

Potensi Konsorsium Rizobakteri untuk Pengendalian Penyakit Bercak Daun Bersudut (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*) serta Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.)

Yolanda Sufia, Haliatur Rahma*, dan Zurai Resti

Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang 25163,
Sumatera Barat, Indonesia

*Alamat korespondensi: haliaturrahma@agr.unand.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima: 23-10-2025

Direvisi: 23-05-2026

Dipublikasi: 09-06-2026

Keywords:
Antimicrobial activity,
Biocontrol agents,
Disease suppression
efficacy, Induction of
systemic resistance,
Microbe-plant
interactions

Kata Kunci:
Agens biokontrol,
Aktivitas antimikroba,
Efikasi penekanan
penyakit, Induksi
ketahanan sistemik,
Interaksi mikroba-
tanaman

ABSTRACT/ABSTRAK

Potential of rhizobacteria consortium for controlling angular leaf spot disease (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*) and increasing growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.)

Pseudomonas syringae pv. *lachrymans* (*Psl*) is a pathogenic bacterium that causes angular leaf spot disease in cucumber (*Cucumis sativus* L.), leading to significant yield losses. Biological control using rhizobacterial consortia offers an environmentally friendly alternative to chemical methods. This study aimed to identify the most effective rhizobacterial consortium for suppressing angular leaf spot disease and promoting cucumber growth and yield. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with seven treatments: six of rhizobacteria consortia (RKKL 1.2 + RKKL 1.3), (RKKL 1.2 + RKPAL 1.2), (RKKL 1.2 + RPKKL 1.1), (RKKL 1.3 + RPKKL 1.1), (RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1), (RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1), and control. Cucumber seeds were soaked for 15 minutes in a rhizobacterial suspension (10^8 cells/ml) before planting. Pathogen inoculation was carried out 15 days after planting. Observations included disease development (incubation period, incidence, and severity), plant growth (height, leaf number, and first flowering), and yield (fruit weight). Results showed that all rhizobacterial consortia reduced disease severity and improved plant performance compared to controls. The best treatment, consortium RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1, reduced disease severity to 3.15%, achieving a suppression efficacy of 71.95%, increased plant height to 157.22 cm (15.69% higher than control), and enhanced fruit weight to 411.55 g (164.95% increase). These findings demonstrate the potential of rhizobacterial consortia as biocontrol agents and plant growth promoters for sustainable cucumber production.

Pseudomonas syringae pv. *lachrymans* (*Psl*) merupakan bakteri patogen penyebab penyakit bercak daun bersudut pada mentimun (*Cucumis sativus* L.) yang dapat menurunkan produksi secara signifikan. Salah satu alternatif pengendalian ramah lingkungan adalah melalui penggunaan konsorsium rizobakteri. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konsorsium rizobakteri terbaik dalam menekan perkembangan penyakit bercak daun bersudut serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tujuh perlakuan, terdiri atas enam perlakuan konsorsium rizobakteri dan kontrol. Kontrol digunakan sebagai pembanding baik untuk parameter penyakit (tanpa konsorsium, diinokulasi patogen) maupun pertumbuhan tanaman (tanpa konsorsium dan tanpa inokulasi patogen), masing-masing dengan tiga ulangan

dan tiga unit percobaan. Perlakuan terdiri atas konsorsium (RKKL 1.2 + RKKL 1.3), (RKKL 1.2 + RKPAL 1.2), (RKKL 1.2 + RPKKL 1.1), (RKKL 1.3 + RPKKL 1.1), (RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1), serta (RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1). Benih mentimun direndam dalam suspensi konsorsium rizobakteri berkepadatan 10^8 sel/ml selama 15 menit sebelum tanam. Inokulasi patogen *PsI* dilakukan pada tanaman berumur 15 hari setelah tanam dengan kepadatan 10^8 sel/ml. Parameter yang diamati meliputi perkembangan penyakit (masa inkubasi, kejadian, dan keparahan penyakit), pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun, dan waktu muncul bunga pertama), serta hasil tanaman (bobot buah). Hasil penelitian menunjukkan seluruh konsorsium rizobakteri mampu menekan perkembangan penyakit dan meningkatkan pertumbuhan serta hasil mentimun. Konsorsium RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1 merupakan perlakuan terbaik dengan keparahan penyakit 3,15% dengan tingkat hambatan relatif penyakit 71,95%, tinggi tanaman 157,22 cm (peningkatan 15,69%), dan bobot buah 411,55 g (peningkatan 164,95%). Temuan ini menunjukkan bahwa konsorsium rizobakteri memiliki potensi sebagai agen biokontrol, meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun secara berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.) merupakan komoditas hortikultura yang umum dikonsumsi oleh masyarakat karena mengandung sumber gizi, vitamin dan mineral yang penting bagi tubuh selain itu juga digunakan sebagai bahan baku industri kosmetik dan farmasi. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, permintaan terhadap komoditas ini diperkirakan terus meningkat, baik sebagai bahan pangan maupun untuk bahan baku industri (Oktaviana dkk. 2016). Produktivitas tanaman mentimun di Indonesia pada tahun 2022-2024 berturut-turut yaitu 10,73 ton/ha, 10,25 ton/ha dan 10,41 ton/ha (BPS, 2025a). Sedangkan produktivitas tanaman mentimun di Sumatera Barat tahun 2022-2024 berturut-turut yaitu 11,61 ton/ha, 11,14 ton/ha dan 11,41 ton/ha (BPS, 2025b). Namun, produktivitas tanaman mentimun masih tergolong rendah dibanding produktivitas optimum yang dapat mencapai 20 ton/ha (Kurniasari dkk. 2023).

Salah satu penyebab rendahnya produktivitas tanaman mentimun adalah infeksi pathogen, bakteri *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* (*PsI*) merupakan pathogen penyebab penyakit bercak daun bersudut (Hossain *et al.* 2017), penyakit ini dapat menyebabkan penurunan produksi tanaman mentimun berkisar antara 30-40% (Aksoy, 2006). Gejala awal penyakit bercak daun bersudut berupa adanya bercak kebasahan seperti (*water soaked*) akibat adanya eksudat berupa cairan di bawah

permukaan daun. Selanjutnya bercak berubah warna dari abu-abu ke coklat muda membentuk bercak nekrotik yang kemudian berkembang menjadi bercak daun bersudut yang dibatasi oleh tulang daun dan akhirnya daun tanaman gugur (Bhat *et al.* 2010).

Upaya pengendalian penyakit bercak daun bersudut yang telah dilakukan yaitu dengan menggunakan benih yang bebas dari patogen, pengendalian secara fisik, mekanis, dan penggunaan pestisida kimia (Akbaba & Ozaktan, 2018). Penggunaan pestisida kimia secara intensif dapat memicu resistensi patogen, pencemaran terhadap lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian alternatif yang ramah lingkungan yaitu dengan penggunaan rizobakteri (Akkopru & Ozaktan, 2018; Akbaba & Ozaktan, 2018).

Rizobakteri merupakan bakteri yang hidup di daerah rizosfer tanaman (Backer *et al.*, 2018), dan rizobakteri yang memiliki efek menguntungkan pada tanaman disebut sebagai rizobakteri peningkat pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria/PGPR*) (Danish *et al.*, 2020). Rhizobakteri berinteraksi dengan tanaman dengan berbagai mekanisme baik langsung maupun tidak langsung. Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan peningkatan alami pertumbuhan tanaman di lahan pertanian dengan menerapkan rizobakteri peningkat pertumbuhan tanaman. Mekanisme peningkatan pertumbuhan tanaman oleh rizobakteri meliputi penyesuaian metabolisme, penyesuaian kadar fitohormon, produksi

ekspolisakarida, kolonisasi akar, dan peningkatan ketersediaan nutrisi (Ismail *et al.*, 2021; Khan *et al.*, 2021), seperti kemampuan melarutkan fosfat dan fiksasi nitrogen (Zarandi *et al.*, 2022). Rizobakteri secara tidak langsung meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menginduksi resistensi tanaman terhadap berbagai stres biotik dan abiotik, seperti serangan patogen, dengan menggunakan mekanisme seperti produksi antibiotik, induksi resistensi sistemik, kompetensi rizosfer, dan produksi senyawa antimikroba untuk biokontrol (Mustafa *et al.*, 2019).

Penggunaan rizobakteri tidak hanya dilakukan secara tunggal, namun dapat dilakukan dengan menggabungkan beberapa bakteri membentuk konsorsium. Konsorsium merupakan gabungan beberapa bakteri kompatibel dan bekerja sama dalam menekan patogen tanaman (Chepserson & Moleleki, 2023). Dengan adanya penggabungan bakteri pada konsorsium, maka mekanisme pengendalian menjadi lebih efektif dalam mengendalikan penyakit tanaman (Kurmindla & Jagadeesh, 2016; Zhang *et al.*, 2019).

Potensi konsorsium rizobakteri dalam mengendalikan penyakit dan pertumbuhan tanaman dilaporkan oleh Resti dkk. (2018) bahwa konsorsium bakteri (*Bacillus* sp. SJI, dan *Serratia marcescens* isolat JB1E3), dan konsorsium bakteri (*Bacillus* sp. SJI, *Bacillus* sp. HI dan *S. marcescens* isolat JB1E3) mampu menekan perkembangan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) dan meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman cabai sebesar 38,38% serta menambah jumlah daun hingga 70%. Selanjutnya Rahma *et al.* (2023) melaporkan bahwa konsorsium rizobakteri *Stenotrophomonas pavanii* KJKB 5.4 dan *Stenotrophomonas malthophilia* LTMSA 5.4 mampu menekan perkembangan penyakit hawar daun bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* pada tanaman padi dengan intensitas serangan 41,15% dan tingkat hambat relative sebesar 52,04%. Konsorsium *Bacillus cereus* AJ 3.4, *S. pavanii* KJKB 5.4 dan *S. malthophilia* LTMSA 5.4 memberikan pengaruh terhadap panjang akar dengan persentase peningkatan sebesar 41,41%.

Nasri (2024) melaporkan diperoleh enam isolat rizobakteri dari rizosfer tanaman mentimun yang

mampu menekan perkembangan penyakit bercak daun bersudut dan meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun. Empat isolat dengan kode isolat RKKL 1.2, RKKL 1.3, RPKKL 1.1, dan RKPAL 1.2 menunjukkan tingkat hambat relatif penyakit bercak daun bersudut berkisar 28,62%-64,31% dan meningkatkan bobot buah mentimun 26,09-70,20%. Rizobakteri tersebut memiliki kemampuan menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA), protease, *Hydrogen Cyanide* (HCN), siderofor dan mampu melarutkan fosfat. Belum ada laporan penggunaan isolat rizobakteri ini dalam bentuk konsorsium untuk pengendalian penyakit bercak bersudut pada tanaman mentimun. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsorsium rizobakteri terbaik dalam mengendalikan penyakit bercak daun bersudut serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret-Juli 2025 di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Proteksi Tanaman dan Kebun Percobaan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang. Kegiatan di Laboratorium meliputi persiapan inokulum patogen dan perbanyakan isolat rizobakteri, sedangkan pengujian efektivitas perlakuan terhadap penyakit dan pertumbuhan tanaman dilakukan di Kebun Percobaan

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 7 perlakuan dengan 3 kali ulangan masing-masing perlakuan terdiri atas 3 unit percobaan. Konsorsium rizobakteri yang digunakan merupakan gabungan dari beberapa isolat rizobakteri yang ada pada Tabel 1. Perlakuan konsorsium rizobakteri yang digunakan dan telah di uji kompatibilitasnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kode dan asal isolat rizobakteri untuk membuat konsorsium

No.	Kode Isolat	Asal Isolat
1	RKKL 1.2	Rizosfer mentimun Kec. Kuranji
2	RKKL 1.3	Rizosfer mentimun Kec. Kuranji
3	RKPAL 1.2	Rizosfer mentimun Kec. Kuranji
4	RPKKL 1.1	Rizosfer mentimun Kec. Pauh

Sumber: (Nasri, 2024)

Tabel 2. Perlakuan konsorsium rizobakteri yang digunakan dalam penelitian

Perlakuan	Konsorsium Rizobakteri
A	RKKL 1.2 + RKKL 1.3, inokulasi patogen <i>Psl</i>
B	RKKL 1.2 + RKPAL 1.2, inokulasi patogen <i>Psl</i>
C	RKKL 1.2 + RPKKL 1.1, inokulasi patogen <i>Psl</i>
D	RKKL 1.3 + RPKKL 1.1, inokulasi patogen <i>PslPsl</i>
E	RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1, inokulasi patogen <i>Psl</i>
F	RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1, inokulasi patogen <i>Psl</i>
G	Kontrol (-)/kontrol (+)

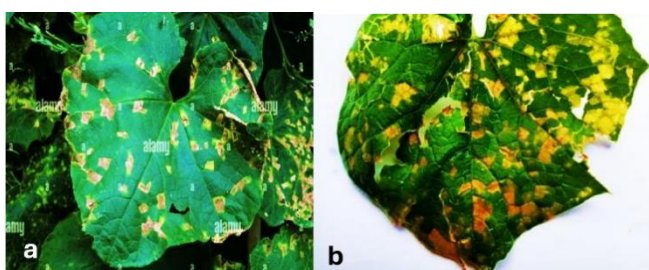
Keterangan: Kontrol (-) digunakan sebagai pembanding untuk perkembangan penyakit, diinokulasikan dengan bakteri *Psl* tanpa perlakuan konsorsium rizobakteri. Kontrol (+) digunakan sebagai pembanding untuk pertumbuhan tanaman mentimun, tanpa perlakuan konsorsium dan tidak diinokulasikan dengan bakteri *Psl*.

Pengambilan Sampel Tanaman Bergejala Bercak Daun Bersudut dan Isolasi Patogen

Sampel tanaman mentimun bergejala bercak daun bersudut diambil di Jorong Balimbing, Kecamatan Rambatan, Kabupaten Tanah Datar. Sampel daun tanaman mentimun (Gambar 1) dimasukkan ke amplop kertas dan diberi label, kemudian dibawa ke laboratorium.

Isolasi bakteri *Psl* dilakukan menggunakan metode Hossain *et al.* (2017) sampel berupa daun yang bergejala bercak diambil pada area trasisi antara jaringan sehat dan jaringan sakit. Daun dipotong berukuran 1 x 1 cm², kemudian sebanyak 1 g digunakan untuk isolasi bakteri. Selanjutnya potongan daun disterilisasi permukaan dengan dicelupkan pada NaOCl 2% selama 1 menit kemudian dibilas menggunakan akuades steril sebanyak 3 kali, masing-masing selama 1 menit dan dikeringanginkan

di atas tisu. Sampel kemudian dimaserasi menggunakan lumpang dan alu porselen steril, lalu ditambahkan 1 ml akuades steril. Selanjutnya 1 ml suspensi sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml akuades steril kemudian dihomogenkan dengan *vortex*. Suspensi bakteri diencerkan secara berseri hingga 10⁻⁴, suspensi bakteri pada pengenceran 10⁻⁴ diambil 1 ml lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml media *King's B* Agar temperature 45°C, kemudian dihomogenkan dengan menggunakan *vortex*, selanjutnya di tuang ke dalam petridish, diratakan menggunakan *spreader* lalu diinkubasi selama 2x24 jam pada suhu ruang. Koloni *Psl* memiliki warna koloni putih krim, bentuk koloni bulat, tepi koloni rata, dan elevasi cembung (Gambar 2).



Gambar 1. Gejala penyakit bercak daun bersudut pada daun mentimun (a) Gejala bercak daun bersudut (Cattlin, 2010), dan (b) Gejala bercak daun bersudut di Kecamatan Rambatan, Kabupaten Tanah Datar.



Gambar 2. Morfologi koloni *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* pada media *King's B* umur 2x24 jam, bentuk koloni tunggal bulat dan berwarna putih krim.

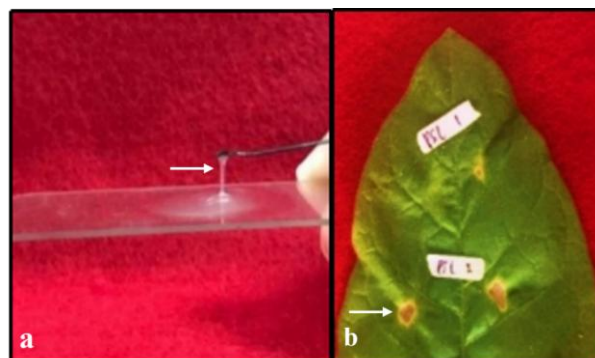
Uji Gram bakteri Patogen

Uji Gram dilakukan menggunakan metode Schaad *et al.* (2001), diambil satu koloni tunggal bakteri *PsI* yang telah berumur 2x24 jam diletakkan di atas kaca objek dan diberi satu tetes larutan KOH 3%, lalu dihomogenkan dengan jarum ose, Suspensi bakteri yang terbentuk menunjukkan tekstur kental menyerupai lendir (*string formation*) ketika jarum ose diangkat. Hasil ini menunjukkan bahwa bakteri *PsI* tergolong Gram negatif (Gambar 3a).

Uji Reaksi Hipersensitif

Uji Reaksi hipersensitif dilakukan berdasarkan metode Klement *et al.* (1990), suspensi bakteri *PsI*

terlebih dahulu dibandingkan tingkat kekeruhannya dengan larutan Mc. Farland skala 8 (setara dengan populasi populasi 10^8 sel/ml. Suspensi bakteri *PsI* kemudian diinfiltrasikan dengan menggunakan spuit 1 ml pada permukaan bawah daun tembakau yang sehat. Selanjutnya daun tembakau yang telah diinokulasi disungkup menggunakan plastik bening dan diinkubasi selama 2x24 jam. Daun tembakau yang telah diinokulasi bakteri *PsI* menunjukkan gejala nekrotik setelah 2x24 jam, hal ini mengindikasikan bahwa bakteri *PsI* tergolong patogen tanaman. Hasil uji reaksi hipersensitif dapat dilihat pada Gambar 3b.



Gambar 3. (a) Koloni bakteri *PsI* terbentuk lendir setelah dihomogenkan dengan KOH 3% (Gram negatif), dan (b) Gejala nekrotik pada daun tembakau setelah diinokulasi bakteri *PsI* dalam waktu 2x24 jam.

Uji patogenesisitas

Uji patogenesisitas *PsI* dilakukan menggunakan metode Shila *et al.* (2013), pada tanaman mentimun sehat varietas Padang yang berumur 15 hari setelah tanam (HST). Suspensi bakteri *PsI* dalam media Nutrient Broth yang berumur 24 jam (kepadatan populasi 10^8 sel/ml) di inokulasikan dengan cara dioleskan menggunakan kapas steril pada daun mentimun yang telah dilukai menggunakan jarum steril. Daun yang telah diinokulasi disungkup dengan menggunakan plastik bening selama dua hari untuk menjaga kelembaban. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai muncul gejala *water soaking* hingga menjadi nekrotik pada daun tanaman mentimun (Shila *et al.*, 2013).

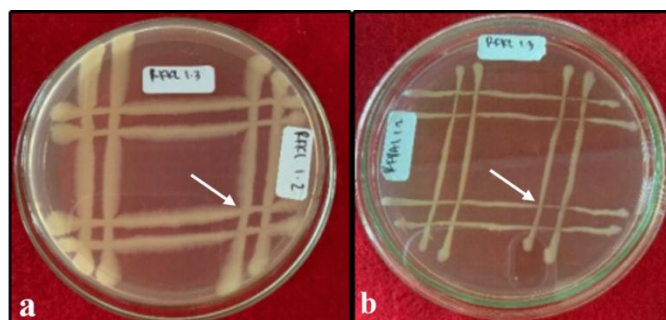
Persiapan isolat rizobakteri

Isolat rizobakteri koleksi Laboratorium Mikrobiologi, diremajakan dengan menggunakan metode gores kuadran di cawan petri berisi media NA, selanjutnya diinkubasi selama 2x24 jam. Isolat bakteri yang telah murni, selanjutnya diperbanyak untuk dilakukan uji Gram dan uji reaksi hipersensitif

(HR) dan uji kompatibilitas antar isolat untuk membentuk konsorsium.

Uji kompatibilitas rizobakteri

Uji kompatibilitas bertujuan untuk mengetahui sinergisme antar isolat bakteri sehingga dapat digabungkan antar isolat yang kompatibel (Edy, 2011). Uji kompatibilitas rizobakteri dilakukan menggunakan metode James & Mathew (2017), dengan metode goresan silang (*cross streak method*). Isolat rizobakteri yang berbeda digores secara vertikal dan horizontal pada media NA di dalam cawan petri. Kemudian kultur bakteri diinkubasi selama 2x24 jam pada suhu ruang, dan diamati zona hambat pada goresan antar isolat bakteri secara vertikal dan horizontal. Isolat bakteri yang kompatibel ditunjukkan dengan tidak terbentuknya zona hambatan dan isolat bakteri yang tidak kompatibel ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambatan. Konsorsium rizobakteri yang digunakan merupakan konsorsium rizobakteri yang kompatibel. Hasil uji kompatibilitas dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Uji kompatibilitas rizobakteri pada media NA setelah 2x24 jam. (a) Konsorsium rizobakteri yang kompatibel (pertumbuhan rizobakteri tidak terhambat pada garis perpotongan) dan (b) Konsorsium rizobakteri yang inkompatibel (pertumbuhan rizobakteri terhambat pada garis perpotongan).

Potensi Konsorsium Rizobakteri untuk Pengendalian Penyakit Bercak Daun Bersudut pada Tanaman Mentimun

Media tanam yang digunakan yaitu campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan (2:1 v/v), disterilisasi dengan metode Tyndalisasi pada suhu 100°C selama 1 jam dan diulang sebanyak 3 kali berturut-turut dengan interval waktu 24 jam (Resti dkk., 2018). Perbanyak konsorsium rizobakteri dilakukan dengan 2 tahap. Tahap pertama adalah persiapan rizobakteri pada media cair yaitu (1). *Pre-culture*, 1 koloni tunggal rizobakteri dimasukkan ke 25 ml media NB dalam botol kultur, dan diinkubasi di atas *rotary shaker* selama 1x24 jam dengan kecepatan 150 rpm. Selanjutnya pembuatan konsorsium rizobakteri dilakukan dengan mengambil masing-masing 1 ml *pre-culture* rizobakteri sesuai perlakuan dan dimasukkan ke tabung reaksi dihomogenkan dengan *vortex*. (2). *Main culture*, yaitu dengan mengambil masing-masing 1 ml suspensi *pre-culture* yang telah dikonsorsiumkan dimasukkan ke botol Schott yang berisi 99 ml media NB steril dan diinkubasi pada *rotary shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 2x24 jam pada suhu ruang. Konsorsium rizobakteri diaplikasikan dengan kerapatan populasi 10^8 sel/ml (Resti dkk., 2018).

Aplikasi konsorsium rizobakteri diawali dengan melakukan sterilisasi permukaan benih mentimun dalam NaOCl 2% selama 1 menit, kemudian dibilas menggunakan akuades steril sebanyak 3 kali, masing-masing selama 1 menit. Kemudian benih mentimun direndam dalam 50 ml suspensi konsorsium rizobakteri dengan kerapatan 10^8 sel/ml sesuai perlakuan selama 15 menit, dan dikeringanginkan selama 5 menit. Untuk kontrol, benih mentimun direndam dalam akuades steril selama 15 menit dikeringanginkan selama 5 menit

(Resti dkk., 2018). Benih ditanam sebanyak 3 biji per *polybag* dengan kedalaman kurang lebih 2 cm. Setelah bibit berumur satu minggu, diseleksi sehingga tinggal 1 bibit per *polybag*. Inokulasi patogen dilakukan menggunakan metode Shila *et al.* (2013), sama seperti uji patogenisitas yang telah dijelaskan sebelumnya.

Perkembangan penyakit

Kemampuan konsorsium rizobakteri dalam menghambat perkembangan penyakit diukur dengan menghitung masa inkubasi, kejadian penyakit serta keparahan penyakit. Masa inkubasi gejala bercak daun bersudut diamati mulai satu hari setelah inokulasi bakteri *PsI* sampai munculnya gejala awal penyakit bercak daun bersudut pada tanaman mentimun yang ditandai dengan adanya gejala *water soaking* (Bhat *et al.*, 2010). Kejadian penyakit diamati setelah gejala pertama muncul dengan interval 7 hari sampai umur 30 HST, dan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I = \frac{n}{N} \times (100)\%$$

Keterangan :

I : Kejadian penyakit

n : Jumlah tanaman terserang

N : Jumlah tanaman yang diamati

Keparahan penyakit diamati dan dihitung bersamaan dengan kejadian penyakit dengan interval 7 hari sampai umur 30 HST dan dihitung menggunakan rumus:

$$KP = \frac{\sum (n \times v)}{N \times V} \times (100)\%$$

Keterangan :

KP : Keparahhan Penyakit

- n : Jumlah daun tanaman pada setiap skoring
v : Nilai skala serangan penyakit tiap individu daun tanaman
N : Jumlah daun tanaman yang diamati
V : Nilai skala dari kategori serangan tertinggi

Persentase keparahan penyakit dihitung berdasarkan (Aksoy, 2006) seperti data pada Tabel 3.

Tabel 3. Skoring penyakit bercak daun bersudut pada mentimun (Aksoy, 2006)

Skala	Kerusakan
0	0% Tidak bergejala
1	<20% permukaan daun bergejala
2	20%-30% permukaan daun bergejala
3	30%-50% permukaan daun bergejala
4	≥50% daun bergejala bercak ditambah kematian daun

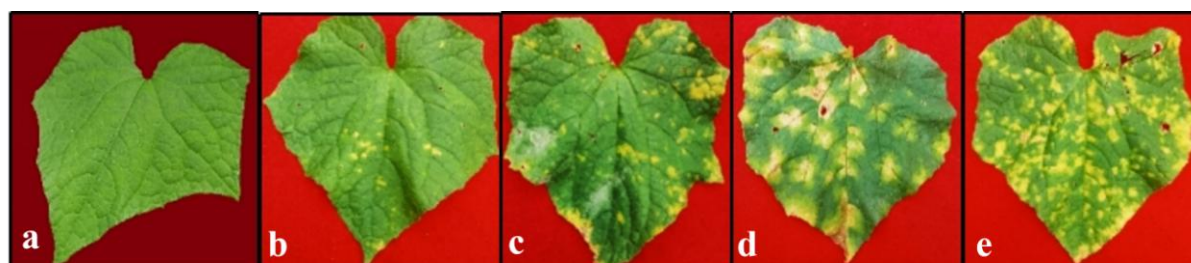
Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan untuk menentukan keparahan penyakit, didapatkan hasil dokumentasi berbagai gejala penyakit bercak daun bersudut dengan berbagai skala yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Efektivitas perlakuan konsorsium terhadap parameter pengamatan masa inkubasi, kejadian penyakit dan keparahan penyakit dihitung dengan menggunakan rumus (Sivan & Chet, 1986).

$$E = \frac{P - Kn}{Kn} \times (100)\%$$

Keterangan :

- E : Efektivitas
P : Perlakuan
Kn : Kontrol negative



Gambar 5. Skala penyakit bercak daun bersudut pada tanaman mentimun menurut Aksoy (2006). (a) Skala 0, (b) Skala 1, (c) Skala 2, (d) Skala 3, dan (e) Skala 4.

Pertumbuhan tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan setiap minggu dimulai dari minggu pertama penanaman dengan interval 7 hari hingga minggu keempat saat panen umur 30 HST. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan menggunakan meteran dan diukur dari permukaan ajir sampai dengan titik tumbuh batang utama. Pengamatan dihitung saat muncul bunga pertama pada tanaman sampel, pengamatan hanya dilakukan satu kali dan dinyatakan dalam satuan hari setelah tanam. Bobot buah dilakukan dengan menimbang berat buah pada masing-masing perlakuan yang selesai dipanen. Buah mentimun dipanen sebanyak 2 kali. Buah mentimun yang telah dipanen ditimbang menggunakan timbangan digital.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis menggunakan aplikasi Statistix 8 dengan Analysis of Variance (ANOVA), apabila data berbeda

nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut Least Significance Difference (LSD) pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh perlakuan konsorsium bakteri terhadap perkembangan penyakit bercak daun bersudut pada tanaman mentimun

Konsorsium rizobakteri mampu menekan perkembangan penyakit bercak daun bersudut pada tanaman mentimun. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 dimana seluruh konsorsium rizobakteri mampu memperpanjang masa inkubasi gejala penyakit bercak daun bersudut dan menunjukkan pengaruh berbeda nyata bila dibandingkan kontrol negatif. Masa inkubasi gejala penyakit bercak daun bersudut pada perlakuan konsorsium berkisar 7,55-0,99 hari setelah inokulasi (HSI), sedangkan pada kontrol 2,77 HSI, dengan persentase peningkatan masa inkubasi berkisar antara 172,56%-296,75%. Kondisi ini menunjukkan bahwa konsorsium rizobakteri mampu menekan kemunculan gejala

penyakit bercak bersudut. Konsorsium dengan kombinasi 3 bakteri menunjukkan kemampuan paling tinggi dalam menekan kemunculan gejala penyakit bila dibandingkan dengan konsorsium dengan 2 kombinasi bakteri. Yulistia dkk. (2024) melaporkan bahwa penundaan masa inkubasi pada tanaman menunjukkan bahwa tanaman lebih resisten terhadap patogen, dan gejala penyakit muncul lebih lambat sehingga keparahan penyakit menjadi lebih rendah.

Semua konsorsium rizobakteri tidak mampu menekan tingkat kejadian penyakit, namun secara signifikan mampu menekan tingkat keparahan penyakit bercak daun bersudut bila dibandingkan kontrol negatif. Konsorsium mempengaruhi tingkat keparahan penyakit bercak daun bersudut dengan kisaran 3,15%-4,75%, dengan tingkat hambat relatif penyakit berkisar antara 53,33%-71,95%. Perbandingan tingkat keparahan penyakit oleh setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 4. Pengaruh konsorsium rizobakteri terhadap masa inkubasi, kejadian dan keparahan penyakit bercak daun bersudut pada tanaman mentimun (30 HST).

Perlakuan	Masa Inkubasi (HSI)	Persentase Peningkatan Masa Inkubasi (%)	Kejadian Penyakit (%)	Keparahan Penyakit (%)	Tingkat Hambat Relatif (%)
RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1	10,99 a	296,75	100	3,15 a	71,95
RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1	9,44 b	240,79	100	4,41 ab	60,73
RKKL 1.2 + RKPAL 1.2	8,10 bc	192,41	100	3,84 ab	65,80
RKKL 1.2 + RKKL 1.3	7,99 bc	188,44	100	4,37 ab	61,08
RKKL 1.2 + RPKKL 1.1	7,66 c	176,53	100	5,24 b	53,33
RKKL 1.3 + RPKKL 1.1	7,55 c	172,56	100	4,75 ab	57,70
Kontrol (-)	2,77 d	0,00	100	11,23 c	0,00
KK	10,65			20,56	

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



Gambar 6. Perbandingan tingkat keparahan penyakit bercak daun bersudut oleh *PsI* pada tanaman mentimun 15 HST yang diperlakukan dengan berbagai perlakuan konsorsium rizobakteri. a) Konsorsium RKKL 1.2 + RKKL 1.3, b) Konsorsium RKKL 1.2 + RKPAL 1. 2, c) Konsorsium RKKL 1.2 + RPKKL 1.1, d) Konsorsium RKKL 1.2 + RPKKL 1.1, e) Konsorsium RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1, f) Konsorsium RKKL 1.2 + RKPAL 1. 2 + RPKKL 1.1, dan g) Kontrol (-).

Kemampuan konsorsium rizobakteri memperpanjang masa inkubasi dan menekan tingkat keparahan penyakit bercak daun bersudut diduga disebabkan adanya interaksi yang sinergis dari masing-masing isolat rizobakteri. Isolat rizobakteri yang digunakan mampu menghasilkan siderofor yang berperan penting dalam kompetisi nutrisi berupa Fe di daerah perakaran tanaman, sehingga berpotensi

menekan pertumbuhan patogen dan menekan perkembangan penyakit pada tanaman mentimun. Selain itu siderofor juga berperan penting dalam kesehatan tanaman secara tidak langsung melalui peningkatan ketersediaan besi bagi tanaman inang. Penelitian terdahulu yang dilaporkan oleh Nasri (2024) menyebutkan bahwa isolat rizobakteri RKKL 1.2, RKKL 1.3, dan RPKKL 1.1 yang digunakan dalam

penelitian ini, mampu menghasilkan senyawa siderofor dan mampu menekan pertumbuhan *Ps* secara *in vitro* dan menekan perkembangan penyakit bercak daun bersudut. Menurut Prihatiningsih dkk. (2017) *Bacillus subtilis* penghasil siderofor mampu menghambat pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* dan *Ralstonia solanacearum* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman terung. Agustiansyah dkk. (2013) juga melaporkan bahwa isolat *Pseudomonas diminuta* A6, *P. aeruginosa* A54, *B. subtilis* 11/C, dan *B. subtilis* 5/B, mampu menghasilkan senyawa siderofor sehingga dapat menghambat pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

Pertumbuhan tanaman mentimun

Konsorsium rizobakteri memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman yang ditunjukkan dengan pengaruhnya terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun (Tabel 5) dan pertumbuhan generatif tanaman mentimun berupa waktu muncul bunga dan bobot buah (Tabel 6). Konsorsium dengan kombinasi 3 bakteri yaitu RKKL 1.2, RKPAL 1.2, dan RPKKL 1.1 memberikan pengaruh terbaik pada semua parameter. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi 3 isolat rizobakteri mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman lebih optimal bila dibandingkan konsorsium dengan kombinasi 2 bakteri.

Perbedaan respon pertumbuhan tanaman mentimun pada perlakuan konsorsium diduga disebabkan perbedaan karakter dari masing-masing isolat, dimana semua isolat rizobakteri mampu menghasilkan fitohormon IAA dan siderofor kecuali isolat RKPAL 1.2 tidak menghasilkan siderofor, dan hanya isolat RKKL 1.2 yang mampu melarutkan fosfat. Gabungan dari berbagai karakter rizobakteri tersebut diduga menyebabkan konsorsium kombinasi 3 bakteri memberikan pengaruh yang lebih optimal terhadap pertumbuhan tanaman mentimun bila dibandingkan konsorsium dengan 2 rizobakteri. Peningkatan pertumbuhan vegetatif diduga berkaitan dengan kemampuan isolat rizobakteri dalam menghasilkan fitohormon berupa IAA, melarutkan fosfat serta meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman seperti siderofor. Nasri (2024) melaporkan bahwa seluruh isolat dalam penelitian ini mampu menghasilkan fitohormon IAA yang berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel tanaman, Isolat RKKL1.2, RPKKL1.1 dan RKKL 1.3 di ketahui menghasilkan siderofor yang berperan dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi berupa Fe, selanjutnya isolat RKKL 1.2 mampu melarutkan fosfat yang diduga berperan penting dalam pembentukan bunga dan pembuahan. Huda dkk. (2014) melaporkan bahwa *Bacillus safensis* asal akar jagung mampu menghasilkan IAA hingga 20,5 ppm dan berpotensi sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman.

Tabel 5. Pengaruh konsorsium rizobakteri terhadap tinggi tanaman, jumlah daun dan muncul bunga pertama pada tanaman mentimun yang diinokulasi bakteri *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* (30 HST).

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Persentase peningkatan tinggi tanaman (%)	Jumlah Daun (helai)	Persentase Peningkatan Jumlah Daun (%)
RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1	157,22 a	15,69	29,88 a	27,47
RKKL 1.2 + RPKKL 1.1	153,55 ab	12,99	25,21 bc	7,55
RKKL 1.2 + RKPAL 1.2	152,00 ab	11,85	26,10 b	11,34
RKKL 1.3 + RPKKL 1.1	149,44 ab	9,97	24,88 bc	6,14
RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1	148,55 ab	9,31	24,77 bc	5,67
RKKL 1.2 + RKKL 1.3	145,00 bc	6,70	26,55 b	13,26
Kontrol (+)	135,89 c	0,00	23,44 c	0,00
KK	4,27		4,00	

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



Gambar 7. Perbandingan tinggi tanaman mentimun yang diintroduksi konsorsium rizobakteri 30 hari setelah tanam (HST). a) Perlakuan konsorsium RKKL 1.2 + RKKL 1.3, b) konsorsium RKKL 1.2 + RKPAL 1.2, c) konsorsium RKKL 1.2 + RPKKL 1.1, d) konsorsium RKKL 1.3 + RPKKL 1.1, e) RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1, f) RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1, g) kontrol (+)

Semua perlakuan konsorsium rizobakteri mampu mempercepat muncul bunga dan meningkatkan bobot buah (Tabel 6). Hal ini disebabkan oleh rizobakteri mampu melarutkan fosfat yang tidak terlarut sehingga bisa dimanfaatkan tanaman secara langsung. Pada saat memasuki masa peralihan dari fase vegetatif ke fase generatif tanaman mentimun membutuhkan unsur hara untuk proses pembentukan bunga dan bobot buah salah satunya fosfat, sehingga keberadaan rizobakteri pelarut fosfat menjadi sangat berperan. Nasri (2024), melaporkan bahwa rizobakteri RKKL 1.2 mampu melarutkan fosfat. Sehingga kombinasi dari bakteri pelarut fosfat, penghasil fitohormon dan siderofor mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Menurut Asniah dkk. (2013), bakteri yang menghasilkan fosfat mampu menyediakan unsur hara, membantu

pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hal ini sejalan dengan Istiqomah dkk. (2017) yang melaporkan bahwa bakteri *B. subtilis* dan *P. fluorescens* memiliki potensi melarutkan fosfat sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

Perlakuan konsorsium RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1 mampu mempercepat muncul bunga mentimun 21,88 HST dengan efektivitas percepatan muncul bunga 20,89% dan bobot buah 411,55 g dengan efektivitas peningkatan bobot buah 164,95% (Tabel 5, Tabel 6). Hal ini sesuai dengan penelitian Nasri (2024), bahwa isolat rizobakteri RKPAL 1.2, RPKKL 1.1 dan RKKL 1.2 mampu mempercepat muncul bunga dengan efektivitas yaitu 14,14; 6,34; dan 5,25% dan meningkatkan bobot buah dengan efektivitas 70,20; 35,75, dan 65,94%

Tabel 6. Pengaruh konsorsium rizobakteri terhadap bobot buah tanaman mentimun yang diinokulasi bakteri *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* (30 HST).

Perlakuan	Waktu kemunculan bunga (HST)	Persentase percepatan muncul bunga (%)	Bobot buah (g)/tanaman	Persentase peningkatan bobot buah (%)
RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1	21,88 a	20,89	411,55 a	164,95
RKKL 1.3 + RPKKL 1.1	25,10 c	9,25	351,78 ab	126,47
RKKL 1.2 + RKKL 1.3	25,33 c	8,42	350,11 ab	125,39
RKKL 1.2 + RPKKL 1.1	23,88 b	13,66	348,22 ab	124,18
RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1	25,44 c	8,02	277,78 b	78,83
RKKL 1.2 + RKPAL 1.2	24,88 c	10,05	274,00 b	76,39
Kontrol (+)	27,66 d	0,00	155,33 c	0,00
KK	1,82		16,02	

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

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsorsium dengan 3 rizobakteri RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1, mampu menekan perkembangan penyakit serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dibanding penggunaan konsorsium lainnya. Rendahnya tingkat keparahan penyakit diduga mempengaruhi proses fisiologis tanaman menjadi optimal, sehingga pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman mentimun menjadi meningkat. Hal ini sesuai dengan Martín-Cardoso *et al.* (2025) bila dibandingkan dengan tanaman yang terserang penyakit dalam jumlah lebih tinggi, tanaman yang terserang penyakit dalam jumlah lebih rendah biasanya memiliki kapasitas fotosintesis dan penyerapan nutrisi yang lebih baik.

Selain menekan perkembangan penyakit, konsorsium rizobakteri juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi IAA, siderofor, dan pelarutan fosfat. Kombinasi mekanisme ini diperkirakan dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman mentimun. Konsorsium tiga isolat menunjukkan hasil yang lebih baik daripada konsorsium dua isolat, karena adanya interaksi sinergis antar isolat dalam mendukung kesehatan dan produktivitas tanaman. Oleh karena itu pemanfaatan konsorsium rizobakteri lebih efektif dalam menekan perkembangan penyakit bercak daun bersudut serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun. Kondisi demikian sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Asri & Zulaika, (2016) yang menyatakan bahwa konsorsium bakteri mampu memberikan hasil yang lebih efektif, karena setiap bakteri saling melengkapi dan dapat bertahan hidup dengan nutrisi yang tersedia pada bakteri. Konsorsium rizobakteri dapat memberikan berbagai mekanisme secara bersamaan sehingga mampu menekan perkembangan penyakit bercak daun bersudut serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun.

SIMPULAN

Semua perlakuan konsorsium rizobakteri mampu menekan perkembangan penyakit bercak daun bersudut serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun. Konsorsium RKKL 1.2 + RKPAL 1.2 + RPKKL 1.1 merupakan perlakuan terbaik dengan keparahan penyakit 3,15% dan tingkat hambat relatif penyakit bercak daun bersudut sebesar 71,95%. Konsorsium tersebut mempengaruhi tinggi tanaman 157,22 cm dengan efektivitas peningkatan tinggi tanaman 15,69%, serta bobot

buah 411,55 g dengan efektivitas peningkatan bobot buah 164,95%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Andalas yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Skripsi Sarjana dengan nomor kontrak 242/UN.16.19/PT.01.03/PSS/2-25 tahun anggaran 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiansyah, A, S Ilyas, S Sudarsono, dan M Machmud. 2013. Karakterisasi rizobakteri yang berpotensi mengendalikan bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman padi. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika. 13(1): 42–51. DOI: 10.23960/j.hptt.11342-51
- Akbaba, M, and H Ozaktan. 2018. Biocontrol of angular leaf spot disease and colonization of cucumber (*Cucumis sativus* L.) by endophytic bacteria. Egyptian Journal of Biological Pest Control. 28(14): 1-10. DOI 10.1186/s41938-017-0020-1
- Aksoy, HM. 2006. Occurrence of *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* [(Smith and Bryan) Young, Dye and Wilkie] at Bafra Province greenhouses. Plant Pathology Journal. 5(1): 80–82. DOI: 10.3923/ppj.2006.80.82
- Akkopru, A, and H Ozaktan. 2018. Identification of rhizobacteria that increase yield and plant tolerance to angular leaf spot disease in cucumber. Plant Protection Science. 54(2): 67–73. DOI:10.17221/41/2017-PPS
- Asniah, TC Rakian, S Wangadi, dan HS Gusnawaty. 2013. Karakterisasi biokimiawi rizobakteri asal gulma berdaun lebar yang berpotensi sebagai deleterious rhizobacteria. Jurnal Agroteknos. 3(3): 179–183
- Asri, A, dan E Zulaika. 2016. Sinergisme antar isolat azotobacter yang dikonsorsiumkan. Jurnal Sains dan Seni ITS. 5(2): E57–E59. DOI: 10.12962/j23373520.v5i2.20693
- Backer, R, JS Rokem, G Ilangumaran, J Lamont, D Praslickova, E Ricci, S Subrmanian and DL Smith. (2018) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture.

- Frontiers in Plant Science. 9: 1473. DOI: 10.3389/fpls.2018.01473
- Bhat, NA, KA Bhat, MY Zargar, MA Teli, M Nazir, and SM Zargar. 2010. Current status of angular leaf spot (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*) of cucumber: A review. International Journal of Current Research. 8: 1–11.
- Chepsergon, J, and LN Moleleki. 2023. Rhizosphere bacterial interactions and impact on plant health. Current Opinion in Microbiology. 73:102297. DOI:10.1016/j.mib.2023.102297
- Danish, S, M Zafar-Ul-Hye, F Mohsin, and M Hussain. 2020. ACC-deaminase producing plant growth promoting rhizobacteria and biochar mitigate adverse effects of drought stress on maize growth. PLoS ONE. 15: e0230615. DOI:10.1371/journal.pone.0230615
- Edy, N. 2011. Pengendalian hayati penyakit darah pada pisang dengan *Pseudomonad florescent* dan *Bacillus* spp. Jurnal Agroland. 18(1): 29–35. DOI:10.22487/J.24077607.2011.v18.i1.2502
- Febriant, SV, Dermiyati, R Suharjo, S Yusnaini, dan A Niswati. 2024. Pengaruh kombinasi konsorsium bakteri dari rimpang nanas dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan pupuk organonitrofos terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bunga kol (*Brassica oleraca* L.). Jurnal Agrotek Tropika. 12(1): 174–182. DOI:10.23960/jat.v12i1.8551
- Herlina, L, K Pukan, dan D Mustikaningtyas. 2016. Kajian bakteri endofit penghasil IAA (*Indole Acetic Acid*) untuk pertumbuhan tanaman. Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi. 14(1): 51–58. DOI:10.15294/saintekno.v14i1.7616
- Hossain, Md. F, SMZ Hasan, ZF Zaoti, Md.F Hasan, UK Acharjee, Md.A Islam, Md. Khalekuzzaman and B Sikdar. 2017. Isolation and characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* from angular leaf spot disease of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and evaluation of its antibiotic sensitivity. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 6(6): 233-238.
- Huda, K, A Budiharjo, dan B Raharjo. 2014. Bioprospeksi rhizobakteri penghasil IAA (*Indoles Acetic Acid*) dari tanaman jagung (*Zea mays* L.) di area pertanian semi organik Desa Batur Kec. Getasan Kab. Semarang. Jurnal Akademika Biologi. 3(3): 42–52.
- Ismail, MA, MA Amin, AM Eid, SED Hassan, HA Mahgoub, L Lashin, AT Abdelwahab, E Azab, AA Gobouri, and A Elkelish. 2021. Comparative study between exogenously applied plant growth hormones versus metabolites of microbial endophytes as plant growth-promoting for *Phaseolus vulgaris* L. Cells. 10: 1059. DOI:10.3390/cells10051059
- Istiqomah, LQ Aini, dan AL Abadi. 2017. Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam melarutkan fosfat dan memproduksi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. Buana Sains. 17(1): 75–84. DOI: https://doi.org/10.33366/bs.v17i1.580
- Khan N, S Ali, MA Shahid, A Mustafa, RZ Sayyed, and JA Curá. 2021. Insights into the interactions among roots, rhizosphere, and rhizobacteria for improving plant growth and tolerance to abiotic stresses: A review. Cells. 10: 1551. DOI:10.3390/cells10061551
- Klement, Z, K Rudolph, and DC Sands. 1990. Methods in Phytobacteriology. Akademi Kiado.
- Kurmindla HK, and KS Jagadeesh. 2016. Microbial consortia-mediated plant defense against phytopathogens and growth benefits. South Indian Journal of Biological Sciences. 2(4): 395–403. DOI: 10.22205/sijbs/2016/v2/i4/103445
- Kurniasari, L, M Muizatuddaliah, M Azizah, and S Suwandi. 2023. Respon produksi dan mutu benih mentimun (*Cucumis sativus* l.) pada aplikasi pemeliharaan cabang dan pemangkasan pucuk. Agroteknika. 6 (1): 46–56. DOI:10.55043/agroteknika.v6i1.196
- Martin-Cardoso, H, and BS Segundo. 2025 . Impact of Nutrient Stress on Plant Disease Resistance. International of Journal Molecular Sciences.. 26: 1780. https://doi.org/10.3390/ijms26041780
- Nasri, FM. 2024. Kemampuan Rizobakteri untuk Pengendalian Penyakit Bercak Daun Bersudut (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*) pada Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.). Skripsi. Universitas Andalas.
- Oktaviana, Z, S Ashari, dan SP Lestari. 2016. Pengaruh Perbedaan umur masak benih terhadap hasil panen tiga varietas lokal mentimun (*Cucumis sativus* L.). Jurnal Produksi Tanaman. 4(3): 218–223. DOI: 10.21176/protan.v4i3.284

- Prihatiningsih, N, HA Djatmiko, dan P Lestari. 2017. Aktivitas siderofor *Bacillus subtilis* sebagai pemacu pertumbuhan dan pengendali patogen tanaman terung. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 17(2): 170–178. DOI: 10.23960/j.hptt.217170-178
- Rahma H, W Winarto, S Mulyani, and N Kristina. 2023. Rice Plant Growth Enhancement and Bacterial Leaf Blight Control by the Rhizobacterial Consortium. *Conference Proceedings at Atlantis Press*: Series:Advances in Biological Sciences Research. p. 198–211. DOI:10.2991/978-94-6463-166-1_28
- Resti, Z, E Sulyanti, dan Reflin. 2018. Konsorsium bakteri endofit sebagai pengendali hayati *Ralstonia solanacearum* dan pemacu pertumbuhan tanaman cabai. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiv Indonesia*, 4(2), 208–214. DOI: 10.13057/psnmbi/m040219
- Schaad, NW, JB Jones, and W Chun. 2001. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria Third Edition*. The American Phytopathological Society (APSPRESS).
- Shila, SJ, MR Islam, NN Ahmed, KMG Dastogeer, and MB Meah. 2013. Detection of *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* associated with the seeds of cucurbits. *Universal Journal of Agricultural Research*. 1(1): 1–8. DOI: 10.13189/ujar.2013.010101
- Sivan, A, and I Chet. 1986. Biological control of *Fusarium* spp. in cotton, wheat and muskmelon by *Trichoderma harzianum*. *Journal of Phytopathology*. 116(1): 39–47. DOI:10.1111/j.1439-0434.1986.tb00892.x
- Yulistia, G, TN Aeny, J Prasetyo, and HM Akin. 2024. Pengaruh aplikasi formulasi cair *Trichoderma* sp. dalam media molase terhadap perkembangan penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 12(2): 226–232. DOI: 10.23960/jat.v12i2.8933
- Zarandi, ME, RS Riseh, and MT Tarkka. 2022. Actinobacteria as effective biocontrol agents against plant pathogens, an overview on their role in eliciting plant defense. *Microorganisms*. 10: 1739. DOI: 10.3390/microorganisms10091739
- Zhang, L-N, D-C Wang, Q Hu, X-Q Dai, Y-S Xie, Q Li, H-M Liu and J-H Guo. 2019. Consortium of plant growth-promoting rhizobacteria strains suppresses sweet pepper disease by altering the rhizosphere microbiota. *Frontiers in Microbiology*. 10:1668. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01668