

**KEANEKARAGAMAN BAKTERI PATOGEN PADA TANAMAN
PANGAN DAN HORTIKULTURA: KAJIAN LITERATUR
TENTANG TANAMAN INANG, FAKTOR LINGKUNGAN, DAN
TANTANGAN PENGELOLAAN PENYAKIT**

***Diversity of Pathogenic Bacteria in Food and Horticultural Crops:
A Literature Review on Host Plants, Environmental Factors, and
Challenges in Disease Management***

Ewinda Isensi Feni¹, Yestri Limau¹ Henri Pietherson Eryah²

^{1,2} Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Studi Biologi,
Universitas San Pedro.

Jl. Soekarno - Hatta, No. 1, Kelurahan Fontein, Kecamatan Kota Raja, Kota Kupang,
Nusa Tenggara Timur.

ewindafeni06@gmail.com

Abstrak

Bakteri patogen merupakan salah satu penyebab utama penyakit pada tanaman pangan dan hortikultura yang berdampak terhadap penurunan produktivitas dan kualitas hasil panen. Keanekaragaman bakteri patogen, hubungan dengan tanaman inang, serta pengaruh faktor lingkungan menjadi aspek penting dalam memahami perkembangan penyakit dan tantangan pengelolaannya. Kajian ini bertujuan mengkaji keanekaragaman bakteri patogen pada tanaman pangan dan hortikultura, hubungan dengan tanaman inang, pengaruh faktor lingkungan terhadap perkembangan penyakit, serta tantangan dalam pengelolaan penyakit berdasarkan hasil penelitian sebelumnya. Kajian dilakukan menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR). Literatur diperoleh dari basis data *Google Scholar*, *Scopus* dan *PubMed* yang dipublikasikan pada periode 2019-2026. Hasil kajian menunjukkan bahwa bakteri patogen yang paling banyak dilaporkan adalah *Ralstonia* spp., *Xanthomonas* spp., *Pectobacterium* spp., dan *Dickeya* spp. Setiap bakteri memiliki kisaran tanaman inang, organ tanaman yang diserang, serta karakteristik infeksi yang berbeda. Perkembangan penyakit dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, curah hujan, drainase, dan sistem budidaya yang mendukung penyebaran patogen. Pengelolaan penyakit masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain keterlambatan identifikasi patogen, resistensi terhadap bakterisida, penyebaran melalui benih, keterbatasan varietas tahan, kemampuan bakteri bertahan di lingkungan, serta perubahan iklim. Kajian ini memberikan gambaran komprehensif mengenai hubungan antara bakteri

patogen, tanaman inang, dan faktor lingkungan sebagai dasar pengembangan pengelolaan penyakit yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Bakteri patogen; tanaman pangan; tanaman hortikultura; tanaman inang; faktor lingkungan; pengelolaan penyakit.

Abstract

*Plant pathogenic bacteria are among the major causes of diseases in food and horticultural crops, resulting in significant reductions in crop productivity and product quality. The diversity of plant pathogenic bacteria, their interactions with host plants, and the influence of environmental factors are essential aspects for understanding disease development and the challenges associated with disease management. This review aimed to examine the diversity of plant pathogenic bacteria affecting food and horticultural crops, their relationships with host plants, the influence of environmental factors on disease development, and the challenges of disease management based on previous studies. The study employed a Systematic Literature Review (SLR) approach. Relevant literature published between 2019 and 2026 was retrieved from Google Scholar, Scopus, and PubMed. The review revealed that the most frequently reported bacterial pathogens were *Ralstonia* spp., *Xanthomonas* spp., *Pectobacterium* spp., and *Dickeya* spp. These bacteria differ in their host range, target plant organs, and infection characteristics. Disease development is influenced by environmental factors, including temperature, humidity, rainfall, drainage, and cropping systems, all of which facilitate pathogen survival and dissemination. Disease management continues to face several challenges, including delayed pathogen identification, resistance to bactericides, seed-borne transmission, limited availability of resistant cultivars, the ability of bacteria to survive in the environment, and the impacts of climate change. This review provides a comprehensive overview of the relationships among bacterial pathogens, host plants, and environmental factors, serving as a scientific basis for the development of more effective and sustainable disease management strategies.*

Keywords: Pathogenic bacteria; food crops; horticultural crops; host plants; environmental factors; disease management.

PENDAHULUAN

Tanaman pangan dan hortikultura memiliki peranan penting dalam mendukung ketahanan pangan, pemenuhan kebutuhan gizi, dan peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat. Keberagaman tanaman hortikultura dapat menyediakan sumber pangan yang beragam dan bergizi sekaligus memiliki nilai ekonomi bagi masyarakat, sehingga berpotensi memperkuat ketahanan pangan lokal (Ramadhani *et al.*, 2025; Latupapua & Lewerissa, 2024). Komoditas seperti padi, jagung, kedelai, kentang, tomat, cabai, pisang, dan berbagai jenis sayuran serta buah-buahan merupakan sumber pangan yang penting bagi masyarakat. Namun, upaya peningkatan produktivitas tanaman tersebut masih menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah serangan penyakit yang disebabkan oleh

bakteri patogen. Keberadaan penyakit bakteri tidak hanya menurunkan kuantitas dan kualitas hasil panen, tetapi juga berdampak terhadap efisiensi budidaya dan keberlanjutan sistem produksi pertanian (Sharma *et al.*, 2022).

Bakteri patogen merupakan kelompok mikroorganisme yang mampu menginfeksi berbagai organ tanaman, mulai dari akar, batang, daun, bunga, buah, hingga jaringan pembuluh. Beberapa bakteri penting yang banyak dilaporkan menyerang tanaman pangan dan hortikultura antara lain *Ralstonia* spp., *Xanthomonas* spp., *Pectobacterium* spp., *Dickeya* spp., *Pseudomonas* spp., dan *Erwinia* spp. Setiap bakteri memiliki kisaran tanaman inang, preferensi organ yang diserang, serta kemampuan adaptasi yang berbeda sehingga menimbulkan variasi gejala penyakit dan tingkat kerusakan pada berbagai komoditas pertanian, seperti layu bakteri, hawar daun, bercak daun, serta busuk lunak pada tanaman. *Ralstonia solanacearum*, merupakan patogen tular tanah yang dapat menyerang berbagai tanaman penting dan menyebabkan kehilangan hasil yang cukup besar (Fajarfika *et al.*, 2022). Sementara itu, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* merupakan bakteri penyebab penyakit hawar daun bakteri (*bacterial leaf blight*) yang menjadi salah satu penyakit penting pada tanaman padi (Fadil *et al.*, 2023). Perkembangan penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan patogen, tetapi juga oleh kemampuan patogen berinteraksi dengan tanaman inang serta kondisi lingkungan yang mendukung proses infeksi dan perkembangan penyakit. Pada *Ralstonia solanacearum*, berbagai mekanisme virulensi berperan dalam keberhasilan bakteri menginfeksi dan mengkolonisasi jaringan tanaman inang (Vailleau & Genin, 2023). Dengan demikian, interaksi antara patogen dan tanaman inang, yang berlangsung dalam kondisi lingkungan tertentu, merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi perkembangan penyakit di lapangan.

Wilayah tropis kering memiliki karakteristik lingkungan yang turut memengaruhi dinamika penyakit bakteri pada tanaman. Suhu udara yang relatif tinggi, fluktuasi kelembapan, perubahan pola curah hujan, periode kekeringan yang panjang, serta kondisi drainase dan praktik budidaya yang kurang optimal dapat meningkatkan peluang infeksi dan penyebaran bakteri patogen (Rahayu *et al.*, 2026). Selain itu, sistem budidaya monokultur, penggunaan varietas rentan, dan sanitasi lahan yang belum memadai juga berkontribusi terhadap meningkatnya intensitas serangan penyakit. Interaksi antara patogen, tanaman inang, dan faktor lingkungan tersebut menyebabkan perkembangan penyakit menjadi lebih kompleks sehingga memerlukan pemahaman yang komprehensif untuk mendukung upaya pengelolaannya (Hossain *et al.*, 2024; Angelotti *et al.*, 2024).

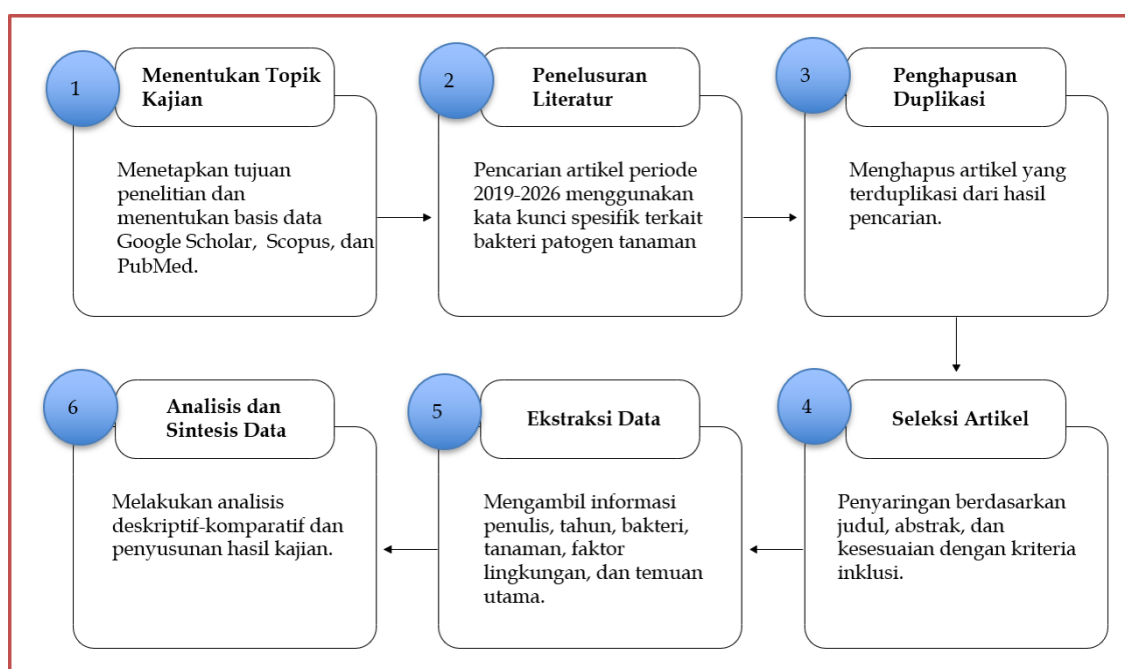
Berbagai penelitian mengenai bakteri patogen pada tanaman pangan dan hortikultura telah banyak dipublikasikan. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada identifikasi spesies patogen, mekanisme infeksi, atau teknik

pengendalian pada komoditas tertentu. Kajian yang mengintegrasikan informasi mengenai keanekaragaman bakteri patogen, kisaran tanaman inang, pengaruh faktor lingkungan terhadap perkembangan penyakit, serta tantangan pengelolaan penyakit dalam satu pembahasan yang komprehensif masih relatif terbatas. Padahal, integrasi informasi tersebut diperlukan untuk memberikan gambaran yang lebih utuh mengenai dinamika penyakit bakteri pada sistem pertanian, khususnya di wilayah tropis kering.

Berdasarkan kondisi tersebut, artikel kajian literatur ini bertujuan untuk mengkaji keanekaragaman bakteri patogen yang menyerang tanaman pangan dan hortikultura, hubungan antara bakteri patogen dengan tanaman inang, pengaruh faktor lingkungan terhadap perkembangan penyakit, serta berbagai tantangan dalam pengelolaan penyakit berdasarkan hasil penelitian terdahulu. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi ilmiah yang mendukung pengembangan penelitian selanjutnya serta menjadi dasar dalam penyusunan strategi pengelolaan penyakit bakteri yang lebih efektif, adaptif, dan berkelanjutan pada tanaman pangan dan hortikultura.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *review literatur* sistematis untuk mensintesis hasil penelitian sebelumnya terkait bakteri patogen pada tanaman pangan dan hortikultura di wilayah tropis kering. Fokus kajian mencakup identifikasi spesies patogen, mekanisme patogenesis, serta implikasi terhadap strategi pengendalian penyakit (Angelotti *et al.*, 2024; Kybartaitė *et al.*, 2020; Rai *et al.*, 2026). Proses review dilakukan secara terstruktur melalui beberapa tahap, yakni:



HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Keanekaragaman Bakteri Patogen pada Tanaman Pangan dan Hortikultura di Wilayah Tropis Kering

Berdasarkan hasil sintesis literatur yang diperoleh melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR), teridentifikasi berbagai bakteri patogen yang dilaporkan menginfeksi tanaman pangan dan hortikultura di wilayah tropis kering. Bakteri-bakteri tersebut menunjukkan variasi dalam kelompok patogen, kisaran tanaman inang, organ tanaman yang diserang, serta jenis penyakit yang ditimbulkan. Ringkasan karakteristik bakteri patogen yang berhasil diidentifikasi dari berbagai penelitian disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Keanekaragaman Bakteri Patogen pada Tanaman Pangan dan Hortikultura di Wilayah Tropis Kering

No.	Penulis (Tahun)	Bakteri Patogen	Kelompok Bakteri	Tanaman Inang	Organ yang Diserang	Penyakit
1	Fajarfika <i>et al.</i> (2022); Mekonnen <i>et al.</i> (2023); Chen <i>et al.</i> (2022); Kolo <i>et al.</i> (2024); Navitasari <i>et al.</i> , (2022)	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Patogen tular tanah (vaskular)	Tomat	Akar, batang	Layu bakteri
2	Setiawan <i>et al.</i> (2024); Kusuma <i>et al.</i> , (2024); Natalia <i>et al.</i> , (2024)	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Patogen tular tanah (vaskular)	Jahe	Akar, batang	Layu bakteri; layu tanaman
3	Lakani <i>et al.</i> (2025); Hadiwiyono & Firda (2024)	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>	Patogen daun	Kedelai	Daun	Pustul bakteri
4	Wahyudi <i>et al.</i> (2011); Firdouse <i>et al.</i> (2023); Ritbamrung <i>et al.</i> (2025); Suryaningsih <i>et al.</i> , (2023)	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	Patogen daun	Padi	Daun	Hawar daun bakteri
5	Berliana <i>et al.</i>	<i>Pectobacterium</i>	Patogen	Kentang	Umbi,	Busuk lunak

	(2025)	<i>carotovorum</i>	busuk lunak		batang	
6	Hadizadeh <i>et al.</i> (2018); Haerani <i>et al.</i> (2015)	<i>Dickeya solani</i>	Patogen busuk lunak	Kentang	Umbi, batang	Busuk umbi dan batang
7	Siagian <i>et al.</i> (2022)	<i>Ralstonia syzygii subsp.indonesia</i>	Patogen vaskular	Tomat	Akar dan batang	Layu bakteri
8	Alfin (2025); Ray <i>et al.</i> (2022)	<i>Ralstonia syzygii subsp. celebesensis</i>	Patogen vaskular	Pisang	Batang	Penyakit darah pisang
9	Af'idzatuttama <i>et al.</i> , (2022)	<i>Pectobacterium carotovorum</i>	Patogen busuk lunak	Sawi putih	Daun, batang	Busuk lunak pada tanaman

Berdasarkan hasil sintesis literatur (**Tabel 1**), bakteri patogen yang paling banyak dilaporkan menginfeksi tanaman pangan dan hortikultura adalah *Ralstonia solanacearum*, *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, *Pectobacterium carotovorum*, *Dickeya solani*, *Ralstonia syzygii subsp.indonesia*, dan *Ralstonia syzygii subsp. celebensis*. Bakteri-bakteri tersebut ditemukan pada berbagai komoditas penting, seperti tomat, jahe, kedelai, padi, kentang, pisang, dan sawi putih yang menunjukkan bahwa penyakit bakteri memiliki sebaran yang luas pada tanaman pangan dan hortikultura.

Hasil kajian menunjukkan bahwa setiap bakteri memiliki kisaran tanaman inang dan organ sasaran yang berbeda. Kelompok *Ralstonia* spp. merupakan bakteri yang paling dominan karena dilaporkan menginfeksi beberapa tanaman, yaitu tomat, jahe, dan pisang. Sebagian besar bakteri ini menyerang sistem perakaran dan jaringan pembuluh (*xilem*) sehingga menyebabkan penyakit layu bakteri atau penyakit darah pada pisang. Sebaliknya, *Xanthomonas* spp. lebih banyak menginfeksi jaringan daun. *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* menyebabkan penyakit pustul bakteri pada kedelai, sedangkan *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* merupakan penyebab utama hawar daun bakteri pada padi.

Berbeda dengan kedua kelompok tersebut, *Pectobacterium carotovorum* dan *Dickeya solani* dilaporkan menyerang kentang dengan organ sasaran berupa umbi dan batang. Kedua bakteri ini menyebabkan penyakit busuk lunak yang mengakibatkan penurunan kualitas dan daya simpan hasil panen. Temuan tersebut menunjukkan bahwa setiap kelompok bakteri memiliki preferensi terhadap organ tanaman tertentu sehingga menghasilkan variasi gejala penyakit pada tanaman pangan dan hortikultura.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa keanekaragaman bakteri patogen pada tanaman pangan dan hortikultura tidak hanya ditunjukkan

oleh banyaknya spesies yang dilaporkan, tetapi juga oleh perbedaan tanaman inang, organ yang diserang, dan jenis penyakit yang ditimbulkan. Informasi ini penting sebagai dasar identifikasi penyakit serta pengembangan strategi pengelolaan yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing bakteri patogen.

2. Hubungan antara Bakteri Patogen dan Tanaman Inang

Interaksi antara bakteri patogen dan tanaman inang merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan proses infeksi dan perkembangan penyakit. Setiap bakteri memiliki tingkat spesifisitas dan kisaran inang yang berbeda, sehingga respons yang ditimbulkan pada masing-masing tanaman juga bervariasi. Perbedaan tersebut mencerminkan kemampuan adaptasi bakteri terhadap karakteristik fisiologis maupun morfologis tanaman inang. Ringkasan hubungan antara bakteri patogen dan tanaman inang hasil sintesis literatur disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hubungan Bakteri Patogen dengan Tanaman Inang Berdasarkan Hasil Kajian Literatur

No.	Bakteri Patogen	Tanaman Inang	Kisaran Inang	Karakteristik Hubungan	Referensi Pendukung
1	<i>Ralstonia solanacearum</i> species complex (RSSC)	Tomat, kentang, cabai, tembakau, pisang, dan berbagai tanaman lainnya	Luas	RSSC memiliki kisaran inang yang luas dan dapat menginfeksi berbagai tanaman dari kelompok monokotil maupun dikotil. Bakteri mengkolonisasi jaringan xilem dan menyebabkan penyakit layu bakteri.	Vailleau & Genin (2023); Li <i>et al.</i> (2020)
2	<i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>glycines</i>	Kedelai (<i>Glycine max</i>)	Relatif spesifik	Merupakan penyebab penyakit pustul bakteri pada kedelai. Interaksi <i>X. citri</i> pv. <i>glycines</i> dengan kedelai melibatkan mekanisme virulensi	Wang <i>et al.</i> (2023, 2025)

				dan respons pertahanan tanaman yang relatif spesifik.	
3	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	Padi (<i>Oryza sativa</i>)	Sangat spesifik	Merupakan penyebab hawar daun bakteri pada padi. Interaksi patogen-inang sangat erat dan melibatkan efektor TAL, gen virulensi, serta gen ketahanan tanaman padi.	Zhang <i>et al.</i> (2025)
4	<i>Pectobacterium carotovorum</i>	Kentang, wortel, kubis, tomat, cabai, mentimun, bawang, dan berbagai tanaman sayuran	Luas	Menyebabkan penyakit busuk lunak dengan menghasilkan enzim perombak dinding sel tanaman. <i>P. carotovorum</i> dikenal memiliki kisaran inang yang luas, meskipun tingkat patogenisitas dapat berbeda antar-isolat dan tanaman inang.	Abd-El-Khair <i>et al.</i> (2021); Parvin <i>et al.</i> (2023)
5	<i>Dickeya solani</i>	Terutama kentang (<i>Solanum tuberosum</i>)	Dominan pada kentang	Merupakan patogen penting pada kentang yang menyebabkan penyakit <i>blackleg</i> dan busuk lunak. Patogen ini memiliki hubungan yang kuat dengan jaringan kentang dan dapat menyebabkan kerusakan selama budidaya maupun penyimpanan.	Lebecka <i>et al.</i> (2020/2021)
6	<i>Ralstonia syzygii</i>	Tanaman inang berbeda sesuai	Beragam menurut	<i>R. syzygii</i> terdiri atas beberapa subspecies	Lu <i>et al.</i> (2021); Siagian <i>et al.</i>

		subspecies, antara lain tomat, cabai, kentang, tembakau, cengkih, dan pisang	subspecies	dengan kisaran inang yang berbeda. <i>R. syzygii</i> subsp. <i>indonesiensis</i> berasosiasi dengan tanaman Solanaceae, sedangkan subsp. <i>syzygii</i> dan subsp. <i>celebesensis</i> memiliki hubungan lebih spesifik dengan cengkih dan pisang.	(2023); Edy <i>et al.</i> (2023)
7	<i>Ralstonia syzygii</i> subsp. <i>celebesensis</i>	Pisang (<i>Musa</i> spp.)	Spesifik/terutama pada pisang	Merupakan penyebab penyakit darah pada pisang (<i>banana blood disease</i>), yaitu penyakit layu vaskular yang berkaitan dengan kolonisasi jaringan pembuluh. Penyakit ini telah dilaporkan pada berbagai jenis/varietas <i>Musa</i> di Indonesia dan Malaysia.	Ray <i>et al.</i> (2021, 2022); Prakoso <i>et al.</i> (2022)

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa hubungan antara bakteri patogen dan tanaman inang dipengaruhi oleh kisaran inang, tingkat spesifisitas, serta kemampuan patogen dalam mengenali, menginfeksi, dan mengkolonisasi jaringan tanaman. Beberapa bakteri mempunyai kisaran inang yang luas sehingga mampu menginfeksi berbagai jenis tanaman, sedangkan bakteri lainnya menunjukkan spesifisitas yang lebih tinggi terhadap tanaman atau kelompok tanaman tertentu. Perbedaan tersebut berkaitan dengan karakteristik biologis patogen, faktor virulensi, kemampuan kolonisasi, serta mekanisme pertahanan tanaman inang (**Tabel 2**).

Kelompok *Ralstonia solanacearum* species complex (RSSC) menunjukkan kisaran inang yang luas dibandingkan dengan bakteri patogen lain yang dikaji. Kelompok ini diketahui dapat menginfeksi berbagai tanaman, termasuk tomat, kentang, cabai, tembakau, pisang, serta tanaman lainnya. Kemampuan menginfeksi beragam tanaman menunjukkan bahwa RSSC mempunyai kapasitas

adaptasi dan mekanisme virulensi yang mendukung kolonisasi berbagai tanaman inang. Bakteri terutama mengkolonisasi jaringan xilem sehingga mengganggu transportasi air dan pada akhirnya menyebabkan gejala layu bakteri. Luasnya kisaran inang tersebut menjadikan RSSC sebagai salah satu kelompok patogen bakteri yang penting pada berbagai komoditas pertanian.

Berbeda dengan RSSC, beberapa spesies atau patovar *Xanthomonas* menunjukkan hubungan yang lebih spesifik dengan tanaman inangnya. *Xanthomonas citri* pv. *glycines* terutama berasosiasi dengan kedelai (*Glycine max*) dan menyebabkan penyakit pustul bakteri, sedangkan *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* merupakan patogen penting pada tanaman padi (*Oryza sativa*) yang menyebabkan hawar daun bakteri. Spesifisitas tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan infeksi tidak hanya ditentukan oleh keberadaan bakteri, tetapi juga oleh kesesuaian interaksi molekuler antara faktor virulensi patogen dan mekanisme pertahanan tanaman. Pada *X. oryzae* pv. *oryzae*, misalnya, efektor TAL dan gen ketahanan tanaman berperan penting dalam menentukan keberhasilan interaksi patogen-inang.

Pada kelompok bakteri penyebab busuk lunak, *Pectobacterium carotovorum* memiliki kisaran inang yang relatif luas dan dapat menyerang berbagai tanaman hortikultura, termasuk kentang, wortel, kubis, tomat, cabai, mentimun, dan bawang. Bakteri ini menyebabkan pelunakan dan pembusukan jaringan melalui produksi enzim pendegradasi komponen dinding sel tanaman. Sementara itu, *Dickeya solani* mempunyai hubungan yang lebih kuat dengan tanaman kentang (*Solanum tuberosum*) dan dikenal sebagai salah satu penyebab penyakit blackleg serta busuk lunak pada kentang. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa meskipun kedua kelompok bakteri dapat menyebabkan kerusakan jaringan melalui mekanisme pembusukan, kisaran inang dan tingkat asosiasinya dengan tanaman tertentu dapat berbeda.

Ralstonia syzygii juga memperlihatkan variasi kisaran inang sesuai dengan kelompok subspecies-nya. *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis*, misalnya, terutama berasosiasi dengan tanaman pisang (*Musa spp.*) dan menyebabkan penyakit darah pada pisang (*banana blood disease*). Patogen ini berkaitan dengan kolonisasi jaringan vaskular tanaman sehingga menyebabkan gangguan transportasi dan gejala layu. Sementara itu, kelompok *R. syzygii* lainnya mempunyai hubungan dengan tanaman inang yang berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik genetik dan biologis dalam suatu kelompok bakteri dapat berkontribusi terhadap perbedaan kisaran inang dan pola penyakit yang ditimbulkannya.

Secara keseluruhan, **Tabel 2**, menunjukkan adanya variasi hubungan bakteri patogen dengan tanaman inang, mulai dari kisaran inang yang luas hingga hubungan yang relatif spesifik. Bakteri dengan kisaran inang luas, seperti RSSC dan *P. carotovorum*, berpotensi menyebabkan penyakit pada berbagai

komoditas, sedangkan patogen yang lebih spesifik, seperti *X. oryzae* pv. *oryzae* dan *R. syzygii* subsp. *celebesensis*, mempunyai asosiasi yang lebih kuat dengan tanaman tertentu. Pemahaman mengenai kisaran inang dan tingkat spesifisitas tersebut penting dalam menentukan risiko penyebaran penyakit, pemilihan tanaman dalam rotasi, serta strategi pengelolaan penyakit yang sesuai dengan karakteristik masing-masing patogen..

3. Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Perkembangan Penyakit

Perkembangan penyakit bakteri tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan patogen dan tanaman inang, tetapi juga sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan tempat tanaman dibudidayakan. Variasi suhu, kelembapan, curah hujan, kondisi drainase, dan praktik budidaya dapat menciptakan lingkungan yang mendukung ataupun menghambat aktivitas bakteri patogen. Oleh karena itu, pemahaman terhadap faktor-faktor lingkungan menjadi aspek penting dalam menjelaskan dinamika penyakit pada tanaman pangan dan hortikultura. Hasil sintesis mengenai pengaruh faktor lingkungan terhadap perkembangan penyakit dirangkum pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Perkembangan Penyakit Bakteri pada Tanaman Pangan dan Hortikultura

No.	Faktor Lingkungan	Pengaruh terhadap Penyakit	Contoh Bakteri	Referensi
1	Suhu	Suhu hangat ($\pm 25-35^{\circ}\text{C}$) meningkatkan pertumbuhan, kolonisasi, dan virulensi bakteri.	<i>Ralstonia solanacearum</i> , <i>Xanthomonas</i> spp.	Mekonnen <i>et al.</i> (2023); Wang <i>et al.</i> (2023)
2	Kelembapan	Kelembapan tinggi mempercepat infeksi, pembentukan biofilm, dan penyebaran bakteri pada jaringan tanaman.	<i>Xanthomonas</i> spp., <i>Pectobacterium carotovorum</i>	Angelotti <i>et al.</i> (2024); Firdouse <i>et al.</i> (2023)
3	Curah hujan	Percikan air hujan membantu penyebaran bakteri ke tanaman sehat melalui daun dan tanah.	<i>Xanthomonas</i> spp., <i>Ralstonia solanacearum</i>	Hossain <i>et al.</i> (2024); Sharma <i>et al.</i> (2022)
4	Drainase	Drainase yang buruk meningkatkan kelembapan tanah sehingga mendukung kelangsungan hidup	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Mekonnen <i>et al.</i> (2023); Chen <i>et al.</i> (2022)

No.	Faktor Lingkungan	Pengaruh terhadap Penyakit	Contoh Bakteri	Referensi
5	Sistem budidaya	bakteri tular tanah. Monokultur, sanitasi lahan yang kurang baik, dan penggunaan benih terinfeksi meningkatkan sumber inokulum dan penyebaran penyakit.	<i>Ralstonia solanacearum</i> , <i>Xanthomonas</i> spp., <i>Pectobacterium</i> spp.	Richard <i>et al.</i> (2021); Angelotti <i>et al.</i> (2024)

Berdasarkan hasil sintesis literatur (**Tabel 3**), perkembangan penyakit bakteri pada tanaman pangan dan hortikultura dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, terutama suhu, kelembapan, curah hujan, kondisi drainase, dan sistem budidaya. Faktor-faktor tersebut berperan dalam menentukan kemampuan bakteri untuk bertahan hidup, berkembang biak, menginfeksi tanaman, serta menyebar ke inang baru. Interaksi antara kondisi lingkungan, patogen, dan tanaman inang menjadi komponen penting dalam epidemi penyakit bakteri di wilayah tropis.

Suhu merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi perkembangan bakteri patogen. Sebagian besar bakteri patogen tanaman berkembang optimal pada suhu sekitar 25-35°C, kondisi yang umum dijumpai di wilayah tropis. Suhu yang sesuai akan meningkatkan pertumbuhan populasi bakteri, mempercepat kolonisasi jaringan tanaman, dan meningkatkan ekspresi faktor virulensi sehingga gejala penyakit berkembang lebih cepat.

Selain suhu, kelembapan udara dan curah hujan juga berkontribusi terhadap peningkatan intensitas penyakit. Kelembapan yang tinggi mempertahankan keberadaan lapisan air pada permukaan daun sehingga memudahkan bakteri memasuki jaringan tanaman melalui stomata atau luka. Curah hujan yang tinggi mempercepat penyebaran bakteri melalui percikan air, aliran permukaan, maupun irigasi, sehingga meningkatkan peluang infeksi pada tanaman sehat.

Kondisi drainase lahan turut menentukan keberlangsungan hidup bakteri, khususnya bakteri tular tanah seperti *Ralstonia solanacearum*. Tanah dengan drainase buruk cenderung mempertahankan kelembapan tinggi sehingga mendukung kelangsungan hidup bakteri dalam jangka waktu yang lebih lama. Sebaliknya, sistem drainase yang baik dapat mengurangi akumulasi air di sekitar perakaran dan menekan risiko infeksi.

Praktik budidaya juga berpengaruh terhadap perkembangan penyakit bakteri. Sistem monokultur yang dilakukan secara terus-menerus, penggunaan benih atau bibit yang telah terinfeksi, serta sanitasi lahan yang kurang baik

dapat meningkatkan sumber inokulum di lapangan. Kondisi tersebut mempercepat penyebaran bakteri antartanaman dan meningkatkan risiko terjadinya epidemi penyakit, terutama pada lahan budidaya yang tidak menerapkan pengelolaan terpadu.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa faktor lingkungan berperan penting dalam menentukan tingkat perkembangan penyakit bakteri pada tanaman pangan dan hortikultura. Oleh karena itu, pengelolaan kondisi lingkungan budidaya perlu menjadi bagian integral dalam upaya menekan perkembangan penyakit dan menjaga produktivitas tanaman secara berkelanjutan.

4. Tantangan Pengelolaan Penyakit Bakteri

Meskipun berbagai upaya pengelolaan penyakit bakteri telah diterapkan, efektivitasnya masih dipengaruhi oleh sejumlah kendala yang bersifat biologis, teknis, dan lingkungan. Karakteristik bakteri yang mampu beradaptasi, bertahan hidup dalam berbagai sumber inokulum, serta perubahan kondisi agroekosistem menjadi faktor yang memperumit pengelolaan penyakit di lapangan. Selain itu, keterbatasan teknologi diagnosis dan ketersediaan varietas tahan turut menjadi tantangan dalam menekan perkembangan penyakit secara berkelanjutan. Ringkasan berbagai tantangan tersebut disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Tantangan dalam Pengelolaan Penyakit Bakteri pada Tanaman Pangan dan Hortikultura

No.	Tantangan	Dampak terhadap Pengelolaan Penyakit	Referensi
1	Identifikasi bakteri yang lambat	Diagnosis terlambat sehingga penanganan kurang efektif.	Wang <i>et al.</i> (2023); Richard <i>et al.</i> (2021)
2	Resistensi terhadap bakterisida	Menurunkan efektivitas pengendalian kimia dan meningkatkan risiko kegagalan pengendalian.	Sharma <i>et al.</i> (2022); Angelotti <i>et al.</i> (2024)
3	Perubahan iklim	Perubahan suhu dan pola curah hujan meningkatkan peluang perkembangan dan penyebaran penyakit.	Hossain <i>et al.</i> (2024); Nakagami <i>et al.</i> (2024)
4	Penyebaran melalui benih dan bahan tanam	Mempercepat penyebaran patogen ke wilayah budidaya baru.	Firdouse <i>et al.</i> (2023); Lakani <i>et al.</i> (2025)
5	Keterbatasan varietas tahan	Pilihan varietas yang tahan terhadap bakteri patogen masih terbatas.	Mekonnen <i>et al.</i> (2023); Chen <i>et al.</i> (2022)
6	Kemampuan bakteri	Patogen tetap menjadi sumber	Richard <i>et al.</i> (2021);

bertahan di tanah dan sisa tanaman	inokulum untuk musim tanam berikutnya.	Angelotti et al. (2024)
---------------------------------------	---	-------------------------

Berdasarkan hasil sintesis literatur (**Tabel 4**), pengelolaan penyakit bakteri pada tanaman pangan dan hortikultura masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam diagnosis, pengendalian, penyebaran, dan keberlangsungan patogen. Diagnosis bakteri patogen masih memerlukan ketelitian karena gejalanya dapat menyerupai penyakit lain atau gangguan abiotik, sehingga diperlukan metode deteksi berbasis molekuler dan teknologi diagnostik yang lebih cepat dan akurat (Dey *et al.*, 2023; Ferreira *et al.*, 2024).

Pengendalian juga terkendala oleh resistensi antimikroba akibat penggunaan yang berulang dan tidak tepat, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih berkelanjutan melalui pengendalian terpadu dan pemanfaatan agen biokontrol (Islam *et al.*, 2024). Selain itu, perubahan iklim berupa peningkatan suhu, perubahan curah hujan, kekeringan, dan kelembapan dapat memengaruhi interaksi tanaman-patogen serta meningkatkan risiko perkembangan dan penyebaran penyakit (Muhammad *et al.*, 2024; Verma *et al.*, 2024).

Benih, bibit, dan bahan tanam yang terinfeksi juga dapat menjadi sumber inokulum dan sarana penyebaran patogen ke wilayah baru, sehingga diperlukan penggunaan bahan tanam sehat serta deteksi patogen yang efektif (Moumni *et al.*, 2023; Sarti *et al.*, 2024). Di sisi lain, keterbatasan varietas tahan menyebabkan pengelolaan penyakit masih memerlukan kombinasi antara pemuliaan tanaman, pengelolaan lingkungan, dan pemanfaatan mikroorganisme menguntungkan (Muhammad *et al.*, 2024; Verma *et al.*, 2024). Beberapa bakteri patogen juga mampu bertahan di luar inang, seperti di tanah dan air, sehingga dapat menjadi sumber inokulum pada musim berikutnya dan menyulitkan pengendalian penyakit secara berkelanjutan (de Pedro-Jové *et al.*, 2024).

Secara keseluruhan, pengelolaan penyakit bakteri memerlukan pendekatan terpadu dan berkelanjutan yang mencakup diagnosis dini, penggunaan bahan tanam sehat, varietas tahan, pengelolaan sumber inokulum, praktik budidaya yang tepat, serta pemanfaatan agen biokontrol untuk mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis (Alattas *et al.*, 2024; Islam *et al.*, 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian dapat disimpulkan bahwa bakteri patogen pada tanaman pangan dan hortikultura memiliki keragaman tanaman inang, organ yang diserang, dan gejala penyakit. Perkembangan penyakit dipengaruhi oleh interaksi antara bakteri patogen, tanaman inang, dan kondisi lingkungan, terutama suhu, kelembapan, curah hujan, drainase, dan sistem budidaya. Keberagaman

karakteristik patogen dan pengaruh lingkungan tersebut menjadi tantangan dalam pengelolaan penyakit, sehingga diperlukan pendekatan terpadu yang disesuaikan dengan karakteristik patogen dan kondisi budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-El-Khair, H., Abdel-Gaied, T. G., Mikhail, M. S., Abdel-Alim, A. I., et al. (2021). Biological control of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, the causal agent of bacterial soft rot in vegetables, in vitro and in vivo tests. *Bulletin of the National Research Centre*, 45, 37. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00491-4>
- Af'idzatuttama, Nawangsih, A. A., & Mutaqin, K. H. (2022). Potensi Bakteri Filosfer pada Daun Kubis untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Lunak oleh *Pectobacterium carotovorum* pada Sawi Putih. 18(3). <https://doi.org/10.14692/jfi.18.3>
- Alattas, H., Glick, B. R., Murphy, D. V., & Scott, C. (2024). Harnessing *Pseudomonas* spp. for sustainable plant crop protection. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1485197. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1485197>
- Alfin, M. (2025). Keberadaan Penyakit Layu Fusarium Dan Penyakit Darah Pada Bibit Tanaman Pisang Cavendish (*Musa Cavendishii*) Hasil Perbanyakan Melalui Bonggol Di Lahan Tanaman Nursery Universitas Hasanuddin. Skripsi. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Angelotti, F., Hamada, E., & Bettiol, W. (2024). A Comprehensive Review of Climate Change and Plant Diseases in Brazil. In *Plants* (Vol. 13, Number 17). *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* (MDPI). <https://doi.org/10.3390/plants13172447>.
- Berliana, S., Abadi, A. L., Aini, L. Q., & Yusnawan, E. (2025). Identification of Bacterial Soft Rot in Potatoes from Batu City, Indonesia. 8(3), 833–844.
- de Pedro-Jové, R., Corral, J., Rocafort, M., Puigvert, M., Azam, F. L., Vandecaveye, A., Macho, A. P., Balsalobre, C., Coll, N. S., Orellano, E., & Valls, M. (2023). Gene expression changes throughout the life cycle allow a bacterial plant pathogen to persist in diverse environmental habitats. *PLOS Pathogens*, 19(12), e1011888.
- Fadil, M., Yanti, Y. & Khairul, U. (2023). Penapisan aktinobakteria rhizosfer padi sebagai agens pengendali hayati *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* pathogen penyebab penyakit hawar daun bakteri. *Jurnal Agro*, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.15575/19798>.
- Fajarfika, R., Hilmay, T., Nafi'ah, H.H., & Sativa, N. (2022). Isolasi *Pseudomonas* sp. untuk Pengendalian Biologi Terhadap Layu Bakteri. *Jurnal Agroteknologi dan Sains*. 6(2) : 106 – 114. <https://doi.org/10.52434/jagros.v6i2.1970>.
- Ferreira, L. C., Carvalho, I. C. B., Jorge, L. A. C., Quezado-Duval, A. M., & Rossato, M. R. (2024). Hyperspectral imaging for the detection of plant pathogens in seeds: Recent developments and challenges. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1387925. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1387925>
- Firdouse, M. F., Sudha, A., Johnson, I., Anandham, R., Saranya, N., & Amala, A. S. (2023). Survey and Isolation of Rice Bacterial Leaf Blight Caused by

- Xanthomonas oryzae* pv . *oryzae*. 35(19), 1755–1760.
<https://doi.org/10.9734/IJPSS/2023/v35i193725>
- Hadizadeh, I., Peivastegan, B., Hannukkala, A., van der Wolf, J.M., Nissinen, R., & Pirhonen, M. (2019). Pengendalian hayati penyakit busuk lunak kentang yang disebabkan oleh *Dickeya solani* dan kelangsungan hidup antagonis bakteri dalam kondisi penyimpanan dingin. *Fitopatologi*, 68(2), 297 – 311.
<https://doi.org/10.1111/ppa.12956>
- Hadiwiyono & Firda, A. L. Y. (2024). Disease Incidence of Bacterial Pustules (*Xanthomonas axonopodis* pv . *glycines*) on Some Soybean Varieties Planted in Mahogany Agroforestry System in Alas Bromo Forestry Disease Incidence of Bacterial Pustules (*Xanthomonas axonopodis* pv . *glycines*) on S. 0–6.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1362/1/012060>
- Haerani., Nawangsih, A. A., & Damayanti, T. A. (2015). Deteksi dan Identifikasi *Dickeya* sp . sebagai Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina A2 pada Tanaman Kentang di Jawa Detection and Identification of *Dickeya* sp . as A2 Quarantine Pest on Potato in Java. 11, 105–112.
<https://doi.org/10.14692/jfi.11.4.105>
- Hossain, M., Sultana, F., Mostafa, M., Ferdus, H., & Rahman, M. (2024). Plant disease dynamics in a changing climate : impacts , molecular mechanisms , and climate - informed strategies for sustainable management. In *Discover Agriculture*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00144-w>
- Islam, T., Haque, M. A., Barai, H. R., et al. (2024). Antibiotic resistance in plant pathogenic bacteria: Recent data and environmental impact of unchecked use and the potential of biocontrol agents as an eco-friendly alternative. *Plants*, 13(8), 1135. <https://doi.org/10.3390/plants13081135>
- Kolo, M.S., Hahuly, M.V., Iburuni, Y.U.R., & Serangmo, D.Y.L. (2024). Pengaruh Mikoriza terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada Tomat (*Lycopersicum esculenta*). *Jurnal Agrisa*, 13(1), 164 - 177.
<https://doi.org/10.35508/agrisa.v13i1.10918>.
- Kusuma, J. G. R., Setiawan, A. W., & Jayanti, R. . (2024). Isolasi dan Karakterisasi *Ralstonia solanacearum* Species Complex Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Jahe Di Kecamatan Sumowono Dan Tengaran , Kabupaten Semarang. *Jurnal Agroland*, 31(3), 196–205.
<https://doi.org/10.22487/agrolandnasional.v31i3.2226>
- Kybartaitė, J., Šernaitė, L., Rasiukevičiūtė, N., & Valiuškaitė, A. (2020). Optimization of ornamental and garden plant assortment, technologies and environment Scientific articles PLANTS AND FUNGAL PATHOGENS UNDER CLIMATE CHANGE, A REVIEW (Vol. 2020, Number 16).
- Lakani, I., Zakaria, J., Rosmini., Mutmainah., & Jusriadi. (2025). Aplikasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* Akar Bambu dan Mikroorganisme Lokal Pada Tanaman Kedelai Untuk Pengendalian Penyakit Pustul Bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Glycines*). *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 21(1) : 18 – 27.
<https://doi.org/10.14692/jfi.21.118-27>
- Latupapua, Y. T., & Lewerissa, E. (2024). Kajian Persepsi Petani terhadap Dampak Diversifikasi Tanaman Hortikultura pada Ketahanan Pangan Rumah Tangga di

- Kabupaten dengan Risiko Kekeringan Tinggi. 1(1), 46 - 67.
<https://doi.org/10.62951/tumbuhan.v1i1.566>
- Mekonnen, H., Kibret, M., & Assefa, F. (2023). Isolation and characterization of *Ralstonia solanacearum* causing wilt disease in tomato. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 55(20), 2317–2333.
<https://doi.org/10.1080/03235408.2022.2164161>
- Moumni, M., Brodal, G., & Romanazzi, G. (2023). Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. Food Security, 15, 1365–1382. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01384-2>
- Muhammad, A., Kong, X., Zheng, S., Bai, N., Li, L., Khan, M. H. U., Fiaz, S., & Zhang, Z. (2024). Exploring plant-microbe interactions in adapting to abiotic stress under climate change: A review. Frontiers in Plant Science, 15, 1482739. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1482739>
- Nakagami, S., Wang, Z., Han, X., & Tsuda, K. (2024). Regulation of Bacterial Growth and Behavior by Host Plant. Annual reviews of phytopathology, 62. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-010824-023359>
- Natalia, K., Setiawan, A. W., & Jayanti, R. M. (2024). Morphological and biochemical identification of *Ralstonia solanacearum* strains in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) wilt disease. 21(2), 93–102. <https://doi.org/10.31849/jip.v21i2.19616>
- Navitasari, L., Joko, T., Murti, R. H., & Arwiyanto, T. (2022). Aplikasi Actinomycetes dan Bakteriofag pada Tomat Sambung untuk Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum* dan Meningkatkan Hasil Buah (*Application of Actinomycetes and Bacteriophages in Tomato Grafted Plants to Decrease Bacterial Wilt Disease Ralstonia solanacearum and Increase Fruit Yield*). 27(4), 521–527. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.4.514>
- Paudel, S., Dobhal, S., Alvarez, A. M., & Arif, M. (2020). Taxonomy and phylogenetic research on *Ralstonia solanacearum* species complex: A complex pathogen with extraordinary economic consequences. Pathogens, 9(11), 886. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110886>
- Rahayu, F.P., Purnawati, A., & Nirwanto, H. (2026). Enkapsulasi benih cabai berbahan aktif *Trichoderma* sp. untuk pengendalian *Ralstonia solanacearum*. Jurnal Agrotek Tropika, 14(1), 67 – 80. <https://doi.org/10.23960/jat.v14i1.9531>
- Rai Sushil, Nepal Ankita, & Rai Rameshwar. (2026). Detection And Prevention Of Fungal Pathogens In Horticultural And Kiwifruit Products: A Comprehensive Review. Agrobiological Records, 23. <https://doi.org/10.47278/journal.abr/2026.001>
- Ramadhani, F., Ayu, I. W., Novantara, R. Y., & Suhada, I. (2025). Keragaman tanaman hortikultura lokal dan potensinya untuk ketahanan pangan lokal di kabupaten sumbawa. 294–307. <https://doi.org/10.58406/jrktl.v8i1.2030>
- Ray, J.D., Subandiyah, S., Rincon-Florez, V.A., Prakoso, A.B., Mudita, I.W., Carvalhais, C.L., Markus, J.E.R., O'Dwyer, C.A., & Drenth, A. (2021). Geographic expansion of banana blood disease in southeast asia. Plant disease, 105, 2792 – 2800. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0149-RE>

- Ritbamrung, O., Inthima, P., Ratanasut, K., & Sujipuli, K. (2025). Evaluating *Xanthomonas oryzae* pv . *oryzae* (*Xoo*) infection dynamics in rice for distribution routes and environmental reservoirs by molecular approaches. 1–12.
- Richard, B., Qi, A., & Fitt, B.D.L. (2021). Control of crop diseases through Integrated Crop Management to deliver climate-smart farming systems for low- and high-input crop production. *Plant Pathology*. <https://doi.org/10.1111/ppa.13493>
- Sarti, F., et al. (2024). Tomato and pepper seeds as pathways for the dissemination of phytopathogenic bacteria: A constant challenge for the seed industry and the sustainability of crop production. *Sustainability*, 16(5), 1808.
- Siagian, D. C., Safni, I., & Lisnawita. (2022). Prevalence and Incidence of Bacterial Wilt Disease (*Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis*) on Tomato in Simpang Empat District Karo. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 5(3), 210–218. <https://doi.org/10.32734/injar.v5i3.9911>.
- Setiawan, A.W., Jayanti, R.M., Herawati, M.M., Natalia, K., & Kusuma, J.G.R. (2024). Identifikasi dan karakterisasi kompleks spesies *Ralstonia solanacearum* dari jahe (*Zingiber officinale*) di kabupaten semarang, indonesia. *Jurnal pertanian*, 7(2).
- Sharma, A., Abrahamian, P., Carvalho, R., Choudhary, M., Paret, M.L., Vallad, G.E., & Jones, J.B. (2022). Future of Bacterial Disease Management in Crop Production. *Annual review of phytopathology*, Volume 60. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021621-121806>
- Suryaningsih, A. S., Triwidodo, H., & Wiyono, S. (2023). Ketahanan Enam Galur Padi asal Petani terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv . *oryzae*) Resistance of Six Lines from Farmers against Bacterial Leaf Blight (*Xanthomonas oryzae* pv . *oryzae*). 19. <https://doi.org/10.14692/jfi.19.4.176>.
- Vailleau, F., & Genin, S. (2023). *Ralstonia solanacearum*: An Arsenal of Virulence Strategies and Prospects for Resistance. *Annual Review of Phytopathology*, 61, 25-47. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021622-104551>.
- Verma, K. K., Joshi, A., Song, X.-P., et al. (2024). Regulatory mechanisms of plant rhizobacteria on plants to the adaptation of adverse agroclimatic variables. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1377793. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1377793>.
- Wang, Z., Li, Y., Zhuang, K., & Liu, H. (2023). Phage selection drives resistance–virulence trade-offs in *Ralstonia solanacearum* plant-pathogenic bacterium irrespective of the growth temperature. *Frontiers In Plant Science*. 14, 1141902. <https://doi.org/10.1093/evlett/qrad056>.