi hama serta penyebaran penyakit tanaman, termasuk yang disebabkan oleh bakteri patogen (Djafar *et al.*, 2024). Oleh karena itu, pemahaman terhadap karakteristik agroekosistem serta dinamika OPT dalam sistem budidaya kentang di dataran tinggi menjadi aspek penting dalam upaya pengendalian terpadu.

### **2.3 Arthropoda dalam Ekosistem Pertanian**

Arthropoda merupakan komponen penting dalam ekosistem pertanian karena memiliki fungsi ekologis yang beragam, seperti polinator, dekomposer, dan musuh alami hama. Keberadaan mereka menunjukkan kualitas ekosistem yang seimbang dan berkelanjutan. Lingkungan pertanian yang sehat cenderung memiliki keanekaragaman arthropoda yang tinggi. Keanekaragaman ini berkaitan erat dengan stabilitas produksi dan ketahanan terhadap gangguan organisme pengganggu tanaman.

Penelitian yang dilakukan oleh Dinata *et al.* (2023) menjelaskan bahwa di dataran tinggi menunjukkan sistem pertanian yang lebih alami, sehingga dapat mendukung keberagaman arthropoda. Mereka menemukan bahwa variasi jenis arthropoda lebih banyak ditemukan pada lahan yang tidak terlalu intensif penggunaannya. Temuan ini menekankan pentingnya pengelolaan agroekosistem yang memperhatikan keberlanjutan hayati.

### **2.4 Peran Arthropoda sebagai Hama**

Sebagian arthropoda dalam agroekosistem dapat berperan sebagai hama yang merugikan petani. Mereka menyerang bagian tanaman seperti daun, batang, dan

umbi, sehingga menurunkan hasil panen. Kerusakan yang ditimbulkan tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga dapat mengundang infeksi patogen sekunder. Dalam kondisi tertentu, populasi hama dapat meningkat tajam jika tidak dikendalikan secara tepat (Djafar *et al.*, 2024).

Ilmi *et al.* (2016) menyatakan bahwa penggunaan pestisida kimia secara berlebihan justru memperburuk keadaan. Mereka menemukan bahwa pestisida kimia menekan populasi musuh alami, sehingga hama utama lebih cepat berkembang. Alternatif seperti pestisida nabati mampu mempertahankan keseimbangan populasi arthropoda di lahan pertanian. Oleh sebab itu, pendekatan pengendalian hama terpadu menjadi solusi yang relevan untuk pertanian berkelanjutan.

## **2.5 Arthropoda sebagai Pembawa Patogen**

Maksum *et al.* (2024) menjelaskan bahwa hubungan antara arthropoda dan patogen bersifat kompleks dan dinamis. Vektor seperti kutu daun, thrips, dan lalat sering kali menjadi pembawa utama patogen bakteri, virus, dan jamur. Mereka berperan besar dalam epidemi penyakit tanaman yang sulit dikendalikan secara kimiawi. Oleh karena itu, identifikasi jenis arthropoda vektor di lapangan sangat krusial dalam mendesain strategi pengendalian yang tepat.

Selain merusak tanaman secara langsung, beberapa spesies arthropoda juga berfungsi sebagai vektor patogen. Mereka dapat menularkan mikroorganisme penyebab penyakit dari tanaman yang terinfeksi ke tanaman sehat. Penularan dapat terjadi melalui aktivitas makan, ekskresi, maupun kontak fisik. Hal ini menjadikan pengendalian arthropoda penting tidak hanya dari sisi kerusakan fisik, tetapi juga dari aspek penyebaran penyakit.

## **2.6 Bakteri Patogen Tanaman Kentang**

Tanaman kentang rentan terhadap berbagai penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen, yang dapat mengakibatkan penurunan hasil panen secara

signifikan (Prihatiningsih *et al.*, 2015). Dirjen Hortikultura (2023) juga melaporkan salah satu penyakit utama adalah layu bakteri yang disebabkan oleh *R. solanacearum*. Bakteri ini menyerang sistem vaskular tanaman, menyebabkan gejala seperti layu pada daun muda, perubahan warna cokelat pada pembuluh batang, dan eksudat lendir dari potongan batang yang terinfeksi. Penyebaran patogen ini dapat terjadi melalui air, tanah yang terkontaminasi, benih, serta alat pertanian yang tidak steril. Faktor lingkungan seperti suhu optimal antara 24–35°C dan kelembaban tinggi turut mendukung perkembangan penyakit ini.

Selain *R. solanacearum*, terdapat bakteri patogen lain yang menyerang tanaman kentang, seperti *E. carotovora* yang menyebabkan busuk lunak pada umbi, *C. michiganensis* penyebab busuk cincin, dan *Streptomyces scabies* yang mengakibatkan kudis pada umbi (Aisyah *et al.*, 2022). Penyakit-penyakit ini menimbulkan gejala spesifik, seperti jaringan umbi yang membusuk, perubahan warna, dan tekstur yang tidak normal. Pengendalian penyakit ini memerlukan pendekatan terpadu, termasuk penggunaan benih sehat, rotasi tanaman, dan sanitasi lahan yang baik.

Upaya pengendalian biologis telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengatasi bakteri patogen pada tanaman kentang. Penelitian oleh Prihatiningsih *et al.* (2015) menunjukkan bahwa isolat *Bacillus sp.* B315 efektif dalam menunda masa inkubasi penyakit layu bakteri hingga 7 hari dan mengurangi kejadian penyakit sebesar 64,9%. Mekanisme kerja bakteri ini meliputi produksi antibiotik, enzim pelisis, dan induksi ketahanan sistemik tanaman. Selain itu, isolat *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus cereus* yang diisolasi dari rhizosfer tanaman juga menunjukkan kemampuan antagonis terhadap *R. solanacearum*, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan mengurangi tingkat infeksi.

## **2.7 Interaksi Arthropoda–Bakteri**

Interaksi antara arthropoda dan bakteri memainkan peran penting dalam fisiologi, ekologi, dan evolusi serangga. Mikrobiota yang hidup di dalam tubuh arthropoda, khususnya di saluran pencernaan, berkontribusi dalam proses pencernaan, sintesis

nutrien esensial seperti vitamin B, serta meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan dan patogen (Lv *et al.*, 2024a). Sebagai contoh, bakteri simbiotik seperti *Wigglesworthia* pada lalat tsetse dan *Wolbachia* pada berbagai spesies serangga membantu inangnya bertahan di lingkungan yang kekurangan nutrisi dan menghadapi tekanan ekologis. Hubungan mutualistik ini tidak hanya meningkatkan kebugaran inang tetapi juga memperluas jangkauan ekologis mereka.

Selain peran fisiologis, beberapa bakteri simbiotik juga mempengaruhi reproduksi arthropoda melalui mekanisme seperti inkompatibilitas sitoplasma (CI). *Wolbachia*, misalnya, dapat menyebabkan ketidakcocokan reproduktif antara individu yang terinfeksi dan tidak terinfeksi, yang berdampak pada dinamika populasi serangga. Fenomena ini telah dimanfaatkan dalam program pengendalian vektor penyakit, seperti pelepasan nyamuk *Aedes aegypti* yang terinfeksi *Wolbachia* untuk mengurangi penularan virus dengue, Zika, dan chikungunya (Pavanelo *et al.*, 2023a).

Interaksi antara arthropoda dan bakteri juga berkontribusi pada fungsi ekosistem, terutama dalam dekomposisi materi organik. Kecoak, misalnya, memiliki mikrobiota usus yang mampu mencerna lignoselulosa dan menghasilkan enzim untuk biodegradasi selulosa, yang penting dalam siklus nutrisi di tanah. Simbiot seperti *Blattabacterium* membantu kecoak bertahan di lingkungan dengan rasio karbon/nitrogen tinggi, menunjukkan peran mereka dalam dekomposisi senyawa organik yang resisten (Schapheer *et al.*, 2021).

Pemahaman mendalam tentang interaksi arthropoda–bakteri membuka peluang untuk pengembangan strategi pengendalian hama yang ramah lingkungan. Pendekatan berbasis simbiosis, seperti manipulasi mikrobiota untuk meningkatkan ketahanan serangga terhadap pestisida atau patogen, dapat menjadi alternatif berkelanjutan terhadap penggunaan insektisida kimia. Namun, tantangan seperti stabilitas lingkungan mikroba simbiotik dan dampak terhadap spesies non-target perlu diperhatikan dalam implementasinya (Lv *et al.*, 2024).

## 2.8 Karakterisasi Bakteri Patogen

Karakterisasi bakteri patogen merupakan langkah penting dalam memahami patogenisitas dan menentukan strategi pengendalian penyakit. Secara konvensional, teknik isolasi dan identifikasi bakteri dilakukan melalui kultur pada media selektif, pewarnaan Gram, serta uji biokimia seperti uji oksidase dan fermentasi karbohidrat. Metode ini telah diterapkan dalam berbagai penelitian, misalnya dalam identifikasi *Vibrio* spp. dan *Salmonella* spp. pada produk perikanan, di mana pewarnaan Gram dan uji biokimia digunakan untuk menentukan karakteristik bakteri (Ihsan, 2021). Meskipun metode ini efektif, keterbatasannya terletak pada waktu yang diperlukan dan kemungkinan hasil yang tidak spesifik.

Kemajuan teknologi molekuler telah memperkenalkan metode seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dan sekuensing gen 16S rDNA untuk identifikasi bakteri patogen. Metode ini menawarkan kecepatan dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan teknik konvensional. Dalam penelitian oleh Dwiwitno (2010), identifikasi bakteri patogen pada produk pangan dilakukan menggunakan sekuensing fragmen 16S rDNA, yang memungkinkan identifikasi hingga tingkat spesies dengan tingkat kemiripan antara 83–100%. Penggunaan teknik molekuler ini sangat berguna dalam situasi di mana identifikasi cepat dan akurat diperlukan.

Metode identifikasi bakteri patogen semakin maju dengan hadirnya pendekatan non-kultur yang cepat dan dengan presisi tinggi. Salah satunya adalah teknik *Raman spectroscopy*, yang memungkinkan identifikasi mikroorganisme secara langsung tanpa pewarnaan atau isolasi awal. Studi oleh Ho *et al.* (2019) menunjukkan bahwa integrasi antara *Raman spectroscopy* dengan teknologi dapat mengidentifikasi hingga 30 spesies bakteri patogen secara akurat, termasuk mendeteksi resistensi antibiotik seperti MRSA dan MSSA. Di samping itu, pendekatan *metagenomic next-generation sequencing* (mNGS) juga semakin banyak digunakan, terutama untuk menganalisis mikroba dalam sampel kompleks tanpa harus mengetahui patogen target sebelumnya. mNGS memungkinkan deteksi dan karakterisasi beragam agen infeksi, seperti bakteri,

virus, jamur, maupun parasit, melalui pemetaan langsung terhadap materi genetiknya (Simner *et al.*, 2018).

## 2.9 Studi Sebelumnya dan Kesenjangan Penelitian

Berbagai studi sebelumnya telah dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi bakteri patogen menggunakan teknik konvensional maupun molekuler. Dwiwitno (2010) melakukan penelitian tentang isolasi *Vibrio* spp. dan *Salmonella* spp. pada produk perikanan dengan pendekatan kultur, pewarnaan, dan uji biokimia. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode klasik masih dapat diandalkan dalam identifikasi awal bakteri, meskipun membutuhkan waktu yang relatif lama dan akurasi yang terbatas. Metode ini juga kurang efektif dalam mengidentifikasi bakteri non-kultur atau yang berada dalam kondisi stres lingkungan.

Seiring berkembangnya bioteknologi, pendekatan molekuler seperti PCR dan sekuensing gen 16S rDNA telah banyak digunakan dalam penelitian lanjutan. Studi oleh Ihsan (2021) menunjukkan bahwa sekuensing fragmen 16S rDNA dapat memberikan hasil yang lebih akurat dalam mengidentifikasi bakteri penyebab penyakit pada produk pangan. Keunggulan teknik ini adalah kemampuannya untuk mendeteksi bakteri yang sulit dikultur dan mengidentifikasi hingga tingkat spesies. Namun, teknik ini juga memiliki keterbatasan dalam membedakan strain atau subspecies yang sangat mirip secara genetik.

Meskipun teknik molekuler seperti sekuensing 16S rDNA telah meningkatkan akurasi identifikasi bakteri patogen, sebagian besar studi hanya berfokus pada karakter taksonomi tanpa memperhatikan aspek ekologi interaksi antara bakteri dan vektor biologisnya. Hingga saat ini, masih sangat terbatas kajian yang secara eksplisit menelusuri keterkaitan antara arthropoda lapangan dan bakteri patogen pada tanaman, khususnya dalam konteks budidaya kentang di dataran tinggi seperti Kertasari. Padahal, pemahaman mendalam terhadap interaksi ini sangat krusial dalam merancang strategi pengendalian penyakit tanaman yang berbasis ekosistem dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengisi

kesenjangan tersebut melalui pendekatan karakterisasi bakteri patogen yang diasosiasikan dengan arthropoda vektor potensial pada tanaman kentang.

Dengan demikian, perlu adanya studi lanjutan yang menggabungkan teknik molekuler, pendekatan ekologis, dan pemodelan bioinformatika untuk memahami karakteristik bakteri patogen secara lebih menyeluruh. Penelitian yang fokus pada adaptasi lokal, interaksi mikroba-inang, serta peran mikrobiota lingkungan dapat memberikan wawasan baru yang aplikatif. Pengembangan metode karakterisasi yang lebih efisien, murah, dan kontekstual juga penting agar dapat diadopsi di laboratorium-laboratorium diagnostik di daerah. Inilah ruang kosong dalam penelitian yang masih perlu dieksplorasi untuk mendukung kesehatan masyarakat dan keamanan pangan secara berkelanjutan

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2025 hingga Februari 2026, pengambilan sampel arthropoda dilaksanakan di tiga desa di Kecamatan Kertasari yaitu Desa Tarumajaya, Desa Cibeureum, dan Desa Cikembang. Sampel yang diperoleh kemudian diproses lebih lanjut di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

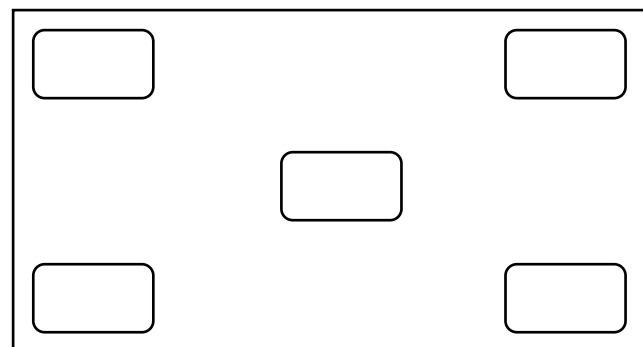
Alat yang akan digunakan adalah erlenmeyer, bunsen, gelas ukur, *sweep net*, pinset, tabung reaksi, *rotamixer*, timbangan elektrik, mikropipet, tip steril, *centrifuge*, tabung *ependorf* 1,5 mL, *water bath*, LAF, autoklaf, inkubator, cawan petri, jarum ose, dan plastik tahan panas. Alat yang digunakan untuk identifikasi molekuler adalah cetakan gel, *freezer*, mikropipet 0 - 1000  $\mu\text{L}$ , pipet tip 0 - 1000  $\mu\text{L}$ , *microcentrifuge*, tabung *ependorf* 100  $\mu\text{L}$ , mesin PCR, alat elektroforesis, dan *gel documentation system*.



Bahan yang digunakan adalah alkohol 70%, *Phosphate Buffer Saline* (PBS), KOH 3%, *ethidium bromide* (EtBr), MyTaq™ *Red Mix*, DNA primer (fD1 dan rP2), *marker DNA ladder*, *loading dye*, buffer TE, *Bromothymol Blue* (BTB) 2 %, agarose, air steril, umbi kentang, tanaman kentang, serta aquades. Media yang digunakan untuk pengujian yaitu *Yeast Peptone Agar* (YPA), *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA), Oksidatif/Fermentatif (O/F)

### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.3.1 Pengambilan Sampel Arthropoda

Pengambilan sampel arthropoda dilakukan di tiga desa, yaitu Desa Tarumajaya, Desa Cibeureum, dan Desa Cikembang. Pada setiap desa ditentukan satu plot pengamatan yang terdiri dari lima subplot yang dipilih berdasarkan sebaran pertanaman kentang (Gambar 2). Pada setiap subplot, pengambilan sampel dilakukan secara langsung dan menggunakan metode *Sweep net*. Metode *sweep net* dilakukan satu kali di setiap titik dengan durasi sekitar 15 menit dengan mengayunkan jaring sebanyak lima kali ayunan ganda mengikuti transek sepanjang  $\pm 20$  meter (Iswara *et al.*, 2022). Arthropoda yang tertangkap dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam tabung *ependorf* berisi larutan *Phosphate Buffer Saline* (PBS). Secara keseluruhan dari tiga desa diperoleh 15 sampel *Sweep net* dengan beragam jenis arthropoda.



Keterangan :  = Plot  
 = Sub Plot

Gambar 2. Peta plot dan sub plot pengambilan sampel arthropoda.

#### 3.3.2 Isolasi Bakteri yang Berasosiasi dengan Arthropoda

##### 3.3.2.1 Isolasi dari Permukaan Tubuh Arthropoda

Isolasi bakteri dari arthropoda dilakukan dengan dua metode yaitu isolasi dari permukaan tubuh dan dari dalam tubuh arthropoda. Seluruh proses isolasi dilakukan dalam *Laminar air flow* (LAF) untuk menjaga kondisi aseptik. Pada metode isolasi dari permukaan tubuh, diperlukan 2 tabung *ependorf* 1,5 mL

untuk setiap sampel arthropoda. Salah satu tabung diisi dengan 100  $\mu$ l PBS. Masing-masing sampel arthropoda kemudian dimasukkan dalam tabung berisi PBS lalu dikocok selama lima menit. Setelah 5 menit, arthropoda dipindahkan ke tabung baru. Suspensi PBS hasil cucian arthropoda diambil 1 ose dan digores di atas media *Yeast Peptone Agar* (YPA).

### **3.3.2.2 Isolasi dari Dalam Tubuh Arthropoda**

Metode isolasi dari dalam tubuh arthropoda dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan sterilisasi permukaan tubuh arthropoda menggunakan kloroks 1% selama 30 detik kemudian dibilas menggunakan air steril untuk menghilangkan sisa desinfektan. Setelah itu, sampel arthropoda dikeringkan dengan menggunakan tissue lalu dimasukkan ke dalam tabung *ependorf* dan digerus hingga hancur. Hasil gerusan dibiarkan selama  $\pm 5$  menit, kemudian diambil sebanyak 1 ose dan digoreskan pada media YPA secara aseptik. Inkubasi dilakukan pada suhu ruang yaitu 25-30 °C hingga koloni bakteri tumbuh sekitar 1-3 hari setelah isolasi (HSI).

### **3.3.3 Pemurnian dan Peremajaan**

Koloni bakteri yang tumbuh pada media YPA kemudian dimurnikan berdasarkan perbedaan morfologi koloni, khususnya bentuk dan warna koloni. Dari setiap kelompok koloni yang memiliki karakteristik serupa diambil satu koloni sebagai representatif, lalu diinokulasikan ke dalam tabung reaksi yang berisi media *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA). Isolat yang diperoleh kemudian diremajakan kembali pada media yang sama. Proses peremajaan dilakukan satu hari sebelum isolat digunakan untuk tahap pengujian.

### **3.3.4 Karakterisasi Bakteri**

#### **3.3.4.1 Uji Gram**

Uji Gram dilakukan menggunakan larutan KOH 3%. Sebanyak satu hingga dua ose kultur bakteri berumur 24 jam diletakkan di atas kaca preparat kemudian

ditetesi dengan satu hingga dua tetes larutan KOH 3%. Suspensi bakteri tersebut kemudian dihomogenkan menggunakan jarum ose hingga merata. Setelah itu, jarum ose disentuh pada campuran dan diangkat perlahan hingga setinggi sekitar  $\pm 1$  cm. Apabila terbentuk lendir menyerupai benang yang tidak terputus sepanjang  $\pm 1$  cm, maka bakteri tergolong Gram negatif. Hal ini disebabkan oleh lisisnya dinding sel sehingga DNA membentuk lendir. Sebaliknya, jika tidak terbentuk benang lendir, maka bakteri tersebut termasuk Gram positif karena memiliki dinding sel lebih tebal dan tahan terhadap pelisisan oleh larutan basa (Sanjaya *et al.*, 2024)

#### **3.3.4.2 Uji Oksidatif/Fermentatif (O/F)**

Uji O/F dilakukan untuk mengetahui sifat metabolisme bakteri, yaitu oksidatif atau fermentatif. Setiap isolat bakteri diinokulasikan ke dalam dua tabung reaksi yang masing-masing berisi 5 mL media oksidatif-fermentatif. Inokulasi dilakukan dengan menusukkan satu ose bakteri ke dalam kedua media. Tabung pertama kemudian ditutup dengan 1 mL minyak parafin untuk menciptakan kondisi anaerob, sementara tabung kedua dibiarkan terbuka sebagai kontrol aerob. Setelah inkubasi selama 24 hingga 48 jam, diamati perubahan warna media. Jika kedua tabung mengalami perubahan warna dari hijau menjadi kuning, maka bakteri tergolong memiliki kemampuan oksidatif sekaligus fermentatif. Perubahan warna menjadi kuning hanya pada tabung tertutup parafin menunjukkan bakteri bersifat fermentatif. Sebaliknya, jika hanya tabung tanpa parafin yang berubah menjadi kuning, maka bakteri dikategorikan sebagai oksidatif.

#### **3.3.4.3 Uji *Soft Rot***

Uji ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menyebabkan busuk lunak pada jaringan kentang. Umbi kentang dipotong setebal 2 cm, potongan umbi dicuci menggunakan air steril dan disimpan pada cawan petri beralas tisu basah. Kemudian, 1 ose bakteri yang berumur 24 jam diambil dari media PPGA kemudian digoreskan pada bagian tengah permukaan umbi dan

diinkubasi pada suhu ruang (28-30°C) selama 24-72 jam. Gejala positif ditandai dengan terbentuknya jaringan yang lunak, berair, dan berbau khas.

#### **3.3.4.4 Uji Hipersensitif**

Uji hipersensitif dilakukan pada tanaman tembakau mengikuti metode Klement dan Goodman (1967) untuk mendeteksi potensi patogenisitas bakteri. Sebanyak satu ose isolat bakteri disuspensikan dalam 1 mL air steril dalam tabung *ependorf* 1,5 mL, kemudian dihomogenkan menggunakan *rotamixer* selama 5 menit. Suspensi bakteri kemudian diinfiltrasikan ke jaringan daun di antara kedua permukaan daun menggunakan jarum suntik steril.

Sebagai pembanding, aquades steril juga diinfiltrasikan pada bagian daun lainnya sebagai kontrol. Pengamatan dilakukan pada 24 jam setelah inokulasi. Munculnya nekrosis di area sekitar titik inokulasi menunjukkan respons positif terhadap uji hipersensitif, dan isolat yang menunjukkan respons ini akan digunakan untuk tahap pengujian berikutnya.

#### **3.3.4.5 Uji Patogenisitas pada Tanaman Kentang**

Prosedur uji patogenisitas bakteri pada tanaman kentang dilakukan sesuai prosedur yang dilakukan Marquez-Villavicencio *et al.* (2011) dengan menyiapkan suspensi bakteri yang diambil dari pertumbuhan pada media agar, kemudian sebanyak 3 tanaman kentang disiapkan dan disterilisasi permukaannya, 2 tanaman kentang dilukai sekitar 1,5 cm, dan injeksi 10 µL suspensi bakteri ke dalam luka tersebut, dan 1 tanaman kentang tidak diinjeksi dengan suspensi sebagai kontrol. Setelah itu, kentang ditempatkan pada suhu ruang sekitar 28-30°C selama tiga hari untuk memungkinkan perkembangan penyakit. Setelah tiga hari, diamati adanya kerusakan jaringan berupa macerasi, serta jaringan yang rusak untuk menilai tingkat patogenisitas.

#### **3.3.4.6 Uji *Lecithinase***

Uji lecithinase dilakukan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri dalam memanfaatkan senyawa lechitin. Pengujian dilakukan menggunakan media YPA yang ditambahkan dengan kuning telur. Media YPA dibuat dengan mencampur 10 g pepton, 5 g *yeast extract*, 20 g agar, dan 1000 mL akuades. Pembuatan media uji dilakukan dengan menambahkan 0,5 mL kuning telur ke dalam cawan petri yang telah berisi 10 mL media YPA, kemudian dihomogenkan hingga merata. Isolat bakteri berumur 24 jam diinokulasikan dengan cara gores menggunakan satu ose, lalu diinkubasi pada suhu 28 °C selama 1–7 hari. Hasil positif ditandai dengan munculnya zona keruh di sekitar koloni sebagai indikasi aktivitas enzim lecithinase (Handoko *et al.*, 2020).

#### **3.3.4.7 Uji Kemampuan Menggunakan Beberapa Jenis Bahan Organik**

Uji ini bertujuan menilai kemampuan isolat bakteri dalam memanfaatkan berbagai bahan organik sebagai sumber nutrisi. Pengujian dilakukan menggunakan media Ayer's yang terdiri dari  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  1 g, KCl 0,2 g,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,2 g, larutan BTB 2%, dan 1000 mL akuades, dengan bahan organik yang diuji meliputi Lactose, Myo-inositol, Mannitol, Inulin, 5-Ketogluconate, D-arabinose. Satu ose isolat bakteri berumur 24 jam disuspensikan dalam 0,5 mL air steril, dihomogenkan menggunakan rotamixer, kemudian diinokulasikan dengan cara ditusukan pada media Ayer's dan diinkubasi pada suhu 28 °C. Pengamatan dilakukan pada hari ke-2, 4, 7, 14, dan 21, dengan indikator kemampuan bakteri menggunakan bahan organik ditunjukkan melalui perubahan warna media dari hijau menjadi kuning atau biru sesuai jenis substrat (Suharjo, 2013).

#### **3.3.4.8 Uji Kisaran Inang**

Uji kisaran inang dilakukan untuk mengetahui apakah bakteri yang terbawa arthropoda pada pertanaman kentang mampu menimbulkan gejala busuk atau kerusakan pada umbi maupun komoditas hortikultura lainnya. Suspensi bakteri dibuat dengan mengambil satu ose isolat berumur 24 jam, dimasukkan ke tabung

*ependorf* 1,5 mL berisi 0,5 mL air steril, lalu dihomogenkan menggunakan rotamixer. Inokulasi dilakukan dengan menyuntikkan 1 mL suspensi bakteri ke jaringan tanaman menggunakan *syringe* 1 cc. Bahan uji meliputi kentang (kontrol positif), tomat, terung, cabai, mentimun, lidah buaya, dan pisang yang dipilih berdasarkan laporan arthropoda di lahan kentang dan tanaman alternatif yang sering menjadi tempat hinggap atau tempat makan arthropoda tersebut. Pengamatan dilakukan selama 7 hari setelah inokulasi, dan reaksi positif ditandai oleh terbentuknya gejala seperti pelunakan jaringan, busuk basah, perubahan warna, atau aroma tidak sedap pada area inokulasi.

### **3.3.4.9 Identifikasi Molekuler**

Identifikasi molekuler dilakukan pada delapan isolat bakteri yang diduga patogen sebagai representasi isolat yang diuji. Identifikasi secara molekuler dilakukan melalui beberapa tahapan di antaranya ekstraksi DNA, amplifikasi DNA dengan PCR, elektroforesis dan visualisasi hasil PCR, serta sekuensing DNA dan analisis hasil.

#### **3.3.4.9.1 Ekstraksi DNA**

Satu ose isolat bakteri yang telah diremajakan selama 24 jam pada media PPGA dimasukkan ke dalam tabung *ependorf* 1,5 mL, ditambahkan 20 µl TE dan dihomogenkan, kemudian ditambah 10 µl SDS 10% dan 3 µl proteinase K, lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama satu jam. Setelah itu, ditambahkan 100 µl NaCl dan 80 µl CTAB 2%, lalu diinkubasi kembali pada suhu 65°C selama 10–15 menit. Proses dilanjutkan dengan penambahan 720 µl CI (*Chloroform isoamyl alcohol*), dihomogenkan, dan disentrifugasi pada 14.000 rpm selama 5 menit. Supernatan yang diperoleh dicampur dengan PCI dalam volume yang sama, disentrifugasi kembali, lalu supernatan dipindahkan ke tabung baru dan dicampur dengan isopropanol 60% untuk diinkubasi dalam *freezer* selama 20 menit, kemudian disentrifus dan dicuci dengan 400 µl etanol 70% dingin. Setelah etanol dibuang, pelet dikeringkan pada suhu ruang selama satu hari, lalu ditambahkan 20

µl TE. Keberadaan template DNA kemudian diuji melalui elektroforesis dan divisualisasikan menggunakan *Digi-Doc-Imaging System*.

#### **3.3.4.9.2 Amplifikasi DNA dengan PCR**

Proses amplifikasi DNA menggunakan PCR dengan primer universal 16S rDNA. Primer yang digunakan adalah fD1 dan rP2 yang dirancang untuk mengamplifikasi hampir seluruh panjang gen 16S rDNA pada berbagai genus bakteri. Campuran reaksi terdiri dari 12,5 µL Master Mix (Red Mix), 1 µL DNA template hasil ekstraksi, 1 µL primer forward, 1 µL primer reverse, dan 9,5 µL air steril hingga mencapai volume total 25 µL (Weisburg *et al.*, 1991).

Sampel diamplifikasi menggunakan mesin PCR (*SensoQuest Labcycler*) dengan program: inisiasi pada suhu 95°C selama 5 menit (1 siklus), denaturasi pada suhu 95°C selama 1 menit (30 siklus) untuk memisahkan untai ganda DNA, annealing 58°C selama 1 menit dan ekstensi pada 72°C (1 menit) di mana enzim polimerase mensintesis rantai DNA baru. Setelah siklus selesai, dilakukan ekstensi akhir pada suhu 72°C selama 1 menit, serta tahap elongasi pada suhu 72°C selama 5 menit (Suharjo *et al.*, 2014), kemudian dilanjutkan dengan elektroforesis.

#### **3.3.4.9.3 Elektroforesis dan Visualisasi Hasil PCR**

Proses elektroforesis dimulai dengan pembuatan gel agarose 0,5% yang dicampur dengan 1 µl *ethidium bromide* (ETBr) 10 mg/mL sebagai zat pewarna untuk visualisasi DNA. Campuran tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang telah dipasangi sisir untuk membentuk sumur, lalu dibiarkan hingga mengeras. Setelah gel padat, diletakkan ke dalam alat elektroforesis yang telah diisi larutan TBE sebagai media penghantar arus listrik. Pada sumur pertama dimasukkan 3 µL marker DNA ladder sebagai penanda ukuran fragmen. Setiap sumur lainnya diisi dengan 3 µL hasil PCR yang telah dicampur dengan 1 µL *loading dye* agar larutan tenggelam ke dasar sumur. Elektroforesis dilakukan dengan tegangan 50 volt selama kurang lebih 60 menit hingga pita DNA bergerak ke tengah antara baris

ketiga dan keempat dari arah berlawanan. Setelah proses selesai, hasil elektroforesis diamati menggunakan *Digi-Doc Imaging System*, di mana keberadaan DNA ditunjukkan dengan munculnya pita terang pada gel, menandakan keberhasilan amplifikasi pada masing-masing fragmen gen yang dianalisis.

#### **3.3.4.9.4 Sekuensing dan Analisis Hasilnya**

Hasil PCR yang telah diamplifikasi kemudian dikirim ke PT Genetika *Science* Jakarta untuk dilakukan sekuensing. Data sekuensing dianalisis menggunakan software MEGA 12 untuk menyusun dendogram dengan metode *Maximum Likelihood* dengan *bootstrap* 1.000×, serta menentukan persentase kemiripan dengan basis data GenBank (NCBI) (Kumar *et al.*, 2024).

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Pertanaman kentang di Kertasari memiliki keanekaragaman arthropoda yang cukup tinggi dari beberapa ordo, menunjukkan bahwa agroekosistem tersebut mendukung keberadaan arthropoda dengan peran ekologis yang beragam,
2. Bakteri yang berasosiasi dengan arthropoda menunjukkan keragaman karakter morfologi, fisiologis, dan biokimia, dengan dominasi bakteri Gram negatif serta variasi kemampuan metabolik dan enzimatik, dan
3. Sebagian bakteri yang diisolasi terbukti berpotensi patogen berdasarkan uji hipersensitif, *soft rot*, dan patogenesisitas, serta hasil identifikasi molekuler menunjukkan bahwa isolat tersebut tergolong dalam genus *Alcaligenes*, *Stenotrophomonas*, *Paenibacillus*, dan *Bacillus*.

### 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji mekanisme transmisi bakteri oleh arthropoda, baik secara mekanis maupun biologis, sehingga peran arthropoda sebagai vektor dapat dipahami secara lebih mendalam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, R., Salsabila, M. A., Faiqah, A. J., Fadia, N. A., Ramadan, F. G., dan Advinda, L. 2022. Inventarisasi Bakteri Penyebab Penyakit pada Umbi Kentang (*Solanum tuberosum* L.) dan Cara Penanggulangannya. Prosiding SEMNAS BIO UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Amelia, A. N., Anwar, S., dan Karno, D. 2023. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Akibat Aplikasi Giberelin dan Paclobutrazol di Dataran Medium. *Agroeco Science*. 2(1): 1.
- Bationo, S. K., Yaméogo, L. P., Otoïdobia, C. H., Barro, M. B., Palé, D., Bissiri, S., Hien, S. T. E., Compaoré, C. O. T., Nikiéma, M., and Maïga, Y. 2025. Isolation and Screening of Maize Growth-Promoting Rhizobacteria for the Production of Biofertilizer: A Case Study of the Hauts Bassins in Burkina Faso. *Advances in Microbiology*. 15: 677–695.
- Brooke, J. S. 2012. *Stenotrophomonas maltophilia*: An Emerging Global Opportunistic Pathogen. *Clinical Microbiology Reviews*. 25(1): 2–41.
- Cappuccino, J. G. and Welsh, C. 2017. *Microbiology: A Laboratory Manual*. Pearson Education. New York.
- Chandi, R. S., Kataria, S. K., and Kaur, J. 2018. Arthropods as Vector of Plant Pathogens Viz-a-Viz Their Management. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(8): 4006–4023.
- Dinata, F. dan Nisa, D. 2023. Keanekaragaman Arthropoda pada Beberapa Agroekosistem di Desa Tulungrejo, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang. *Lentera Bio*. 12(2): 212–218.
- Dirjen Hortikultura. 2023. *Penyakit Layu Bakteri pada Kentang*. Direktorat Jenderal Hortikultura. Jakarta.
- Djafar, L., Yusuf, M., Ramlah, Sabilu, Y., Kandari, A. M., Kesuma, A. P., Wahono, T., Anggraeni, Y. M., Ramadhani, T., Setiyaningsih, R., dan Shinta, D. 2024. *Pengendalian Hama Terpadu*. CV. Eureka Media Aksara. Purbalingga.

- Dwiyitno. 2010. Identifikasi Bakteri Patogen pada Produk Perikanan dengan Teknik Molekuler. *Squalen*. 5(2): 67–78.
- Erlangga, K. dan Aria. 2023. Analisis Daya Saing Ekspor Produk Kentang Indonesia terhadap Pasar ASEAN. *Jurnal Multidisiplin Indonesia*. 2: 1840–1855.
- Ferreira, C. B., Moreira, L. M., Brigati, J. B., Lima, L. L., Ferro, J. A., Ferro, M. I. T., and Oliveira, J. C. F. 2017. Identification of New Genes Related to Virulence of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* during Citrus Host Interactions. *Advances in Microbiology*. 7: 22–46.
- Fira, D., Dimkić, I., Berić, T., Lozo, J., and Stanković, S. 2018. Biological Control of Plant Pathogens by *Bacillus* Species. *Journal of Biotechnology*. 285: 44–55.
- Fuirdaus, W. K. S., Wulandari, E., Rochdiani, D., dan Saidah, Z. 2021. Analisis Perbandingan Pendapatan Usaha Kentang Sebelum dan Masa Pandemi Covid-19 di Kecamatan Kertasari Kabupaten Bandung. *Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*. 7(2): 1100–1110.
- Gaswanto, R., Syukur, M., Hidayat, S. H., dan Gunaeni, N. 2016. Identifikasi Gejala dan Kisaran Inang Enam Isolat Begomovirus Cabai di Indonesia. *Jurnal Hortikultura*. 26(2): 223–234.
- Grady, E. N., MacDonald, J., Liu, L., Richman, A., and Yuan, Z.C. 2016. Current Knowledge and Perspectives of *Paenibacillus*: A Review. *Microbial Cell Factories*. 15: 203.
- Handoko, Y. A., Kristiawan, Y. A., dan Agus, Y. H. 2020. Isolasi dan Karakterisasi Biokimia Bakteri Pembusuk Buah Cabai Rawit. *Teknologi Pangan*. 11(1): 34–41.
- Haryati, U. 2014. Karakteristik Fisik Tanah Kawasan Budidaya Sayuran Dataran Tinggi dan Hubungannya dengan Strategi Pengelolaan Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 8: 1–9.
- Hendra, A. dan Wulandari, E. 2020. Sumber Pembiayaan dan Produksi Benih Kentang di Kecamatan Kertasari Kabupaten Bandung. *Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*. 6(1): 113–119.
- Ho, C. S., Jean, N., Hogan, C. A., Blackmon, L., Jeffrey, S. S., Holodniy, M., Banaei, N., Saleh, A. A. E., Ermon, S., and Dionne, J. 2019. Rapid Identification of Pathogenic Bacteria Using Raman Spectroscopy and Deep Learning. *Nature Communications*. 10: 4927.
- Ihsan, B. 2021. Identifikasi Bakteri Patogen (*Vibrio* spp. dan *Salmonella* spp.) yang Mengontaminasi Ikan Layang dan Bandeng di Pasar Tradisional. *JPHPI*. 24(1): 89–96.
- Ilmi, N., Ambar, A. A., dan Laba, M. S. 2016. Populasi Arthropoda pada Hama dan Musuh Alami yang Terpapar Pestisida Kimiawi dan Pestisida Nabati pada Pertanaman Padi. *Agrotan*. 2(1): 34–44.

- Iswara, D., Afifah, L., Abadi, S., Prabowo, D. P., Irfan, B., dan Widiawan, A. B. 2022. Kelimpahan Serangga pada Berbagai Perangkat dengan Beberapa Teknik Pengendalian Berbeda pada Pertanaman Jagung Pioneer 36. *Jurnal Agroplasma*. 9(2): 213-224.
- Klement, Z., and Goodman, R. N. 1967. The Hypersensitive Reaction to Infection by Bacterial Plant Pathogens. *Annual Review of Phytopathology*. 5: 17–44.
- Kumar, S., Stecher, G., Suleski, M., Sanderford, M., Sharma, S., and Tamura, K. 2024. MEGA12: Molecular Evolutionary Genetic Analysis Version 12 for Adaptive and Green Computing. *Molecular Biology and Evolution*. 41.
- Lv, C., Huang, Y. Z., and Luan, J. B. 2024. Insect–Microbe Symbiosis-Based Strategies Offer a New Avenue for the Management of Insect Pests and Their Transmitted Pathogens. *Crop Health*. 2: 18.
- Maatoke, C. D. and Oktovianus, O. 2023. Potensi Rhizobakteri Tanaman Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) sebagai Agen Pemacu Pertumbuhan Tanaman. *Bioscientist*. 11(1): 145–154.
- Marquez-Villavicencio, M. P., Weber, B., Witherell, R. A., Willis, D. K., and Charkowski, A.O. 2011. The 3-Hydroxy-2-Butanone Pathway is Required for *Pectobacterium carotovorum* Pathogenesis. *PLoS One*. 6(8): 1–11.
- Mu, Y., Zhang, F., Li, N., Pi, S., Li, A., Hong, Q., He, J., Qiu, J., and Jiang, J. 2021. Catabolic Characterization of Dipicolinic Acid in *Alcaligenes faecalis* Strain JQ135. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 165: 105312.
- Nasution, A., Mardina, V., and Wibowo, S. G. 2021. Macroscopic Diagnosis of Plant Diseases Caused by Pathogenic Microorganism. *Serambi Journal of Agricultural Technology*. 3(1): 1–7.
- Pavanelo, D. B., Piloto-Sardiñas, E., Maitre, A., Abuin-Denis, L., Kopáček, P., Cabezas-Cruz, A., and Fogaça, A. C. 2023. Arthropod Microbiota: Shaping Pathogen Establishment and Enabling Control. *Frontiers in Arachnid Science*. 2: 1-13.
- Pojok Bandung. 2021. Persen Kebutuhan Kentang di Jabar Dipasok dari Kabupaten Bandung. Pojok Bandung.
- Prihatiningsih, N., Arwiyanto, T., Hadisutrisno, B., dan Widada, J. 2015. Mekanisme Antibiosis *Bacillus subtilis* B315 untuk Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Kentang. *Jurnal HPT Tropika*. 15(1): 64–71.
- Putra, H. W., Sadeli, A. H., Hapsari, H., dan Djuwendah, E. 2024. Analisis Komparasi Kelayakan Finansial Usahatani Benih Kentang dengan Sayuran Pakcoy. *Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*. 10(2): 1938–1944.
- Rinihapsari, E. dan Julianasya, S. 2021. Penggunaan KOH String Test sebagai Alternatif Identifikasi Awal Bakteri Gram Negatif. *Ilmu Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*. 1(2): 100–110.

- Rusli, E. S., Hidayat, S. H., Suastika, G., dan Kartosuwondo, U. 2007. Kisaran Inang dan Keragaman Gejala Infeksi Turnip Mosaic Virus. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 13(1): 22–34.
- Ryan, R., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D., and Dowling, D. 2008. Bacterial Endophytes: Recent Developments and Applications. *FEMS Microbiology Letters*. 278(1): 1–9.
- Sanjaya, M. S., Fitriana, Y., Lestari, P., dan Suharjo, R. 2024. Eksplorasi dan Identifikasi Bakteri Simbion Wereng Batang Coklat (*Nilaparvata lugens*) sebagai Pendegradasi Insektisida Imidaklopid. *Jurnal Proteksi Agrikultura*. 1: 20–27.
- Schapheer, C., Pellens, R., and Scherson, R. 2021. Arthropod-Microbiota Integration: Its Importance for Ecosystem Conservation. *Frontiers in Microbiology*.
- Septian, M. T., Tomia, A., dan Nurfadillah, A. R. 2024. *Entomologi dan Pengendalian Vektor Penyakit*. Tahta Media Group. Surakarta.
- Simner, P. J., Miller, S., and Carroll, K. C. 2018. Understanding the Promises and Hurdles of Metagenomic Next-Generation Sequencing as a Diagnostic Tool for Infectious Diseases. *Clinical Infectious Diseases*. 66(5): 778–788.
- Suharjo, R. 2013. *Studies on the Taxonomy and Identification of Dickeya spp. and Pectobacterium spp.* 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.
- Therhaag, E., Schneider, B., Zikeli, K., Maixner, M., and Gross, J. 2024. *Pentastiridius leporinus* as a Vector of Phloem-Restricted Pathogens on Potatoes. *Insects*. 15(3): 189.
- Weisburg, W. G., Barns, S. M., Pelletier, D. A., and Lane, D. J. 1991. 16S Ribosomal DNA Amplification for Phylogenetic Study. *Journal of Bacteriology*. 173(2): 697–703.
- Wielkopolan, B., Jakubowska, M., and Obrępańska-Stęplowska, A. 2021. Beetles as Plant Pathogen Vectors. *Frontiers in Plant Science*. 12. 748093.
- Yulmaniati, R., Rasyidah, dan Nasution, R. A. 2025. Resistensi dan Potensi Bakteri Indigenus dari Tanah Sekitar Industri Daur Ulang Baterai Aki terhadap Penurunan Kadar Timbal (Pb). *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*. 8(1): 129–140.