

Potensi *Plant Growth-Promoting Bacteria* Menekan *Cucumber mosaic virus* pada Tanaman Mentimun

The Potential of Plant Growth-Promoting Bacteria to Suppress Infection of *Cucumber mosaic virus* on Cucumber Plants

Muhammad Arif Ridho, Haliatur Rahma*, Martinius, Jumsu Trisno

Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas
Jalan Unand, Limau Manis, Padang, Sumatra Barat 25163

(diterima November 2023, disetujui November 2024)

ABSTRAK

Penyakit mosaik yang disebabkan oleh *Cucumber mosaic virus* (CMV) merupakan salah satu penyakit utama tanaman mentimun yang penting secara ekonomi. Bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPB) merupakan organisme akar tanaman yang saat ini sedang dikembangkan sebagai agens hayati. Penelitian ini bertujuan mendapatkan PGPB terbaik yang dapat menekan perkembangan CMV pada tanaman mentimun. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan sembilan perlakuan dan lima ulangan. Sebagai pelakuan adalah beberapa isolat PGPB (*Serratia marsecens* AR1, *Alcaligenes faecalis* AJ14, *Stenotrophomonas pavanii* KJKB 5.4, *Pseudomonas fluorescens* LPK1–9, *Bacillus cereus* AJ 34, dan *S. maltophilia* LMTSA 5.4), asam orthohidroksibenzoat (asam salisilat), kontrol positif, dan kontrol negatif. Aplikasi PGPB melalui perlakuan benih mentimun selama 15 menit sebelum tanam. Virus mosaik diinokulasi secara mekanis pada kotiledon mentimun tujuh hari setelah tanam. Variabel yang diamati adalah perkembangan penyakit CMV dan pertumbuhan tanaman mentimun. Hasil deteksi virus menggunakan primer spesifik CMV-IF/CMV-IR menunjukkan bahwa virus yang menginfeksi tanaman mentimun memiliki kemiripan 98.3% dengan isolat CMV yang berasal dari India dengan nomor akses KJ874248.1. *Pseudomonas fluorescens* LPK1-9 merupakan bakteri terbaik dalam memperlambat masa inkubasi, menurunkan persentase daun terserang dan keparahan penyakit CMV pada tanaman mentimun. Di antara isolat PGPB yang diuji, tidak ada isolat yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun terinfeksi CMV. Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih lanjut dalam keefektifan PGPB yang digunakan, seperti memperbaiki cara aplikasi PGPB.

Kata kunci: agens hayati, inokulasi mekanis, keparahan penyakit, masa inkubasi, perlakuan benih

ABSTRACT

Mosaic disease caused by *Cucumber mosaic virus* (CMV) is one of the main diseases of cucumber plants, and is economically important. Plant growth-promoting bacteria (PGPB) are plant root organisms currently being developed as biological agents. This research aims to obtain the best PGPB that can suppress the development of CMV in cucumber plants. This research used a randomized block design with nine treatments and five replications. The treatments consisted of several isolates of PGPB (*Serratia marsecens* AR1, *Alcaligenes faecalis* AJ14, *Stenotrophomonas pavanii* KJKB 5.4, *Pseudomonas fluorescens* LPK1–9, *Bacillus cereus* AJ 34, and *S. maltophilia* LMTSA 5.4), orthohydroxybenzoic acid (salicylic acid), positive control, and negative control. Application of PGPB was conducted through

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas Padang. Jalan Unand, Limau Manis, Padang, Sumatra Barat 25163.
Tel: +62 75172701, Fax: +62 75172702, Surel: haliaturrahma@agr.unand.ac.id.

seed treatment of cucumber seeds for 15 minutes before planting. The mosaic virus was mechanically inoculated on cucumber cotyledons seven days after planting. The variables observed were the development of mosaic disease and the growth of cucumber plants. Virus detection using specific primer pair CMV-IF/CMV-IR showed that the virus that infected cucumber plants had 98.3% similarity to the CMV isolate originating from India with accession number KJ874248.1. *Pseudomonas fluorescens* LPK1-9 is the best bacteria for slowing the incubation period, reducing the percentage of infected leaves, and reducing the severity of mosaic disease on cucumber plants. None of tested PGPB isolates that has the potential to increase the growth of CMV-infected cucumber plants. Therefore, further studies are needed on the effectiveness of the PGPB, such as improving how PGPB is applied.

Keywords: biocontrol agent, disease severity, incubation period, mechanical inoculation, seed treatment

PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan dalam budi daya tanaman mentimun ialah gangguan dari beberapa jenis organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Virus merupakan salah satu OPT utama tanaman mentimun yang dapat menyebabkan kegagalan panen dan kerugian secara ekonomi (Ridho *et al.* 2023). Setidaknya terdapat 28 spesies virus yang telah dilaporkan menginfeksi tanaman mentimun di dunia, yaitu virus-virus yang termasuk dalam genus *Crinivirus*, *Begomovirus*, *Ipomovirus*, dan *Potyvirus* (Lecoq dan Desbiez, 2012; Abrahamian dan Abou-Jawdah 2014; Perotto *et al.* 2018). Virus utama yang banyak ditemukan pada pertanaman mentimun di Indonesia di antaranya, *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (Ridho *et al.* 2023), *Papaya ringspot virus* (PRSV) (Farida *et al.* 2022), *Tomato yellow leaf curl New Delhi virus* (Sutrawati *et al.* 2021) dan *Cucumber mosaic virus* (CMV) (Listihani *et al.* 2018).

Infeksi CMV pada tanaman mentimun dapat mengakibatkan kehilangan hasil 25%–100% dan dilaporkan merupakan salah satu penyebab rendahnya produktivitas mentimun di Indonesia (Listihani *et al.* 2018). Upaya pengendalian penyakit yang disebabkan oleh virus umumnya dilakukan melalui seleksi benih sehat, sanitasi lahan, penataan tanaman secara berkala, rotasi tanaman, penanaman tanaman pembatas, dan penggunaan pestisida untuk mengendalikan serangga vektornya (Anikina *et al.* 2023). Perlakuan pestisida dilaporkan mampu menekan populasi serangga vektor, namun berdampak kurang baik terhadap

organisme non sasaran, manusia dan makhluk hidup lainnya selain dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Wan *et al.* 2025). Berdasarkan hal tersebut perlu dicari alternatif pengendalian yang lebih aman, seperti pengendalian hayati menggunakan *plant growth-promoting bacteria* atau bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPB) (Elango *et al.* 2013).

PGPB merupakan bakteri yang dapat berasosiasi dengan tanaman yang berasal dari sekitar perakaran (rizosfer), permukaan daun (filosfir) ataupun dari bagian tanaman lainnya (endofit). PGPB memiliki peran memacu pertumbuhan, meningkatkan ketahanan tanaman serta sebagai agens biokontrol (Agustin *et al.* 2020). Interaksi PGPB dengan tanaman dapat terjadi melalui mekanisme langsung atau tidak langsung. Mekanisme langsung yakni kemampuan dalam menyediakan dan memfasilitasi penyerapan unsur hara dalam tanah dan menghasilkan fitohormon untuk pemacu pertumbuhan, sedangkan mekanisme tidak langsung meliputi kemampuan dalam menekan aktivitas patogen dengan menghasilkan berbagai senyawa metabolit (Zhou and Bai 2025) serta menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen (Ajijah *et al.* 2023).

Beberapa jenis PGPB yang dilaporkan mampu menekan perkembangan gejala penyakit yang disebabkan oleh virus di antaranya *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter* sp., dan *Bacillus subtilis* yang berpengaruh terhadap penurunan intensitas infeksi *Tobacco mosaic virus* (TMV) pada tanaman cabai rawit (A'yun *et al.* 2013). Bakteri *P. fluorescens* LPK 1-9 asal tanaman cabai mampu menginduksi

ketahanan tanaman cabai terhadap virus keriting kuning (Trisno *et al.* 2013). Demikian pula, *Paenibacillus lentimorbus* dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menekan virulensi dari CMV pada tanaman tembakau (Kumar *et al.* 2016). Penelitian terdahulu telah berhasil memperoleh bakteri *Alcaligenes faecalis* AJ14, *B. cereus* AJ 34, dan *Serratia marsescens* AR1 yang mampu menekan perkembangan penyakit layu Stewart dan meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung (Rahma *et al.* 2014). Rahma *et al.* (2019) melaporkan *Stenotrophomonas pavanii* KJKB 5.4 dan *S. maltophilia* LMTSA 5.4 mampu menekan perkembangan penyakit hawar daun pada tanaman padi. Namun belum ada laporan penggunaan PGPB untuk pengendalian infeksi CMV pada mentimun. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mendapatkan PGPB yang mampu menekan perkembangan gejala infeksi CMV pada tanaman mentimun.

BAHAN DAN METODE

Sumber Isolat *Plant Growth-Promoting Bacteria* (PGPB)

Isolat PGPB yang digunakan merupakan koleksi dari Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas (Tabel 1). Isolat

murni PGPB dari tabung mikro diremajakan pada medium agar nutrisi dengan teknik gores kuadran untuk mendapat koloni tunggal dan selanjutnya diinkubasi selama 2×24 jam.

Sumber Inokulum CMV

Sampel tanaman diperoleh dari lahan pertanian mentimun milik petani di Kecamatan Kuranji, Kota Padang. Daun mentimun yang dikumpulkan sebagai sampel adalah daun yang berasal dari tanaman yang menunjukkan gejala mosaik, klorosis, kerdil, daun mengalami malformasi, dan nekrosis sistemik. Sampel daun bergejala dibawa ke laboratorium untuk dilakukan identifikasi dan persiapan inokulasi pada tanaman inang. Identifikasi CMV diawali dengan uji biologi melalui inokulasi mekanis pada tanaman indikator, yaitu tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum*) (Sharma dan Gümüş 2023). Tanaman tembakau yang menunjukkan gejala lesio lokal nekrotik mengonfirmasi adanya infeksi virus pada sampel daun dari lapangan.

Perbanyakkan sumber inokulum lebih lanjut dilakukan melalui inokulasi mekanis pada tanaman mentimun. Metode inokulasi mekanis dilakukan berdasarkan metode Sharma dan Gümüş (2023). Daun mentimun yang bergejala digerus dalam bufer fosfat (0.01 M; pH 7.0) dengan perbandingan 1:5 (b/v). Cairan perasan tanaman (sap) segera diinokulasikan

Tabel 1 Spesies dan asal isolat bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPB) yang digunakan dalam penelitian

(Table 1 Species and origin of plant growth-promoting bacterial isolates (PGPB) used in the study)

No	Kode isolat (Isolates code)	Spesies (Species)	Asal isolat (Origin of isolates)	Tahun (Year)
1	AR1	<i>Serratia marsescens</i>	Akar rumput (Grass roots)	2014
2	AJ 34	<i>Bacillus cereus</i>	Akar jagung (Corn roots)	2014
3	AJ14	<i>Alcaligenes faecalis</i>	Akar jagung (Corn roots)	2014
4	LPK1-9	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Endofit cabai (Endophyte from chili)	2013
5	KJKB 5.4	<i>Stenotrophomonas pavanii</i>	Rizosfer jagung (Corn rhizosphere)	2019
6	LMTSA 5.4	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Rizosfer jagung (Corn rhizosphere)	2019

pada tanaman mentimun sehat umur 7 hari pada bagian kotiledon. Tanaman yang bergejala selanjutnya dijadikan sebagai sumber inokulum untuk tahapan penelitian selanjutnya.

Deteksi CMV dari Tanaman Mentimun

Isolasi RNA total dari daun mentimun sumber inokulum virus dilakukan mengikuti protokol dari kit Total RNA Mini Kit Plant (Genaid, Taiwan). Produk ekstraksi RNA total digunakan sebagai templat untuk sintesis cDNA. Komposisi bahan reaksi transkripsi balik terdiri atas 3.7 μL dH_2O , 0.50 μL dNTP 10 mM, 0.75 μL oligo d(T), dan 2 μL RNA total. Reaksi transkripsi balik untuk menghasilkan cDNA diawali dengan tahap inkubasi pada suhu 65 °C selama 5 menit dan setelah itu segera dipindahkan di dalam es. Selanjutnya ditambahkan ke dalam reaktan sebanyak 2 μL *buffer reverse transcription*, 0.50 μL dNTP 10 mM, 0.35 μL DTT 50 mM, 0.35 μL RNase inhibitor (Thermo scientific, US), 0.35 μL M-MuLV (Thermo Scientific, US) sampai total volume 10 μL . Reaksi transkripsi balik dilakukan pada suhu 42 °C selama 60 menit dan 70 °C selama 10 menit untuk menginaktivasi enzim. Produk cDNA kemudian digunakan sebagai templat pada amplifikasi PCR. Primer yang digunakan dalam proses PCR ialah primer universal CMV-IF 5'-ATG GTH TGG TGY ATH GAR AAY GG-3' dan CMV-IR 5'-TGC TGC KGC YTT CAT YTG-3' (Fidan dan Koc 2019). Program amplifikasi mengacu pada metode Hidayat *et al.* (2012), yang diawali dengan tahapan pra denaturasi pada 94 °C selama 3 menit, diikuti 35 siklus yang terdiri atas tahapan denaturasi pada suhu 96 °C selama 30 detik, penempelan primer pada suhu 61 °C selama 1 menit, ekstensi 72 °C selama 1 menit, dilanjutkan dengan ekstensi akhir pada 72 °C selama 2 menit. Visualisasi DNA hasil amplifikasi dilakukan dengan elektroforesis pada gel agarosa 1.5%.

Produk amplifikasi digunakan untuk tahap sekuensing. Hasil sekuens dianalisis dengan program *Basic Local Alignment Search Tool* (BLAST), pada situs www.ncbi.nlm.nih.gov *National Center for Biotechnology Information* (NCBI). Hasil sekuens nukleotida tersebut

dibandingkan dengan sekuens nukleotida virus asal negara lain yang terdaftar di GenBank. Tingkat homologi nukleotida diperoleh dengan program *ClustalW multiple alignment* dan *Sequences Identity Matrix* menggunakan perangkat lunak Mega 11.

Pengaruh PGPB dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman dan Menekan Perkembangan Penyakit pada Mentimun

Perbanyakan PGPB. Perbanyakan PGPB dilakukan mengikuti metode Yanti dan Resti (2010). Isolat PGPB diperbanyak pada medium *nutrient broth* (NB). Satu koloni tunggal biakan murni PGPB berumur 2×24 jam diambil, kemudian dimasukkan ke dalam botol kultur yang berisi 25 mL medium NB dan diinkubasi pada *rotary shaker* selama 24 jam. Hasil *preculture* sebanyak 1 mL dipindahkan ke dalam botol kultur yang berisi 49 mL air kelapa steril sebagai *main culture* dan diinkubasi dengan cara yang sama selama 2×24 jam dengan kecepatan 150 rpm. Kepadatan populasi bakteri ditentukan dengan membandingkan kekeruhan suspensi bakteri dengan larutan McFarland Skala 8 (kepadatan populasi diperkirakan 10^8 sel mL^{-1}) (Yanti *et al.* 2013). Aplikasi PGPB pada tanaman uji dilakukan dengan kerapatan populasi PGPB 10^8 sel mL^{-1} .

Penyiapan media tanam. Tanah yang digunakan sebagai media tanam berasal dari rumah penyediaan tanah Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Tanah yang digunakan dicampur dengan pupuk kandang dengan perbandingan (2:1), kemudian dilakukan sterilisasi selama 1 jam pada suhu 100 °C. Setelah didinginkan selama 1 jam, tanah hasil sterilisasi dimasukkan ke dalam polibag dengan diameter 25 cm sebanyak 10 kg, kemudian diinkubasi selama 7 hari.

Perlakuan PGPB pada benih mentimun. Benih mentimun varietas Yupiter terlebih dahulu disterilisasi permukaan dengan merendam dalam larutan alkohol 70% selama 15 detik dan selanjutnya dibilas dengan akuades steril. Benih kemudian direndam dalam suspensi PGPB dengan konsentrasi 10^8 sel mL^{-1} selama 15 menit, kemudian dikeringanginkan

dalam *laminar air flow cabinet* selama 15 menit. Selanjutnya benih direndam selama satu jam dalam larutan asam salisilat dengan konsentrasi 100 ppm. Sebagai kontrol positif dan negatif benih direndam dalam akuades steril selama 15 menit. Benih selanjutnya ditanam sebanyak 3 biji per polibag dengan kedalaman kurang lebih 2 cm dan setelah berumur satu minggu tanaman diseleksi sehingga didapatkan dua tanaman per polibag.

Inokulasi CMV. Tanaman uji diinokulasi CMV pada 7 hari setelah tanam, yaitu pada bagian kotiledon dengan metode inokulasi virus seperti diuraikan sebelumnya (Sharma dan Gümüş 2023).

Rancangan Percobaan. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok dengan 9 perlakuan dan 5 ulangan, dengan 5 unit percobaan pada setiap ulangan. Perlakuan terdiri atas isolat-isolat PGPB, sebagai berikut: (A) *S. marsescens* AR1, (B) *A. faecalis* AJ14, (C) *S. pavanii* KJKB 5.4, (D) *P. fluorescens* LPK1-9, (E) *B. cereus* AJ 34, (F) *S. maltophilia* LMTSA 5.4, (G) kontrol negatif (hanya di

inokulasikan CMV) dan (H) kontrol positif (tanpa PGPB dan inokulasi CMV).

Peubah Pengamatan. Pengaruh perlakuan PGPB terhadap penyakit didasarkan pada beberapa parameter, yaitu masa inkubasi, persentase daun terserang, persentase keparahan penyakit dan pertumbuhan tanaman. Masa inkubasi diamati setelah dilakukan inokulasi virus hingga muncul gejala awal yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna hijau tua dan hijau muda pada daun yang baru membuka. Keparahen penyakit diamati mulai dari munculnya gejala pertama pada kontrol dengan interval 3 hari, hingga tanaman berbunga. Persentase keparahan penyakit dihitung menggunakan rumus seperti di bawah ini:

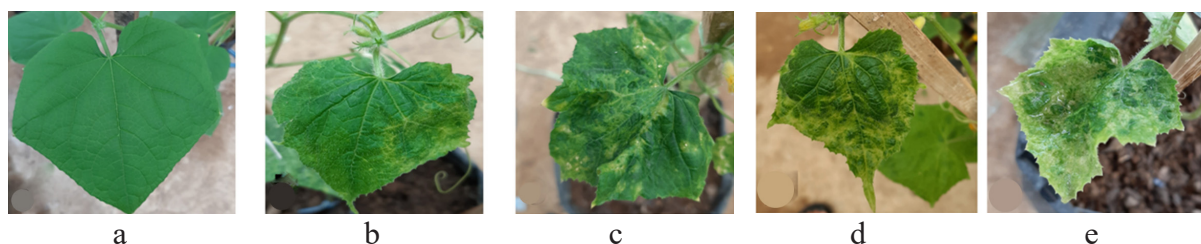
$$KP = \frac{\sum (ni \times vi)}{N \times V} \times 100\%, \text{ dengan}$$

KP, keparahan penyakit; N, jumlah daun yang diamati; *ni*, jumlah daun tiap kategori serangan; *vi*, nilai skala setiap kategori serangan; dan V, nilai skala tertinggi. Nilai skala setiap kategori serangan dapat dilihat pada Tabel 2, gejala masing-masing skor dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 2 Skala penilaian tingkat keparahan gejala infeksi *Cucumber mosaic virus* pada mentimun
(Table 2 Scale for assessing symptom severity caused by CMV infection on cucumber plants)

Skala (Scale)	Kriteria (Criteria)
0	Tidak ada gejala (<i>symptomless</i>)
1	Gejala mosaik ringan (< 25% dari luas daun) (<i>Mild mosaic symptoms (< 25% of leaf area)</i>)
2	Gejala mosaik kuning, malformasi (26%–50% dari luas daun) (<i>Yellow mosaic symptoms, malformations (26%–50% of leaf area)</i>)
3	Gejala mosaik berat (50%–75% dari luas daun) (<i>Severe mosaic symptoms (50%–75% of leaf area)</i>)
4	Gejala mosaik sangat berat (infeksi > 76%) (<i>Very severe mosaic symptoms (infection > 76%)</i>)

(Ntui *et al.* 2014).



Gambar 1 Skor keparahan penyakit mosaik yang disebabkan oleh CMV pada tanaman mentimun. a, skor 0; b, skor 1; c, skor 2; d, skor 3; dan e, skor 4.

(Figure 1 Severity scores of mosaic disease caused by CMV on cucumber plants. a, score 0; b, score 1; c, score 2; d, score 3; and e, score 4).

Efektifitas perlakuan PGPB terhadap setiap peubah yang diamati dihitung menggunakan rumus Sivan dan Chet (1986):

$$E = \frac{K - P}{K} \times 100\%, \text{ dengan}$$

E, efektifitas; P, perlakuan; dan K, kontrol negatif.

Pengaruh PGPB terhadap pertumbuhan tanaman mentimun diamati berdasarkan beberapa parameter, yaitu (1) tinggi tanaman (cm) yang diukur mulai dari permukaan tanah sampai dengan titik tumbuh batang utama, pengamatan dihitung setiap minggu dimulai dari minggu pertama setelah penanaman hingga panen pertama; (2) jumlah daun, dihitung setiap minggu dimulai dari minggu pertama setelah penanaman hingga panen pertama; (3) kemunculan bunga pertama, pengamatan dihitung pada saat muncul bunga, dilakukan hanya satu kali dan dinyatakan dalam satuan hari setelah tanam; (4) berat buah (g), dilakukan dengan menimbang bobot buah segar. Efektivitas peningkatan pertumbuhan tanaman mentimun dihitung menggunakan rumus efektifitas seperti diuraikan sebelumnya.

Analisis Statistik

Data dianalisis menggunakan Statistix 8 dengan *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila data berbeda nyata dilanjutkan dengan uji *Least Significance Difference* (LSD) pada taraf nyata 5%.

HASIL

Identitas CMV Sumber Inokulum

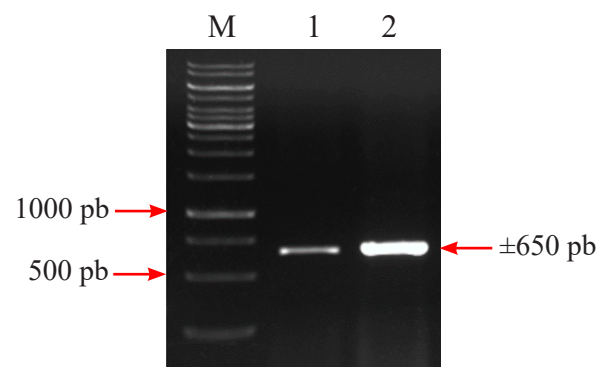
Inokulasi cairan perasan dari sampel tanaman yang diambil dari lapangan menunjukkan gejala nekrotik pada tanaman tembakau dan menghasilkan gejala mosaik warna hijau tua dan muda serta belang pada tanaman mentimun. Hasil deteksi PCR menggunakan primer CMV-IF/CMV-IR menghasilkan produk amplifikasi berukuran 650 pb sesuai dengan target primer (Gambar 2). Lebih lanjut, analisis sekuens nukleotida dari fragmen DNA hasil amplifikasi tersebut diperoleh tingkat similaritas nukleotida sebesar 98.3% dengan CMV isolat asal India (TN TNAU) (KJ874248.1). Hasil deteksi ini mengonfirmasi

bahwa sumber inokulum yang berasal dari lapangan ialah CMV dan isolat CMV tersebut memiliki kedekatan dengan isolat CMV asal India.

Kemampuan Isolat PGPB dalam Menekan Penyakit Mosaik

Perlakuan PGPB pada benih mentimun menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap masa inkubasi virus pada tanaman (Tabel 3). Masa inkubasi virus berkisar antara 5.40–7.20 hari setelah inokulasi (HSI), dengan efektifitas 3.70%–33.33%. Masa inkubasi paling panjang terjadi pada perlakuan *P. fluorescens* LPK1-9 (7.20 HSI) dengan efektifitas penekanan masa inkubasi yang paling tinggi, yaitu 33.33%. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan *P. fluorescens* LPK1-9 pada benih mentimun mampu memperlambat munculnya gejala mosaik. Inokulasi CMV pada tanaman uji menghasilkan gejala mosaik yang bervariasi, yaitu berupa bercak kekuningan di sekitar tulang daun dan bercak kehijauan pada daun yang sama, sehingga gejalanya tampak sebagai gejala belang hijau kuning yang tidak beraturan (Gambar 3).

Perlakuan PGPB juga menyebabkan hasil yang berbeda nyata terhadap keparahan



Gambar 2 Visualisasi fragmen DNA spesifik *Cucurbit mosaic virus* asal tanaman mentimun yang diamplifikasi menggunakan primer CMV-IF/CMV-IR. M, penanda DNA 1 kb; 1, sampel Kuranji; dan 2, sampel Limau Manis. (Figure 2 Visualization of specific DNA fragments of *Cucurbit mosaic virus* from cucumber plants amplified using CMV-IF/CMV-IR primers. M, 1 kb DNA marker; 1, sample from Kuranji; 2, sample from Limau Manis).

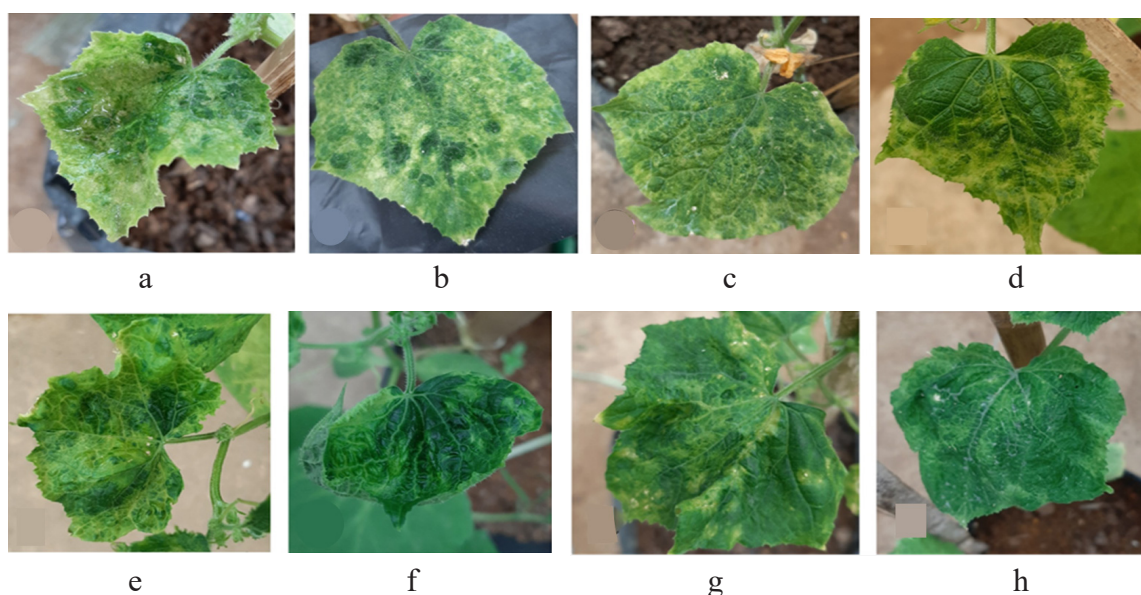
Tabel 3 Pengaruh aplikasi *plant growth-promoting bacteria* terhadap masa inkubasi *Cucumber mosaic virus* dan keparahan penyakit mosaik pada tanaman mentimun

(Table 3 Effect of plant growth-promoting bacteria application on the incubation period of Cucumber mosaic virus and the severity of mosaic disease in cucumber plants)

Perlakuan (Treatment)	Masa inkubasi (HSI)/Efektivitas (Incubation period (DAI)/Effectiveness) (%)	Keparahan penyakit (HSI)/Efektivitas (Disease severity (DAI)/Effectiveness) (%)
Kontrol negatif (Negative control)	5.40 c / 0.00	90.80 a / 0.00
Asam salisilat (Salicylic acid)	6.20 b / 14.81	65.40 bc / 27.97
AR1	5.80 bc / 7.40	70.00 b / 22.90
AJ 34	5.80 bc / 7.40	75.60 b / 16.74
AJ14	5.80 bc / 7.40	73.80 b / 18.72
LPK1-9	7.20 a / 33.33	54.60 c / 39.86
KJKB 5.4	5.60 bc / 3.70	68.20 b / 24.88
LMTSA 5.4	6.00 bc / 11.11	77.00 b / 15.19

*Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut uji LSD pada taraf 5%.

(*The numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the LSD test at the 5% level).



Gambar 3 Gejala mosaik pada tanaman mentimun setelah aplikasi *plant growth-promoting bacteria*. a, kontrol negatif; b, *Stenotrophomonas maltophilia* LMTSA 5.4; c, *Bacillus cereus* AJ 34; d, *Alcaligenes faecalis* AJ 14; e, *Serratia marsescens* AR 1; f, *Stenotrophomonas pavanii* KJKB 5.4; g, asam salisilat; dan h, *Pseudomonas fluorescens* LPK-19.

(Figure 3 Mosaic symptoms on cucumber plants after application of plant growth-promoting bacteria. a, negative control; b, *Stenotrophomonas maltophilia* LMTSA 5.4; c, *Bacillus cereus* AJ 34; d, *Alcaligenes faecalis* AJ 14; e, *Serratia marsescens* AR 1; f, *Stenotrophomonas pavanii* KJKB 5.4; g, salicylic acid; and h, *Pseudomonas fluorescens* LPK-19).

penyakit (Tabel 4). Keparahan penyakit berkisar antara 54.60% dan 90.80% dengan efektivitas penekanan keparahan penyakit berkisar 0% dan 39.86%. Keparahan penyakit paling rendah (54.60%) terjadi pada perlakuan bakteri *P. fluorescens* LPK1-9. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan isolat LPK1-9 mampu menyebabkan penekanan penyakit yang paling tinggi dengan efektivitas sebesar 39.86%. Perlakuan *P. fluorescens* LPK1-9 tersebut setara dengan perlakuan asam salisilat dalam menekan keparahan penyakit.

Kemampuan Isolat PGPB dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Mentimun

Perlakuan PGPB berpengaruh secara nyata terhadap tinggi tanaman (Tabel 4). Tanaman dengan perlakuan kontrol positif, yaitu tanpa inokulasi virus dan tanpa PGPB menunjukkan pertumbuhan yang paling baik dan berbeda nyata bila dibandingkan dengan tanaman yang diinokulasi virus dan diberi perlakuan

PGPB (Gambar 4). Di antara perlakuan PGPB, bakteri *P. fluorescens* LPK1-9 menyebabkan tinggi tanaman yang lebih baik dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan PGPB juga berpengaruh secara nyata terhadap jumlah daun (Tabel 4). Jumlah daun paling tinggi ditunjukkan oleh tanaman dengan perlakuan kontrol positif, yaitu sebesar 30.40 helai. Di antara perlakuan PGPB, jumlah daun paling tinggi ditunjukkan oleh tanaman dengan perlakuan *P. fluorescens* LPK1-9, yaitu sebesar 11.60 helai. Angka ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan asam salisilat.

Waktu kemunculan bunga pertama pada tanaman uji menunjukkan hasil yang berbeda nyata (Tabel 4). Kemunculan bunga pertama yang paling cepat terjadi pada tanaman dengan perlakuan kontrol positif, yakni 29.80 HST. Sementara di antara perlakuan PGPB, kemunculan bunga pertama paling cepat ditunjukkan oleh tanaman dengan perlakuan *P. fluorescens* LPK1-9, yakni 31.20 HST. Angka ini tidak berbeda nyata dengan

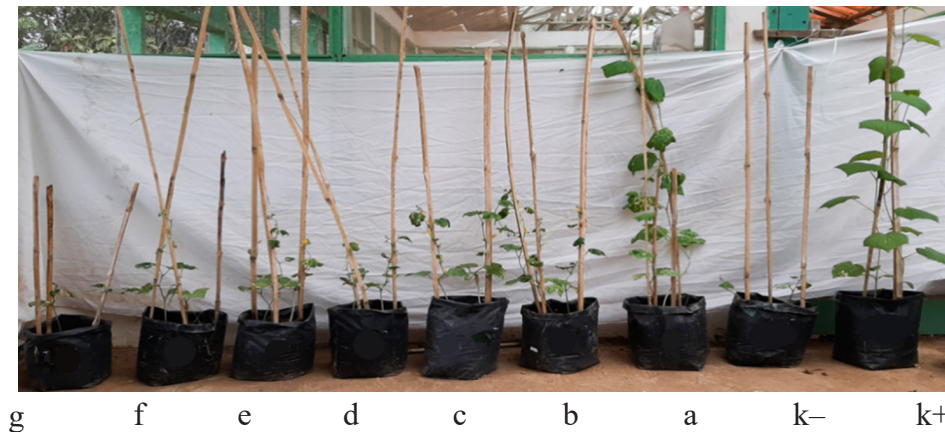
Tabel 4 Pengaruh aplikasi *plant growth-promoting bacteria* terhadap beberapa karakter pertumbuhan tanaman mentimun yang terinfeksi *Cucumber mosaic virus*

(Table 4 Effect of *plant growth-promoting bacteria* application on several growth characteristics of cucumber plants infected with *Cucumber mosaic virus*)

Perlakuan (Treatment)	Tinggi tanaman (Plant height) (cm)	Jumlah daun (Number of leaves)	Kemunculan bunga pertama (First flower appearance) (HST/DAP)	Berat buah (Fruit weight) (g)
Kontrol positif (Positive control)	214.20 a	30.40 a	29.80 c	107.60 a
Asam salisilat (Salicylic acid)	48.40 c	9.40 bc	31.80 bc	2.20 bc
AR1	40.60 c	7.40 c	32.20 ab	0.00 c
AJ 34	39.60 c	7.40 c	33.20 ab	0.00 c
AJ14	39.00 c	7.20 c	32.20 ab	0.00 c
LPK1-9	87.00 b	11.60 b	31.20 bc	15.20 b
KJKB 5.4	40.60 c	6.60 c	31.60 bc	0.00 c
LMTSA 5.4	47.00 c	7.20 c	33.20 ab	0.00 c

*Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut uji LSD pada taraf 5%.

(*The numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the LSD test at the 5% level).



Gambar 4 Tinggi tanaman mentimun pada 45 hari setelah tanam setelah aplikasi *plant growth-promoting bacteria*. K+, kontrol positif; K-, kontrol negatif; a, *Pseudomonas fluorescens* LPK-19; b, *Bacillus cereus* AJ 34; c, asam salisilat; d, *Stenotrophomonas pavanii* KJKB 5.4; e, *Stenotrophomonas maltophilia* LMTSA 5.4; f, *Serratia marsescens* AR1; dan g, *Alcaligenes faecalis* AJ14.

(Figure 4 Cucumber plant height at 45 days after planting after application of plant growth-promoting bacteria. K+, positive control; K-, negative control; a, *Pseudomonas fluorescens* LPK-19; b, *Bacillus cereus* AJ 34; c, salicylic acid; d, *Stenotrophomonas pavanii* KJKB 5.4; e, *Stenotrophomonas maltophilia* LMTSA 5.4; f, *Serratia marsescens* AR1; and g, *Alcaligenes faecalis* AJ14).

perlakuan *S. pavanii* KJKB 5.4 dan asam salisilat. Perlakuan PGPB juga berpengaruh nyata terhadap berat buah (Tabel 4). Berat buah paling tinggi diperoleh pada tanaman dengan perlakuan kontrol positif (107.60 g). Berat buah pada tanaman dengan perlakuan *P. fluorescens* LPK1-9 sebesar 15.20 g tidak berbeda nyata dengan perlakuan asam salisilat.

PEMBAHASAN

Perlakuan PGPB pada benih menunjukkan tidak semua bakteri mampu menekan perkembangan gejala penyakit pada tanaman mentimun. Bakteri *P. fluorescens* LPK1-9 memiliki potensi untuk menekan perkembangan infeksi CMV pada tanaman mentimun. Hal tersebut dibuktikan dengan terjadinya penundaan masa inkubasi dan persentase keparahan penyakit CMV bila dibandingkan perlakuan kontrol maupun asam salisilat. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Wahyuni *et al.* (2006), bahwa *P. putida* Pf-20 mampu menekan keparahan penyakit mosaik oleh infeksi CMV pada tanaman mentimun sebesar 11.58%. Giyanto *et al.* (2019) melaporkan *P. fluorescens* mampu menekan

perkembangan penyakit mosaik pada tanaman cucurbitaceae sebesar 42.5%. Megahed *et al.* (2013) melaporkan bahwa aplikasi *P. fluorescens* isolat 2 dan isolat 8 mampu menurunkan persentase infeksi CMV pada tanaman mentimun sebesar 41.5% dan 16.6%.

Selain mampu menekan penyakit, bakteri *P. fluorescens* LPK1-9 merupakan bakteri terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun bila dibandingkan dengan isolat PGPB lainnya maupun perlakuan asam salisilat. Namun jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol positif, bakteri *P. fluorescens* LPK1-9 masih tergolong rendah dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun. Hal ini diduga karena virus mosaik telah mengganggu proses metabolisme tanaman mentimun secara sistemik, sehingga memengaruhi pertumbuhan tanaman dan proses penyembuhan tidak dapat berlangsung. Menurut Taufik *et al.* (2005), proses metabolisme tanaman akan mengalami gangguan setelah terinfeksi oleh virus secara sistemik. Partikel virus bergerak ke jaringan yang sehat melalui plasmodesmata dan masuk ke jaringan pembuluh floem, dan kemudian menyebar ke seluruh bagian tanaman bersama dengan

peredaran hasil fotosintat yang akan memengaruhi proses pembentukan bunga dan buah. Menurut Agrios (2005) infeksi virus sulit untuk dikendalikan karena bersifat sistemik. Virus dapat menyebar keseluruh bagian tumbuhan menuju titik tumbuh seperti meristem apikal, atau bagian lain yang digunakan tanaman untuk menyimpan cadangan makanan. Priwiratama dan Hidayat (2012) melaporkan bahwa tidak semua bakteri pemacu pertumbuhan tanaman seperti *B. polymixa* BG25, *B. subtilis* SB3, *P. fluorescens* PG01, dan *P. fluorescens* ES32 mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai yang bergejala kuning keriting. Efisiensi aplikasi PGPB dapat ditingkatkan melalui berbagai cara, misalnya dengan memperbaiki formulasi dan cara aplikasi bakteri.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahma *et al.* (2014) menunjukkan bahwa *A. faecalis* AJ14, *B. cereus* AJ 34, dan *S. marsecens* AR1 mampu menekan perkembangan penyakit layu stewart dan meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Dilaporkan juga bahwa *S. pavanii* KJKB 5.4, dan *S. maltophilia* LMTSA 5.4 mampu menekan perkembangan penyakit hawar daun pada tanaman padi, meningkatkan pertumbuhan benih padi, dan memiliki karakter meningkatkan pertumbuhan tanaman sebagai bakteri pelarut fosfat dan penghasil fitohormon IAA (Rahma *et al.* 2019). Akan tetapi pada penelitian aplikasi bakteri-bakteri yang sama tersebut terhadap infeksi CMV ternyata tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun yang telah terinfeksi CMV. Keberhasilan PGPB menekan suatu penyakit sangat berkaitan dengan sifat infeksi patogen, yaitu infeksi yang bersifat lokal atau sistemik.

Hasil penelitian ini menunjukkan *P. fluorescens* LPK1-9 merupakan bakteri terbaik dalam memperlambat masa inkubasi, dan menekan keparahan penyakit mosaik yang disebabkan oleh CMV pada tanaman mentimun. Belum ada isolat bakteri yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi tanaman telah terinfeksi CMV. Oleh karena itu diperlukan kajian lebih lanjut dalam keefektifan PGPB yang digunakan, misalnya dengan memperbaiki cara aplikasi PGPB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi Sesuai Kontrak Penelitian Nomor 115/E5/PG.02.00.PL/2023 tahun anggaran 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajjiah N, Fiodor A, Pandey AK, Rana A, Pranaw K. 2023. Plant growth-promoting bacteria (PGPB) with biofilm-forming ability: a multifaceted agent for sustainable agriculture. *Diversity* 15(1):112. DOI: <https://doi.org/10.3390/d15010112>.
- Anikina I, Kamarova A, Issayeva K, Issakhanova S, Mustafayeva N, Insebayeva M, Mukhamedzhanova A, Khan SM, Ahmad Z, Lho LH, Han H, Raposo A. 2023. Plant protection from virus: a review of different approaches. *Frontiers in Plant Science*. 14:1163270. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1163270>.
- A'yun KQ, Hadiastono T, Martususiro M. 2013. Pengaruh penggunaan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) terhadap intensitas *Tobacco mosaic virus* (TMV) pertumbuhan, dan produksi pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Hama Penyakit Tumbuhan*. 1(1):48.
- Abrahamian PE, Abou-Jawdah Y. 2014. Whitefly-transmitted criniviruses of cucurbits: current status and future prospects. *VirusDisease*. 25(1):26–38. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13337-013-0173-9>.
- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology*. Ed Ke-5. Burlington (MA): Elsevier Academic Press.
- Agustin, Dyah A, A'yun EQ, Marsya TI, Kusuma RR. 2020. Potensi plant growth promoting bacteria (PGPB) sebagai pemacu ketahanan tanaman padi terhadap hawar malai padi. *Journal of Agricultural Science*. 6(2):96–105. DOI: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jpt.2021.006.2.1>.

- Babadoost M. 2012. A viral disease of cucurbits. *Report on Plant University of Extension*. 926:1–3.
- Elango R, Parthasarathi R, Megala S. 2013. Field level studies on the associa growth promoting rhizobacteria (PGPR) in *Gloriosa superba* L. rhizosphere. *Indian Streams Research Journal*. 3(10):1–6.
- Farida N, Damayanti TA, Efendi D, Hidayat SH. 2022. Insidensi dan identifikasi molekuler *Papaya ringspot virus* pada pepaya di Jawa. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 18(1):43–51. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.18.1.43-51>.
- Fidan H, Koç G. 2019. Occurrence, ecology and phylogeny of banana streak badnavirus (BSV) and cucumber mosaic cucumovirus (CMV) in *Musa* sp. production areas of the Mediterranean coastline of Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(3):5935–5951. DOI: https://doi.org/10.15666/aeer/1703_59355951.
- Figueiredo MdVB, Seldin L, de Araujo FF, Mariano RdLR. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications. Di dalam: Maheshwari D, editor. *Plant Growth and Health Promoting Bacteria*. Microbiology monographs 18. Berlin (DE): Springer. hlm 21–43.
- Giyanto, Purnamawati I, Damayanti TA. 2019. Potensi bakteri agens hayati untuk menekan infeksi *Cucumber mosaic virus* (CMV) pada melon (*Cucumis melo* L.). *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*. 12(2):87–93. DOI: <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v12i2.5834>.
- Hidayat SH, Nurulita S, Wiyono S. 2012. Temuan penyakit baru infeksi *Papaya ringspot virus* pada tanaman pepaya di Nanggroe Aceh Darussalam. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 8(6):184–187. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.8.6.184>.
- Koenraad HMS, Remeeus PM. 2010. Detection of *Squash mosaic virus*, *Cucumber green mottle mosaic virus*, and *Melon necrotic spot virus* in cucurbits. Bassersdorf (CH): International Seed Testing Association.
- Kumar S, Chauhan PS, Agrawal L, Raj R, Srivastava A, Gupta S, Mishra SK, Yadav S, Singh PC, Raj SK, Nautiyal CS. 2016 *Paenibacillus lentimorbus* inoculation enhances tobacco growth and extenuates the virulence of *Cucumber mosaic virus*. *PLoS ONE*. 11(3):e0149980. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149980>.
- Lecoq H, Desbiez C. 2012. Viruses of cucurbit crops in the Mediterranean region: an ever-changing picture. *Advances in Virus Research*. 84:67–126. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394314-9.00003-8>.
- Listihani, Darmayanti TA, Hidayat SH, Wiyono S. 2018. Karakterisasi molekuler *Papaya ringspot virus* tipe P pada tanaman mentimun di Jawa. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 14(3):75–82. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.14.3.75>.
- Megahed AA, Lashin SM, El-DougDoug KA, Othman BA, Ibrahim MA. 2013. Potential of biotic inducers on disease severity and variation of *Cucumber mosaic cucumovirus* in cucumber plants. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 46(2):193–200. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2012.736280>.
- Mochizuki T, Ohki ST. 2012. *Cucumber mosaic virus*: viral genes as virulence determinants. *Molecular Plant Pathology* 13(3):217–225. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00749.x>.
- Mochizuki T, Yamazaki R, Wada T, Ohki ST. 2014. Coat protein mutations in an attenuated *Cucumber mosaic virus* Encoding mutant 2b protein that lacks RNA silencing suppressor activity induces chlorosis with photosynthesis gene repression and chloroplast abnormalities in infected tobacco plants. *Virology*. 456–457:292–299. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2014.04.010>.
- Nordam D. 1973. Identification of Plant Viruses, Methods and Experiment. Wageningen (DE): Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- Ntui VO, Kong K, Azadi P, Khan RS, Chin DP, Igawa T, Mii M, Nakamura I. 2014. RNAi-mediated resistance to *Cucumber mosaic virus* (CMV) in genetically engineered tomato. *American Journal*

- of Plant Sciences 5(5):554572. DOI: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20143125537>
- Perotto MC, Pozzi EA, Celli MG, Luciani CE, Mitidieri MS, Conci VC. 2018. Identification and characterization of a new potyvirus infecting cucurbits. *Archives of Virology*. 163:719–724. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-017-3660-2>.
- Priwiratama H, Hidayat SH. 2012. Pengaruh empat galur bakteri pemacu pertumbuhan tanaman dan waktu inokulasi virus terhadap keparahan penyakit daun keriting kuning cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 8(1):1–8. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.8.1.1>.
- Rahma H, Zainal A, Sinaga MS, Surahman M, Giyanto. 2014. Potensi bakteri endofit dalam menekan penyakit layu Stewart (*Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*) pada Tanaman Jagung. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 14(2): 121–127. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.214121-127>.
- Rahma H, Nurbailis, Kristina N. 2019. Characterization and potential of plant growth promoting rhizobacteria on rice seedling growth and the effect on *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Jurnal Biodiversitas*. 20(12):3655–3661. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d201226>.
- Reddy PP. 2010. *Bacterial Viral Disease and Their Management in Horticultural Crops*. Bangalore (IN): Scientific Publishers.
- Ridho MA, Fadli, Martinius, Liswarni Y, Najmi L, Trisno J. 2023. Kejadian pertama infeksi *Zucchini yellow mosaic virus* pada tanaman mentimun di Padang, Sumatera Barat. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 19(5):183–187. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.19.5.183-187>.
- Sharma S, Gümüş, M. 2023. Biological and molecular detection of *Cucumber mosaic virus* (CMV) isolates obtained from Izmir. *Akademik Ziraat Dergisi*. 12(2): 199–210. DOI: <https://doi.org/10.29278/azd.1318370>.
- Shehata WF, Iqbal Z, Abdelbaset TE, Saker KI, El Shorbagy AE, Soliman AM, Sattar MN, El-Ganainy SM. 2023. Identification of a *Cucumber mosaic virus* from *Cucurbita pepo* on new reclamation land in Egypt and the changes induced in pumpkin plants. *Sustainability*. 15(12):9751. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15129751>.
- Sivan A, Chet I. 1986. Biological control of *Fusarium* spp. in cotton wheat and muskmelon by *Trichoderma harzianum*. *Journal of Phytopathology*. 116(1):39–47. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1986.tb00892.x>.
- Sutrawati M, Sipriyadi S, Sihotang YKS, Hutasoit CM, Parwito P, Aulia E. 2021. Tomato Leaf Curl New Delhi Virus Associated with Yellow Mosaic Disease of Cucumber (*Cucumis sativus*) in Bengkulu, Indonesia. Di dalam: *Proceedings of the 7th International Conference on Biological Science. Series: Advances in Biological Sciences Research Vol 22*; 2021 Okt 14-15; Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada. hlm 1-4.
- Taufik M, Astuti AP, Hidayat SH. 2005. Survei infeksi *Cucumber mosaic virus* dan *Chilli veinal mottle virus* pada tanaman cabai dan seleksi ketahanan beberapa kultivar cabai. *Jurnal Agrikultura* 16:146–152.
- Trisno J, Habazar T, Jamsari, Hidayat SH. 2013. Penapisan kemampuan isolat rizobakteri indigenus dalam meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit virus daun kuning keriting. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan Bidang Ilmu Pertanian BKS Wilayah Barat*; 2013 Mar 14-20; Pontianak (ID). hlm 889–902.
- Yanti Y, Resti Z. 2010. Induksi ketahanan tanaman bawang merah dengan bakteri rhizoplan indigenos terhadap penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv *allii*). Di dalam: Soesanto L, Mugiastuti E, Rahayuniati RF, Manan A, editor. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan OPT Ramah Lingkungan*; 2010 Nov 10-11; Purwokerto (ID). hlm 235–241.
- Yanti Y, Habazar T, Resti Z, Suhailita D. 2013. Penapisan isolat rizobakteri dari perakaran

- tanaman kedelai yang sehat untuk pengendalian penyakit pustul bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*). Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika. 13(1):24–34. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11324-34>.
- Wahyuni WS, Addy HS, Arman B, Setyowati TC. 2006. Sinergisme *Lumbricus rubellus* dengan *Pseudomonas putida* Pf-20 dalam menginduksi ketahanan mentimun terhadap *Cucumber mosaic virus*. Hayati. 13(3):95–100. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1978-3019\(16\)30300-X](https://doi.org/10.1016/S1978-3019(16)30300-X).
- Wan NF, Fu L, Dainese M, Kiær LP, Hu YQ, Xin F, Goulson D, Woodcock BA, Vanbergen AJ, Spurgeon DJ, Shen S, Scherber C. 2025. Pesticides have negative effects on non-target organisms. Nature Communications. 16:1360. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56732-x>.
- Zitter TA, Murphy JF. 2009. Cucumber Mosaic Virus. The Plant Health Instructor. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2009-0518-01>.
- Zhou Y, Bai Y. 2025. The functional mechanisms, screening methods, and agricultural application potential of plant growth-promoting bacteria. Geographical Research Bulletin. 4(20):158–174. DOI: https://doi.org/10.50908/grb.4.0_158.