

Kombinasi Mikrob Antagonis dan Air Rendaman Kompos untuk Menekan Penyakit Bercak Cokelat pada Daun Tomat

Noor Istifadah^{1*}, Azis Muslim², Fitri Widiyanti¹, dan Sri Hartati¹

¹Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Ir. Sukarno KM 21, Jatinangor, Jawa Barat, 45363

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Ir. Sukarno KM 21, Jatinangor, Jawa Barat, 45363

*Alamat korespondensi: n.istifadah@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 20-11-2025 Direvisi: 30-12-2025 Dipublikasi: 31-12-2025	Combination of antagonistic microbes and compost tea in suppressing early blight disease in tomato leaves
Keywords: <i>Alternaria solani</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , Campuran mikrob, Compatibility, Organic matters	Early blight disease caused by <i>Alternaria solani</i> is one of limiting factors in tomato cultivation. Ecofriendly disease control can be conducted through application of microbial biocontrol agents and the use of organic matters. This paper discusses the research aimed at evaluating the effects of mixing bacteria and yeast isolates as well as combining the microbes with compost tea in suppressing early blight disease in tomato leaves. The experiments were conducted in vitro and in vivo. The in vitro test evaluated the compatibility between the bacterial and yeast isolates as well as the effect of mixing the isolates on their abilities in inhibiting <i>A. solani</i> growth. The in vitro test was conducted using Completely Randomized Design, while the experiment in tomato plants was carried out in Randomized Complete Block Design. The results showed that bacteria KSB4 isolate (<i>Bacillus subtilis</i>) and yeast KDK11 isolate were compatible and they inhibited the in vitro growth of <i>A. solani</i> by 57.50%-65.23%. The abilities of microbial isolates solely or in the mixture were not significantly different. Antagonistic microbes applied solely or as isolate mixture, compost tea and their combination suppressed early blight disease in tomato leaves by 78.77% - 97.12%. Mixing the microbial isolates and combining the microbes with compost tea did not result in better disease suppression compared to its single application.
Kata Kunci: <i>Alternaria solani</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , Bahan Organik, Kompatibilitas, Microbial mixture	Penyakit bercak cokelat yang disebabkan jamur <i>Alternaria solani</i> merupakan salah satu kendala dalam budidaya tanaman tomat. Pengendalian penyakit secara ramah lingkungan dapat dilakukan melalui aplikasi mikrob pengendali penyakit dan penggunaan bahan organik. Artikel ini membahas hasil penelitian yang mengevaluasi efek pencampuran mikrob antagonis (isolat bakteri dan khamir) serta kombinasi mikrob dengan air rendaman kompos terhadap kemampuannya dalam menekan penyakit bercak cokelat pada daun tomat. Selain pengujian pada tanaman tomat, dilakukan juga percobaan secara <i>in vitro</i> untuk mengevaluasi kompatibilitas dan pengaruh campuran mikrob terhadap kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan jamur <i>A. solani</i> . Percobaan secara <i>in vitro</i> menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan lima ulangan, sedangkan percobaan pada tanaman tomat menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa bakteri isolat KSB4 (<i>Bacillus subtilis</i>) dan khamir isolat KDK11 asal air rendaman kompos bersifat kompatibel dan dapat menghambat

pertumbuhan jamur *A. solani* secara *in vitro* sebesar 57,50%-65,23%. Kemampuan isolat mikrob secara tunggal atau campurannya tidak berbeda secara nyata. Aplikasi isolat mikrob antagonis secara tunggal, campuran, air rendaman kompos maupun kombinasinya dapat menekan penyakit bercak cokelat pada tanaman tomat sebesar 78,77%-97,12%. Pencampuran isolat mikrob antagonis atau kombinasi mikrob antagonis dengan air rendaman kompos tidak menghasilkan penekanan penyakit bercak coklat yang lebih baik daripada perlakuan secara tunggalnya.

PENDAHULUAN

Tomat merupakan salah satu komoditas sayuran buah yang banyak digunakan untuk bumbu masakan sehari-hari maupun untuk bahan industri misalnya saus. Tanaman tomat banyak dibudidayakan di daerah-daerah sentra sayuran di Jawa Barat. Salah satu kendala utama dalam budidaya tomat terutama di musim hujan adalah adanya penyakit bercak cokelat yang disebabkan oleh jamur *Alternaria solani* Sorr. Penyakit ini dapat berkembang pada semua bagian tanaman tomat di atas tanah terutama pada bagian daun dan juga buah. Gejala penyakit pada daun berupa bercak dengan lingkaran konsentris berwarna cokelat kehitaman yang dikelilingi jaringan berwarna kuning kecoklatan (klorosis). Bercak dapat meluas dan menyebabkan mengeringnya seluruh daun. Gejala penyakit pada buah berupa bercak berwarna cokelat kehitaman yang dimulai dari pangkal buah di sekitar tangkai buah. Pada lingkungan yang lembab, di atas bercak akan muncul spora seperti beledu berwarna hitam keabuan (Adhikari *et al.*, 2017; Dhaval *et al.*, 2021). Kerugian akibat penyakit ini di berbagai negara dapat mencapai 79% (Dhaval *et al.*, 2021).

Pengendalian penyakit bercak cokelat yang biasa dilakukan oleh petani adalah dengan penyemprotan fungisida sintetik secara regular. Cara pengendalian ini dapat menimbulkan berbagai dampak negatif antara lain terjadinya resistensi pada patogen sasaran, pencemaran lingkungan baik tanah maupun air serta adanya residu senyawa toksik pada buah tomat yang akan membahayakan konsumen (Mahmood *et al.*, 2016). Oleh karena itu perlu dikembangkan cara pengendalian yang ramah terhadap lingkungan di antaranya adalah pengendalian secara biologi dan penggunaan bahan organik.

Bahan organik yang banyak digunakan oleh petani adalah kompos. Biasanya kompos digunakan sebagai pupuk organik. Namun demikian, sebenarnya kompos juga dapat digunakan untuk

menekan perkembangan penyakit tanaman. Aplikasi kompos pada medium tanam telah banyak dilaporkan dapat mengendalikan berbagai penyakit tular tanah (De Corato, 2020). Selain dapat mengendalikan penyakit tular tanah, kompos juga dapat dimanfaatkan untuk pengendalian penyakit tular udara yaitu dalam bentuk air rendaman kompos yang juga dikenal sebagai *compost tea*. Penyemprotan air rendaman kompos pada daun secara regular dapat menekan perkembangan berbagai penyakit tular udara (Yin *et al.*, 2025; St Martin, 2014). Namun demikian, kemampuan kompos atau air rendamannya dalam menekan penyakit tanaman seringkali kurang konsisten karena keefektifannya dipengaruhi oleh bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan komposnya. Penambahan mikrob antagonis ke dalam kompos (Pugliese *et al.*, 2011; Istifadah *et al.*, 2020) dan air rendaman kompos (Siddiqui *et al.*, 2008; Naidu *et al.*, 2013) dapat meningkatkan keefektifan dan konsistensinya dalam menekan patogen.

Kemampuan air rendaman kompos dalam menekan penyakit tanaman pada umumnya dikarenakan keberadaan mikrob yang bersifat antagonistik terhadap patogen (St. Martin, 2014; Yin *et al.*, 2025). On *et al.* (2015) menemukan bakteri *Bacillus* spp. dari air rendaman kompos yang efektif menghambat pertumbuhan *A. solani* dan *Botrytis cinerea* secara *in vitro* serta perkembangan penyakit pada buah tomat. Istifadah dkk. (2020) yang mengisolasi bakteri dan khamir dari air rendaman kompos juga mendapatkan 11 isolat yang dapat menghambat pertumbuhan *A. solani* secara *in vitro*. Pada pengujian secara *in vivo*, terdapat dua isolat bakteri dan tiga isolat khamir yang dapat menekan perkembangan penyakit pada buah dan daun tomat.

Dalam pengembangan biopestisida, mikrob antagonis dapat diformulasikan dalam bentuk konsorsium atau campuran beberapa jenis mikrob. Hal ini ditujukan untuk meningkatkan spektrum sasaran patogennya dan juga stabilitas atau keefektifan pengendalian yang dihasilkannya (Xu *et*

al., 2011; Sarma *et al.*, 2015; Nunes *et al.*, 2024). Salah satu syarat dalam pencampuran mikrob adalah adanya kompatibilitas antar mikrob atau di antara mikrob yang dicampurkan tidak saling menghambat satu sama lainnya (Nunes *et al.*, 2024). Penelitian yang dibahas pada artikel ini bertujuan untuk menguji kompatibilitas antara bakteri isolat KSB4 (*B. subtilis*) dan khamir isolat KDK11 asal air rendaman kompos serta mengevaluasi kemampuan kedua isolat tersebut baik secara tunggal maupun campuran serta kombinasinya dengan air rendaman kompos untuk menekan penyakit bercak cokelat pada daun tomat.

BAHAN DAN METODE

Penyiapan suspensi mikrob antagonis

Mikrob antagonis yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat yang diperoleh dari air rendaman kompos yaitu isolat bakteri KSB4 (*Bacillus subtilis*) dan isolat khamir KDK11. Suspensi isolat mikrob antagonis disiapkan dengan cara memperbanyak mikrob pada media *half strength Potato Dextrose Agar* (PDA) (100 g ekstrak kentang, 10 g dextrose, 20 g agar dalam 1 l akuades). Agar koloni dapat menutupi seluruh permukaan media, maka sebanyak 500 µl suspensi sel bakteri atau khamir diratakan ke seluruh permukaan medium dengan bantuan gelas L steril. Suspensi sel mikrob dibuat dengan menambahkan 20 ml air steril yang telah mengandung Tween 80 (0,1%) ke dalam biakan bakteri (berumur 3 hari) dan biakan khamir (berumur 5 hari). Koloni mikrob dilepaskan dari media *half strength* PDA menggunakan jarum ose. Suspensi yang diperoleh dipindahkan ke dalam tabung reaksi dan dihomogenkan menggunakan *vortex stirrer*. Konsentrasi suspensi diatur agar mendapatkan kerapatan sel sebesar 10^8 cfu/ml untuk bakteri dan 10^8 sel/ml untuk khamir. Kerapatan sel khamir dicek menggunakan *haemocytometer* (Istifadah dkk., 2021). Untuk perlakuan campuran antagonis, suspensi bakteri dan khamir dicampurkan dengan perbandingan 1:1 (v/v). Suspensi campuran tersebut kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex stirrer*. Suspensi mikrob ini digunakan untuk berbagai pengujian selanjutnya.

Pengujian kompatibilitas antar isolat

Pengujian kompatibilitas dilakukan terhadap isolat mikrob yang digunakan yaitu dengan metode *well diffusion* (Irabor & Mmbaga, 2017) dan metode silang atau *cross-streak method* (James & Mathew, 2017). Pada metode *well diffusion*, 1 ml suspensi

mikrob yang diuji dimasukkan ke dalam cawan petri lalu dituangkan media *half strength* PDA hangat dan digoyangkan sehingga tercampur. Setelah media mengeras, dibuat empat lubang menggunakan bor gabus (diameter 10 mm). Dua lubang diisi suspensi bakteri dan sementara itu dua lubang yang lain diisi suspensi khamir sebanyak 80 µl. Pada metode silang, suspensi biakan bakteri dan khamir digoreskan pada medium *half strength* PDA dengan arah horizontal dan vertikal sehingga ada bagian dari biakan yang berpotensi.

Pengamatan terhadap pengujian kompatibilitas antar mikrob dilakukan setelah biakan diinkubasi selama 5 hari. Variabel yang diamati yaitu ada atau tidak adanya zona bening atau zona hambat di sekitar lubang atau pada bagian persilangan antara dua jenis isolat. Isolat mikrob dikatakan kompatibel apabila tidak terdapat zona bening atau zona hambat di sekitar garis yang bersinggungan antar biakan isolat.

Percobaan efek pencampuran isolat terhadap pertumbuhan *A. solani* secara *in vitro*

Percobaan *in vitro* menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan lima ulangan. Perlakuan yang diuji adalah isolat bakteri KSB4, isolat khamir KDK11, campuran kedua isolat serta kontrol. Percobaan dilakukan dengan metode *well diffusion* (dimodifikasi dari Islam *et al.*, 2018) pada media *half strength* PDA. Potongan biakan jamur *A. solani* (diameter 8 mm) diletakkan pada bagian tengah cawan petri. Pada sisi kanan dan kiri dari biakan jamur *A. solani*, dengan jarak masing-masing 3 cm, dibuat dua lubang dengan menggunakan bor gabus (diameter 10 mm). Bagian lubang tersebut diisi suspensi mikrob sebanyak ± 80 µl sesuai dengan perlakuan. Pada perlakuan kontrol, bagian lubang sumuran diisi air steril.

Pengamatan dilakukan setiap hari setelah perlakuan sampai pertumbuhan *A. solani* pada kontrol memenuhi cawan petri. Variabel yang diamati adalah jari-jari koloni patogen yang ke arah setiap sumuran yang kemudian dirata-ratakan. Pertumbuhan patogen dihitung menggunakan *Area Under Growth Colony Curve* (AUCGC) yang merupakan hasil modifikasi perhitungan *Area Under Disease Progress Curve* (AUDPC) (Istifadah & McGee., 2006):

$$AUCGC = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \times (t_{i+1} - t_i)$$

Keterangan:

- y_i : jari-jari koloni pada saat I,
 y_{i+1} : jari-jari koloni pada saat i+1;
 t : interval waktu pengamatan.

Selain itu, diamati pula lebar zona hambat yang terbentuk dengan cara mengukur zona bening dari pinggiran koloni mikrob antagoni sampai tepi koloni patogen. Pengamatan lebar zona bening ini dilakukan pada 5 hari setelah perlakuan. Lebar zona hambat ini digunakan untuk pengelompokan aktivitas antibiosis menjadi empat kategori yaitu aktivitas lemah (<6 mm), sedang (6- 10 mm), kuat (11- 20 mm), dan sangat kuat (21- 30 mm) (Morales *et al.*, 2003).

Uji kemampuan kombinasi air rendaman kompos dan mikrob antagonis pada daun tomat

Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan sembilan perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan yang diuji adalah aplikasi bakteri isolat KSB4, khamir isolat KDK11 secara tunggal atau campuran, yang diaplikasikan tanpa atau dikombinasikan dengan air rendaman kompos, perlakuan dengan air rendaman kompos, fungisida (berbahan aktif klorotalonil 75%) sebagai pembanding, serta kontrol. Pada perlakuan aplikasi mikrob antagonis, suspensi mikrob yang telah disiapkan dicampur dengan air molase steril (1%) yang telah diberi Tween 80 (0,1%) dengan konsentrasi 20% (v/v). Untuk perlakuan kombinasi mikrob dengan air rendaman kompos, suspensi mikrob dicampurkan dengan air rendaman kompos yang telah ditambahkan Tween 80 (0,1%) dengan konsentrasi suspensi mikrob sebanyak 20% (v/v).

Mengingat biakan *A. solani* sangat sulit menghasilkan konidia, maka inokulasi patogen dilakukan dengan cara menempelkan potongan biakan jamur *A. solani* pada tiga daun tomat yaitu pada daun ke 3, 4, dan 5 dari tanaman tomat berumur 6 minggu. Daun-daun sampel yang akan diinokulasi disemprot dengan suspensi mikrob antagonis dan atau air rendaman kompos sesuai dengan perlakuan. Tanaman yang daunnya telah diberi perlakuan kemudian disungkup dengan plastik agar kelembabannya terjaga. Sebagai pembanding, daun tomat disemprot menggunakan fungisida, sementara pada kontrol daun disemprot menggunakan air. Setelah 24 jam, setiap daun ujung (daun terbesar) dari daun majemuk tomat yang menjadi sampel, diinokulasi dengan patogen dengan cara menempelkan potongan biakan jamur *A. solani* berdiameter 0,5 cm pada bagian yang sebelumnya

telah dilukai dengan ujung jarum steril. Potongan biakan kemudian direkatkan dengan bantuan *plastic wrap*. Tanaman yang telah diinokulasi patogen disungkup menggunakan plastik selama 2 hari untuk menjaga kelembabannya. Potongan biakan dan *plastic wrap* dilepaskan pada 3 hari setelah inokulasi (Istifadah dkk., 2020). Pada percobaan ini, suspensi mikrob atau air rendaman kompos serta kombinasinya diaplikasikan kembali hanya pada 7 hari setelah inokulasi karena pada 10 HSI daun yang diinokulasi patogen pada kontrol telah mengering. Pada kontrol, daun disemprot menggunakan air, sedangkan untuk pembanding tanaman disemprot menggunakan fungisida.

Variabel yang diamati yaitu perkembangan gejala penyakit bercak coklat setiap 3 hari sekali. Pengukuran luas gejala bercak dilakukan dengan cara menyalin pola bercak menggunakan lembar plastik mika, kemudian luasnya dihitung dengan bantuan kertas milimeter. Data tersebut digunakan untuk menghitung luas area di bawah kurva perkembangan penyakit (*Area Under Disease Progress Curve /AUDPC*) dengan rumus sebagai berikut (Madden *et al.*, 2007):

$$\sum_{i=1}^{n-1} \frac{Y_{i+1} + Y_i}{2} [t_{i+1} - t_i]$$

Keterangan:

- Y_i : Diameter gejala bercak pada saat i;
 Y_{i+1} : Diameter gejala bercak pada saat i+1;
 t_i : Perbedaan waktu antar pengamatan dan
 t_{i+1} : Waktu pengamatan saat i+1.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) menggunakan program SPSS versi 22.0. Apabila terdapat perbedaan pengaruh dari perlakuan maka dilakukan uji lanjut Duncan pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kompatibilitas dan Kemampuan Isolat Menghambat *A. solani* secara *in Vitro*

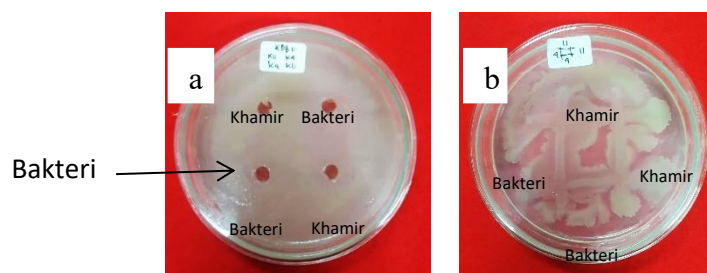
Hasil pengujian menunjukkan bahwa isolat bakteri KSB4 (*B. subtilis*) dan isolat khamir KDK11 adalah kompatibel. Koloni kedua isolat yang ditumbuhkan secara bersamaan tidak memperlihatkan adanya zona hambat atau zona bening yang terbentuk di sekitar area pertemuan koloni kedua mikrob tersebut. Isolat khamir atau

bakteri yang dimasukkan ke lubang/*well* juga tidak menghambat pertumbuhan bakteri di sekitar lubang tersebut (Gambar 1).

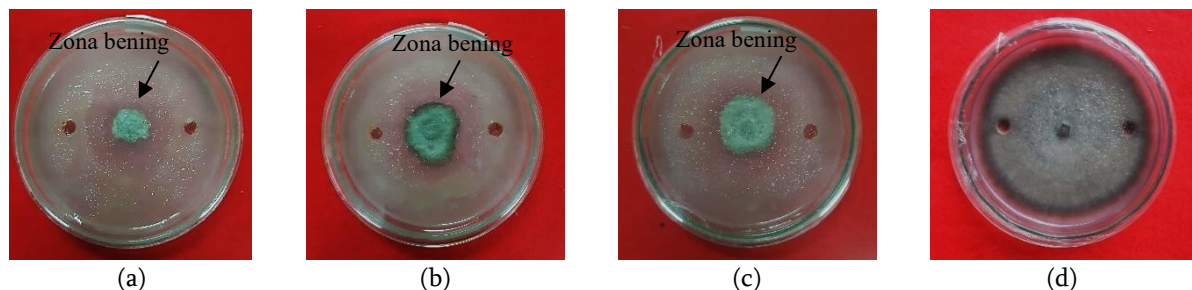
Pada uji *in vitro*, perlakuan dengan isolat bakteri atau khamir serta kombinasinya dapat menghambat pertumbuhan *A. solani* (Gambar 2). Di sekitar koloni patogen tampak terdapat zona bening yang mengindikasikan adanya mekanisme antibiosis yaitu mikrob menghasilkan metabolit sekunder bersifat antimikrob yang terdifusi ke media dan menghambat pertumbuhan patogen. Berdasarkan lebar zona hambatnya, bakteri isolat KSB4

menunjukkan aktivitas penghambatan yang kuat, sedangkan isolat khamir KDK11 menunjukkan kemampuan sedang (Tabel 1).

Berdasarkan perhitungan nilai *AUCGC* dari data jari-jari koloni *A. solani* selama 10 hari pengamatan, diketahui bahwa isolat mikrob yang diuji baik secara tunggal maupun campurannya dapat menghambat pertumbuhan jamur *A. solani* 57,50-65,23%. Nilai *AUCGC* pada perlakuan dengan isolat mikrob baik secara tunggal maupun campuran secara nyata lebih kecil dibandingkan kontrol (Tabel 1).



Gambar 1. Pengujian ompatibilitas bakteri dan khamir. (a) Metode *Well diffusion* (b) Metode silang.



Gambar 2. Penghambatan pertumbuhan *A. solani* pada media *half strength* PDA pada 10 HSI (a) perlakuan isolat bakteri (KSB4); (b) Perlakuan isolat khamir (KDB11); (c) Perlakuan isolat bakteri + isolat khamirs (KSB4+KDB11); dan (d) Perlakuan kontrol.

Tabel 1. Kemampuan isolat mikrob antagonis untuk menghambat pertumbuhan *A. solani* secara *in vitro*

Perlakuan	AUCGC	Penghambat an (%)	Lebar Zona Bening (mm)	Aktivitas Antibiosis*
Kontrol	22,68 a	-	-	-
Bakteri isolat KSB4	7,89 b	65,23	10,00	Kuat
Khamir isolat KDK11	9,61 b	57,65	7,20	Sedang
Campuran	9,64 b	57,50	8,70	Sedang

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji lanjut *Duncan* pada taraf nyata 5%. Kategori aktivitas antibiosis didasarkan lebar zona bening (Morales *et al.*, 2003)

Kemampuan antibiosis bakteri dan khamir yang diuji mengonfirmasi hasil penelitian Istifadah dkk. (2020) yang menunjukkan bahwa pada *dual culture* antara isolat bakteri KSB 4 atau khamir KDK11 dengan jamur *A. solani* juga terdapat zona penghambatan pertumbuhan jamur. Pada penelitian Istifadah dkk. (2022) filtrat biakan cair dari isolat

bakteri KSB4 (*B. subtilis*) dan khamir KDK11 menunjukkan aktivitas antibiosis yang sangat kuat dan kuat terhadap terhadap *A. solani*. Bakteri dari genus *Bacillus* (Zhang *et al.*, 2023) termasuk *B. subtilis* (Kaspar *et al.*, 2019) dikenal dapat menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat antimikrob antara lain berupa *cyclic lipopeptides*

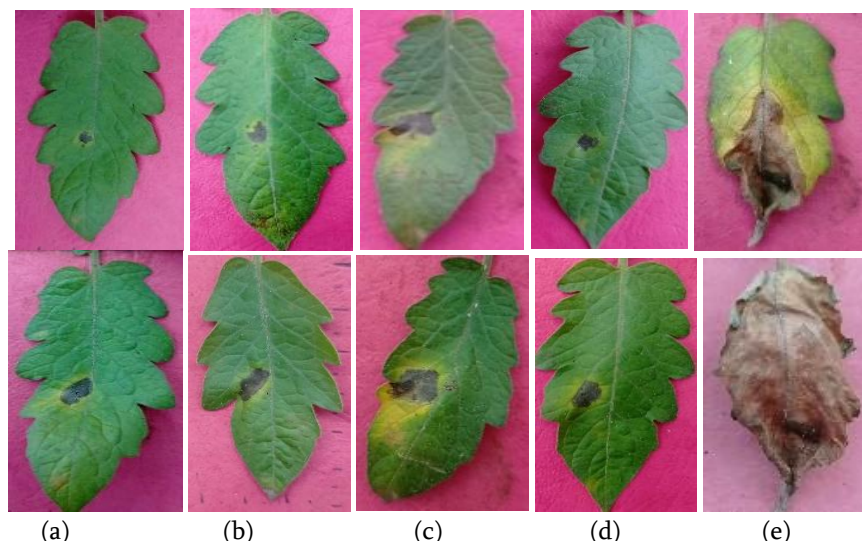
seperti surfactins, iturins, and fengycins, nonribosomal peptides, dihydroisocoumarins, dan linear lipopeptides. On *et al.* (2015) melaporkan bahwa *B. subtilis* yang diisolasi dari air rendaman kompos menghasilkan surfactin yang dapat menghambat pertumbuhan *A. solani*. Zhang *et al.* (2022) juga melaporkan bahwa lipopeptides fengycins dapat menghambat pertumbuhan *A. solani* secara *in vitro*. Khamir juga dikenal sebagai penghasil metabolit sekunder berupa polimer, enzim, dan protein yang dapat bersifat toksik terhadap patogen tanaman (Freimoser *et al.*, 2019).

Pada penelitian ini, pencampuran isolat ternyata tidak menghasilkan aktivitas antibiosis yang lebih baik. Bakteri isolat KSB4 menunjukkan zona hambat yang relatif lebih baik daripada isolat khamir KDK11 dan campuran kedua isolat tersebut. Hal ini menunjukkan tidak ada efek sinergistik antar isolat. Pencampuran isolat dengan perbandingan 1:1 (v:v) menyebabkan konsentrasi masing-masing mikrob hanya separuh karena bercampur dengan mikrob lain sehingga efek dari isolat yang lebih superior juga relatif menurun. Xu & Jeger (2013) menyatakan bahwa pencampuran beberapa strain dapat menurunkan efek dari strain pengendali biologi yang lebih superior. Freeman *et al.* (2004) juga melaporkan bahwa aplikasi campuran

strain *Trichoderma* tidak selalu menghasilkan efikasi yang lebih baik tergantung dari strain yang dicampurkan. Efek pencampuran mikrob tergantung dari karakteristik masing-masing mikrob yang dicampurkannya serta patogen sasarannya (Xu *et al.* 2011). Pada penelitian On *et al.* (2015), pencampuran *B. subtilis* dan *Brevibacterium linens* bersifat sinergistik terhadap *A. solani*, namun tidak berpengaruh terhadap *Botrytis cinerea*.

Kemampuan Mikrob Antagonis, Air Rendaman Kompos dan Kombinasinya untuk Menekan Penyakit Bercak Cokelat pada Daun Tomat

Pada percobaan di daun tomat, gejala bercak terlihat jelas pada 4 hari setelah inokulasi (HSI) di hampir semua perlakuan. Oleh karena itu, pengamatan perkembangan penyakit dimulai dari 4 HSI. Daun tanaman tomat yang diberi perlakuan dengan mikrob antagonis, air rendaman dan campuran keduanya memiliki luas bercak yang lebih kecil dibandingkan dengan daun pada kontrol (tanpa diberi perlakuan). Pada 10 HSI daun yang diinokulasi patogen pada kontrol telah mengering, sementara daun yang diberi perlakuan mikrob, air rendaman kompos dan kombinasinya serta perlakuan dengan fungisida, luas bercak masih relatif kecil (Gambar 3).



Gambar 3. Gejala penyakit bercak coklat di berbagai perlakuan pada 7 HSI (Gambar atas) dan 10 HSI (Gambar bawah). (a) Perlakuan isolat bakteri KSB4; (b) Perlakuan air rendaman kompos; (c) Perlakuan isolat bakteri + Air rendaman kompos (d) Fungisida klorotalonil; (e) Kontrol.

Berdasarkan nilai AUDPC yang menggambarkan total perkembangan luas bercak selama pengamatan, perlakuan dengan mikrob antagonis secara tunggal atau campurannya serta kombinasinya dengan air rendaman kompos dapat

secara nyata menekan perkembangan gejala penyakit bercak coklat dengan penghambatan sebesar 78,77% - 97,12%. Perkembangan bercak coklat antar perlakuan tersebut tidak berbeda secara nyata kecuali pada perlakuan kombinasi

bakteri antagonis dengan air rendaman kompos yang penekanan terhadap penyakitnya lebih kecil dari perlakuan yang lainnya (Tabel 2).

Berdasarkan data perkembangan penyakit yang diperoleh, kemampuan isolat bakteri dan khamir asal air rendaman kompos untuk menekan penyakit bercak cokelat mengonfirmasi hasil penelitian secara *in vitro* dan juga hasil penelitian Istifadah dkk. (2020). Penggunaan campuran mikrob diharapkan dapat meningkatkan keefektifan dan stabilitas dalam pengendalian penyakit. Pada banyak penelitian, aplikasi campuran atau konsorsium mikrob antagonis menunjukkan efek pengendalian yang lebih baik daripada aplikasi mikrob secara tunggal (Sarma *et al.*, 2015; Nunes *et al.*, 2024; Mugiastuti *et al.*, 2025). Namun demikian, pada penelitian ini campuran isolat ternyata tidak menunjukkan penghambatan penyakit yang lebih baik daripada tunggal. Hal ini sesuai dengan hasil percobaan secara *in vitro* yang juga menunjukkan

bahwa pencampuran bakteri isolat KSB4 dengan khamir isolat KDK11 tidak dapat meningkatkan kemampuannya untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen *A. solani* dibandingkan perlakuan secara tunggal. Beberapa penelitian juga menunjukkan hal yang serupa. Misalnya hasil penelitian Istifadah *et al.* (2018) menunjukkan bahwa aplikasi isolat bakteri secara tunggal memberikan efek penekanan terhadap layu bakteri yang lebih baik daripada campuran beberapa isolat bakteri. Minchev *et al.*, (2021) juga melaporkan bahwa efikasi campuran *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas chlororaphis* dan *Trichoderma harzianum* menunjukkan tingkat penekanan penyakit karena *B. cinerea* yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan *P. chlororaphis* secara tunggal. Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua campuran mikrob antagonis menghasilkan efek yang aditif atau sinergistik.

Tabel 2. Efek isolat mikrob dan air rendaman kompos serta kombinasinya terhadap perkembangan penyakit bercak cokelat pada daun tomat

Perlakuan	AUDPC		Penekanan Penyakit (%)
A. Isolat bakteri (KSB4)	9,45	a	97,12
B. Isolat khamir (KDK11)	12,88	a	96,07
C. Isolat bakteri + Isolat khamir	40,95	ab	87,52
D. Isolat bakteri + Air rendaman kompos	69,66	b	78,77
E. Isolat khamir + Air rendaman kompos	25,85	a	92,12
F. Isolat bakteri + Isolat khamir + Air rendaman kompos	16,90	a	94,85
G. Air rendaman kompos	21,33	a	93,50
H. Fungisida (pembanding)	16,34	a	95,02
I. Kontrol	328,10	c	0,00

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf nyata 5%.

Selain mikrob antagonis, aplikasi air rendaman kompos saja ternyata dapat juga menekan penyakit bercak cokelat sebesar 93,50%. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian lain yang juga menunjukkan aplikasi air rendaman kompos dapat menekan penyakit bercak cokelat pada tanaman tomat. Penekanan penyakit oleh air rendaman kompos tersebut dikarenakan adanya berbagai mikrob antagonis yang dapat menghambat patogen (Haggag & Saber, 2007; Istifadah *et al.*, 2020). Istifadah dkk. (2020) menemukan isolat-isolat mikrob dari air rendaman kompos yang dapat menghambat *A. solani* secara *in vitro* maupun perkembangan penyakit pada buah dan daun tomat.

Selain itu air rendaman kompos juga dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen (St. Martin, 2014; Yin *et al.*, 2025). Haggag & Saber (2007) melaporkan bahwa tanaman tomat yang disemprot dengan air rendaman kompos menunjukkan peningkatan aktivitas peroxidase, β -1,3-glucanase and chitinase yang merupakan indikator terjadinya induksi ketahanan tanaman.

Pada penelitian ini, kombinasi antara air rendaman kompos dengan mikrob antagonis (bakteri dan khamir) ternyata tidak menghasilkan efek penghambatan terhadap penyakit yang lebih baik. Perkembangan penyakit pada perlakuan kombinasi khamir dengan air rendaman kompos tidak berbeda

nyata dengan perlakuan secara tunggal. Hal ini kemungkinan karena efek air rendaman kompos sendiri sudah tinggi (93,50%) sehingga penambahan mikrob antagonis tidak terlihat efeknya. Penambahan isolat bakteri (*B. subtilis*) ke dalam air rendaman kompos ternyata dapat menurunkan efek penghambatan. Hal ini kemungkinan karena terjadi kompetisi antara mikrob *indigenous* yang ada dalam air rendaman kompos dengan mikrob antagonis yang ditambahkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efek penambahan mikrob antagonis ke dalam air rendaman kompos tergantung dari jenis isolat mikrobnnya dan juga kualitas dari komposnya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keefektifan air rendaman kompos maupun mikrob antagonis yang diuji dalam menekan perkembangan penyakit bercak cokelat pada tanaman tomat tidak berbeda secara nyata dengan efek dari fungisida klorotalonil 75%. Kombinasi antar isolat mikrob dan juga penambahan mikrob antagonis ke dalam air rendaman kompos ternyata tidak menghasilkan efek yang sinergistik. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi mikrob antagonis atau air rendaman kompos dapat dikembangkan sebagai alternatif pengendalian penyakit bercak cokelat yang ramah terhadap lingkungan. Mengingat penelitian ini masih dalam tahap percobaan di rumah kaca, untuk menginformasi hasilnya maka perlu dilakukan penelitian lanjutan pada kondisi pertanaman di lapangan.

SIMPULAN

Isolat bakteri KSB4 (*B. subtilis*) dengan khamir isolat KDK11 bersifat kompatibel. Isolat mikrob secara tunggal maupun campurannya dapat menghambat pertumbuhan jamur *A. solani* secara *in vitro* sebesar 57,50%-65,23%. Pencampuran kedua isolat yang diuji tidak menghasilkan efek penghambatan yang lebih baik. Aplikasi bakteri isolat KSB4 dengan khamir isolat KDK11 secara tunggal maupun campurannya, air rendaman kompos serta kombinasinya dapat menekan penyakit bercak cokelat pada tanaman tomat sebesar 78,77%-97,12%. Pencampuran isolat mikrob antagonis atau kombinasi mikrob antagonis dengan air rendaman kompos tidak menghasilkan penekanan penyakit bercak coklat yang lebih baik daripada perlakuan secara tunggalnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian yang didanai oleh DRPM-DIKTI melalui skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) No. 1827/UN6.3.1/LT/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari P, Y Oh, and DR Panthe DR. 2017. Current status of early blight resistance in tomato: An update. *International Journal of Molecular Sciences*. 18(10): 1-22. <https://doi.org/10.3390/ijms18102019>
- Chaerani R, and RE Voorrips. 2006. Tomato Early Blight (*Alternaria solani*): The pathogen, genetics, and breeding for resistance. *Journal of General Plant Pathology*. 72: 335-347. DOI: 10.1007/s10327-006-0299-3
- De Corato, U. 2020. Disease-suppressive compost enhances natural soil suppressiveness against soil-borne plant pathogens: A critical review. *Rhizosphere*. 13(C): 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100192>
- Dhaval P, PP Shete, M Faraaz, and D Dholu. 2021. Early blight (*Alternaria solani*) etiology, morphology, epidemiology and management of tomato. *Pharma Innovation*. 10(5):1423-1428.
- Freeman, S., D Minz, I Kolesnik, O Barbul, A Zveibil, M Maymon, Y Nitzani, B Kirshner, D Rav-David, A Bilu, A Dag, S Shafir, and Y Elad. 2004. *Trichoderma* Biocontrol of *Colletotrichum acutatum* and *Botrytis cinerea* and survival in strawberry. *European Journal of Plant Pathology*. 110: 361-370. <https://doi.org/10.1023/B:EJPP.0000021057.93305.d9>
- Freimoser FM, MP Rueda-Mejia, B Tilocca, and Q Migheli. 2019. Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 35(10):154. DOI: 10.1007/s11274-019-27284
- Haggag, WM, and MSM Saber. 2007. Suppression of early blight on tomato and purple blight on onion by foliar sprays of aerated and non-aerated compost teas. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 5(2): 302-309.
- Irabor, A and MT Mmbaga. 2017. Evaluation of Selected Bacterial Endophytes for Biocontrol Potential against Phytophthora Blight of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of*

- Plant Pathology and Microbiology. 8: 424. DOI: 10.4172/2157-7471.1000424 x
- Islam MA, Z Nain, MK Alam, MA Banu, and MR Islam. 2018. In Vitro Study of Biocontrol Potential of Rhizospheric *Pseudomonas aeruginosa* Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. Egyptian Journal of Biological Pest Control. 28, 90. DOI: 10.1186/s41938-018-0097-1
- Istifadah N, DNY Ningtyas, P Suryatmana, and BN. Fitriatin. 2018. The Abilities of endophytic and biofertilizing bacteria and their combinations to suppress bacterial wilt disease (*Ralstonia solanacearum*) of chili. KnE Life Sciences: 296–304. DOI: 10.18502/cls.v2i6.1052
- Istifadah, N., A. R. Firman, and M. F. Desiana. 2020. Effectiveness of compost and microbial-enriched compost to suppress powdery mildew and early blight diseases in tomato. The Journal of Animal & Plant Sciences. 30(2): 377–383. DOI: 10.36899/JAPS.2020.2.0031.
- Istifadah N, PG Novilaressa, F Widiyanti, dan S Hartati. 2020. Keefektifan bakteri dan khamir asal air rendaman kompos dalam menekan perkembangan penyakit bercak coklat (*Alternaria solani* Sacc.) pada tomat. Jurnal Agrikultura. 31(1):52-60. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v31i1.26876>
- Istifadah N, RA Putri, and S Hartati. 2021. The abilities of bacteria and yeast isolated from vermicompost water extract to inhibit *Alternaria solani* in vitro and early blight disease on tomato. Cropsaver. 4(2): 73-79. <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v4i2.37374>
- Istifadah N, JA Salaebea, and P McGee. 2006. Isolates of Endophytic *Chaetomium* spp. inhibit the fungal pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* in vitro. Canadian Journal of Botany. 84: 1148-1155. <https://doi.org/10.1139/b06-083>
- James D and SK Mathew. 2017. Compatibility studies on different endophytic microbes of tomato antagonistic to bacterial wilt pathogen. International Journal of Advanced Biological Research. 7: 190-194.
- Kaspar F, P Neubauer, and M Gimpel. 2019. Bioactive secondary metabolites from *Bacillus subtilis*: A comprehensive review. Journal of Natural Products. 26: 82(7): 2038-2053. DOI: 10.1021/acs.jnatprod.9b00110
- Koné, SB, A Dionne, RJ Tweddell, H Antoun, and TJ Avis. 2010. Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. Biological Control. 52(2): 167-173. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2009.10.018
- Mahmood I, SR Imadi, K Shazadi, A Gul and KR Hakeem. 2016. Effects of pesticides on environment. Pp. 254-269 in Hakeem KR, Akhtar MS, Abdullah SNA (Eds.) Plant, Soil and Microbes. Volume 1: Implications in Crop Science. Springer International. Switzerland
- Madden LV, G Hughes and F. van den Bosch. 2007. The Study of Plant Disease Epidemics. APS Press. St. Paul.
- Minchev Z, O Kostenko, R Soler, and MJ Pozo. 2021. Microbial consortia for effective biocontrol of root and foliar diseases in tomato. Frontiers in Plant Science. 5; 12:756368. DOI: 10.3389/fpls.2021.756368.
- Morales G, P Sierra, Mancilla, A Parades, LA Loyola, O Gallardo, and J Borquez. 2003. Secondary metabolites from four medicinal plants from Northern Chile, antimicrobial activity, and biotoxicity against *Artemia salina*. Journal of the Chilean Chemical Society. 48 (2):13-18 <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-97072003000200002>
- Mugiastuti E, F Hidayat, MWR Sastyawan, NWA Leana, and L Soesanto. 2025. Application of biocontrol products Bio P60 and Bio T10 as single or in combination in suppressing chili fruit anthracnose in the field. Journal of Tropical Plant Pests and Diseases. 25 (2): 230–240. DOI: 10.23960/j.hppt.225230-240
- Naidu, Y, S Meon, and Y Siddiqui. 2013. Foliar application of microbial-enriched compost tea enhances growth, yield and quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) cultivated under fertigation system. Scientia Horticulturae. 159: 33–40. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.04.024.
- Nunes P.SO, GV Lacerda-Junior, GM Mascarin, RA Guimarães, FHV Medeiros, S. Arthurs, and W Bettiol. 2024. Microbial consortia of biological products: Do they have a future? Biological Control. 188: 105439. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105439>
- On A, F Wong, Q Ko, RJ Tweddell, H Antoun, and TJ Avis. 2015. Antifungal effects of compost

- tea microorganisms on tomato pathogens. *Biological Control*. 80: 63-69. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.09.017>
- Pugliese M, B Liu, ML Gullino, and A Garibaldi. 2011. Microbial enrichment of compost with biological control agents to enhance suppressiveness to four soil-borne diseases in greenhouse. *Journal of Plant Disease and Protection*. 118 (2): 45-50. <https://doi.org/10.1007/BF03356380>
- Sarma, BK, SK Yadav, S Singh, and HB. Singh. 2015. Microbial consortium-mediated plant defense against phytopathogens: Seed dressing for enhancing efficacy. *Soil Biology and Biochemistry*. 87: 25-33. DOI:10.1016/j.soilbio.2015.04.001.
- Siddiqui, Y, S Meon, MR Ismail, and A Ali. 2008. *Trichoderma*-fortified compost extracts for the control of Choanephora wet rot in okra production. *Crop Protection*. 27: 385-390. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.07.002>
- St. Martin, CCG. 2014. Potential of compost tea for suppressing plant diseases. *CAB Reviews*. 9(32): 1-38. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20149032>
- Xu XM and MJ Jeger. 2013. Combined use of two biocontrol agents with different biocontrol mechanisms most likely results in less than expected efficacy in controlling foliar pathogens under fluctuating conditions: a modeling study. *Phytopathology*. 103(2):108-16. DOI: 10.1094/PHYTO-07-12-0167-R.
- Xu, XM, P Jeffries, M Pautasso, and MJ Jeger. 2011. Combined use of biocontrol agents to manage plant diseases in theory and practice. *Phytopathology*. 101: 1024-1031. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-10-0216>
- Yin J, J Wang, L Zhao, Z Cui, S Yao, G Li, and J Yuan. 2025. Compost tea: Preparation, utilization mechanisms, and agricultural applications potential – A comprehensive review. *Environmental Technology and Inovation*. 38: 104137. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104137>
- Zhang D, R Qiang, Z Zhou, Y Pan, S Yu, W Yuan, J Cheng, J Wang, D Zhao, J Zhu and Z Yang. 2022. Biocontrol and action mechanism of *Bacillus subtilis* lipopeptides fengycins against *Alternaria solani* in potato as assessed by a transcriptome analysis. *Frontiers in Microbiology*.13:861113. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.861113>
- Zhang N, Z Wang, J Shao, Z Xu, Y Liu, W Xun, Y Miao, Q Shen, and R Zhang. 2023. Biocontrol mechanisms of *Bacillus*: Improving the efficiency of green agriculture. *Microbiology and Biotechnology*. 16(12):2250-2263. DOI: 10.1111/1751-7915.14348.