

# Seleksi dan Pengujian Bakteri Biokontrol terhadap Cendawan Patogen *Fusarium* sp. yang Diisolasi dari Buah Tomat (*Solanum Lycopersicum* L.)

## Selection and Testing of Biocontrol Bacteria against Pathogenic Fungi *Fusarium* sp. Isolated from Tomato Fruits (*Solanum lycopersicum* L.)

QURROTU AYNI, NISA RACHMANIA MUBARIK\*, LISDAR I SUDIRMAN

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 19 Mei 2024/Diterima dalam Bentuk Revisi 26 Desember 2024/Disetujui 3 Februari 2025

*Fusarium oxysporum* is one of the primary pathogens in tomato plants that causes plant wilting. Pathogenic fungi have been controlled by spraying synthetic fungicides. The negative impact of excessive use of synthetic chemicals can be reduced by using biocontrol agents that produce antifungal compounds. Natural pest control efforts use endophytic bacteria and rhizosphere as biocontrol agents for fungal pathogens on tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.). This study aims to select and test biocontrol bacteria against pathogenic fungi *Fusarium* sp. isolated from tomato fruits. *Fusarium* successfully isolated from tomato fruits which was characterized based on observations of colony and cell morphology. A total of 15 rhizosphere bacterial isolates were tested against *Fusarium* sp., and 11 bacterial isolates were able to inhibit the growth of the fungus. Isolates TTSG 2.2, TTSG 2.7, TTSG 3.2, TTSG 3.5, TTSG 3.6, and TCS 3.1 had fungal inhibition of 45%. The results of the hemolysin test showed that one isolate, TTSG 3.6 isolate, was negative, which did not form a clear zone around the bacterial streak. Isolate TTSG 3.6 still showed a few brown spots and rotted tomato fruit, so this bacteria needs to be tested for hypersensitivity on tobacco leaves to show its pathogenicity in plants.

Key words: Biocontrol, *Fusarium*, hemolysin test, inhibition, tomato

### PENDAHULUAN

Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan salah satu tanaman hortikultura di Indonesia yang dapat tumbuh di dataran rendah hingga dataran tinggi (pegunungan). Biasanya di daerah bertanah basah dan laju curah hujan tinggi, pertumbuhan tanaman tomat kurang baik akibat serangan cendawan patogen. Cendawan patogen yang menyerang seluruh bagian tanaman tomat yaitu genus *Peronospora*, *Cercospora*, *Fusarium*, *Altenaria*, *Cladosporium*, dan *Phytophthora* (Ata *et al.* 2016). Organisme pengganggu tumbuhan (OPT) menjadi salah satu penghambat produksi tanaman tomat. *Fusarium* sp. merupakan salah satu patogen primer pada tanaman tomat yang menyebabkan kelayuan pada tanaman dan mampu menurunkan hasil hingga 100% (Akram dan Anjum 2011). *Fusarium oxysporum*

yang menyebabkan penyakit layu fusarium pada akar, batang, dan kecambah (Yurnaliza *et al.* 2011).

Penyakit layu fusarium dapat diatasi dengan menggunakan pestisida sintetik kimia. Pestisida ini berkembang luas karena dianggap paling cepat dan ampuh dalam mengatasi gangguan hama, namun penggunaan pestisida sintetik secara berkelanjutan dapat menimbulkan kerugian seperti resistensi hama, terbunuhnya organisme di sekitarnya, dan masalah pencemaran lingkungan yang berbahaya bagi manusia (Cao *et al.* 2011).

Alternatif untuk pengendalian *Fusarium* patogen dapat dilakukan dengan menggunakan agens pengendali hayati (biokontrol), misalnya bakteri endofit (Ernia *et al.* 2023) dan bakteri rizosfer (Putri *et al.* 2023) yang bersifat nonpatogen baik pada hewan maupun tumbuhan. Pengendalian biologi dengan memanfaatkan agens pengendali hayati bersifat ramah lingkungan untuk pengelolaan penyakit pada tanaman (Baysal *et al.* 2013). Agens biokontrol baik terdiri atas mikroorganisme tunggal atau konsorsium

\*Penulis Korespondensi:

E-mail: nrachmania@apps.ipb.ac.id

mampu menghambat pertumbuhan patogen secara alami, sehingga mempunyai keunggulan dalam menjaga keseimbangan ekosistem pertanian. Di Indonesia, pemanfaatan bakteri biokontrol sebagai agens hayati pada tanaman tomat belum banyak diteliti. Tujuan dari penelitian ini ialah menyeleksi bakteri rhizosfer yang dapat mengendalikan cendawan patogen *Fusarium* sp. yang diisolasi dari buah tomat, dan menguji kemampuan bakteri dalam menghambat pertumbuhan cendawan patogen secara *in vitro* dan pengujian pada buah tomat.

## BAHAN DAN METODE

**Waktu dan Tempat Penelitian.** Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2021-Juli 2021, di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

**Bahan.** Bahan yang digunakan ialah 15 isolat bakteri yang disimpan di Laboratorium Mikrobiologi, FMIPA, IPB (Putri *et al.* 2023) dan sampel buah tomat busuk di Pasar Kapuk Kelurahan Atang Senjaya, Kecamatan Kemang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

**Isolasi Cendawan Patogen dari Buah Tomat.** Sampel tomat dipotong menggunakan alat diseksi yang telah disemprot alkohol 70% dan dimasukkan ke dalam plastik steril. Bagian buah yang sakit sepanjang 1 cm, dicelupkan dalam Beaker glass yang berisi alkohol 70% selama dua menit untuk menghilangkan kontaminasi pada bagian luarnya, kemudian dibilas dengan mencelupkannya ke dalam akuades steril. Potongan buah yang sakit diletakkan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) (Arsih *et al.* 2015) dan diinkubasi pada suhu ruang 27°C selama 10-15 hari sampai miselium cendawan tumbuh. Miselium dimurnikan berdasarkan warna koloni dan diremajakan pada media PDA hingga didapatkan koloni murni dari cendawan. Identifikasi cendawan berdasarkan karakter morfologi (Watanabe 2002). Secara makroskopis identifikasi dilakukan dengan pengamatan visualisasi meliputi warna koloni, bentuk koloni, serta lama pertumbuhan koloni pada media PDA. Pengamatan secara mikroskopis antara lain, hifa bersekat atau tidak bersekat, pertumbuhan hifa (bercabang atau tidak bercabang), warna hifa (gelap atau hialin), warna spora atau konidia.

**Peremajaan Isolat Bakteri dan Cendawan Patogen.** Lima belas isolat bakteri yang telah diinokulasikan pada media agar-agar miring kemudian diremajakan pada media TSA (*Triptycase Soy Agar*) dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang ( $\pm 27^\circ\text{C}$ ), kemudian dilakukan gores kuadran pada media NA (*Nutrient Agar*) dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang ( $\pm 27^\circ\text{C}$ ). Cendawan *Fusarium* sp. ditumbuhkan pada media PDA dengan penambahan

antibiotik kemudian diinkubasi selama 4-5 hari pada suhu ruang ( $\pm 27^\circ\text{C}$ ).

**Uji Daya Hambat Isolat Bakteri terhadap Cendawan Patogen *Fusarium* sp.** Uji daya hambat isolat bakteri secara *in vitro* digunakan metode *dual culture* pada cendawan patogen. Diameter cendawan patogen yang digunakan berukuran 0,5 cm diambil dengan sedotan steril, dan diletakkan 3 cm dari isolat bakteri di media PDA dengan diameter cawan petri 9 cm. Isolat bakteri pada media PDA digores tegak lurus dengan isolat cendawan. Inkubasi dilakukan selama 10 hari pada suhu ruang (Ludueno *et al.* 2012). Persentase daya hambat bakteri terhadap pertumbuhan hifa cendawan dihitung menggunakan formulasi Fokkema (1973) daya hambat =  $(R1-R2)/R1 \times 100\%$ . R1 merupakan jari-jari koloni cendawan pada kontrol dan R2 jari-jari koloni cendawan ke arah bakteri endofit. Daya hambat dinilai dengan skala 0 sampai 4. Skala 0 = tidak ada daya hambat, 1 = daya hambat sebesar 1-25%, 2 = daya hambat 26-50%, 3 = daya hambat 50-75%, 4 = daya hambat 76-80% (Zivkovic *et al.* 2010).

**Uji Hemolisin Isolat Bakteri.** Uji hemolisin dilakukan dengan menggores bakteri pada medium agar-agar darah. Satu lup masing-masing isolat yang telah diremajakan selama 24 jam, diinokulasikan pada media agar-agar darah dengan cara dititik atau digores, kemudian diinkubasi pada suhu ruang  $\pm 27^\circ\text{C}$  selama 24-48 jam (Murtado *et al.* 2020). Media agar-agar darah merupakan media NA (*Nutrient Agar*) yang ditambah dengan 5% (v/v) darah domba dalam pH media 7,4 (Murtado *et al.* 2020). Zona bening yang terbentuk pada medium menandakan bakteri bereaksi positif karena dapat mendegradasi komponen sel darah merah pada medium (Oktafiyanto *et al.* 2018).

**Pengujian pada Buah Tomat.** Pengujian ini dilakukan untuk menguji kemampuan isolat bakteri potensial hasil seleksi *in vitro* untuk menekan pertumbuhan cendawan patogen *Fusarium* sp. Ada empat unit perlakuan yaitu, tomat diinokulasikan dengan isolat cendawan *Fusarium* sp.; aplikasi bakteri rizosfer potensial hasil seleksi bersamaan dengan inokulasi *Fusarium* sp.; aplikasi antibiotik kloramfenikol bersamaan dengan inokulasi *Fusarium* sp. (kontrol positif); aplikasi akuades bersamaan dengan inokulasi *Fusarium* sp. (kontrol negatif). Ulangan yang dilakukan ialah sebanyak 3 ulangan untuk tiap unit perlakuan. Pengujian pada buah tomat dengan cara pemberian luka menggunakan alat diseksi steril pada permukaan buah tomat yang telah dilakukan sterilisasi permukaan. Setiap daerah luka diolesi dengan unit perlakuan secara aseptik. Buah yang telah diinokulasi dimasukkan ke dalam wadah plastik yang telah diberi tisu steril. Pengamatan dilakukan pada lima hari setelah inokulasi.

## HASIL

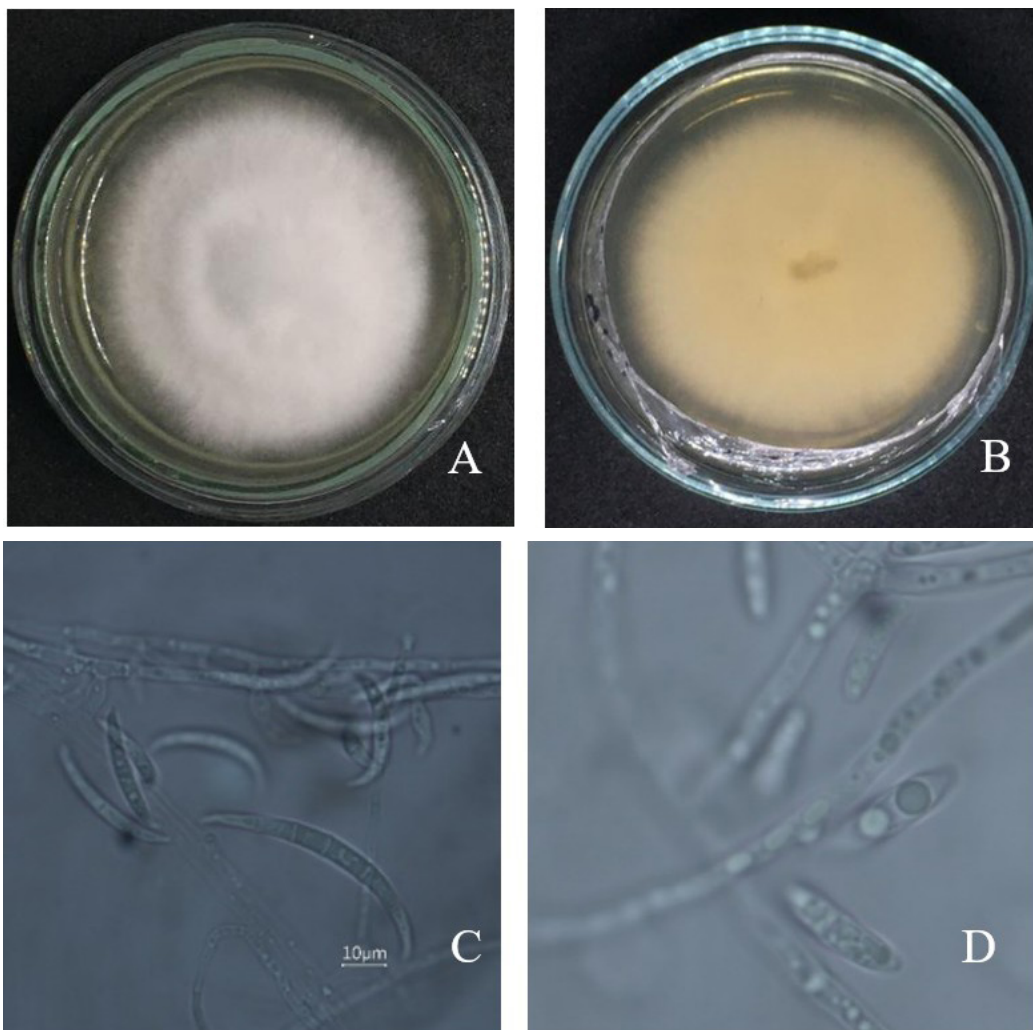
**Cendawan Patogen Buah dari Tomat.** Cendawan patogen yang berhasil diisolasi ialah cendawan dari genus *Fusarium* sp. berdasarkan dari pengamatan morfologi yang diamati berupa bentuk koloni dan karakter hifa dimiliki oleh cendawan tersebut (Gambar 1). Cendawan *Fusarium* sp. ditumbuhkan pada media PDA kemudian diinkubasi selama 4-5 hari pada suhu ruang ( $\pm 27^{\circ}\text{C}$ ). Koloni cendawan *Fusarium* sp. yang terisolasi berwarna putih sedikit kuning kecoklatan, sifat koloni seperti kapas. Karakter mikroskopik menunjukkan warna hifa hialin dan memiliki sekat (septa) konidia berbentuk bulan sabit, dan memiliki seta. Makrokonidia pada hasil isolasi berbentuk seperti bulan sabit dengan jumlah sekat 3-5 dan mikrokonidia yang tidak bersekat (Gilman 1996).

**Daya Hambat Isolat Bakteri terhadap Cendawan *Fusarium* sp.** Pengujian antagonis terhadap cendawan *Fusarium* sp. dilakukan pada 15 isolat bakteri dengan metode dual culture pada media PDA. Hasil uji antagonis didapatkan sebanyak 11

bakteri memiliki potensi menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium* sp. Daya hambat isolat tersebut berkisar 37-45% (Tabel 1, Gambar 2). Isolat bakteri

Tabel 1. Isolat bakteri rizosfer potensial menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp.

Kode Isolat	Panjang jari-jari koloni cendawan		Daya hambat (%)
	R1 (cm)	R2 (cm)	
TTSG 2.2	4	2,2	45
TTSG 2.7	4	2,2	45
TTSG 3.2	4	2,2	45
TTSG 3.5	4	2,2	45
TTSG 3.6	4	2,2	45
TCS 3.1	4	2,2	45
TTSG 2.1	4	2,5	37,5
TTSG 2.6	4	2,5	37,5
TTSG 2.8	4	2,5	37,5
TTSG 3.4	4	2,5	37,5
TCS 2.6	4	2,5	37,5
TTSG 2.3	4	4	0
TTSG 2.4	4	4	0
TTSG 2.5	4	4	0
TTSG 2.7	4	4	0



Gambar 1. (A) Morfologi koloni dan sel hasil isolasi cendawan patogen *Fusarium* sp. koloni *Fusarium* sp. pada media PDA tampak depan, (B) koloni *Fusarium* sp. pada media PDA tampak belakang, (C) makrokonidia *Fusarium* sp., dan (D) mikrokonidia *Fusarium* sp.

TTSG 2.2, TTSG 2.7, TTSG 3.2, TTSG 3.5, TTSG 3.6, dan TCS 3.1 memiliki daya hambat 45% lebih besar dibandingkan dengan isolat TTSG 2.1, TTSG 2.6, TTSG 2.8, TTSG 3.4, dan TCS 2.6 dengan besar 37,5%. Daya hambat 12 isolat terhadap *Fusarium* sp. berada pada skala 2 (26-50%).

#### Karakteristik Morfologi Koloni dan Sel Bakteri.

Identifikasi karakter bakteri dilakukan melalui pengamatan morfologi koloni dan mikroskopis pada isolat bakteri rhizosfer yang memiliki daya hambat pada skala 2 dengan besar persentase 45%. Sebanyak 6 isolat bakteri rhizosfer potensial terpilih memiliki karakter morfologi koloni yang berbeda (Tabel 2). Karakter mikroskopis dilakukan dengan pewarnaan Gram dan diamati pada mikroskop perbesaran 1000x (Gambar 3). Ciri morfologi koloni isolat bakteri rhizosfer terpilih rata-rata memiliki bentuk bundar, tepian licin, elevasi timbul, dan warna putih.

#### Kemampuan Bakteri Menghasilkan Hemolisin.

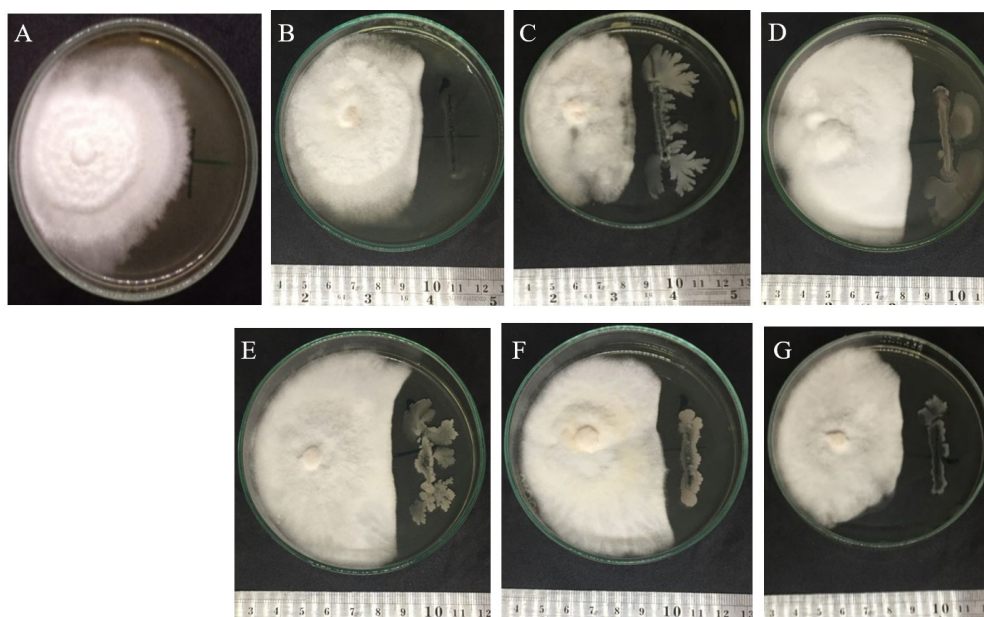
Pengujian kemampuan bakteri dalam menghidrolisis sel darah merah dilakukan dengan uji hemolisin. Uji positif ditandai dengan terbentuknya zona bening di area sekitar goresan bakteri dan uji negatif ditandai dengan tidak terbentuknya zona bening di sekitar goresan bakteri (Gambar 4). Kelima isolat bakteri

terpilih TCS 3.1, TTSG 2.2, TTSG 2.7, TTSG 3.5, dan TTSG 3.2 menunjukkan uji hemolisin positif dengan terbentuknya zona bening. Satu isolat TTSG 3.6 menunjukkan uji hemolisin bersifat negatif dengan tidak terbentuk zona bening, yang menandakan isolat tidak dapat melisiskan sel darah merah dan tidak bersifat patogen pada mamalia.

**Pengujian pada Buah Tomat.** Buah tomat yang diberi perlakuan memiliki gejala yang berbeda setelah dilukai dan diinokulasi dengan jamur patogen (Gambar 5). Buah tomat dengan perlakuan bakteri rizosfer potensial TTSG 3.6 menunjukkan penghambatan pertumbuhan miselium cendawan pada setiap pengulangan. Buah tomat yang diberi perlakuan isolat bakteri ini menunjukkan sedikit gejala bercak coklat (nekrosis) disertai dengan perubahan warna. Perlakuan kontrol positif dengan antibiotik kloramfenikol 10 µg menunjukkan gejala bercak coklat Tabel 3.

## PEMBAHASAN

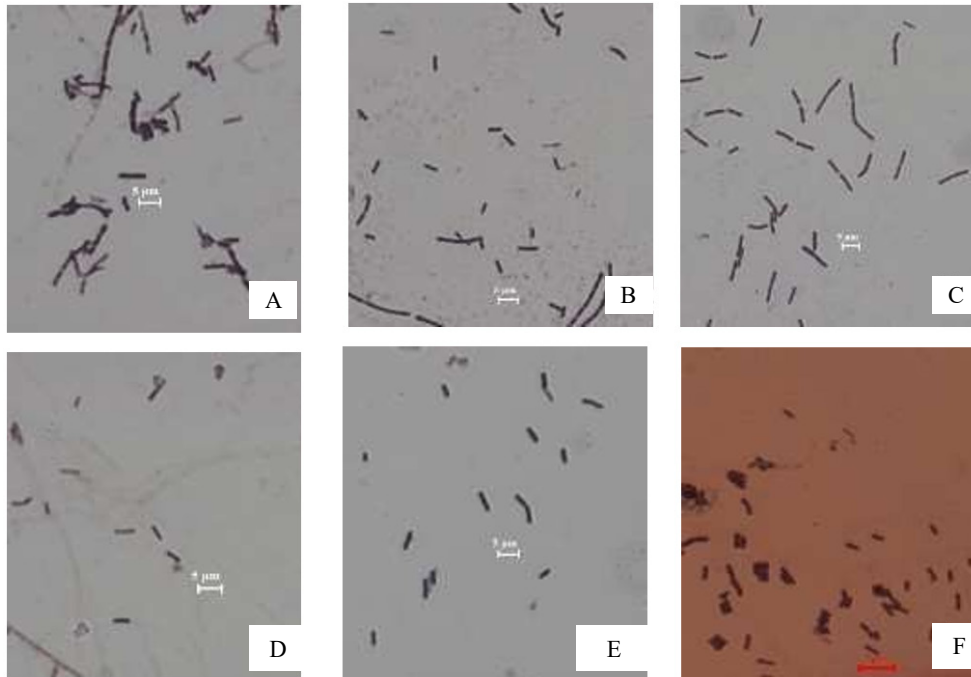
*Fusarium* merupakan salah satu genus cendawan yang menimbulkan penyakit pada banyak tanaman (Abd-Elsalam *et al.* 2003). Koloni cendawan *Fusarium*



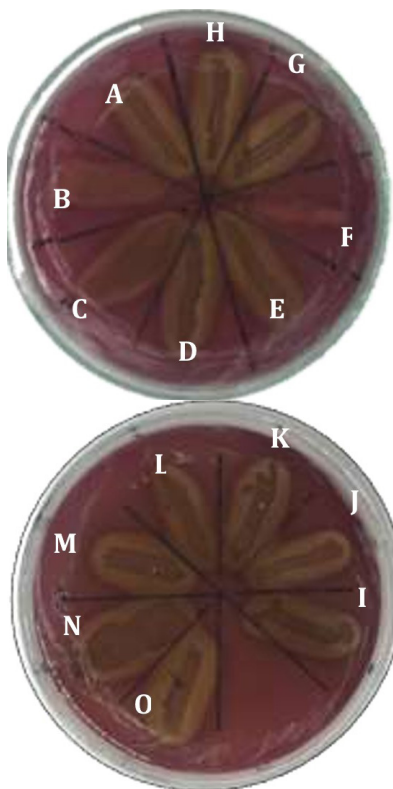
Gambar 2. Pengujian enam isolat bakteri rizosfer terhadap *Fusarium* sp. pada media PDA masa inkubasi 10 hari. (A) Kontrol, (B) TCS 3.1, (C) TTSG 2.7, (D) TTSG 3.2, (E) TTSG 3.5, (F) TTSG 3.6, dan (G) TTSG 2.2

Tabel 2. Ciri-ciri isolat bakteri yang dapat menghambat pertumbuhan cendawan 45%

Kode Isolat	Ciri-ciri morfologi koloni				Ciri-ciri mikroskopis		Hemolisin
	Bentuk	Tepian	Elevasi	Warna	Gram	Bentuk	
TCS 3.1	Bundar	Licin	Datar	Putih	+	Batang diplobasil	+
TTSG 2.2	Bundar	Licin	Timbul	Putih	+	Batang tunggal	+
TTSG 2.7	Bundar	Licin	Datar	Putih	+	Batang tunggal	+
TTSG 3.2	Bundar	Licin	Timbul	Putih	+	Batang diplobasil	+
TTSG 3.5	Bundar	Licin	Timbul	Putih	+	Batang tunggal	+
TTSG 3.6	Bundar	Licin	Timbul	Putih	+	Batang diplobasil	-



Gambar 3. Hasil pengamatan mikroskopis enamel isolat bakteri rhizosfer potensial. (A) TCS 3.1, (B) TTSG 2.2, (C) TTSG 2.7, (D) TTSG 3.5, (E) TTSG 3.6, dan (F) TTSG 3.2



Gambar 4. Hasil uji hemolisin 15 isolat bakteri pada inkubasi di suhu kamar (+270C) selama 48 jam. Keterangan: (A) TTSG 2.1, (B) TTSG 3.2, (C) TTSG 2.3, (D) TTSG 2.4, (E) TCS 3.1, (F) TTSG 3.6, (G) TTSG 3.5, (H) TTSG 2.6, (I) TTSG 2.8, (J) TTSG 3.1, (K) TTSG 3.3, (L) TTSG 3.4, (M) TTSG 2.2, (N) TCS 2.6, dan (O) TTSG 2.7



Gambar 5. Gejala pada buah tomat setelah diinokulasi bakteri uji dengan *Fusarium* sp. 5 hari inkubasi (A) buah diinokulasi isolat bakteri dan cendawan *Fusarium* sp. (B) buah diinokulasi isolat cendawan *Fusarium* sp. dan antibiotik (kontrol positif). (C) buah diinokulasi cendawan *Fusarium* sp. dan akuades (kontrol negatif)

Tabel 3. Hasil uji perlakuan bakteri TTSG 3.6 dan *Fusarium* sp. pada buah tomat

Perlakuan	Gejala bercak coklat pada tomat	Pertumbuhan miselium <i>Fusarium</i> sp.	Busuk buah tomat
<i>Fusarium</i> sp.+ bakteri uji TTSG 3.6	+	+	++
<i>Fusarium</i> sp. + antibiotik (kontrol positif)	++	++	++
<i>Fusarium</i> sp. + akudes (kontrol negatif)	+++	++	+++

sp. berwarna putih kuning dan kecoklatan pada pusat koloni dengan miselia yang tebal (Putri *et al.* 2023). Hasil isolasi *F. oxysporum* pada penelitian yang dilakukan oleh Sonkar *et al.* (2014) menyatakan bahwa *F. oxysporum* umumnya memiliki koloni yang beragam seperti berwarna putih, putih hingga krem, merah muda, hingga ungu dan kuning kecoklatan pada pusat koloni. Berdasarkan warna koloni yang bervariasi, *Fusarium* sp. hasil isolasi ini diidentifikasi sebagai *F. oxysporum* seperti yang dikemukakan oleh Sonkar *et al.* (2014) yang berhasil mengisolasi *F. oxysporum* pada buah tomat. *F. oxysporum* membentuk tiga tipe spora aseksual yaitu mikrokonidium, makrokonidium, dan kladospora (Leslie *et al.* 2003). Karakter mikroskopik menunjukkan warna hifa hialin dan memiliki sekat (septa), konidia berbentuk bulan sabit dengan jumlah sekat bervariasi. Makrokonidia pada hasil isolasi berbentuk seperti bulan sabit dengan jumlah sekat 3-5 dan mikrokonidia dengan jumlah sekat 0-1, dikuatkan juga oleh penelitian lain sebagai *F. oxysporum* (Kassie *et al.* 2020). Panjang makrokonidia *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* memiliki panjang dan lebar makrokonidia bervariasi antara (15,9 - 46,98  $\mu\text{m} \times$  1,83 - 4,88  $\mu\text{m}$ ), bersepta 3-5, dan bentuk sedikit lurus, melengkung hingga berbentuk bulan sabit sedangkan panjang dan lebar mikrokonidia antara (6,75 - 13,56  $\mu\text{m} \times$  1,93 - 3,4  $\mu\text{m}$ ) umumnya tidak bersepta, dan berbentuk seperti oval atau elips (Kassie *et al.* 2020). Akan tetapi, hasil tersebut perlu diidentifikasi lebih lanjut secara molekuler untuk memastikan spesies sama seperti yang disarankan.

Uji antagonis dengan metode dual culture diperoleh memiliki daya hambat berada pada skala 2 (26-50 %). Menurut Zivkovic *et al.* (2010) skala 2-4 berpotensi baik sebagai pengendali cendawan patogen tanaman. Pemberian perlakuan bakteri rizosfer, terlihat bakteri membatasi pertumbuhan hifa cendawan *Fusarium* sp. Pertumbuhan pemanjangan hifa terhambat dengan terlihatnya daerah kosong antara koloni bakteri dan cendawan (Nurmalinda *et al.* 2020). Secara umum agens pengendali alami memiliki beberapa mekanisme antagonis terhadap mikroba patogen seperti kompetisi

nutrisi untuk pertumbuhan mikroba (Fokkema 1973). Kolonisasi agens pengendali hayati pada tanaman akan melindungi tanaman dari serangan patogen, sedangkan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap mikroba patogen (Soesanto *et al.* 2010).

Keenam bakteri rizosfer potensial hasil isolasi diketahui merupakan bakteri Gram positif. Sebanyak 6 isolat yang teramati memiliki ciri bentuk sama dan jenis Gram yang sama. Bakteri rizosfer dikenal luas karena kemampuannya dalam menghasilkan berbagai senyawa alami sebagai biokontrol penyakit tanaman. Selama beberapa tahun terakhir, penelitian terhadap mikroba alami untuk pengendalian penyakit tanaman akibat infeksi cendawan patogen terus dipelajari secara ekstensif sebagai alternatif aplikasi fungsida sintetis. Biokontrol cendawan patogen dalam perlindungan tanaman dapat dilakukan dengan pendekatan enzim pelisis dinding sel dari beberapa kelompok bakteri tanah seperti *Bacillus*. Isolat terpilih dengan aktifitas daya hambat diidentifikasi sebagai kelompok *Bacillus* yaitu *B. subtilis*. Bakteri rizosfer *B. subtilis* umum dipelajari karena aktivitas anticendawannya yang kuat terhadap berbagai cendawan fitopatogen seperti *Rhizoctonia solani*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseolina*, dan *Pythium ultimum* (Wu *et al.* 2019). Penerapan bakteri *B. subtilis* sebagai agen biokontrol juga membantu dalam kesehatan tanaman dengan cara meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Secara *in vitro*, penghambatan pertumbuhan miselia cendawan dapat terjadi oleh senyawa-senyawa anticendawan yang dihasilkan oleh bakteri selama pertumbuhannya pada media, ataupun senyawa anticendawan yang telah ditambahkan pada media tumbuhnya. Selama pertumbuhannya, bakteri menghasilkan beragam senyawa primer maupun sekunder, yang secara langsung ataupun tidak dapat mempengaruhi pertumbuhan miselia cendawan di dekatnya (Khedher *et al.* 2021). Misalnya, dilaporkan senyawa volatil tertentu maupun enzim yang dihasilkan *B. subtilis* pada mediumnya kemungkinan besar menjadi senyawa pengganggu dalam proses pembentukan dinding hifa *Fusarium* spp. sehingga hifa gagal tumbuh dan miselia pada cawan perlakuan terhambat pertumbuhannya (Huang *et al.* 2014; Putri *et al.* 2023).

Uji hemolisis berfungsi untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam melisis sel darah merah (Miseyasi-Lauridsen *et al.* 2016). Uji hemolisis yang positif ditandai dengan adanya zona bening yang dihasilkan bakteri tersebut. Zona bening yang terbentuk di sekeliling koloni bakteri menandakan bakteri bereaksi hemolisis positif, karena dapat mendegradasi komponen sel darah merah pada media agar-agar darah (Oktafiyanto *et al.* 2018). Satu isolat dari enam bakteri

rizosfer potensial menunjukkan reaksi hemolisin negatif dan tidak bersifat patogen. Kemampuan bakteri dalam mendegradasi sel darah merah dibagi menjadi tiga kategori yaitu, beta hemolisis ( $\beta$ ), alfa hemolisis ( $\alpha$ ), dan gama hemolisis ( $\gamma$ ) (Balashova *et al.* 2006). Isolat TCS 3.1, TTSG 2.2, TTSG 2.7, TTSG 3.5, dan TTSG 3.2. termasuk ke dalam kelompok bakteri beta hemolisis ( $\beta$ ), Isolat bakteri TTSG 3.6 menunjukkan hasil uji hemolisis yang negatif ( $\gamma$  hemolisis) karena tidak ada zona bening yang terbentuk. Kelompok bakteri beta hemolisis ( $\beta$ ) tidak digunakan pada uji selanjutnya karena bersifat toksik yang dapat berbahaya bagi mamalia.

Isolat bakteri TTSG3.6 yang tidak menghasilkan hemolisin (tidak patogen) dapat menghambat perkembangan gejala penyakit yang disebabkan oleh cendawan *Fusarium* sp. pada buah tomat. Pengujian dengan isolat bakteri tersebut juga menyebabkan pembusukan atau lesi yang berupa meleukunya jaringan pada bagian buah tomat yang dilukai dan diinokulasi dengan isolat tersebut. Pembusukan buah tomat yang diinokulasi dengan isolat potensial hasil seleksi diduga karena isolat mikrob tersebut bersifat parasit fakultatif atau saprofit yang dapat menginfeksi inangnya apabila lingkungan mendukung, misalnya dengan adanya luka dan kelembaban lingkungan yang tinggi. Buah tomat yang dilukai dan disimpan dalam kondisi kelembaban yang tinggi membantu penetrasi dan infeksi dari isolat-isolat mikrob tersebut. Mikrob tersebut adalah patogen oportunistik yang masuk ke dalam jaringan melalui luka atau jaringan yang lebam. Bakteri yang dapat menyebabkan pembusukan pada buah tomat dapat berasal dari berbagai genera antara lain *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Bacillus*, dan bakteri asam laktat (Barth *et al.* 2009).

Dari hasil penelitian ini enam isolat bakteri rizosfer potensial yang termasuk bakteri Gram positif dan berasal dari perakaran tanaman tomat. Keenam isolat memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium* sp. secara *in vitro* dengan persentase daya hambat 45%. Satu isolat bakteri rizosfer, yaitu TTSG3.6, tidak menghasilkan hemolisin, menunjukkan penghambatan pertumbuhan miselium cendawan *Fusarium* sp. serta menghasilkan sedikit bercak coklat. Isolat TTSG 3.6 masih menunjukkan pembusukan buah tomat, sehingga bakteri ini perlu dilakukan pengujian hipersensitivitas pada daun tembakau (Putri *et al.* 2023) untuk menunjukkan sifat patogenitas pada tanaman. Selain itu perlu dilakukan identifikasi molekular untuk mengetahui spesies isolat bakteri TTSG3.6 dan cendawan *Fusarium* sp. yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abd-El salam KA, Abdel-Satar MA, Aly IN. 2003. PCR identification of *Fusarium* genus based on nuclear ribosomal-DNA sequence data. *Afr J Biotechnol* 2:82-85. <https://doi.org/10.5897/AJB2003.000-1016>
- Akram W, Anjum T. 2011. Quantitative changes in defense system of tomato induced by two strain of *Bacillus* against *Fusarium* wilt. *Indian J Fund Appl Life Sci* 1:-13.
- Arsih DW, Panggeso J, Lakani I. 2015. Uji ekstrak daun siri dan cendawan *Trichoderma* sp. dalam menghambat perkembangan *Fusarium oxysporum* f.sp lycopersici penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman tomat. *J Nature Sci* 4:355-368.
- Ata H, Papuangan N, Bahtiar. 2016. Identifikasi cendawan patogen pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Bioedukasi* 4:541-550. <https://doi.org/10.33387/bioedu.v4i2.168>
- Barth M, Hankinson TR, Zhuang H, Breidt F. 2009. Microbiological Spoilage of Fruits and Vegetables in Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages, Food Microbiology and Food Safety. New York: Springer Science & Business Media. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0826-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0826-1_6)
- Balashova NV, Crosby JA, Al Ghofaily L, Kachalany SC. 2006. Molecular pathogenesis: leukotoxin confers beta- hemolytic activity to *Actinobacillus actinomycetemcomitans*. *Am Soc Microbiol Infect Immun* 74:2015-2021. <https://doi.org/10.1128/IAI.74.4.2015-2021.2006>
- Baysal Ö, Lai D, Xu HH, Siragusa M, Caliskan M, Carimi F, Teixeira da Silva JA, Tör M. 2013. A proteomic approach provides new insights into the control of soil borne plant pathogens by *Bacillus* species. *Plos One* 8:1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053182>
- Cao Y, Zhang Z, Ling N, Yuan Y, Zheng X, Shen B, Shen Q, 2011. *Bacillus subtilis* SQR 9 can control fusarium wilt in cucumber by colonizing plant roots. *Biol Fertil Soils* 47:495-506. <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0556-2>
- Ernia R, Mubarik NR, Sudirman LI. 2023. The potential of endophytic bacteria as the biocontrol agents of *Fusarium proliferatum*. *Makara J Sci* 27:306-313. <https://doi.org/10.7454/mss.v27i4.1501>
- Fokkema NJ. 1973. The role of saprophytic fungi in antagonism against *Drechslera sorokiniana* (*Helminthosporium sativum*) on agar plate and on rye leaves with pollen. *Physiol Plant Pathol* 3:195-205. [https://doi.org/10.1016/0048-4059\(73\)90082-9](https://doi.org/10.1016/0048-4059(73)90082-9)
- Gilman JC. 1996. A Manual of Soil Fungi. Iowa: The Iowa State University Press.
- Huang J, Wei Z, Tan S, Mei X, Shen Q, Xu Y. 2014. Suppression of bacterial wilt of tomato by bioorganic fertilizer made from the antibacterial compound producing strain *Bacillus amyloliquefaciens* HR62. *J Agric Food Chem* 62:10708-10716. <https://doi.org/10.1021/jf503136a>
- Kassie YG, Ebrahim AS, Mohamed MY. 2020. Interaction effect between *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* on selected tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Afr J Agric Research* 15:330-342
- Khedher S Ben, Mejdoub-Trabelsi B, Tounsi S. 2021. Biological potential of *Bacillus subtilis* V26 for the control of *Fusarium* wilt and tuber dry rot on potato caused by *Fusarium* species and the promotion of plant growth. *Biol Control* 152:104444. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104444>
- Leslie JF, Salleh B, Summerell BA. 2003. A utilitarian to *Fusarium* identification. *Plant Disease* 87:117-128. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.2.117>
- Luduena LM, Taurian T, Tonelli ML, Angelini JG, Anzuay MS, Valletti L, Munoz V, Fabra AI. 2012. Biocontrol bacterial communities associated with diseased peanut (*Arachis hypogaea* L.) plants. *Europ J Soil Biol* 53:48-55. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.08.002>
- Mirsepasi-Lauridsen HC, Halkjaer SI, Mortensen EM, 3, Lydolph MC, Nordgaard-Lassen I, Kroghfelt KA, Petersen AM. 2016. Extraintestinal pathogenic *Escherichia coli* are associated with intestinal inflammation in patients with ulcerative colitis. *Sci Rep* 6:31152

- Murtado A, Mubarik NR, Tjahjoleksono AT. 2020. Isolation and characterization endophytic bacteria as biological control of fungus *Colletotrichum* sp. on onion plants (*Allium cepa* L.). *IOP Conference Series: Earth Environmental Science*. 457:1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/457/1/012043>
- Nurmalinda A, Mubarik NR, Sudirman L. 2020. Seleksi dan karakterisasi bakteri penghasil kitinase penghambat pertumbuhan cendawan patogen tanaman. *J Ilm Pertan Indones* 25:35-42. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.1.35>
- Oktafiyanto MS, Munif A, Mutaqin KH. 2018. Aktivitas antagonis bakteri endofit asal mangrove terhadap *Ralstonia solanacearum* dan *Meloidogyne* spp. *J Fitopatol* 14:23-29. <https://doi.org/10.14692/jfi.14.1.23>
- Putri RE, Mubarik NR, Ambarsari L, Wahyudi AT. 2023. Antagonistic activity of glucanolytic bacteria *Bacillus subtilis* W3.15 against *Fusarium oxysporum* and its enzyme characterization. *Biodiversitas* 22:4067-4077. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220956>
- Soesanto L, Mugiastuti E, Rahayuniati RF. 2010. Kajian mekanisme antagonis *Pseudomonas fluorescens* P60 terhadap *Fusarium oxysporum* F.SP. *lycopersici* pada tanaman tomat *in vivo*. *J Hama Penyakit Tumbuhan Tropika* 10:108-115. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.210108-115>
- Sonkar P, Kumar V, Sonkar A. 2014. Studies on cultural and morphological characters of tomato wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*). *Int J Bioassays* 3:1637-1640.
- Watanabe T. 2002. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies Cultured Fungi and Key to Species. New York: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420040821>
- Wu Y, Zhou J, Li C, Ma Y. 2019. Antifungal and plant growth promotion activity of volatile organic compounds produced by *Bacillus amyloliquefaciens*. *Microbiologyopen* 8:813. <https://doi.org/10.1002/mbo3.813>
- Yurnaliza, Margino S, Sembiring L. 2011. Kemampuan kitinase *Streptomyces* Rk5 sebagai antijamur terhadap patogen *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Natural Indonesia* 14:42-46. <https://doi.org/10.31258/jnat.14.1.42-46>
- Zivkovic S, Stojanovic S, Ivanovic Z, Gavrilovic V, Popovic T, Balaz J. 2010. Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum* sp. *Arch Biol Sci* 62:611-623. <https://doi.org/10.2298/ABS1003611Z>