

STUDI AWAL INFEKSI *Ralstonia solanacearum* SPECIES COMPLEX (RSSC) PADA PISANG LOKAL MAJENE: ANTARA ANCAMAN DAN POTENSI KETAHANAN

PRELIMINARY STUDY OF *Ralstonia solanacearum* SPECIES COMPLEX (RSSC) INFECTION IN LOCAL MAJENE BANANAS: BETWEEN THREATS AND POTENTIAL RESISTANCE

Sri Sukmawati^{1*}, Nurul Wiridannisa¹, Niken Nur Kasim¹, Bayo Alhusaeri Siregar²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat, Majene, Indonesia

²Research and Development PT. Arara Abadi, Perawang, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: sri.sukmawati@unsulbar.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 21 August 2025

Peer Review: 18 September 2025

Accepted: 18 January 2026

KATA KUNCI:

Ketahanan intrinsik, ko-infeksi, Loka Pere, penyakit darah

ABSTRAK

Penyakit darah pada tanaman pisang merupakan salah satu penyakit penting yang menyebabkan kerugian besar dalam produksi pisang di Indonesia. Penyakit ini disebabkan oleh bakteri dari *Ralstonia solanacearum species complex* (RSSC), yang memiliki berbagai spesies dengan kisaran inang dan tingkat virulensi yang bervariasi. Penelitian ini bertujuan menginventarisasi tingkat serangan penyakit darah, mendeteksi dan mengidentifikasi spesies *Ralstonia* penyebab penyakit darah pada dua varietas pisang lokal Loka Pere dan Kepok di Provinsi Sulawesi Barat. Metode penelitian diawali dengan survei lapangan, menghitung insidensi dan keparahan penyakit, deteksi dan identifikasi menggunakan pendekatan molekuler berbasis *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Survei lapangan menunjukkan dominasi dua varietas utama yang dibudidayakan petani yaitu pisang Kepok dan Loka Pere. Gejala khas penyakit darah seperti daun menguning, layu, warna buah menjadi kemerahan di bagian tengah, pembusukan batang semu/*pseudostem* dan pembentukan lubang hitam pada bagian tengah batang ditemukan hanya pada varietas Kepok, sedangkan pada varietas Loka Pere tidak ditemukan. Deteksi molekuler menggunakan primer universal 759/760 dan multiplex PCR filotipe mengkonfirmasi keberadaan RSSC pada pisang Kepok dengan ko-infeksi filotipe IV (*R. syzygii subsp. celebesensis*) dengan amplicon 231 bp dan filotipe I (*R. pseudosolanacearum*) dengan amplicon 144 bp yang merupakan laporan pertama ko-infeksi filotipe pada pisang di Indonesia. Sebaliknya, hasil negatif pada deteksi molekuler Loka Pere mengkonfirmasi bahwa gejala visual yang teramati bersifat non-spesifik dan disebabkan oleh faktor selain RSSC. Temuan ini memberikan landasan penting untuk pemanfaatan Loka Pere sebagai sumber gen ketahanan dalam program pemuliaan pisang tahan penyakit darah dan pengembangan strategi pengendalian penyakit berbasis varietas lokal.

ABSTRACT

KEYWORDS:

Blood disease, co-infection, inherent resistance, Loka Pere

Blood disease in banana is a major concern, causing significant losses in banana production in Indonesia. This disease is caused by bacteria from the *Ralstonia solanacearum species complex* (RSSC), which comprises several species with varying host ranges and virulence levels. This study aimed to assess the incidence of blood disease and to detect and identify *Ralstonia* species responsible for the disease in two local banana cultivars, Loka Pere and Kepok, in West Sulawesi Province. The research began with field surveys to determine disease incidence and severity, followed by molecular detection and identification using *Polymerase Chain Reaction* (PCR)-based methods. The field survey revealed that Kepok and Loka Pere were the two dominant cultivars grown by farmers. Characteristic symptoms of blood disease—such as yellowing and wilting leaves, reddish fruit discoloration, pseudostem rot, and formation of black holes in the central stem—were observed only in the Kepok cultivar, while no such symptoms were found in Loka Pere. Molecular detection using universal primers 759/760 and multiplex phylogroup-specific PCR confirmed the presence of RSSC in Kepok bananas, with co-infection of Phylogroup IV (*R. syzygii subsp. celebesensis*, 231 bp amplicon) and Phylogroup I (*R. pseudosolanacearum*, 144 bp amplicon). This represents the first report of phylogroup co-infection in bananas in Indonesia. In contrast, negative PCR results in Loka Pere confirmed that the visual symptoms observed were non-specific and not caused by RSSC. These findings provide a valuable basis for utilizing Loka Pere as a potential genetic source for inherent resistance in banana breeding programs and for developing blood disease management strategies based on local cultivars.

1. PENDAHULUAN

Tanaman pisang (*Musa* spp.) merupakan komoditas hortikultura penting di Indonesia yang memiliki peranan strategis dalam ketahanan pangan dan perekonomian masyarakat Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2023, produksi pisang nasional mencapai sekitar 9,34 juta ton, menempatkannya sebagai buah paling banyak dibudidayakan di Indonesia (BPS, 2023). Selain ketersediaannya yang nyaris sepanjang tahun, keunggulan pisang karena kandungan kalium, vitamin, dan serat yang tinggi, sehingga berperan ganda sebagai sumber nutrisi dan penopang ketahanan pangan rumah tangga (Ryan dan Pigai, 2020). Kondisi ini menjadikan pisang sebagai sumber pangan pokok alternatif di berbagai daerah, terutama wilayah dengan ketahanan pangan terbatas.

Di Kabupaten Majene, Sulawesi Barat, terdapat dua varietas andalan dengan karakter unik. Pertama, Loka Pere kultivar endemik yang hanya tumbuh di Desa Adolang dan Adolang Dhua, Kecamatan Pamboang telah didaftarkan sebagai sumber daya genetik di Kementerian Pertanian dan memperoleh perlindungan kekayaan intelektual sebagai pisang khas Majene (Nurhafsah, 2022). Buahnya relatif pendek, sedikit bengkok, memiliki umur simpan panjang, dan kandungan kalium dilaporkan lima hingga enam kali lebih tinggi dibandingkan varietas komersial biasa (Nurhafsah, 2022; Rahmah et al., 2023). Kedua, pisang Kepok (*M. paradisiaca* var. *sapientum*) yang sudah lama digemari konsumen karena daging buah padat dan cita rasa gurih (Rai et al., 2023; Bura et al., 2023), sehingga menjadi tulang punggung produksi pisang pada banyak kebun rakyat di Majene. Kombinasi keunggulan gizi dan nilai budaya membuat kedua varietas ini berpotensi besar meningkatkan pendapatan petani serta memperkaya ketahanan pangan daerah.

Salah satu kendala dalam upaya peningkatan produksi buah pisang adalah infeksi penyakit diantaranya penyakit darah yang disebabkan oleh kelompok bakteri patogen *Ralstonia solanacearum* *species complex* (RSSC). Penyakit ini ditandai oleh gejala layu, menguningnya daun, eksudat lendir merah kecoklatan pada buah/*pseudostem*, kelayuan tanaman serta kematian tanaman secara bertahap (Safni et al., 2018; Rincon-Florez et al., 2022). Produksi pisang Loka Pere terancam oleh infeksi penyakit darah, yang dapat menyebabkan kerugian besar bagi petani pisang dan mengancam keberlanjutan budidaya, seperti halnya penurunan produksi pisang Kepok yang terinfeksi penyakit ini, telah menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan produksi pisang nasional. Dampak ekonominya sangat signifikan, di mana kerugian hasil akibat penyakit ini secara nasional pernah diperkirakan mencapai 50% di Indonesia (Dwivany et al., 2020; Prakoso et al., 2020) dan bahkan dapat mencapai 64-100 % pada wilayah-wilayah endemik seperti di Sumatera dan Sulawesi Selatan (Supriadi, 2005; Roesmiyanto dan Hutagalung, 1989; dan Ray et al., 2018).

RSSC merupakan kompleks spesies yang terdiri dari beberapa spesies bakteri yang memiliki variasi genetik, geografi, dan kisaran inang yang luas (Mansfield et al., 2012; Geng et al., 2022). Kajian taksonomi terkini memisahkan RSSC ke dalam tiga spesies: *R. solanacearum* (phylotype II), *R. pseudosolanacearum* (phylotype I & III), dan *R. syzygii* (phylotype IV) (Safni et al., 2014; Fegan dan Prior, 2015). Penyakit darah pisang di Indonesia sendiri diasosiasikan secara spesifik dengan *R. syzygii* subsp. *celebesensis*, strain yang pertama kali dicatat di Sulawesi lebih dari seabad silam. Penyakit darah menyebabkan kerugian hasil yang signifikan dan dalam 20 tahun terakhir telah mengalami perluasan geografis yang pesat di seluruh Indonesia, serta baru-baru ini dilaporkan di Malaysia (Ray et al., 2018; Ray et al., 2021; Drent et al., 2020; Osdaghi, 2023). Penyakit darah pada pisang adalah layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* dan merupakan ancaman baru bagi produksi pisang di Asia Tenggara dan dunia. Penyakit ini kemungkinan besar berasal dari Pulau Sulawesi dan pertama kali ditemukan pada tahun 1905.

Meskipun penyakit darah pisang pertama kali ditemukan di Sulawesi (Ray et al., 2018), sebagian besar penelitian yang ada fokus pada karakterisasi patogen *Ralstonia syzygii* subsp.

celebesensis secara umum atau pada varietas pisang komersial seperti Kepok dan Cavendish di wilayah lain seperti Jawa, Sumatera, dan Kalimantan. Penelitian ini menjadi yang pertama menginventarisasi tingkat serangan penyakit darah, mendeteksi, dan mengidentifikasi spesies *Ralstonia* penyebab penyakit darah pada dua varietas pisang lokal Loka Pere dan Kepok di Provinsi Sulawesi Barat. Dengan metode molekuler dapat memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang patogen penyebab penyakit darah, yang pada akhirnya akan membantu dalam pengembangan strategi pengendalian yang lebih efektif.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Agustus 2025. Pengambilan sampel pisang Loka Pere dilakukan pada pertanaman pisang di Desa Adolang dan Adolang Dhua, Kecamatan Pamboang, Kabupaten Majene dan sampel pisang Kepok dilakukan wilayah dominan pertanaman pisang Kepok yang tersebar pada Kabupaten Majene, Polewali dan Mamuju secara *purposive sampling* yang menunjukkan adanya gejala infeksi *Ralstonia sp.* Deteksi dan Identifikasi bakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Molekular, UPT Laboratorium Terpadu, Universitas Sulawesi Barat.

2.2 Pengambilan Sampel dan Penghitungan Kejadian Penyakit

Pengambilan sampel dilakukan pada 19 petak lokasi penanaman tanaman pisang lokal (pisang Kepok dan pisang Loka Pere). Setiap lokasi diambil 3 sampel bagian tanaman (pelepah, batang, dan buah) yang bergejala *Ralstonia sp.* Selain itu, dilakukan survei dan pengamatan kondisi sekitar pertanaman pisang melalui kuisioner online **kobotoolbox** dan menghitung insidensi penyakit (IP) dan keparahan penyakit (KP) pada setiap lokasi pengambilan sampel. Rumus Insidensi dan keparahan penyakit sesuai dengan yang dikemukakan oleh Nutter *et al.*, (1991) :

$$\text{Insiden Penyakit (\%)} = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan : n = jumlah tanaman yang menunjukkan gejala sakit; N = Jumlah tanaman yang diamati per satuan luas.

$$\text{Keparahan Penyakit} = \frac{\sum (n_i \times v_i)}{N \times V} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan : n_i = jumlah tanaman terserang pada skor tertentu; v_i = skor tanaman terserang penyakit; N = jumlah total tanaman yang diamati; V = skor infeksi tanaman tertinggi.

Skor tanaman yang terserang penyakit : 0 = tanaman sehat; 1 = persentase tanaman terserang penyakit 1 - 20%; 2 = persentase tanaman terserang penyakit 21 - 40%; 3 = persentase tanaman terserang penyakit 41 - 60%; 4 = persentase tanaman terserang penyakit 61 - 80%; 5 = persentase tanaman terserang penyakit 81 - 100%.

2.3 Isolasi Bakteri *Ralstonia solanacearum* Species Complex (RSCC)

Sampel bergejala disterilisasi permukaan menggunakan alkohol 70%, dan aquades steril dan isolasi bakteri dilakukan dari jaringan tanaman pisang yang bergejala layu pada pelepah, batang dan buah yang menunjukkan adanya eksudat bakteri. Perbanyakkan bakteri RSCC menggunakan media semi selektif media *nutrien broth glucose agar*, media *casamino acid peptone glucose* (CPG) + *triphenyl tetrazolium chloride* (TZC) Agar dan diinkubasi selama 24-48 jam untuk mendapat isolat tunggal dan karakteristik koloni yang virulen (Granada *et al.*, 1975; Hayward, 1985). Koloni bakteri *Ralstonia sp.*

biasanya menunjukkan morfologi khas pada media TZC, yaitu koloni tidak berwarna hingga putih susu, berbentuk bulat cembung dengan bagian pusat yang agak cekung berwarna merah muda sampai merah (Raihanah *et al.*, 2023).

2.4 Deteksi, Identifikasi dan Analisis *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

2.4.1. Ekstraksi DNA

DNA bakteri diekstraksi menggunakan Bacteria Genomik DNA Kit GEE150 (Geneaid) terdiri dari Cell lysis Buffer, Protein Removal Buffer, DNA Hydration Buffer sesuai dengan petunjuk penggunaan (Geneaid, 2023). Sebanyak 500 µl kultur bakteri hasil isolasi bakteri berumur 24 jam dipindahkan pada microtube 1,5 ml kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 14-16,000 x g selama 1 menit. Supernatan yang dihasilkan dibuang dan ditambahkan 300 µl Cell lysis Buffer kemudian divorteks beberapa saat. Microtube diinkubasi pada waterbath suhu 60 °C selama 10 menit hingga larutan homogen. Selama inkubasi, kocok mikrotube secara perlahan setiap 3 menit. Sebanyak 100 µl Protein Removal Buffer ditambahkan pada microtube dan vortex selama 10 detik kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 14-16,000 x g selama 3 menit hingga menghasilkan pellet yang padat. Supernatan dipindahkan pada 1,5 ml microtube baru, ditambahkan 300 µl isopropanol dan kocok perlahan sebanyak 20 kali. Kemudian microtube disentrifugasi dengan kecepatan 14-16,000 x g selama 5 menit. Buang secara perlahan supernatan dan ditambahkan 300 µl of 70% ethanol untuk mencuci pellet, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 14-16,000 x g selama 3 menit. Buang supernatan kemudian keringkan pellet selama 10 menit. Tambahkan 100 µl DNA Hydration Buffer kemudian vortex perlahan selama 10 detik. Inkubasi pada suhu 60 °C selama 30-60 menit untuk melarutkan pellet DNA.

2.4.2. Amplifikasi DNA Menggunakan PCR

Pengujian PCR menggunakan primer 759/760 universal spesifik spesies *Ralstonia sp.* untuk mengamplifikasi produk PCR 280 pb (Opina *et al.*, 1997). Setiap 25 µL campuran reaksi mengandung 1 x buffer reaksi, 1 U Taq DNA-polymerase (Green GoTaq), 25 mM MgCl₂, dNTP mix 2,5 mM, masing-masing 10 M primer, dan 20 ng template DNA. Amplifikasi dilakukan menggunakan 2720 Thermal Cycler (*Applied Biosystems*). Kondisi reaksi PCR yang digunakan adalah pra-denaturasi pada suhu 94 °C selama 2 menit dilanjutkan dengan 30 siklus pada suhu 94 °C selama 30 detik, 55 °C selama 30 detik, 72 °C selama 1 menit, dan elongasi akhir pada suhu 72 °C selama 5 menit (Siregar, 2021). Kontrol air dimasukkan dalam setiap pengujian PCR untuk memastikan bahwa tidak ada kontaminasi dalam pengujian tersebut dan dilanjutkan dengan multiplex-PCR untuk mengklasifikasikan strain bakteri ke dalam filotipe menggunakan satu set empat primer. PCR produk dengan ukuran 144; 372; 91; dan 213-pb yang dihasilkan oleh amplifikasi m-PCR masing-masing menunjukkan filotipe I, II, III dan IV (Fegan dan Frior, 2005).

2.4.3. Elektroforesis

Hasil amplifikasi DNA dipisahkan berdasarkan ukuran pasangan basa dengan teknik elektroforesis. Sebanyak 5 µL produk amplifikasi divisualisasi pada gel agarosa 1,5 % (b/v) dalam buffer Tris-acetate-EDTA (TAE), diwarnai dengan 0,5 g/ml etidium bromida selama 20 menit pada tegangan konstan 60 V dan gel difoto di bawah sinar ultraviolet menggunakan sistem Alfa imager Gel Doc. Untuk setiap gel, DNA ladder 100 bp (*Promega*) digunakan sebagai penanda untuk menentukan ukuran ampikon. Pengamatan pita DNA dilakukan di bawah sinar UV dan didokumentasikan.

Tabel 1. Primer yang Digunakan dalam Pengujian Molekuler Strain *Ralstonia*

Level Identifikasi (Primer)	Urutan Sekuen	Target
RSSC Universal		16s-rDNA
759	5'-GTC GGA GCG GTA GTC GGG-3'	
760	5'-CGA GTC GTG GAA AAC CTC TTC-3'	
Filotipe		ITS region
Nmult: 21:1 F	5'-CGT TGA TGA GGC GCG CAA TTT-3'	
Nmult: 21:2 F	5'-AAG TTA TGG ACG GTG GAA GTC-3'	
Nmult: 22: Inf	5'-ATT GCC AAG ACG AGA GAA GTA-3'	
Nmult: 23: AF	5'-ATT ACG AGA GCA ATC GAA AGA TT-3'	
Nmult: 22:RR	5'-TCG CTT GAC CCT ATA ACG AGT A-3'	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Sistem Pertanaman Pisang di Sulawesi Barat

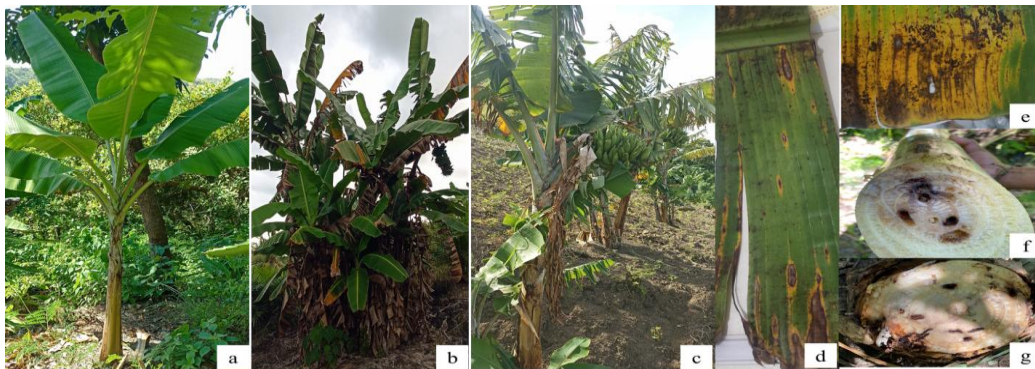
Survei lapangan terhadap 19 petak pertanaman pisang yang tersebar di wilayah Sulawesi Barat menunjukkan dominasi dua varietas utama yang dibudidayakan petani yaitu pisang Kepok dan Loka Pere. Varietas lain yang ditemukan dalam jumlah terbatas meliputi pisang Raja dan Cavendish. Pemilihan kedua varietas utama oleh petani didasarkan pada proses adaptasinya yang baik terhadap kondisi agroekologi lokal, ketahanan terhadap cekaman lingkungan serta permintaan pasar yang relatif stabil dengan nilai ekonomi yang menguntungkan. Distribusi umur tanaman menunjukkan variasi yang cukup besar dengan sebagian besar tanaman pisang (55,6%) berada pada umur diatas 15 bulan. Proporsi tanaman dengan umur 13–15 bulan mencapai 16,7% diikuti tanaman berumur 10–12 bulan dan 7–9 bulan masing-masing 11,1%, hanya 5,56% tanaman yang masih berada pada fase vegetatif dengan umur 0–3 bulan. Komposisi struktur ini menunjukkan sistem penanaman berkelanjutan secara alami dengan dominasi pada fase reproduktif menghasilkan pisang yang berpotensi lebih rentan terhadap infeksi patogen penyakit darah pisang.

Pertanaman pisang umumnya dibudidayakan dengan pola tanam tumpangsari dengan berbagai jenis tanaman lain. Jenis tanaman yang ditumpangsarikan yang paling umum dijumpai yaitu, tanaman kelapa, gamal, lamtoro, dan rumput pakchong. Sistem ini juga terintegrasi dengan tanaman hortikultura seperti cabai, buah naga, kunyit, serai, dan jeruk, serta tanaman semusim ubi kayu dan ubi jalar. Pada beberapa lokasi pengamatan juga ditemukan tanaman keras seperti mangga, jambu mete, jati, kemiri, dan aren. Sistem tumpangsari kompleks ini menciptakan mikrohabitat yang beragam termasuk modifikasi iklim mikro, kelembaban relatif suhu harian dan intensitas cahaya di bawah kanopi. Meskipun sistem tumpangsari terbukti memberikan manfaat agronomis seperti peningkatan efisiensi penggunaan lahan, diversifikasi pendapatan petani, dan perbaikan sifat fisik-kimia tanah, pola tanam ini juga berpotensi menciptakan kondisi yang kondusif bagi perkembangan dan penyebaran patogen tanaman (Huss *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2022).

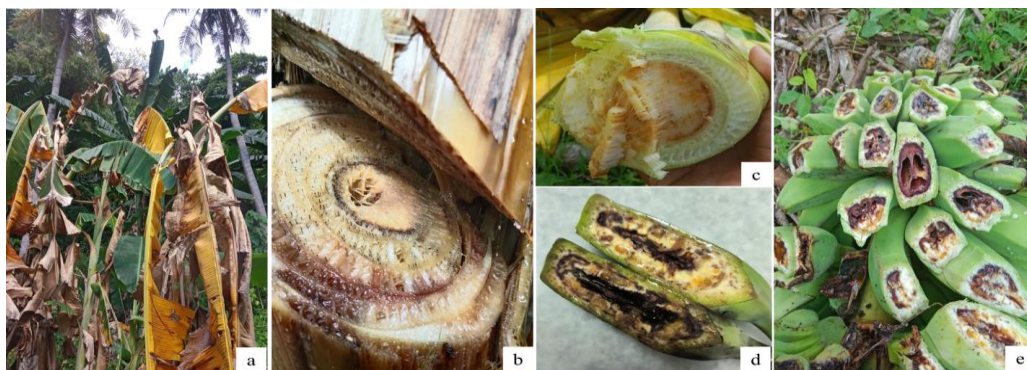
Keberadaan tanaman gamal dan lamtoro pada sistem tumpangsari berpotensi meningkatkan populasi serangga penyerbuk yang berpotensi menjadi vektor penyebaran penyakit darah. Mairawita *et al.*, (2012) melaporkan bahwa *Trigona minangkabau* mampu membawa propagul bakteri penyebab penyakit darah dalam tubuhnya dan mentransmisikan patogen dari tanaman terinfeksi ke tanaman sehat melalui aktivitas kunjungan bunga. Selain *Trigona* spp., serangga *Drosophila* spp. dan *Erionota thrax* juga telah diidentifikasi sebagai vektor potensial penyebar penyakit darah pisang (Suharjo *et al.*, 2008).

3.2 Insidensi dan Keparahan Gejala Penyakit Pisang

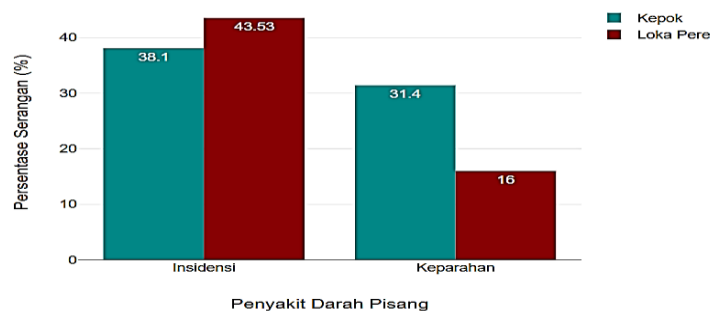
Hasil survei lapangan menunjukkan adanya variasi gejala pada tanaman pisang lokal yang diamati. Pada tanaman pisang Loka Pere gejala dominan yang ditemukan berupa gejala daun menguning, layu, pinggiran daun kering, munculnya bintik-bintik merah dan bercak hitam atau coklat pada daun dan pelepah (Gambar 1). Sementara pada tanaman pisang Kepok menunjukkan spektrum gejala yang lebih luas, mencakup seluruh gejala yang ditemukan pada Loka Pere ditambah dengan gejala khas berupa warna buah menjadi kemerahan di bagian tengah, pembusukan batang semu/*pseudostem* dan pembentukan lubang hitam pada bagian tengah batang (Gambar 2). Gejala ini muncul dengan variasi intensitas antar petak dan antar varietas.



Gambar 1. Pertanaman pisang Loka Pere di Sulawesi Barat. a) Tanaman pisang Loka Pere sehat; b-c) Tanaman pisang bergejala pada keseluruhan tanaman; d-e) Gejala bercak hitam dan menguning pada daun pisang; dan f-g) Gejala busuk, berwarna hitam, dan coklat pada batang pisang.



Gambar 2. Pertanaman pisang Kepok di Sulawesi Barat. a) Tanaman pisang Kepok bergejala penyakit darah pisang; b-c) Batang pisang Kepok bergejala; d-e) Buah pisang Kepok bergejala.



Gambar 3. Persentase insidensi dan keparahan penyakit pada varietas pisang Kepok dan Loka Pere di Sulawesi Barat.

Tanaman pisang varietas Loka Pere memiliki rerata insidensi serangan penyakit sebesar 43,53%, sedangkan varietas Kepok sebesar 38,1%. Namun, dari keparahan penyakit pada varietas Kepok menunjukkan persentase nilai keparahan yang lebih tinggi dengan rerata 31,4%, dibandingkan Loka Pere yang hanya 16%. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun Loka Pere lebih sering terserang dan menunjukkan gejala sakit, namun tingkat kerusakannya cenderung lebih ringan dibandingkan varietas pisang Kepok. Jika dibandingkan dengan gejala khas penyakit BDB yang telah didokumentasikan secara ilmiah (Supriadi, 2005; Eden-Green, 1994; Thwaites *et al.*, 2000; Drenth dan Kema, 2021), maka gejala penyakit darah atau BDB yang paling relevan dan spesifik adalah menguningnya daun yang disertai layu cepat, pelepah menggantung seperti huruf V, perubahan warna buah menjadi kemerahan atau kecoklatan, serta eksudat lendir kemerahan dari jaringan batang atau tandan yang terpotong (Gambar 2). Infeksi juga dapat menyebabkan perubahan warna jaringan vaskular batang menjadi kemerahan, serta layu sistemik akibat penyumbatan pembuluh oleh bakteri/cendawan (Drenth dan Kema, 2021).

Keberagaman variasi gejala di lapangan bersifat non-spesifik dan dapat berasosiasi dengan beberapa jenis patogen pada tanaman pisang yang telah dilaporkan diantaranya, bercak coklat atau hitam pada daun yang lebih menyerupai infeksi jamur seperti Sigatoka (*Pseudocercospora musucola*) (Crous *et al.*, 2021) atau penyakit bercak yang disebabkan oleh *Phyllosticta* spp (Wong *et al.*, 2012; Wu *et al.*, 2014). Gejala menguning pada tepi daun (*marginal chlorosis*) juga umum muncul akibat cekaman fisiologis seperti kekurangan air atau hara. Demikian pula batang busuk dan buah kerdil bisa mengindikasikan infeksi oleh patogen sistemik lain seperti *Fusarium oxysporum* penyebab layu Fusarium (Wikantika *et al.*, 2023). Gejala khas BDB dengan perubahan warna pada buah dan eksudat dari batang ditemukan pada sebagian besar petak pengamatan pisang Kepok, yang mengindikasikan adanya infeksi dominan *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* pada pisang Kepok di Sulawesi Barat, khususnya Majene, Polewali, dan Mamuju.

3.3 Deteksi dan Identifikasi Molekular dengan *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

Hasil deteksi molekular menunjukkan bahwa 9 sampel tanaman pisang varietas Kepok bergejala (Kode A-K) yang dianalisa positif terinfeksi oleh bakteri *Ralstonia* spp., yang tergolong dalam *Ralstonia solanacearum species complex* (RSSC) (Gambar 4a; Tabel 2). Amplifikasi DNA menggunakan primer universal 759/760 yang menargetkan fragmen spesifik RSSC berhasil menghasilkan fragmen pita DNA berukuran sekitar 280 bp, sesuai dengan yang dilaporkan dalam berbagai literatur (Opina *et al.*, 1997; Fegan dan Prior, 2005). Temuan ini mengkonfirmasi bahwa sebagian besar tanaman pisang Kepok yang menunjukkan gejala di lapangan memang terinfeksi oleh *Ralstonia* spp., dan menambah laporan keberadaan dan sebaran RSSC pada tanaman pisang di Indonesia, khususnya Sulawesi Barat. Walaupun demikian, identifikasi lebih lanjut diperlukan untuk memastikan identitas spesifik patogen. Hasil deteksi molekular memperkuat observasi lapangan yang menunjukkan adanya gejala khas penyakit darah pisang, terutama pada sampel dengan buah berwarna kemerahan dan eksudat batang, serta menunjukkan bahwa analisis molekular sangat krusial untuk membedakan infeksi BDB dari penyakit pisang lain yang memiliki gejala serupa (Ferreira *et al.*, 2021; Osdaghi, 2023).

Hasil deteksi molekular pada varietas Loka Pere menunjukkan ketiadaan amplifikasi DNA pada ukuran target (Gambar 4b; Tabel 2). Ketidadaan ini mengindikasikan bahwa RSSC tidak terdeteksi secara molekular pada sampel Loka Pere yang diuji meskipun tanaman tersebut menunjukkan gejala visual tertentu di lapangan. Temuan ini mendukung dugaan bahwa gejala visual yang tampak pada pisang varietas Loka Pere kemungkinan besar bukan disebabkan oleh infeksi bakteri *Ralstonia* spp., melainkan oleh faktor lain seperti infeksi cendawan (*Fusarium* spp., *Mycosphaerella* spp., *Cordana musae*, *Phyllosticta* sp.), gangguan fisiologis atau cekaman lingkungan (Etebu *et al.*, 2011; Plantix,

2024). Hasil negatif ini memperkuat dugaan bahwa pisang Loka Pere memiliki ketahanan intrinsik/bawaan (*inherent resistance*) (Habe et al., 2023).

Analisa lanjutan menggunakan teknik multiplex PCR untuk penentuan filotipe menunjukkan hasil yang sangat informatif pada sampel pisang varietas Kepok yang positif RSCC. Teknik ini menggunakan kombinasi primer spesifik filotipe akan menghasilkan fragmen DNA dengan ukuran berbeda untuk masing-masing filotipe. Hasil multiplex PCR pada pisang Kepok menunjukkan terinfeksi oleh dua filotipe berbeda secara simultan (Gambar 5). Bakteri *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* (filotipe IV) yang ditandai dengan amplikon 213 bp dan bakteri spesies *Ralstonia pseudosolanacearum* (filotipe I) yang ditandai dengan amplikon 144 bp sebagaimana dijelaskan oleh Fegan & Prior (2005).

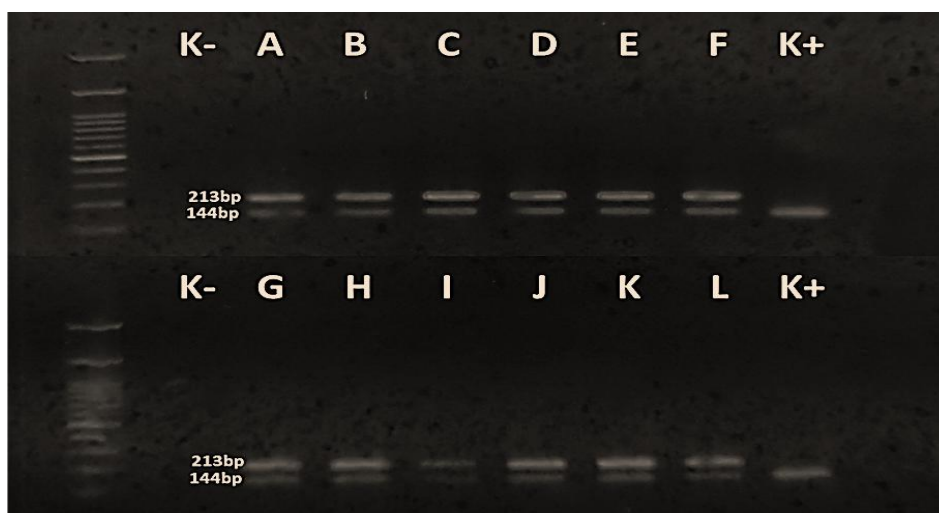
Tabel 2. Hasil identifikasi RSCC Sampel Pisang Lokal Sulawesi Barat dengan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dengan primer universal.

Kode Sampel	Identitas Sampel	Varietas Pisang	Hasil Deteksi PCR RSCC
A	Pisang Kepok A	Kepok	+
B	Pisang Kepok B		+
F	KBTN 1		+
G	KBTB 1		+
H	KBAI 1 Pisang		+
I	KPAI 1 Bongkol		+
J	KBTS		+
K	KTTS		+
L	Batang Pisang		+
1	Batang LPPD	Loka Pere	-
2	Pelepah LPPM		-
3	Pelepah LPPSh		-
4	Pelepahh LPPS		-
5	Daun LPKD		-
6	Pelepah LPKD		-
7	Tandan LPKD		-
8	Bakal Buah LPKD		-

Keterangan: + = Positif terdeteksi RSCC; - = Negatif terdeteksi RSCC.



Gambar 4. Visualisasi hasil PCR deteksi *Ralstonia solanacearum* Species Complex (RSCC) menggunakan primer universal. (a) Sampel pisang Kepok, (b) Sampel Loka Pere. (K-) Kontrol Negatif berupa air steril dan (K+) Kontrol Positif berupa DNA *Ralstonia*.



Gambar 5. Visualisasi hasil multipleks PCR RSCC berbasis filotipe pada sampel pisang Kepok asal Sulawesi Barat.

Temuan ko-infeksi ini sangat signifikan dalam konteks epidemiologi penyakit darah pisang di Indonesia. Keberadaan phylotype IV mengkonfirmasi bahwa penyakit darah pisang (BDB) yang disebabkan oleh *R. syzygii* subsp. *celebesensis* (Safni et al., 2018) memang terjadi pada tanaman yang menunjukkan gejala khas, sesuai dengan laporan bahwa phylotype IV merupakan agen kausal utama BDB di Indonesia, dan telah menyebar di Sulawesi Barat. Sementara itu, deteksi phylotype I (*R. pseudosolanacearum*) menunjukkan adanya potensi ancaman dari patotype lain yang juga menyerang sistem vaskular pisang dan dapat menimbulkan gejala layu sistemik, meskipun secara historis phylotype I lebih dikenal sebagai patogen pada tanaman solanaceae lainnya (Osdaghi, 2023; Saini et al., 2025).

Ko-infeksi oleh dua filotipe berbeda mengindikasikan kompleksitas patosistem RSSC pada pisang di Sulawesi Barat yang sebelumnya tidak terdokumentasi. Fenomena ini dapat terjadi melalui beberapa mekanisme: (1) introduksi filotipe I melalui material tanaman atau alat pertanian yang terkontaminasi dari daerah lain, (2) adaptasi filotipe I dari inang solanaceae ke pisang dalam sistem tumpangsari, atau (3) *horizontal gene transfer* antar filotipe yang memungkinkan ekspansi kisaran inang. Keberadaan ko-infeksi filotipe dalam satu lokasi juga meningkatkan risiko rekombinasi genetik dan evolusi strain baru dengan virulence atau host range yang berbeda. Adanya infeksi ganda dua filotipe bakteri ini, menjadi laporan pertama penyebab penyakit darah pada varietas pisang Kepok di Sulawesi Barat.

Lebih lanjut, hasil ini memperkuat hipotesis bahwa varietas Loka Pere memiliki potensi ketahanan terhadap penyakit darah pisang (BDB) yang disebabkan oleh *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis*. Meskipun tingkat insidensi serangan visual pada Loka Pere tercatat cukup tinggi, keparahan gejala tetap lebih rendah dibandingkan varietas Kepok, dan kini dikonfirmasi pula bahwa patogen BDB tidak terdeteksi secara molekuler. Fenomena ini mengindikasikan kemungkinan adanya *quantitative trait loci* (QTLs) atau genetic factors yang memberikan resistensi parsial (Shin et al., 2020; Lee et al., 2024) atau toleransi terhadap RSSC pada Loka Pere.

Potensi ketahanan ini sangat penting dalam konteks konservasi dan pemanfaatan sumber daya genetik lokal Loka Pere, sebagai kultivar endemik dengan karakteristik unik dan kandungan nutrisi superior, dapat menjadi sumber gen ketahanan untuk program pemuliaan pisang tahan penyakit darah di masa depan. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengkarakterisasi mekanisme ketahanan molekuler, mengidentifikasi marka genetik terkait resistensi, dan memvalidasi ketahanan dengan inokulasi buatan pada kondisi lingkungan terkontrol di laboratorium.

4. KESIMPULAN

Infeksi *Ralstonia solanacearum* species complex pada pisang lokal di Majene mengungkap perbedaan respons yang signifikan antara varietas Loka Pere dan Kepok. Gejala khas penyakit darah ditemukan hanya pada varietas Kepok, sedangkan pada varietas Loka Pere tidak ditemukan. Deteksi molekuler menggunakan primer universal 759/760 dan multiplex PCR filotipe mengkonfirmasi keberadaan RSSC pada pisang Kepok dengan ko-infeksi filotipe IV (*R. syzygii* subsp. *celebesensis*) dan filotipe I (*R. pseudosolanacearum*) yang merupakan laporan pertama ko-infeksi filotipe pada pisang di Indonesia. Sebaliknya, hasil negatif pada deteksi molekuler Loka Pere mengkonfirmasi bahwa gejala visual yang teramati bersifat non-spesifik dan disebabkan oleh faktor selain RSSC. Temuan ini memberikan landasan penting untuk pemanfaatan Loka Pere sebagai sumber gen ketahanan dalam program pemuliaan pisang tahan penyakit darah dan pengembangan strategi pengendalian penyakit berbasis varietas lokal.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh hibah penelitian dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui skema penelitian dosen pemula tahun 2025. Kami sangat berterima kasih atas dukungan finansial yang diberikan. Kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh responden, mahasiswa/i serta tim peneliti yang berkontribusi secara langsung dan telah meluangkan waktu dalam penelitian ini, sehingga data yang diperlukan dapat terkumpul dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik hortikultura 2023*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/06/10/790c957ba8892f9771aeebf7/statistik-hortikultura-2023.html>
- Bura, M. A. F., Ludong, M. M., & Oesoe, Y. Y. (2023). Effect of maturity level of Kepok banana (*Musa paradisiaca* formatypica) on chemical and organoleptic properties of frozen fried banana. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 4(1), 191–198. <https://doi.org/10.35791/jat.v4i1.44237>
- Crous, P. W., Rossman, A. Y., Aime, M. C., Allen, W. C., Burgess, T., Groenewald, J. Z., & Castlebury, L. A. (2021). Names of phytopathogenic fungi: A practical guide. *Phytopathology*, 111(9), 1500–1508. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-11-20-0512-PER>
- Drenth, A., & Kema, G. (2021). The vulnerability of bananas to globally emerging disease threats. *Phytopathology*, 111(12), 2146–2161. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-20-0311-RVW>
- Drenth, A., Ray, J., & Subandiyah, S. (2020). *Reversing the impact of banana blood disease in Indonesia: APBSF project final report PBSF016*. Australian Plant Biosecurity Science Foundation.
- Dwivany, F. M., Nugrahapraja, H., Rahmawati, A. R., Meitasari, D. P., Putra, A. M., Septiani, P., Farah, N., & Subandiyah, S. (2020). Data on banana transcriptome in response to blood disease infection. *Data in Brief*, 29, Article 105133. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105133>
- Eden-Green, S. J. (1994). *Musa disease fact sheet No. 3: Banana blood disease*. INIBAP.
- Etebu, E., & Young-Harry, W. (2011). Control of black Sigatoka disease: Challenges and prospects. *African Journal of Agricultural Research*, 6(3), 508–514. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.223>
- Fegan, M., & Prior, P. (2005). How complex is the *Ralstonia solanacearum* species complex? In C. Allen, P. Prior, & A. C. Hayward (Eds.), *Bacterial wilt disease and the Ralstonia solanacearum species complex* (pp. 449–461). APS Press.

- Ferreira, V., González, M., Pianzzola, M. J., Coll, N. S., Siri, M. I., & Valls, M. (2021). Molecular detection of *Ralstonia solanacearum* to facilitate breeding for resistance to bacterial wilt in potato. In *Solanum tuberosum: Methods and protocols* (pp. 375–385). Humana. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1609-3_18
- Geneaid Biotech Ltd. (2023). *Bacteria DNA isolation kit (GEE150, GEE1.5K): User manual*. [Geneaid Biotech Ltd. manual](#)
- Geng, R., Cheng, L., Cao, C., Liu, Z., Liu, D., Xiao, Z., Wu, X., Huang, Z., Feng, Q., Luo, C., & Chen, Z. (2022). Comprehensive analysis reveals the genetic and pathogenic diversity of *Ralstonia solanacearum* species complex and benefits its taxonomic classification. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 854792. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.854792>
- Granada, G. A., Sequeira, L., & French, E. R. (1975). Hypersensitivity reaction induced in tobacco leaves by a compatible (race 1) isolate of *Pseudomonas solanacearum*. *Phytopathology*, 65, 731–733. <https://doi.org/10.1094/Phyto-65-731>
- Habe, I., & Miyatake, K. (2022). Identification and characterization of resistance quantitative trait loci against bacterial wilt caused by the *Ralstonia solanacearum* species complex in potato. *Molecular Breeding*, 42, Article 50. <https://doi.org/10.1007/s11032-022-01321-9>
- Hayward, A. C. (1985). Bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* in Asia and Australia: An overview. In G. J. Persley (Ed.), *Bacterial wilt disease in Asia and the South Pacific: Proceedings of an international workshop held at PCARRD, Los Baños, 8–10 October 1985* (pp. 15–24). PCARRD, CIP, SAPPARD, & ACIAR.
- Huss, C. P., Holmes, K. D., & Blubaugh, C. K. (2022). Benefits and risks of intercropping for crop resilience and pest management. *Journal of Economic Entomology*, 115(5), 1350–1362. <https://doi.org/10.1093/jee/toac045>
- Lee, J. H., Siddique, M. I., Jang, S., Kim, G. W., Choi, G. J., Kwon, J. K., & Kang, B. C. (2024). Identification of QTLs associated with resistance to bacterial wilt in pepper (*Capsicum annuum* L.) through bi-parental QTL mapping and genome-wide association analysis. *Scientia Horticulturae*, 329, Article 112987. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112987>
- Mairawita, M., Suswati, S., Habazar, T., Hasyim, A., & Nasir, N. (2012). Trigona minangkabau potential as bacterial spreader agent of *Ralstonia solanacearum* phylotype IV cause blood disease on banana plants. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 40, 109–116.
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M. A. X., Verdier, V., Beer, S. V., Machado, M. A., Toth, I. A. N., Salmond, G., & Foster, G. D. (2012). Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(6), 614–629. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x>
- Nurhafsah. (2022). Loka pere: Potensi lokal di tanah Pamboang. *Buletin Teknologi & Inovasi Pertanian*, 1(1), 23–28.
- Nutter, F. W., Jr., Teng, P. S., & Shokes, F. M. (1991). Disease assessment terms and concepts. *Plant Disease*, 75(11), 1187–1188. <https://doi.org/10.1094/PD-75-1187>
- Opina, M., Tavner, F., Hollway, G., Wang, J.-F., Li, T.-H., Maghirang, R., Fegan, M., Hayward, A. C., Krishnapillai, V., Hong, W.-F., Holloway, B. W., & Timmis, J. N. (1997). A novel method for development of species and strain-specific DNA probes and PCR primers for identifying *Burkholderia solanacearum* (formerly *Pseudomonas solanacearum*). *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 5(1), 19–30.
- Osdaghi, E. (2023). *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* (banana blood disease). *CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.46702>
- Plantix. (2024). *Leaf blotch of banana*. Retrieved June 10, 2025, from <https://plantix.net/en/library/plant-diseases/100216/leaf-blotch-of-banana/>

- Prakoso, A. B., Anjani, A. A., Joko, T., Drenth, A., Soffan, A., & Subandiyah, S. (2020). Transcriptomic data of the *Musa balbisiana* cultivar Kepok inoculated with *Ralstonia syzigii* subsp. *celebesensis* and *Ralstonia solanacearum*. *Data in Brief*, 29, Article 105366. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105366>
- Rahmah, M. H., Dwivany, F. M., & Esyanthi, R. R. (2023). ITS2 isolation in endemic Loka Pere banana: A new potential DNA barcode marker. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1242(1), Article 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1242/1/012011>
- Rai, I. N., Mayadewi, N. N. A., Wiraatmaja, I. W., & Astiari, N. K. A. (2023). Fruit morphology and nutritional composition of different genome groups of six bananas cultivars from Bali Island. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 38(2), 421–432. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v38i2.74941>
- Raihanah, R., Fitriyanti, D., & Liestiany, E. (2023). Pengujian beberapa varietas cabai besar (*Capsicum annuum* L.) terhadap lama periode inkubasi dan tingkat ketahanannya terhadap layu bakteri *Ralstonia solanacearum*. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 6(3), 747–755. <https://doi.org/10.20527/jptt.v6i3.2170>
- Ray, J., Rincon-Florez, V., Mudita, I. W., Markus, J., Subandiyah, S., O'Dwyer, C. A., & Drenth, A. (2018). Dispersal of banana blood disease in Southeast Asia. *Phytopathology*, 108(10), S1.1. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-108-10-S1.1>
- Ray, J. D., Subandiyah, S., Rincon-Florez, V. A., Prakoso, A. B., Mudita, I. W., Carvalhais, L. C., Markus, J. E. R., O'Dwyer, C. A., & Drenth, A. (2021). Geographic expansion of banana blood disease in Southeast Asia. *Plant Disease*, 105(10), 2792–2800. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0149-RE>
- Rincón-Flórez, V. A., Ray, J. D., Carvalhais, L. C., O'Dwyer, C. A., Subandiyah, S., Zulperi, D., & Drenth, A. (2022). Diagnostics of banana blood disease. *Plant Disease*, 106(3), 947–959. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-21-1436-RE>
- Roemiyanto, L. H., & Hutagalung, L. (1989). Blood disease (*P. celebesis*) on banana in Jeneponto–Sulawesi Selatan. *Hortikultura*, 27, 39–41.
- Ryan, I., & Pigai, S. (2020). Morfologi tanaman pisang Jiigikago berdasarkan kearifan lokal suku Mee di Kampung Idaiyo Distrik Obano Kabupaten Paniai. *Jurnal FAPERTANAK: Jurnal Pertanian dan Peternakan*, 5(2), 1–8.
- Safni, I., Cleenwerck, I., De Vos, P., Fegan, M., Sly, L., & Kappler, U. (2014). Polyphasic taxonomic revision of the *Ralstonia solanacearum* species complex: Proposal to emend the descriptions of *Ralstonia solanacearum* and *Ralstonia syzigii* and reclassify current *R. syzigii* strains as *Ralstonia syzigii* subsp. *syzigii* subsp. nov., *R. solanacearum* phylotype IV strains as *Ralstonia syzigii* subsp. *indonesiensis* subsp. nov., banana blood disease bacterium strains as *Ralstonia syzigii* subsp. *celebesensis* subsp. nov. and *R. solanacearum* phylotype I and III strains as *Ralstonia pseudosolanacearum* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64(9), 3087–3103. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.066712-0>
- Safni, I., Subandiyah, S., & Fegan, M. (2018). Ecology, epidemiology and disease management of *Ralstonia syzigii* in Indonesia. *Frontiers in Microbiology*, 9, Article 419. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00419>
- Saini, M., Sagar, V., Gupta, M., Sharma, S. K., & Saini, R. (2025). Identification, characterization and genetic diversity of *Ralstonia pseudosolanacearum* causing bacterial wilt of tomato in Himachal Pradesh, India. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 138, Article 102684. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2025.102684>

- Shin, I. S., Hsu, J. C., Huang, S. M., Chen, J. R., Wang, J. F., Hanson, P., & Schafleitner, R. (2020). Construction of a single nucleotide polymorphism marker based QTL map and validation of resistance loci to bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* species complex in tomato. *Euphytica*, 216, Article 54. <https://doi.org/10.1007/s10681-020-2576-1>
- Siregar, B. A. (2021). *Penyakit layu bakteri pada Eucalyptus pellita: Faktor pemicu penyakit, keragaman patogen dan tanaman inang* [Disertasi doctoral]. Institut Pertanian Bogor.
- Suharjo, R., Subandiyah, S., & Martono, E. (2008). Hubungan antara frekuensi kedatangan imago *Erionota thrax* pada bunga pisang dan keterjadian penyakit layu bakteri pisang pada lahan sawah, tegalan dan pekarangan. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 8(1), 47–54.
- Supriadi. (2005). Present status of blood disease in Indonesia. In C. Allen, P. Prior, & A. C. Hayward (Eds.), *Bacterial wilt disease and the Ralstonia species complex* (pp. 395–404). American Phytopathological Society Press.
- Thwaites, R., Mansfield, J. W., Eden-Green, S. J., & Seal, S. E. (1999). RAPD and rep PCR-based fingerprinting of vascular bacterial pathogens of *Musa* spp. *Plant Pathology*, 48(1), 121–128. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1999.00321.x>
- Wikantika, K., Ghazali, M. F., Dwivany, F. M., Susantoro, T. M., Yayusman, L. F., Sunarwati, D., & Sutanto, A. (2023). A study on the distribution pattern of banana blood disease (BBD) and *Fusarium* wilt using multispectral aerial photos and a handheld spectrometer in Subang, Indonesia. *Diversity*, 15(10), Article 1046. <https://doi.org/10.3390/d15101046>
- Wong, M. H., Crous, P. W., Henderson, J., Groenewald, J. Z., & Drenth, A. (2012). *Phyllosticta* species associated with freckle disease of banana. *Fungal Diversity*, 56(1), 173–187. <https://doi.org/10.1007/s13225-012-0182-9>
- Wu, S. P., Liu, Y. X., Yuan, J., Wang, Y., Hyde, K. D., & Liu, Z. Y. (2014). *Phyllosticta* species from banana (*Musa* sp.) in Chongqing and Guizhou Provinces, China. *Phytotaxa*, 188(3), 135–144. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.188.3.2>
- Yang, J., Duan, Y., Liu, X., Sun, M., Wang, Y., Liu, M., Zhu, Z., Shen, Z., Gao, W., Wang, B., & Chang, C. (2022). Reduction of banana *Fusarium* wilt associated with soil microbiome reconstruction through green manure intercropping. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 337, Article 108065. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108065>