

**Potensi *Streptomyces* sp. terhadap Penurunan Virulensi Bakteri
Ralstonia solanacearum dalam Skala *In Vitro***

***Potential of Streptomyces sp. on Reducing Virulence of
Ralstonia solanacearum Bacteria in Vitro Scale***

Fatimah Lailatus Sa'adah¹ Penta Suryaminarsih^{1*}, Endang Triwahyu Prasetyawati¹

**¹Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, UPN "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar Surabaya, Telp. 083857826386
*email korespondensi: penta_s@upnjatim.ac.id**

ABSTRACT

The demand for chili peppers in Indonesia continues to increase, but in 2021 there was a decrease in chili production. One of the main causes is pathogen attack, especially *Ralstonia solanacearum* which causes bacterial wilt disease in chili plants. This study aims to evaluate the potential of *Streptomyces* sp. isolates *Bawang Merah Pare* (BMP) and *Tomat Merah Pare* (TMP) to reduce the virulence of *R. solanacearum*. The research was conducted through a series of laboratory experiments, including an inhibition test with double-layer method and virulence reduction test on Triphenyl Tetrazolium Chloride media. The results showed that the TMP isolate was able to produce an inhibition zone of 1.5 cm² while the BMP isolate showed no inhibition zone. In addition, this study also evaluated the virulence reduction of *R. solanacearum* due to the treatment of *Streptomyces* spp. The virulence reduction test showed that TMP isolates were able to reduce virulence by 70% while BMP isolates were able to reduce the virulence of *R. solanacearum* by 4%. These findings provide new insights into the development of *R. solanacearum* control strategies. In conclusion, isolates of *Streptomyces* sp. especially BMP showed potential in reducing the virulence of *R. solanacearum*, thus providing new hope in efforts to increase chili production sustainably.

Keywords: Streptomyces spp., Ralstonia solanacearum, Virulence, In vitro

PENDAHULUAN

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura yang penting bagi masyarakat Indonesia. Cabai memiliki nilai ekonomi yang tinggi serta menjadi kebutuhan sehari-hari masyarakat. Masyarakat Indonesia identik dengan masakan dengan

cita rasa yang kuat dan pedas sehingga membuat kebutuhan cabai di Indonesia menjadi sangat tinggi. Hasil produksi cabai pada tahun 2021 menurut data BPS (2021) sebanyak 1.38 juta ton. Produksi cabai tahun 2021 menurun sebanyak 121.95 ribu ton dari hasil produksi tahun 2020. Salah satu

penyebab hal tersebut adalah serangan hama dan penyakit. Terdapat beberapa penyakit penting pada tanaman cabai, salah satunya adalah penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh patogen *Ralstonia solanacearum*.

Ralstonia solanacearum menyerang tanaman inang melalui luka pada akar, mengkolonisasi pembuluh xilem dengan kepadatan sel yang tinggi, sehingga mengakibatkan tanaman inang menjadi layu dan mati. Faktor virulensi yang paling penting dari *R. solanacearum* adalah Eksopolisakarida (EPS). Akumulasi EPS bertanggung jawab terhadap disfungsi vaskular yang menyebabkan gejala layu pada inang yang rentan (Genin dan Denny, 2012). Selama proses penyerangan, *R. solanacearum* menggunakan gabungan beberapa faktor virulensi untuk menyebabkan penyakit layu pada tanaman inang, di antaranya enzim pengurai dinding sel tanaman, EPS, dan beberapa efektor tipe III (T3E) (Coll dan Valls, 2013).

Ralstonia solanacearum merupakan bakteri tular tanah, sehingga bakteri ini dapat bertahan lama hidup di dalam tanah dalam jangka waktu yang lama tanpa adanya tanaman inang. Penelitian mengenai pengendalian terhadap *R. solanacearum* sudah banyak dilakukan. Pengendalian yang dapat digunakan untuk pengendalian penyakit layu bakteri di antaranya melalui pengendalian secara biologis menggunakan mikroorganisme antagonis sebagai bagian dari pengendalian hayati. Ketertarikan pada pengendalian hayati telah meningkat karena kekhawatiran atas penggunaan bahan kimia secara umum.

Mekanisme pengendalian hayati menggunakan mikroorganisme antagonis terjadi melalui kompetisi, degradasi dinding sel dan resistensi induksi. Salah satu mikroorganisme antagonis yang sering digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman adalah *Streptomyces* sp. *Streptomyces* sp. adalah bakteri gram-positif

yang termasuk dalam kelas Actinomycetes. Kebanyakan *Streptomyces* sp. hidup sebagai saprofit di dalam tanah. Beberapa anggota Actinomycetes menurut Qin dkk. (2011), menghasilkan metabolit sekunder yang penting, antara lain antibiotik, siderofor, enzim dan pemacu pertumbuhan tanaman yang dapat berkontribusi pada tanaman inangnya dengan membantu mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan kemampuan tanaman dalam kondisi cekaman lingkungan.

Pemanfaatan *Streptomyces* sp. untuk pengendalian *R. solanacearum* telah dilakukan oleh Saputra dkk. (2019), secara *in vitro* menunjukkan bahwa *Streptomyces* sp. isolat S-4 dapat menghasilkan zona hambat (clear zone) sebesar 4.53 mm, sedangkan isolat S-16 tidak membentuk zona hambat. Terbentuknya zona hambat ini menunjukkan adanya mekanisme antibiosis terhadap *R. solanacearum*.

Streptomyces sp. yang digunakan dalam penelitian ialah *Streptomyces* sp. isolat

Bawang Merah Pare (BMP) dan Tomat Merah Pare (TMP) yang merupakan koleksi dari Dr. Ir. Penta Suryaminarsih, M.P. dengan ragam konsentrasi yang digunakan adalah 15% dan 20%. Isolat BMP diperoleh dari hasil eksplorasi pada lahan tanaman bawang merah di Kecamatan Pare, Kediri. Metabolit sekunder dari isolat BMP telah diuji dengan *Fusarium* sp. secara *in vitro* dan *in vivo*. Persentase daya hambat terbesar diperoleh dari perlakuan BMP konsentrasi 20% dengan hasil sebesar 19.8%. Perhitungan keparahan penyakit menunjukkan hasil terbaik sebesar 83% (Agustin, 2023). Isolat BMP juga telah diuji terhadap *Alternaria porri* penyebab penyakit bercak ungu pada bawang merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BMP memberikan hasil terbaik dengan persentase daya hambat sebesar 17.75% (Risdiyanti, 2023).

Streptomyces sp. isolat TMP yang digunakan berasal dari hasil eksplorasi pada

rhizosfer lahan tomat yang terkontaminasi pestisida di Kecamatan Pare, Kediri. Isolat TMP telah diuji antagonis dengan *Fusarium* sp. penyebab layu tomat secara *in vitro*. Diameter koloni jamur patogen pada perlakuan kontrol pengamatan pertama sampai pengamatan keempat menunjukkan nilai yang tertinggi dengan rata rata 2.5 cm, sementara rata rata diameter koloni yang berhadapan dengan agens hayati *Streptomyces* sp. adalah 1.5 cm dengan persentase hambatan 43% (Suryaminarsih & Harjani, 2017).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *Streptomyces* sp. memiliki potensi anti biofilm. Penelitian *in vitro* yang dilakukan oleh Kaari *et al.* (2021) menunjukkan bahwa ke tujuh kultur *Streptomyces* sp. dapat mengurangi virulensi *R. solanacearum* dengan menekan pembentukan biofilm. Adanya aktivitas anti biofilm inilah yang menyebabkan produksi EPS menurun. Sehingga virulensi dari *R.*

solanacearum menurun akibat perlakuan *Streptomyces* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi *Streptomyces* sp. isolat BMP dan TMP dalam menurunkan virulensi *R. solanacearum*.

BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus hingga November 2023. Kegiatan penelitian bertempat di Laboratorium Kesehatan Tanaman 1 Fakultas Pertanian Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya *Streptomyces* sp. isolat BMP dan TMP koleksi Dr. Ir. Penta Suryaminarsih, MP., isolat *Ralstonia solanacearum* milik Universitas Gadjah Mada, media GNA, media YPGA, media TZC, kertas whatman, kloroform, aquades steril, dan alkohol 70%.

Metode penelitian yang dilakukan dimulai dari reisolasi *Streptomyces* spp. dan

peremajaan *Ralstonia solanacearum*, uji antagonis *Streptomyces* sp. terhadap *R. solanacearum* secara *in vitro*, dan uji penurunan virulensi menggunakan media *Triphenyl Tetrazolium Chloride* (TZC).

Reisolasi Streptomyces spp. dan Peremajaan Ralstonia solanacearum.

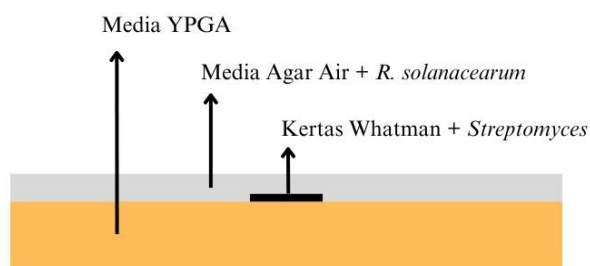
Reisolasi dilakukan dengan mensterilkan tanah organik dengan metode panas kering menggunakan oven. Tanah steril dipindahkan ke dalam cawan petri steril. Setelah itu dilakukan inokulasi *Streptomyces* sp. sebanyak 10 ml pada tanah tersebut. Tanah tersebut selanjutnya diinkubasi selama 14 hari (Ramazani dkk., 2013). Hasil reisolasi ditanam pada media Glukosa Nutrien Agar (GNA). Isolat *Streptomyces* sp. diinkubasi pada suhu ruang selama 14 hari. Peremajaan *R. solanacearum* dilakukan pada media *Yeast Peptone Glucose Agar* (YPGA). Kemudian diinkubasi selama 48 jam.

Uji Antagonis Streptomyces sp. terhadap R. solanacearum secara in Vitro

Uji antagonis dilakukan secara *in vitro* dengan teknik yang dikembangkan oleh Saputra dkk. (2019), Uji antagonis yang digunakan menggunakan metode *Double Layer* seperti pada Gambar 1. Kertas Whatman steril diameter 0.5 cm dicelupkan ke dalam suspensi *Streptomyces* sp. 10^8 CFU ml^{-1} kemudian ditiriskan dengan cara dikeringanginkan. Kertas tersebut selanjutnya diletakkan di atas media YPGA dan diinkubasi selama 96 jam pada suhu 29°C . Setelah masa inkubasi selesai, cawan petri dibalik dan ditambahkan 1 ml kloroform, kemudian didiamkan selama 2 jam pada suhu kamar. Setelah kloroform menguap dan habis, cawan petri dibalik pada posisi semula. Kemudian 200 μl suspensi *R. solanacearum* 10^8 CFU ml^{-1} dituangkan dalam 4 ml agar air 0.6% (6 g agar dan 1000 ml aquades) pada suhu 45°C . Suspensi tersebut selanjutnya dituangkan pada media

YPGA yang telah diberi biakan *Streptomyces* sp. Kultur diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang untuk mengamati zona hambat.

Zona hambat diukur dan dinyatakan dalam milimeter.



Gambar 1. Uji antagonis metode *double layer*

Parameter pengamatan *in vitro* dilakukan dengan menghitung zona hambat. Ukuran zona hambat pada uji antagonis dicatat dalam satuan milimeter. Zona hambat yang terbentuk disalin pada kertas mika lalu luasan zona hambat diukur menggunakan milimeter block.

Uji Penurunan Virulensi Menggunakan Media Triphenyl Tetrazolium Chloride

Uji ini menggunakan media *Triphenyl Tetrazolium Chloride* (TZC) untuk mengetahui penurunan virulensi dari *R. solanacearum* sebelum dan setelah diaplikasikan *Streptomyces* sp. Uji ini dilakukan dengan dengan membuat suspensi

dari satu ose bakteri yang dimasukkan ke dalam 5 ml aquades steril dan diencerkan sampai pengenceran 10^{-8} , kemudian sebanyak 200 μ l suspensi bakteri ditebar ke media TZC dan diinkubasi pada suhu 28°C selama minimal 48 jam dan diamati bentuk koloninya. Isolat yang diuji di antaranya *R. solanacearum* pada perlakuan kontrol dan setelah perlakuan *in vitro*. Hasil pengenceran selanjutnya diisolasi selama 24 jam, jumlah koloni yang muncul pada media TZC diidentifikasi sebagai koloni yang virulen atau avirulen. Isolat virulen menurut Ahmed dkk. (2013) menghasilkan koloni berwarna merah muda atau merah terang atau koloni

dengan ciri khas bagian tengah berwarna merah dan tepi berwarna keputihan, sedangkan isolat avirulen menghasilkan koloni yang lebih kecil, berwarna putih pucat dan non-fluidal pada media TZC setelah 24 jam inkubasi.

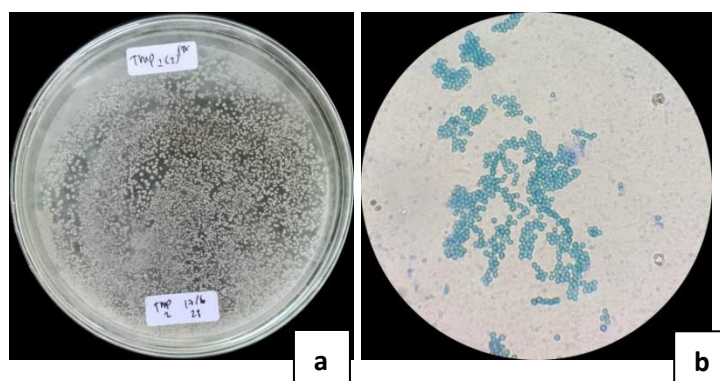
HASIL DAN PEMBAHASAN

Peremajaan Streptomyces spp. dan Ralstonia solanacearum

Hasil peremajaan *Streptomyces* spp. selanjutnya diamati secara makroskopis dan mikroskopis. Isolat *Streptomyces* sp. TMP dan BMP memiliki ciri khas berupa bau seperti tanah. Hasil penelitian Kumalasari dkk. (2012) menunjukkan bahwa koloni *Streptomyces* menghasilkan bau yang khas seperti tanah, yang disebabkan oleh produksi

asam asetat, acetaldehid, etanol, isobutanol dan isobutyl asetat.

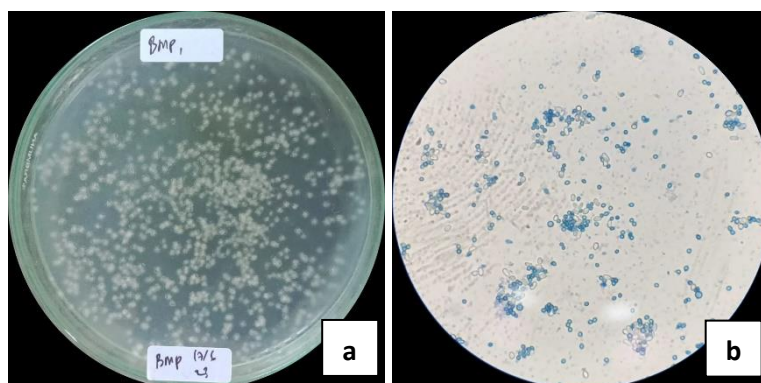
Pengamatan makroskopis koloni *Streptomyces* isolat TMP memiliki koloni bulat kecil, didominasi warna putih kemerahan hingga merah muda yang dapat dilihat pada Gambar 2. Tepi koloni berbenang dan elevasi rata. Secara ukuran, *Streptomyces* memiliki ukuran kecil hingga sedang (2-3 mm) (Pertiwi dkk., 2015). Morfologi *Streptomyces* secara mikroskopis memiliki rantai spora berbentuk *flexuous*. Hasil penelitian Kawuri (2016) menunjukkan bahwa satu ciri dari genus *Streptomyces* adalah spora yang berkumpul membentuk suatu rantai spora yang panjang, tersusun dan bergelung.



Gambar 2. Morfologi *Streptomyces* sp. isolat TMP (a), morfologi makroskopis; (b) morfologi mikroskopis

Sedangkan bentuk koloni *Streptomyces* isolat BMP memiliki koloni bulat kecil dan berwarna putih hingga putih keabuan, memiliki tepi berbenang dan elevasi rata yang dapat dilihat pada Gambar 3. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fardiyanti dkk. (2021) menunjukkan bahwa warna koloni *Streptomyces* sangat

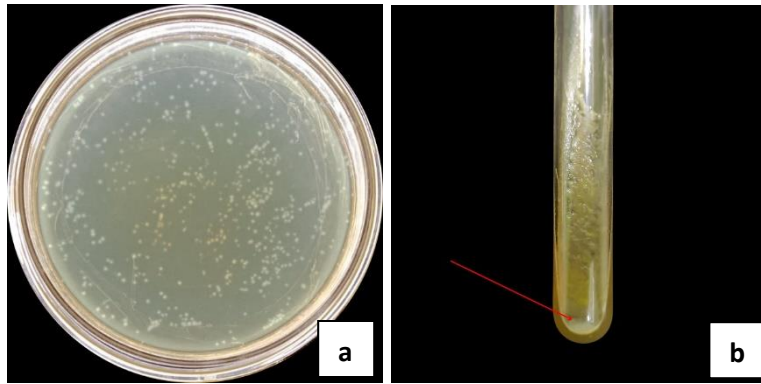
beragam yaitu warna putih, abu-abu, kuning, merah, biru, hijau dan violet. Hamidah dkk. (2013) menyatakan bahwa kelompok Actinomycetes memiliki warna koloni yang berbeda karena pigmen penyusun selnya berbeda. Secara mikroskopis *Streptomyces* isolat TMP memiliki rantai spora berbentuk *flexous*.



Gambar 2. Morfologi *Streptomyces* sp. isolat BMP morfologi makroskopis (a), morfologi mikroskopis (b)

Bakteri *R. solanacearum* didapatkan dari koleksi Universitas Gadjah Mada (UGM). Pengamatan makroskopis *R. solanacearum* menunjukkan bentuk koloni bulat, warna koloni putih, tepian koloni halus, elevasi koloni timbul dan fluidal seperti yang terlihat pada Gambar 4. Hal ini

sesuai dengan penelitian Zinidin (2022), bahwa koloni bakteri *R. solanacearum* berwarna putih dan fluidal. Saat ditumbuhkan pada media YPGA miring, isolat memiliki ciri khas yaitu akan luruh sehingga membentuk genangan pada dasar tabung reaksi.

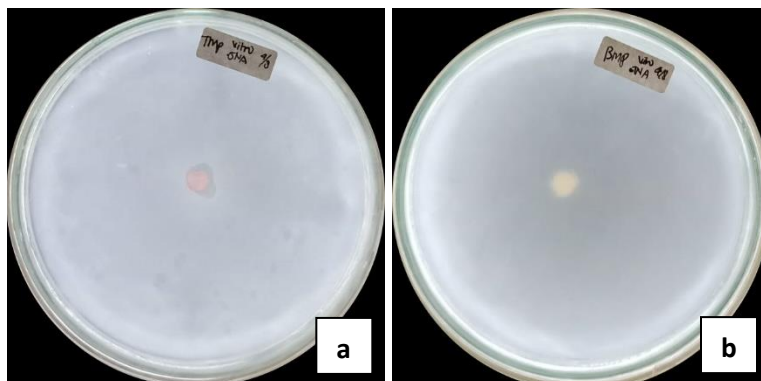


Gambar 4. Morfologi *R. solanacearum* morfologi makroskopis (a), morfologi pada media miring (b)

Uji Antagonis Streptomyces sp. terhadap Ralstonia solanacearum secara in Vitro

Hasil uji *in vitro* *Streptomyces* sp. isolat TMP menghasilkan luasan zona hambat sebesar 1.5 cm², sedangkan *Streptomyces* sp. isolat BMP tidak menunjukkan adanya zona hambat, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Tidak adanya zona hambat pada uji *in vitro*, menurut Saputra *et al.* (2020), bisa terjadi karena

perbedaan kemampuan isolat dalam menghambat pertumbuhan *R. solanacearum* dan dapat terjadi karena perbedaan mekanisme penghambatan yang dilakukan kedua isolat. Isolat TMP yang menghasilkan zona hambat diduga memiliki mekanisme antibiosis, sedangkan isolat BMP tidak menunjukkan zona hambat diduga memiliki mekanisme enzim pendegradasi dinding sel.



Gambar 5. Hasil uji *in vitro* TMP (a), hasil uji *in vitro* BMP

Secara umum, penghambatan isolat bakteri terhadap patogen dengan beberapa mekanisme. Junaid dkk. (2013) menyatakan mekanisme antagonis dapat berupa (1) antibiosis, (2) kompetisi, (3) mikoparasitisme, (4) enzim pendegradasi dinding sel, dan (5) penginduksi ketahanan, (6) pemacu pertumbuhan, dan (7) pengoloni rizosfer. Terbentuknya zona hambat pada *Streptomyces* sp. isolat TMP menunjukkan adanya aktivitas antibiosis. Hal ini dikarenakan *Streptomyces* merupakan salah satu bakteri penghasil senyawa antibiotik. Banyak antibiotik yang berguna berasal dari spesies *Streptomyces* yang juga berpotensi antagonis dan bersifat toksik terhadap beberapa patogen.

Pada uji *in vitro* *Streptomyces* sp. isolat BMP hampir tidak ditemukan adanya zona hambat. Menurut Saputra dkk. (2019), tidak adanya zona hambat pada isolat *Streptomyces* sp. tidak dapat mengindikasikan bahwa isolat tersebut tidak

dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati. Potensi hambatan dalam lingkungan *in vitro* mungkin terkait dengan karakteristik senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh bakteri dalam media uji, seperti jenis, kelarutan, dan stabilitasnya, serta kepadatan dan sifat media uji.

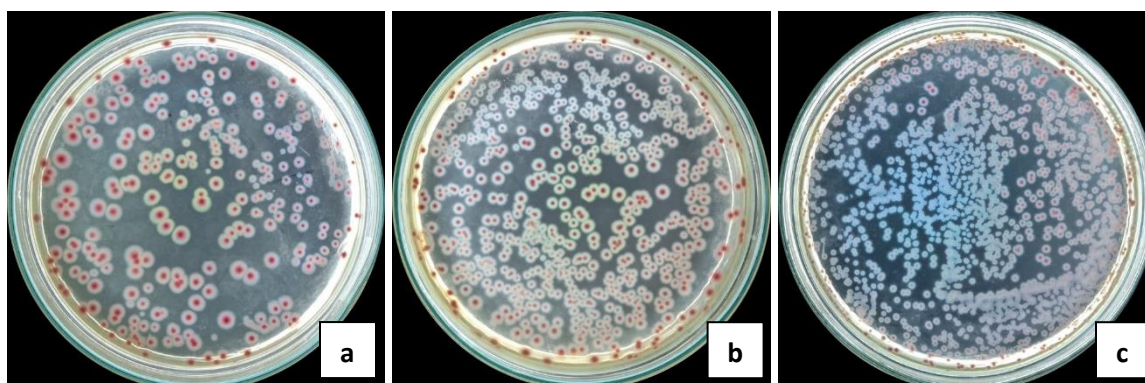
Uji Penurunan Virulensi Menggunakan Media Triphenyl Tetrazolium Chloride

Dikarenakan terdapat isolat yang tidak memunculkan zona hambat, langkah selanjutnya dilakukan dengan melakukan uji virulensi terhadap bakteri patogen *R. solanacearum* untuk memahami responsnya terhadap lingkungan yang diuji, uji ini dilakukan pada media TZC. Strain *R. solanacearum* yang virulen memiliki ciri koloni dengan warna merah muda atau merah terang atau bagian tengah berwarna merah dan tepi berwarna keputihan. Sedangkan strain yang avirulen memiliki ciri koloni yang lebih kecil, berwarna putih pucat, dan non-fluida.

Pada Tabel 1. terlihat hasil uji virulensi menunjukkan penurunan virulensi *R. solanacearum*. Pada perlakuan kontrol yang terdiri dari isolat murni *R. solanacearum* terdapat jumlah koloni virulen sebanyak 1.92×10^8 yang mencakup 78% dari total jumlah koloni. Sementara itu, perlakuan Tabel 4.2 Hasil uji virulensi.

TMP dan BMP menunjukkan penurunan jumlah koloni yang virulen. Isolat TMP memiliki jumlah koloni virulen sebanyak 3.83×10^7 , yang mencakup 70% dari total jumlah koloni. Isolat BMP memiliki jumlah koloni virulen sebanyak 3×10^7 , yang hanya mencakup 4% dari total jumlah koloni.

Perlakuan	Jumlah Koloni		Tingkat Virulensi
	Koloni Avirulen (CFU/ml)	Koloni Virulen (CFU/ml)	
Kontrol	5.30×10^7	1.92×10^8	78%
TMP	1.66×10^7	3.83×10^7	70%
BMP	6.30×10^8	3.00×10^7	4%



Gambar 6. Hasil uji virulensi uji TZC control (a), uji TZC TMP (b), uji TZC BMP (c)

Perubahan virulensi *R. solanacearum* karena pengaruh produksi Eksopolisakarida (EPS) yang merupakan penyebab terjadinya layu pada tanaman. Berdasarkan Milling dkk. (2011) EPS adalah faktor virulensi utama *R.*

solanacearum. Eksopolisakarida menyelubungi permukaan bakteri untuk melindungi *R. solanacearum* dari pertahanan antimikroba tanaman. Selain itu, *R. solanacearum* yang telah menginfeksi

pembuluh xilem menghasilkan EPS dalam jumlah yang banyak. Eksopolisakarida memiliki peran yang sangat penting pada penyakit layu karena membatasi aliran air melalui pembuluh xilem, sehingga dapat membunuh tanaman inang (Genin dan Denny, 2012). Eksopolisakarida merupakan bagian penting dari matriks biofilm karena memberikan kekokohan struktural pada kerangka biofilm dan berfungsi sebagai penghalang terhadap aktivitas antibakteri (Flemming dan Wingender, 2010).

Biofilm merupakan lapisan yang menempel pada permukaan bakteri *R. solanacearum*. Menurut Flemming dan Wingender (2010), biofilm melindungi bakteri dari tekanan seperti pengeringan, antibiotik, dan antimikroba inang pertahanan. Eksopolisakarida merupakan bagian penting dari matriks biofilm karena memberikan kekokohan struktural pada kerangka biofilm dan berfungsi sebagai penghalang terhadap aktivitas antibakteri. Biofilm merupakan

campuran kompleks makromolekul seperti polisakarida, asam nukleat, dan protein (Lakshmi dkk., 2022).

Penurunan virulensi pada isolat *R. solanacearum* diduga merupakan pengaruh dari aktivitas antibiofilm yang dikeluarkan oleh enzim dari *Streptomyces* sp. Beberapa enzim telah terbukti memiliki aktivitas antibiofilm terhadap kedua bakteri ini dalam percobaan *in vitro*. Penelitian *in vitro* baru-baru ini menunjukkan bahwa enzim seperti karbohidrase, protease, dan deoksiribonuklease yang dihasilkan oleh *Streptomyces* sp. dapat digunakan secara efektif untuk merusak biofilm. Enzim protease akan menghidrolisis komponen protein dari matriks ekstraseluler biofilm (Saggu dkk., 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Lakshmi dkk. (2022) menunjukkan bahwa *Streptomyces griseus* memiliki potensi antibiofilm terhadap *Staphylococcus aureus* (MRSA) dan *Pseudomonas aeruginosa*. Penelitian *in vitro*

yang dilakukan oleh Kaari dkk. (2021) menunjukkan bahwa ketujuh kultur *Streptomyces* sp. dapat mengurangi virulensi *R. solanacearum* dengan menekan pembentukan biofilm

SIMPULAN

Streptomyces sp. isolat Tomat Merah Pare mampu menghambat *R. solanacearum* secara *in vitro* dengan menghasilkan zona hambat. Hasil uji virulensi *Streptomyces* sp. isolat Tomat Merah Pare hanya mampu menurunkan virulensi *R. solanacearum* hingga 70%. Sedangkan uji *in vitro* *Streptomyces* sp. isolat Bawang Merah Pare tidak menghasilkan zona hambat. Akan tetapi, berdasarkan uji virulensi *Streptomyces* isolat Bawang Merah Pare mampu menurunkan virulensi *R. solanacearum* hingga 4%. Isolat Bawang Merah Pare menunjukkan potensi dalam mengurangi virulensi *R. solanacearum*. Kedua isolat diduga memiliki perbedaan dalam

mekanisme penghambatan terhadap *R. solanacearum*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu selama penelitian dan penulisan artikel sehingga penelitian berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, I.S.D. 2023. Potensi Metabolit Sekunder *Streptomyces* sp. dalam Menghambat Jamur *Fusarium* sp. Penyebab Penyakit Moler pada Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Surabaya.
- Ahmed, N.N., Islam, M.R., Hossain, M.A., Meah, M.B., and Hossain, M.M. 2013. Determination of Races and Biovars of *Ralstonia solanacearum* Causing Bacterial Wilt Disease of Potato. *Journal of Agricultural Science* 5(6):86-93.
- BPS RI. 2021. Statistik Hortikultura 2021. BPS RI. Jakarta.
- Coll, N.S., Valls, M., 2013. Current Knowledge on the *Ralstonia solanacearum* Type III Secretion System. *Microb. Biotechnol.* 6: 614-620. DOI. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12056>
- Fardiyanti, R., Kasrina, Bustaman, H. 2021. Ragam Jenis *Streptomyces* sp. pada Rizosfer Tanaman Suku Liliacea di Kawasan Desa Sumber Bening,

- Rejang Lebong, Bengkulu. *Konservasi Hayati* 17(1):29-34.
- Flemming, H.C., Wingender, J. 2010. The Biofilm Matrix. *Nature Reviews Microbiology* 8:623-633. DOI. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2415>
- Genin, S., and Denny, T.P. 2012. Pathogenomics of the *Ralstonia solanacearum* Species Complex. *Annual Review Phytopathology* 50:67-89. DOI. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-173000>
- Hamidah, H., Ambarwati, S.P., Indrayudha, P. 2013. Isolasi dan Identifikasi Isolat Actinomycetes dari Rizosfer Padi (*Oryza sativa* L.) sebagai Penghasil Antifungi. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Junaid, J.M., Dar, N.A., Bhat T.A., Bhat, A.H., and Bhat, M.A. 2013. Commercial Biocontrol Agents and Their Mechanism of Action in The Management of Plant Pathogens. *International Journal of Modern Plant & Animal Sciences* 1(2):39-57.
- Kaari, M., Joseph, J., Manikkam, R., Sreenivasan, A., Venugopal, G., Alexander, B., and Krishnan, S. 2022. Anti-Biofilm Activity and Biocontrol Potential of *Streptomyces* Cultures Against *Ralstonia solanacearum* on Tomato Plants. *Indian Journal of Microbiology* 62(1):32-39 <https://doi.org/10.1007/s12088-021-00963-1>
- Kawuri, R. 2016. Isolasi dan Identifikasi *Streptomyces* sp. pada Rizosfer tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) di Desa Pendem Jembrana Bali. *Jurnal Metamorfosa* 3(2):140-148.
- Kumalasari, A.M., Fathurahman N., dan Nur, M. 2012. Potensi Actinomycetes sebagai Sumber Senyawa Bioaktif Antibiotik dari Kawasan Karst Bantimurung, Sulawesi Selatan. *Pelita-Jurnal Penelitian Mahasiswa UNY* 7(1):59-72.
- Lakshmi, S.A., Alexpandi, R., Shafreen, R.M.B., Tamilmuhilan, K., Srivathsan, A., Kasthuri, T., Ravi, A.V., Shiburaj, S., and Pandian, S.K. 2022. Evaluation of Antibiofilm Potential of Four-Domain α -amylase from *Streptomyces griseus* Against Exopolysaccharides (EPS) of Bacterial Pathogens Using *Danio rerio*. *Archives of Microbiology* 204(5):243. DOI. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02847-4>
- Milling, A., Babujee, L., and Allen, C. 2011. *Ralstonia solanacearum* Extracellular Polysaccharide is A Specific Elicitor of Defense Responses in Wilt-Resistant Tomato Plants. *PLoS One* 6(1): e15853. DOI. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015853>
- Pertiwi, P.H. 2015. Isolasi, Identifikasi dan Penapisan Aktivitas Anti Mikroba *Streptomyces* sp. Isolat Tanah Lumpur Lapindo Sidoarjo. *Veterinaria Medika* 8(1):51-58.
- Qin, S., Xing, K., Jiang, J.-H., Xu, L., and Li, W. 2011. Biodiversity, Bioactive Natural Products and Biotechnological Potential of Plant-Associated Endophytic Actinobacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 89(3), 457-473. DOI. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-2923-6>
- Ramazani, Ali, Moradi, S., Sorouri, R., Javani, S., and Garshasbi, M. 2013. Screening for Antibacterial Activity of *Streptomyces* Species Isolated from Zanjan Province, Iran. *International Journal of*

- Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences. 3(2):342-349
- Risdiyanti, R. 2023. Antagonisme *Streptomyces* spp. terhadap *Alternaria porri* Penyebab Penyakit Bercak Ungu pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Skripsi. UPN “Veteran” Jawa Timur. Surabaya.
- Saggu, S.K., Jha, G., and Mishra, P.C. 2019. Enzymatic Degradation of Biofilm by Metalloprotease from *Microbacterium* sp. SKS10. Front Bio-eng Biotechnol 7:192. DOI. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00192>
- Saputra, R., Arwiyanto, T., and Wibowo, A. 2020. Biological Control of *Ralstonia solanacearum* Causes of Bacterial Wilt Disease with *Pseudomonas Putida* and *Streptomyces* spp. on Some Tomato Varieties. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 515(1):1-6. DOI. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/515/1/012007>.
- Suryaminarsih, P., dan Harjani, W.S. 2017. Multi Antagonis *Streptomyces* sp. (Tomat Pare) terhadap Lalat Buah dan *Fusarium* sp. Penyebab Layu Tomat *in Vitro*. Berkala Ilmiah Agroteknologi-PLUMULA, 5(1).
- Zinidin, M. 2022. Eksplorasi *Bacillus* spp. pada *Rhizosfer* Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Dataran Tinggi dan Potensinya sebagai Agensia Pengendali Hayati Patogen *Ralstonia solanacearum* secara *in Vitro*. Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Surabaya.