

Potensi bakteri endofit tanaman ciplukan sebagai agen pengendali hayati penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*)

Qisthin Amanah, Ika Afifah Nugraheni*, Arif Bimantara

Program Studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Aisyiyah Yogyakarta

*Email: ikaafifah@unisayogya.ac.id

Abstrak

Ralstonia solanacearum merupakan bakteri patogen yang menyebabkan penyakit layu bakteri pada tanamantomat dan mengakibatkan penurunan tingkat produksi. Teknik pengendalian yang sering dilakukan oleh petani yaitu dengan penyemprotan pestisida secara terus-menerus yang dapat menimbulkan dampak buruk bagi petani dan lingkungan. Perlu dilakukan pengendalian ramah lingkungan dengan memanfaatkan agen hayati seperti bakteri endofit. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui potensi bakteri endofit asal tanaman ciplukan dalam menghambat penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman tomat. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu peremajaan bakteri, pengamatan laju pertumbuhan, perhitungan sel, pengaplikasian bakteri endofit, persemaian benih, pemindahan bibit., dan pengaplikasian *Ralstonia solanacearum*. Selanjutnya diamati tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah, berat kering, dan tanaman yang terinfeksi *Ralstonia solanacearum*. Pada enam perlakuan bakteri endofit menunjukkan intensitas penyakit terendah hanya 4% pada perlakuan P3. Intensitas penyakit tertinggi hanya 16% pada perlakuan P6. Sedangkan pada tanaman kontrol tanpa diaplikasikan bakteri endofit menunjukkan intensitas penyakit paling parah hingga 68%. Aplikasi bakteri endofit juga berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, namun tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, berat basah, dan berat kering. Hasil penelitian membuktikan bahwa bakteri endofit asal tanaman ciplukan (*Physalis angulata* L) memiliki kemampuan dalam mengendalikan penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh patogen (*Ralstonia solanacearum*)

Kata Kunci: agen pengendali hayati; bakteri endofit; *Ralstonia solanacearum*

The Potential of Endophytic Bacteria as Biological Controls Against Bacterial Wilt Disease (*Ralstonia solanacearum*)

Abstract

Ralstonia solanacearum is a pathogenic-bacteria that causes bacterial wilt disease in tomato plants and results in decreased production levels. The control technique often used by farmers is by spraying pesticides continuously which can have effects on farmers and the environment. Environmentally friendly control is needed by utilizing biological agents such as endophytic bacteria. This study was conducted with the aim of determining the potential of endophytic bacteria from ground cherry plants in inhibiting bacterial wilt disease (*Ralstonia solanacearum*) in tomato plants. The methods used in this study were endophytic bacterial fermentation, growth rate observation, bacterial rejuvenation, cell counting, application, seed sowing, and seedling transfer. Furthermore, plant height, number of leaves, wet weight, dry weight, and plants infected with *Ralstonia solanacearum* were observed. In the six treatments, endophytic bacteria showed the lowest disease intensity of only 4% in treatment P3. The highest disease intensity was only 16% in treatment P6. Meanwhile, in control plants without endophytic bacteria application, the disease intensity was the most severe, up to 68%. Application of endophytic bacteria also had a significant effect on plant height, but had no significant effect on the number of leaves, wet weight, and dry weight. The results of the study prove that endophytic bacteria from the ground cherry plant (*Physalis angulata* L) have the ability to control bacterial wilt disease caused by pathogens (*Ralstonia solanacearum*).

Keywords: biological control agents; Endophytic bacteria; *Ralstonia solanacearum*

1. Pendahuluan

Menurut Badan Pusat Statistika (BPS) (2023) tingkat produksi tomat di Yogyakarta pada tahun 2020 hingga 2022 terus mengalami penurunan. Produksi tomat pada tahun 2020 mencapai 1531 ton dan pada tahun 2021 mengalami penurunan hingga 38,01% dan produksinya hanya sebesar 949 ton. Selanjutnya pada tahun 2022 mengalami penurunan kembali sebanyak 6,84% sehingga produksinya hanya 884 ton.

Hal ini dapat disebabkan oleh penyakit tanaman. Salah satu penyakit yang menyerang pada tanaman tomat adalah penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*. Penyakit layu bakteri ini dianggap cukup berbahaya dikarenakan pada tingkat serangan yang berat penyakit ini dapat menyebabkan tanaman mati. Patogen tersebut menyerang batang yang menyebabkan tanaman menjadi layu, daun berwarna kuning dan lama kelamaan akan mati (Fauzia dkk., 2020). Patogen ini secara tidak langsung menurunkan produktivitas tanaman dan menyebabkan kerugian hasil antara 10–90% (Suhara dan Hidayah, 2020).

Teknik pengendalian sudah dilakukan dengan berbagai upaya seperti penggunaan benih yang bebas dari hamadan penyakit, penanaman tanaman yang berbeda jenis, penanaman yang tidak serempak di lahan yang luas, dan penggunaan pestisida sintetis (Istiqomah, 2018). Namun upaya ini masih belum memberikan hasil yang memuaskan. Penggunaan pestisida secara terus-menerus juga dapat menimbulkan dampak buruk bagi petani dan lingkungan. Selain itu, pestisida dapat merugikan mikroorganisme yang tidak menjadi sasaran dan menyebabkan pencemaran lingkungan baik tanah dan air (Ibrahim dan Sillehu, 2022). Pengendalian hayati yang lebih ramah lingkungan dapat dilakukan dengan memanfaatkan agen hayati seperti bakteri endofit. Suatu bakteri dapat dikatakan sebagai bakteri endofit apabila salah satu fase dari siklus hidup dari bakteri tersebut dapat berkembangbiak di dalam jaringan tanaman inangnya (Nugraheni, 2021). Bakteri endofit memiliki sifat antagonistik dan berpotensi sebagai biokontrol (Kusumawardani dkk., 2015).

Penelitian-penelitian sebelumnya telah melakukan eksplorasi bakteri endofit dari tanaman lain terhadap bakteri *Ralstonia solanacearum*. Pada penelitian yang telah dilakukan Oktaviyanto dkk. (2018) didapatkan isolat bakteri endofit asal tanaman mangrove yang memiliki kemampuan antibakteri dalam menekan perkembangan *Ralstonia solanacearum*. Penelitian lainnya berhasil mendapatkan 8 isolat bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman terung yang memiliki kemampuan dalam menghambat *Ralstonia solanacearum* (Zahra dkk, 2019). Selanjutnya, pada penelitian yang telah dilakukan oleh Susanti dkk., (2020) didapatkan 10 isolat bakteri endofit mampu menekan perkembangan dan menghambat terjadinya penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* pada cabai (Susanti dkk., 2020).

Bakteri endofit yang telah diisolasi dari tanaman ciplukan memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen *Escherichia coli* dan *Bacillus Cereus* (A'yun & Nugraheni, 2023). Selain itu juga telah terbukti mampu menghambat *Ralstonia solanacearum*. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Nugraheni dan Mawaddah (2023) didapatkan 2 isolat bakteri endofit yaitu BA2(3) dan BU3(5) yang memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* pada uji antagonis secara *in vitro*. Bakteri endofit isolat BA2(3) merupakan isolat bakteri yang diisolasi dari batang tanaman ciplukan. Sedangkan isolat BU3(5) merupakan hasil isolasi pada buahan tanaman ciplukan, tanaman ciplukan (*Physalis angulata* L.) yang diperoleh dari lahan pertanian di Jalan Barak Gedhe, Margoluwih, Seyegan, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Setianah, 2020).

Sejauh ini belum terdapat penelitian yang memanfaatkan bakteri endofit asal tanaman ciplukan sebagai agen pengendali bakteri patogen *Ralstonia solanacearum* secara *in vivo*. Dengan demikian perlu dilakukan eksplorasi lebih lanjut untuk mengetahui potensi isolat endofit BA2(3) dan BU3(5) dalam menghambat pertumbuhan patogen *Ralstonia solanacearum* sebagai alternatif penggunaan agen hayati untuk mengurangi penggunaan pestisida dalam pengendalian penyakit pada tanaman. Oleh karena itu pada penelitian ini mengangkat judul “Potensi Bakteri Endofit Asal Tanaman Ciplukan Sebagai Agen Pengendali Hayati Terhadap Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*).”

2. Metode

2.1. Subjek penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan Rangkaian Acak Lengkap (RAL) dengan 8 perlakuan yang terdiri dari 5 ulangan. RAL digunakan karena pengacakan perlakuan secara acak sehingga mengurangi variabilitas dan perbedaan antar unit percobaan. Dengan demikian hasil penelitian menjadi lebih valid. Adapun perlakuan yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan Tanaman Tomat

Perlakuan	Keterangan
K+	Pestisida Nordox 56 WP(0,003g)
K-	Air
P1	BA2(3) ⁸ (24,5x10 ⁷)
P2	BA2(3) ⁹ (3,20x10 ⁸)
P3	BU3(5) ⁸ (27,5x10 ⁷)
P4	BU3(5) ⁹ (3,9x10 ⁸)
P5	(BA23 + BU3(5)) ⁸ (39,6x10 ⁷)
P6	(BA23 + BU3(5)) ⁹ (45,9x10 ⁸)

2.2. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cawan petri, tabung reaksi, *Erlenmeyer*, gelas ukur, spatula, timbangan analitik, autoklaf, *hot plate*, *magnetic stirrer*, jarum ose, bunsen, *shaker*, mikropipet, mikrotip, kuvet, spektrofotometer, *Laminar Air Flow* (LAF), *hemocytometer*, *coverglass*, mikroskop, tray semai, *polybag* ukuran 25 cm x 25 cm, jarum suntik, tisu, aluminium foil, plastik wrap, *handsprayer*, gunting, label, alat tulis, dan kamera.

Bahan Penelitian Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aquadest, alkohol 70%, spritus, media *Nutrient Agar* (NA), media *Nutrient Broth* (NB), Bakteri endofit tanaman ciplukan isolat BA2 (3) dan BU3 (5), Isolat bakteri *Ralstonia solanacearum*, benih tanaman tomat, dan media tanam (tanah, abu sekam, dan pupuk kandang), bakterisida nordox 56WP, dan air.

2.3. Peremajaan isolate bakteri endofit

Isolat bakteri endofit tanaman ciplukan yang terpilih sebagai kandidat dalam penelitian ini yaitu isolat dengan kode BA2(3) dan BU3(5) karena memiliki potensi dalam menghambat *Ralstonia solanacearum* secara *in vitro*. Kedua isolat diremajakan dengan diambil masing-masing isolat sebanyak satu ose kemudian ditumbuhkan pada permukaan media NA dengan metode streak. Setelah itu bakteri diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Selanjutnya bakteri ditumbuhkan pada media NB 50mL dan diinkubasi di suhu ruang selama 72-78 jam (Nugraheni dan A'yun, 2023 modifikasi).

2.4. Pengamatan laju pertumbuhan bakteri endofit BU3(5)

Isolat BU3(5) diambil sebanyak satu ose dan ditumbuhkan pada media NA, kemudian dinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah itu isolat diambil satu ose dan ditumbuhkan pada media NB sebanyak 50mL dan diinkubasi selama 72 jam. Selanjutnya bakteri diambil sebanyak 1mL dan ditumbuhkan pada media NB 150 mL sebanyak 2 ulangan untuk difermentasikan. Fermentasi bakteri diinkubasi pada *shaker* 80rpm selama 120 jam. Pengambilan sampel dilakukan setiap 2 jam dengan diambil sebanyak 3 mL. Sampel dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur absorbansinya. Hasil sampling kemudian digunakan dalam pengukuran laju pertumbuhan bakteri. Pengamatan dilakukan menggunakan spektrofotometer dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang 600 nm (Abna dkk., 2023).

2.5. Perhitungan sel bakteri endofit dan patogen *Ralstoni solanacearum*

Bakteri endofit diambil sebanyak 10 µL pada fase pertumbuhan stasioner akhir. Kemudian diteteskan pada bidang hemocytometer dan ditutup dengan cover glass secara hati-hati untuk menghindari gelembung udara. Hemocytometer diletakkan di bawah mikroskop dan difokuskan pada grid hemocytometer yang terdiri dari sejumlah kotak besar yang masing-masing berisi 16 kotak kecil. Dipilih lima kotak besar secara acak dan dihitung jumlah sel bakteri di dalam masing-masing kotak besar tersebut. Selanjutnya patogen *Ralstonia solanacearum* yang telah diinkubasi diambil sebanyak 10 µL dan dilakukan langkah yang serupa pada perhitungan koloni bakteri endofit. Menurut Utami dkk., (2023) kerapatan sel dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$C = \frac{t \times d}{n \times 0,25} 10^6$$

Keterangan:

- C : Kerapatan per mL larutan
t : Jumlah total sel dalam kotak sampel yang diamati
d : Tingkat pengenceran
n : Jumlah kotak sampel
0,25 : Faktor koreksi menggunakan kotak sampel skala pada *hemocytometer*

2.6. Pengaplikasian bakteri endofit

Benih tomat yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 40 biji. Benih tomat direndam pada 8 perlakuan dan masing-masing perlakuan 5 biji selama 1 jam. Adapun perlakuan yang digunakan diantaranya perlakuan kontrol negatif digunakan air dan untuk kontrol positif digunakan nordox 56WP sebanyak 0,003g/ml. P1(bakteri endofit isolat BA2(3) konsentrasi 10^8 CFU/ml), P2(bakteri endofit isolat BA2(3) konsentrasi 10^9 CFU/ml), P3(bakteri endofit isolat BU3(5) konsentrasi 10^8 CFU/ml), P4(bakteri endofit isolat BU3(5) konsentrasi 10^9 CFU/ml), P5(bakteri endofit isolat BA2(3)+BU3(5) konsentrasi 10^8 CFU/ml), dan P6(bakteri endofit isolat BA2(3) + BU3(5) konsentrasi 10^9 CFU/ml). (Permentan, 2019). Apabila konsentrasi yang didapatkan melebihi konsentrasi yang diinginkan maka dilakukan pengenceran untuk mendapatkan konsentrasi yang sesuai. Menurut Monangin, dkk. (2024) rumus yang digunakan dalam pengenceran yaitu:

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

Keterangan:

- V1= Volume sebelum pengenceran
M1= Konsentrasi sebelum pengenceran
V2= Volume sesudah pengenceran
M2= Konsentrasi sesudah pengenceran

2.7. Persiapan media

Media tanam yang digunakan berupa tanah yang dicampurkan dengan sekam padi dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1:1 (Assadiyah dkk., 2023). Media tanam disterilkan pada suhu 121°C selama 30 menit. Media tanam kemudian dimasukkan ke dalam tray semai untuk pembibitan dan polybag ukuran 25 cm x 25 cm agar media tanam cukup kuat menopang pertumbuhan tanaman (Pasir dan Hakim, 2014).

2.8. Persemaian dan pemindahan bibit

Benih disemai dalam *tray* semai menggunakan media tanam yang telah disteril. Penyemaian dilakukan didalam rumah kaca Universitas Aisyiyah Yogyakarta. Dilakukan penyiraman menggunakan aquadest setiap pagidan sore untuk menjaga kelembapannya. Pemindahan tanaman tomat dilakukan ketika tanaman sudah siap dipindahkan ke *polybag* besar. Tanaman siap dipindahkan setelah berumur 14 HSS (Hari Setelah Semai) dengan ditandai mempunyai 4 helai daun sempurna (Masese dan Yatim, 2017).

2.9. Pengaplikasian *Ralstonia solanacearum*

Suspensi *Ralstonia solanacearum* diinokulasi pada tanaman tomat umur 14 Hari Setelah Tanam (HST) dengan cara menyuntik pangkal batang dengan suspensi bakteri *Ralstonia solanacearum* sebanyak $3,39 \times 10^8$ CFU/mL (Choiriyah dan Nurcahyanti, 2019).

2.10. Parameter pengamatan

Pengamatan dilakukan mulai pada hari ke-0 hingga hari ke-49 untuk parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah, berat kering tanaman dan tanaman yang terserang

penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum*. Menurut Sintalydiawati dkk., (2024) rumus perhitungan kejadian penyakit tanaman yang terserang yaitu:

$$KP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

KP = Kejadian Penyakit

n = jumlah tanaman yang terserang

Pengamatan intensitas penyakit dihitung dengan skoring pada gejala layu yang ditunjukkan. Skoring dilakukan berdasarkan Triwidodo dan Tanjung (2020), yaitu 0 = tidak ada gejala layu, 1 = ≤ 10% daun sakit, 2 = >10% - ≤25% daun sakit, 3 = >25% - ≤50% daun sakit, 4 = >50% - ≤ 75% daun sakit, dan 5 = >75% daun sakit. Keparahan penyakit dihitung menggunakan rumus:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^k (k \times nk)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan :

nk= Jumlah tanaman yang terserang penyakit

k = Skala (0,1,2,3,4,5)

N= Jumlah tanaman yang diinokulasi

Z = skala gejala tertinggi

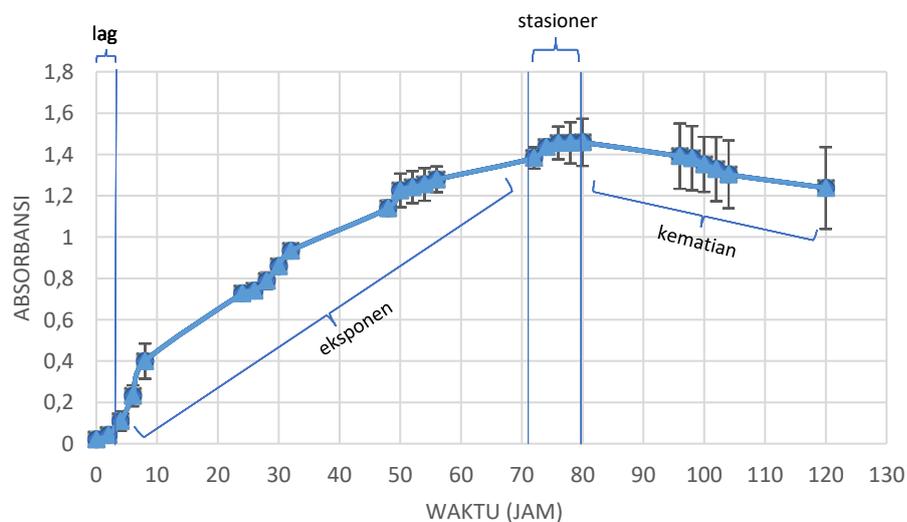
2.11. Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis secara statistika menggunakan software *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS). Data dianalisis menggunakan uji hipotesis, dimulai dengan uji normalitas. Jika nilai signifikansi (sig.) > 0,05, data dianggap terdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji homogenitas dan jika nilai signifikansi (sig.) > 0,05, data dianggap homogen. Apabila kedua asumsi tersebut terpenuhi maka dilanjutkan dengan uji parametrik menggunakan analisis sidik ragam atau *analysis of variance* (ANOVA) dan *post hoc* Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 5% (Anam, dkk., 2024). Namun, jika data tidak terdistribusi normal dan homogen, atau jika kedua asumsi tersebut tidak terpenuhi, maka analisis dilanjutkan dengan uji non-parametrik menggunakan *Kruskal-Wallis* dan *posthoc Mann-Whitney* (Sari dan Nada, 2023).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kurva pertumbuhan bakteri endofit BU3(5)

Hasil kurva pertumbuhan bakteri endofit isolat BU3(5) disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Pertumbuhan bakteri BU3(5)

Kurva pertumbuhan bakteri di atas menggambarkan pertumbuhan isolat bakteri BU3(5) seiring berjalannya waktu. Pada fase lag bakteri menyesuaikan diri dengan lingkungan. Pada penelitian ini kondisi lingkungan sangat berpengaruh pada pertumbuhan bakteri. Bakteri yang diperoleh dari media yang sama memiliki fase adaptasi yang lebih singkat dikarenakan bakteri sudah mampu beradaptasi pada lingkungan sebelumnya. Sedangkan bakteri yang diperoleh dari media berbeda memerlukan fase adaptasi yang lebih lama karena perbedaan kondisi lingkungan. Bakteri membutuhkan waktu agar bakteri dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan baru dan kembali berkembang biak dengan optimal. Pada fase eksponen bakteri mulai berkembang pesat dengan memanfaatkan sumber nutrisi yang tersedia. Di fase stasioner laju pertumbuhan bakteri mulai melambat dan mencapai keseimbangan dikarenakan terjadi persaingan nutrisi. Pada fase kematian jumlah bakteri yang mati lebih banyak akibat kondisi lingkungan yang sudah tidak mendukung karena kekurangan nutrisi.

Bakteri endofit BU3(5) memasuki fase lag pada jam ke-0 hingga jam ke-2. Hal ini sejalan pada penelitian Nurhajati dkk., (2016) mengatakan bahwa fase lag terjadi pada waktu inkubasi dua jam pertama masa awal pertumbuhan. Selanjutnya pada jam ke-3 hingga jam ke-71 terjadi fase eksponen yang ditandai dengan grafik yang menunjukkan pertumbuhan secara eksponensial. Bakteri endofit BU3(5) memasuki fase stasioner pada jam ke-72 hingga jam ke-80 dengan grafik pertumbuhan yang linear. Selanjutnya, pada jam ke-81 hingga akhir pengamatan di jam ke-120 bakteri berada dalam fase kematian yang ditandai penurunan grafik pertumbuhan bakteri. Hal ini sejalan pada penelitian Sadikin dkk., (2021) yang mengatakan bahwa fase kematian ditandai dengan penurunan garis pada kurva pertumbuhan yang menunjukkan peningkatan jumlah sel bakteri yang mati.

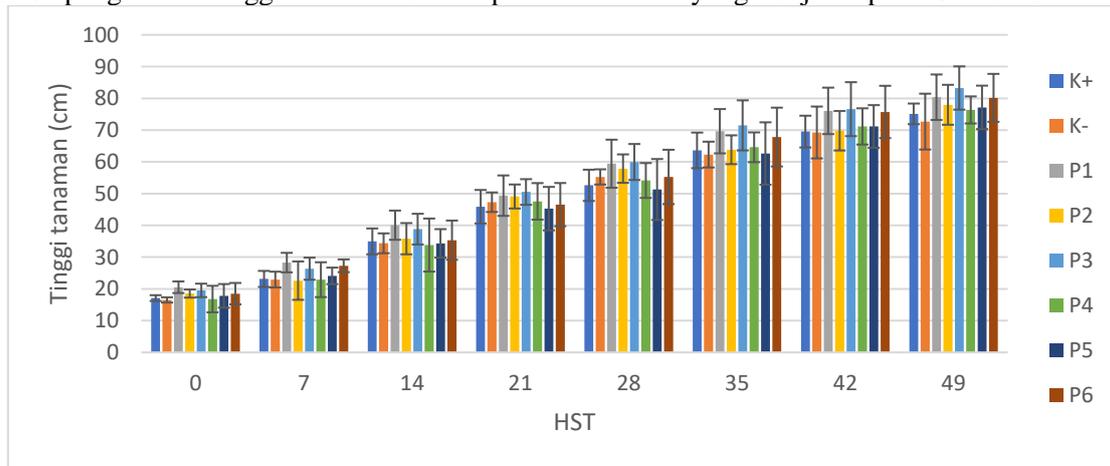
Fase pertumbuhan bakteri BU3(5) ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Mahjani dan Putri, 2020) yang mengatakan bahwa bakteri memiliki empat fase pertumbuhan yang meliputi fase lag, eksponen, stasioner, dan fase kematian. Pada fase lag bakteri mulai beradaptasi dengan lingkungan barunya sehingga pertumbuhannya lambat. Berdasarkan Khoiriyah (2014) pada fase lag bakteri mulai beradaptasi dengan kondisi lingkungannya seperti pH, suhu, dan nutrisi. Selanjutnya pada fase eksponen bakteri sudah beradaptasi pada lingkungannya dengan nutrisi yang melimpah sehingga pertumbuhan bakteri lebih cepat dan optimal (A'yun dan Nugraheni, 2023). Pada fase stasioner produksi metabolit sekunder meningkat karena bakteri berusaha mempertahankan diri untuk bertahan hidup dengan cara menghasilkan metabolit. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Sadikin dkk., (2022) yang mengatakan bahwa waktu inkubasi bakteri endofit daun kelor untuk menghasilkan metabolit sekunder ditentukan berdasarkan kurva pertumbuhan pada fase stasioner.

Pertumbuhan bakteri ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan A'yun dan Nugraheni (2023). Hasilnya menunjukkan bahwa bakteri endofit dari tanaman ciplukan mengalami fase stasioner selama 4 jam. Setelah itu mengalami fase eksponen pada jam ke-5 sampai 58. Fase stasioner akhir terjadi pada jam ke-74 dan setelah itu bakteri mengalami fase kematian. Perbedaan pertumbuhan bakteri ini disebabkan oleh kemampuan bakteri dalam berkembang biak yang dipengaruhi oleh media tumbuh dan ketersediaan nutrisi. Selain itu kemampuan untuk membelah diri dan bertahan hidup juga berperan penting dalam pertumbuhan bakteri (Iqlima dkk., 2017). Faktor lain yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri termasuk pH dan suhu lingkungan. Berdasarkan A'yun dan Nugraheni (2023) bakteri endofit menunjukkan kondisi optimal pada pH 7 dan suhu 28 °C.

Pengamatan laju pertumbuhan ini dilakukan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600nm. Pada gelombang ini banyak zat menunjukkan puncak penyerapan yang kuat serta memberikan pembacaan yang stabil dan akurat. Spektrofotometer digunakan untuk menentukan kandungan zat organik dan anorganik secara kualitatif dan kuantitatif dalam larutan dengan cara penyerapan cahaya radiasi oleh suatu larutan. Banyaknya jumlah cahaya atau energi radiasi diserap oleh partikel yang terdapat dalam suatu larutan dihasilkan oleh nilai absorbansi (Aji, 2014). Nilai absorbansi dari cahaya yang dilewatkan sebanding dengan konsentrasi larutan OD dalam kuvet. Semakin banyak bakteri dalam sampel semakin banyak cahaya yang diserap sehingga intensitas cahaya yang melewati sampel berkurang. Tingkat penurunan cahaya ini menghasilkan kekeruhan yang digunakan untuk mendeteksi kepadatan bakteri dalam larutan (Seniati dkk., 2019)

3.2. Tinggi tanaman

Hasil pengamatan tinggi tanaman tomat diperoleh rata-rata yang disajikan pada Gambar 2.



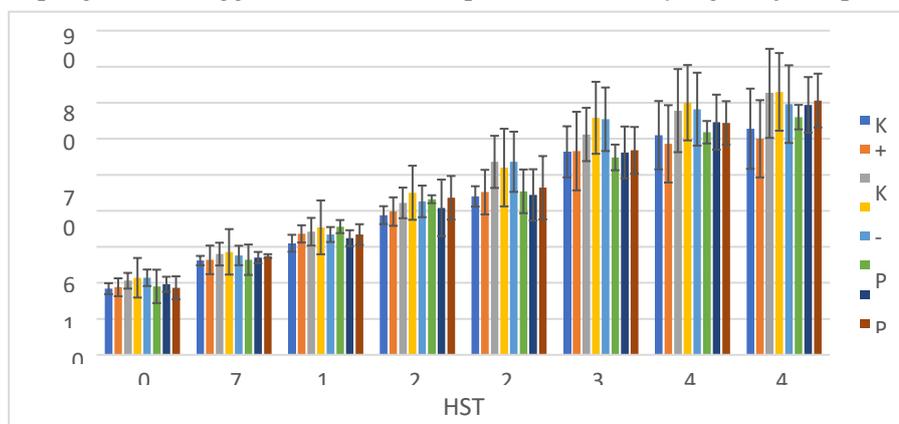
Gambar 2. Tinggi Tanaman Tomat

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada pengamatan 28 HST hingga 49 HST pada perlakuan P1 dan P3 memiliki tinggi rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan tanaman dengan perlakuan lain. Tanaman dengan perlakuan bakteri endofit lainnya juga cenderung lebih tinggi dibandingkan tanaman kontrol. Perbedaan ini menunjukkan bahwa perlakuan bakteri endofit lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini sesuai dengan penelitian Afiati dkk., (2019) bahwa tinggi tanaman pada umur 28 HST dengan pemberian bakteri endofit menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Berdasarkan Anam, dkk., (2024) menyatakan bahwa pemberian bakteri endofit pada tanaman mampu meningkatkan tinggi tanaman.

Menurut Jailan (2022) tinggi batang tanaman tomat dapat bervariasi akibat beberapa faktor, termasuk intensitas sinar matahari, ketersediaan air, dan pengaruh hormon. Aktivitas mikroorganisme dalam bakteri endofit dapat menghasilkan hormon-hormon pertumbuhan seperti auksin, giberelin, dan sitokinin yang berperan penting dalam memacu pertumbuhan tanaman. Selain itu, bakteri endofit membantu tanaman dalam penyerapan nutrisi dengan mengubah nitrogen atmosfer menjadi bentuk yang dapat digunakan melalui fiksasi nitrogen. Hal ini meningkatkan ketersediaan nitrogen dan berpotensi memperbaiki pertumbuhan serta tinggi tanaman (Muhammad dkk., 2023).

3.3. Jumlah daun

Hasil pengamatan tinggi tanaman tomat diperoleh rata-rata yang disajikan pada Gambar 3.

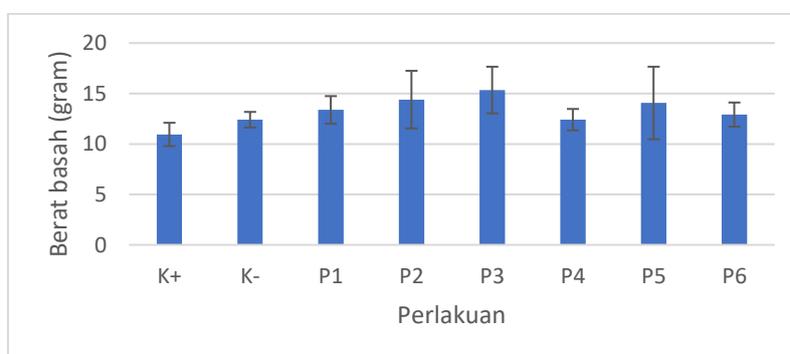


Gambar 3. Jumlah daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan bakteri endofit terhadap jumlah daun tanaman tomat. Dapat dilihat pada Gambar 3. bahwa diagram batang yang ditampilkan memberikan gambaran rata-rata jumlah daun tanaman tomat untuk setiap perlakuan pada setiap pengamatan. Berdasarkan hasil pengamatan jumlah daun pada pengamatan 0 HST hingga 21 HST menunjukkan bahwa jumlah daun pada semua perlakuan relatif seragam dan tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan. Selanjutnya pada pengamatan 28 HST tanaman yang diberi perlakuan bakteri endofit P1, P2, dan P3 memiliki jumlah daun yang lebih banyak. Sedangkan pada tanaman kontrol secara konsisten menunjukkan jumlah daun lebih sedikit dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini membuktikan bahwa bakteri endofit dapat mempengaruhi jumlah daun karena mengandung hormon auksin yang mengatur pembelahan dan pemanjangan sel. Bakteri endofit yang memproduksi auksin dapat mempengaruhi perkembangan dan pembentukan daun baru (Muhammad dkk., 2023).

3.4. Berat basah

Hasil pengukuran berat basah tanaman tomat diperoleh rata-rata yang disajikan pada Gambar 4.



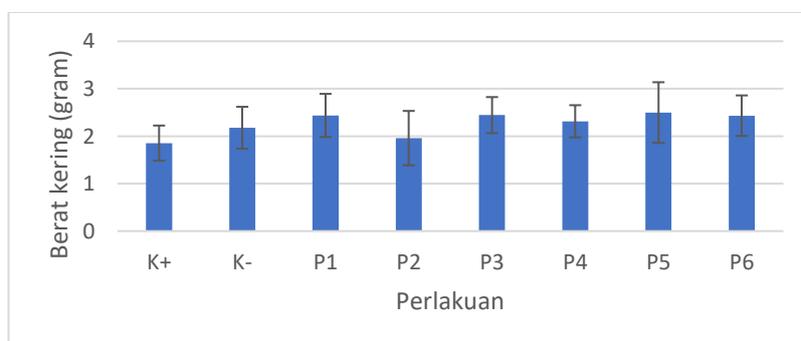
Gambar 4. Grafik Berat basah Tanaman Tomat

Berat basah tanaman paling berat pada perlakuan endofit P3 dan paling ringan pada K+. Perlakuan K- memiliki berat basah terendah setelah K+. Pengukuran berat basah ini menunjukkan gambaran mengenai bobot tanaman secara keseluruhan sebelum dikeringkan. Berat basah tanaman pada setiap perlakuan dipengaruhi oleh faktor internal pada saat pertumbuhan tanaman. Hal ini diperkuat oleh Wijayanti dkk., (2019) mengatakan bahwa semakin tinggi suatu tanaman maka berat basah akan semakin meningkat. Pengukuran berat basah dilakukan untuk mengetahui massa total tanaman tomat pada waktu pengukuran termasuk kandungan air di dalam jaringan tanaman tomat.

Berat basah tanaman tomat yang diberi perlakuan bakteri endofit cenderung memiliki bobot lebih berat dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan endofit mampu meningkatkan penyerapan air tanaman. Pada penelitian ini tanaman tanpa perlakuan bakteri endofit memiliki berat basah yang rendah karena perlakuan tersebut kurang efektif dalam meningkatkan kapasitas retensi air tanaman. Hal ini dikarenakan bakteri endofit mampu melarutkan fosfat dengan memproduksi asam organik yang menurunkan pH tanah, menghasilkan enzim fosfatase yang mengubah fosfat organik menjadi bentuk anorganik yang larut dan membentuk kompleks dengan fosfat untuk meningkatkan ketersediaannya bagi tanaman sehingga penyerapan unsur hara menjadi lebih optimal dan akhirnya meningkatkan berat basah tanaman. Inokulasi tanaman dengan bakteri pelarut fosfat mempercepat pertumbuhan tanaman karena fosfat yang terlarut dapat langsung diserap dan digunakan oleh tanaman (Oteino dkk., 2015)

3.5. Berat kering

Hasil pengukuran berat kering tanaman tomat diperoleh rata-rata yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Berat Kering Tanaman Tomat

Tanaman yang diberi perlakuan bakteri endofit cenderung memiliki bobot lebih berat dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Berat kering tanaman paling berat pada perlakuan endofit P5 dan paling ringan pada K+. Pengukuran berat kering menunjukkan massa tanaman setelah kandungan air di dalamnya dihilangkan melalui proses pengeringan. Berat kering tanaman merupakan parameter penting pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena mencerminkan jumlah akumulasi senyawa organik yang telah disintesis. Berat kering ini juga memberikan gambaran mengenai nutrisi tanaman serta ketersediaan unsur hara di lingkungan (Sitorus dkk., 2014). Hal ini diperkuat oleh Anastasia dkk., (2014) yang mengatakan bahwa berat kering merupakan keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. Proses fotosintesis dan respirasi akan maksimal apabila tanaman mendapat hara yang optimal dan jika kekurangan maka tanaman tidak dapat melakukan fotosintesis secara maksimal.

3.6. Pengaruh pemberian perlakuan bakteri endofit terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat kering dan berat basah

Berdasarkan analisis statistik diperoleh rata-rata tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah, dan berat kering yang disajikan pada Tabel 2. **Berat Kering (g)**

Tabel 2. Rata-rata Tinggi Tanaman Tomat, Jumlah Daun, Berat Basah dan Berat Kering

	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)
K+	47,742 ^a	42 ^a	10.94 ^a	1.85 ^a
K-	47,572 ^a	42 ^a	12.40 ^a	2.18 ^a
P1	52,962 ^b	47 ^a	13.38 ^a	2.44 ^a
P2	49,432 ^{ab}	48 ^a	14.40 ^a	1.96 ^a
P3	53,316 ^b	47 ^a	15.35 ^a	2.44 ^a
P4	48,412 ^a	44 ^a	12.41 ^a	2.31 ^a
P5	47,942 ^a	45 ^a	14.06 ^a	2.50 ^a
P6	50,824 ^{ab}	45 ^a	12.91 ^a	2.43 ^a

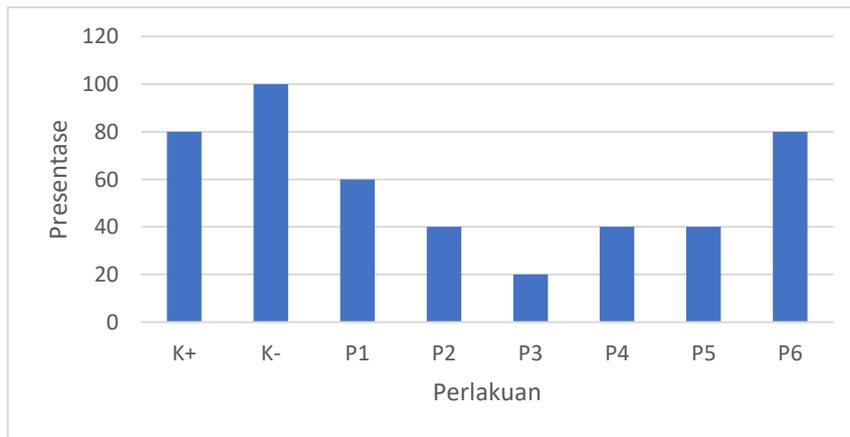
Keterangan: rata-rata yang diikuti notasi huruf berbeda menunjukkan adanya pengaruh signifikan berdasarkan uji *mann-whitney*

Berdasarkan hasil analisis statistik tinggi tanaman menggunakan uji *Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa nilai sig. <0,05. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan bakteri endofit memberi pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman tomat. Selanjutnya, untuk mengidentifikasi pasangan kelompok perlakuan yang berpengaruh signifikan dilakukan uji lanjut *mann-whitney*. Hasil analisis uji *mann-whitney* menunjukkan bahwa adanya perbedaan signifikan terhadap tinggi tanaman P1 dan P3 nilai sig. 0,009. Selanjutnya, adanya pengaruh signifikan pada K- dan P3 yang memiliki nilai sig. 0,009.

Hal ini menunjukkan bahwa bakteri endofit efektif dalam mendorong pertumbuhan tinggi tanaman tomat. Hal ini diperkuat oleh Yanti dkk., (2017) yang menyatakan bahwa tanaman kentang yang diaplikasikan bakteri endofit menunjukkan pertumbuhan tanaman berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol. Selanjutnya, bakteri endofit tidak memberi pengaruh signifikan terhadap parameter jumlah daun, berat basah, dan berat kering tanaman tomat karena nilai $\text{sig.} > 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun bakteri endofit dapat meningkatkan tinggi tanaman, efeknya tidak secara langsung mempengaruhi jumlah daun maupun akumulasi biomassa pada berat basah dan kering.

3.7. Intensitas penyakit

Berdasarkan hasil pengamatan kejadian penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* pada penelitian ini disajikan pada Gambar 6

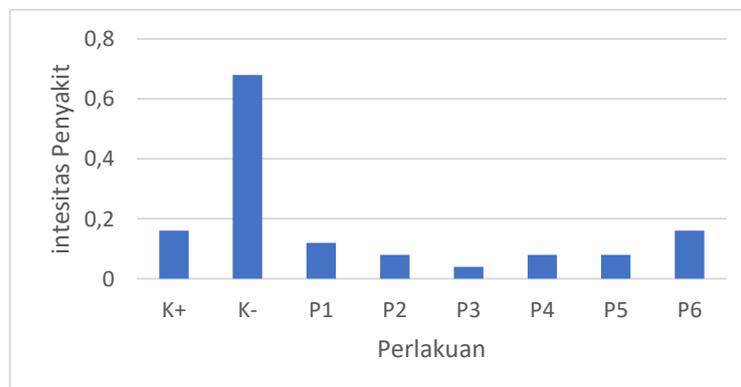


Gambar 6. Intensitas penyakit

Berdasarkan hasil pengamatan terlihat pada Gambar 6 bahwa semua tanaman mengalami kejadian penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum*. Pada perlakuan tanpa pengaplikasian bakteri endofit menunjukkan kejadian penyakit hingga 100%. Kemudian pada perlakuan dengan aplikasi bakteri endofit juga menunjukkan kejadian penyakit terutama pada P6 mencapai 80%. Meskipun demikian pada pengamatan intensitas gejala yang ditimbulkan oleh tanaman perlakuan bakteri endofit menunjukkan gejala yang ringan

3.8. Keparahan penyakit

Berdasarkan hasil pengamatan gejala penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* pada penelitian ini disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Intensitas gejala penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* pada 49 HST

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa tanaman dengan perlakuan P3 menunjukkan

tingkat gejala paling rendah hanya 4% dan gejala paling tinggi pada perlakuan bakteri endofit P6 hanya 16%. Hal ini menunjukkan perlakuan kombinasi memberikan hasil yang kurang baik dikarenakan adanya kompetisi ruang dan nutrisi sehingga memengaruhi penghambatan patogen. Hal ini sejalan dengan penelitian Nawangsing dan Wardani (2014) yang mengatakan bahwa aplikasi agens biokontrol secara kombinasi tidak memberikan penekanan intensitas penyakit yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tunggal. Selanjutnya, pada tanaman yang diaplikasikan patogen *Ralstonia solanacearum* tanpa diberi perlakuan bakteri endofit menunjukkan gejala infeksi mencapai 68%. Meskipun pada perlakuan bakteri endofit juga memunculkan gejala namun intensitas gejala yang ditimbulkan lebih ringan. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri endofit asal tanaman ciplukan mampu sebagai agen pengendali untuk meminimalisir kerusakan yang ditimbulkan akibat adanya penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum*.

Bakteri endofit P3 telah terbukti menunjukkan kemampuan lebih besar dalam menghambat penyakit layu bakteri pada tanaman. Rendahnya intensitas penyakit P3 ini seiring dengan meningkatnya tinggi tanaman, yang menunjukkan adanya hubungan positif antara keduanya. Hal ini mengindikasikan bahwa inokulasi dengan bakteri endofit P3 tidak hanya memperbaiki kesehatan tanaman dengan mengurangi infeksi penyakit, tetapi juga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi. Korelasi ini dapat dijelaskan dengan fakta bahwa bakteri endofit mungkin membantu tanaman dalam mengatasi stres patogen, sehingga memungkinkan tanaman untuk tumbuh lebih optimal dan mencapai pertumbuhan yang lebih tinggi.

Menurut Desriani dkk., (2014) bakteri endofit mampu menghasilkan metabolit sekunder untuk melindungi tanaman inang dari patogen pada tanaman. Potensi penghambatan bakteri endofit terhadap *Ralstonia solanacearum* dipengaruhi beberapa faktor. Faktor-faktor ini termasuk iklim mikro, seperti suhu, pH tanah, dan kelembaban, dapat mempengaruhi pertumbuhan, aktivitas, dan stabilitas agensia hayati (Sopialena, 2018). *Ralstonia solanacearum* menginfeksi tanaman melalui sistem vaskular, patogen ini menyebar ke seluruh bagian tanaman melalui xilem yang merupakan jaringan pengangkut air dan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan. Infeksi oleh *Ralstonia solanacearum* menyebabkan penyumbatan pada xilem. Akibatnya, aliran air dan nutrisi dari akar ke bagian tanaman lainnya terganggu. Tanaman yang terinfeksi tidak dapat memenuhi kebutuhan air dan nutrisi, yang menyebabkan penurunan pertumbuhan dan produksi. (Yulianti, 2015)

Gejala umum infeksi termasuk layu mendalam, perubahan warna pada daun, dan pengeringan. Gejalaini sering kali dimulai pada daun bagian bawah dan menyebar ke bagian atas tanaman seiring dengan perkembangan penyakit. Berdasarkan pada pengamatan tanaman yang terserang gejala layu bakteri yang disebabkan oleh patogen *Ralstonia solanacearum* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tanaman tomat terserang penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum*; (A) Tanaman pada pengamatan 35 HST (B) Tanaman pada pengamatan 49 HST. Gambar anak panah menunjukkan batang yang terinfeksi *Ralstonia solanacearum*

Penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* merupakan salah satu penyakit yang sering menyerang tanaman tomat. Gejala penyakit ini dapat diamati pada bagian tanaman seperti bagian daun dan batang tanaman. Pada gambar 8. (A) dapat dilihat bahwa tanaman mulai menunjukkan gejala layu bakteri dengan ditandai daun berwarna kuning. Kemudian lama-kelamaan daun dan pucuk

tanaman akan menunjukkan gejala kelayuan menyeluruh seperti pada gambar 8. (B) daun bagian bawah mengalami layu kering dan pada pucuk daun menggulung ke bawah. Hal ini disebabkan karena terganggunya aliran air dan nutrisi untuk mencapai ke bagian pucuk tanaman. Selain itu pada bagian yang ditunjukkan anak panah terlihat batang tanaman terinfeksi yang menunjukkan gejala diskolorisasi jaringan pembuluh pada batang menjadi kecoklatan. Hal ini sejalan dengan penelitian Choiriyah dan Nurcahyanti (2019) yang mengatakan bahwa gejala penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* pada tanaman tomat meliputi daun dan pucuk yang terkulai atau menggulung ke bawah, serta perubahan warna kecoklatan pada berkaspengangkut di akar dan batang.

Bakteri endofit dapat melindungi tanaman dari infeksi patogen secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung bakteri endofit dapat berperan sebagai agens hayati dengan memproduksi senyawa-senyawa antimikroba yang mampu menghambat perkembangan patogen. Sedangkan secara tidak langsung bakteri endofit mampu menginduksi ketahanan tanaman dengan merangsang pembentukan asam salisilat, peroksidase, fitoaleksin, dan senyawa fenolik (Pradana dkk., 2016). Bakteri endofit yang dapat melakukan kolonisasi pada tanaman inangnya memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan dan perkembangan patogen dengan bersaing langsung untuk mendapatkan sumber daya atau ruang hidup dalam jaringan tanaman. Dengan menempati tempat yang sama dengan patogen, bakteri endofit dapat mengurangi peluang patogen untuk berkembang biak atau menyebar (Yustianita, 2015)

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa bakteri endofit asal tanaman ciplukan mampu menghambat penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh patogen (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L) secara *in vivo*. Bakteri endofit ini juga berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman karena nilai sig.<0,05, namun tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, berat basah dan berat kering. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri endofit tidak hanya menghambat *Ralstonia solanacearum*, namun juga memiliki kemampuan untuk mempercepat pertumbuhan tanaman. Dari 8 perlakuan yang diuji, perlakuan bakteri endofit isolat BU3(5)⁸ dengan konsentrasi menunjukkan hasil terbaik dalam kedua aspek ini. Hal ini dapat dijadikan sebagai pilihan untuk diterapkan dalam praktik budidaya guna mengendalikan penyakit dan meningkatkan produktivitas tanaman.

Daftar Pustaka

- Anam, A. K., Mariana, M., & Budi, I. S. (2024). Formulasi Bakteri Endofit Untuk Menekan Kejadian Penyakit *Fusarium* Pada Padi Beras Merah (*Oryza nivara*. L). *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 7(2), 865- 873.
- Badan Pusat Statistik (2022). Rata-rata Pengeluaran Perkapita Seminggu Menurut Kelompok Sayur-Sayuran Per Kabupaten/kota (Rupiah/ Kapita/Minggu), 2022
- Choiriyah, A., & Nurcahyanti, S. D. (2019). Pengendalian Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) Pada Tanaman Tomat Dengan Penyambungan Batang Bawah Tahan. *Jurnal Bioindustri (Journal Of Bioindustri)*, 2(1), 295-306.
- Desriani, Ukhradia, M. S. P., Maria, B., Akhmad, R., dan Puspita, L. (2014). Isolasi dan karakterisasi bakteri endofit dari tanaman binahong dan katepeng china. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 3 (2), 89-93. *enterobacter cloacae* selulolitik aerob rumen-1 isolat asal limbah cairan rumen sapi peranakan ongole. *Jurnal Veteriner*, 17(3), 383-388.
- Ibrahim, I., & Sillehu, S. (2022). Identifikasi Aktivitas Penggunaan Pestisida kimia yang Berisiko pada Kesehatan Petani Hortikultura. *Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan*, 7(1), 7-12.
- Iqlima, D., Ardinarsih, P., & Wibowo, M. A. (2017). Aktivitas antibakteri isolat bakteri endofit B2D dari batang tanaman yakon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Rob.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella thypimurium*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(1).
- Jailani, J. (2022). Pengaruh pemberian pupuk kompos terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Serambi Saintia: Jurnal Sains Dan Aplikasi*, 10(1), 1-8.
- Kusumawardani, Y., Sulistyowati, L., & Cholil, A. (2015). Potensi antagonis jamur endofit pada

- tanamanlada (*Piper nigrum* L.) terhadap jamur *Phytophthora capsici* Leionian penyebab penyakitbusuk pangkal batang. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 3(1), 21-29.
- Mahardhika, W. A., Rukmi, M. I., & Pujiyanto, S. (2021). Isolasi kapang endofit dari tanamanciplukan(*Physalis angulata* L.) dan potensi antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal of Tropical Biology*, 4(1), 33-39.
- Mahjani, M., & Putri, D. H. (2020). Growth Curve Of Endophyte Bacteria Andalas Plant (*Morus macroura* Miq.) BJT A-6 ISOLATE. *Serambi Biologi*, 5(1).
- Maseh, Z. A. D., & Yatim, H. (2017). Respon Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Kulit Pisang. *Agrominansia*, 2(2), 170-180.
- Nugraheni, I. A., & Mawaddah, I. A. (2023). In vitro antagonism test of endophytic isolates from the ciplukan plant(*Physalis angulata* L.) against *Ralstonia solanacearum*s. *Sainteks: Jurnal Sain dan Teknik*, 5(2), 200-210.
- Nugraheni, I. A., Setianah, H., & Wibowo, D. S. (2021). Aktivitas Antibakteri Dari Bakteri Endofit Asal Akar Ciplukan (*Physalis angulata* L.) Terhadap *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli*. *Biomedika*, 13(1), 48-55.
- Nurhajati, T., Supranianondo, K., & Lokapirnasari, W. P. (2016). Uji aktivitas pertumbuhan *enterobacter cloacae* selulolitik aerob rumen-1 isolat asal limbah cairan rumen sapi peranakan ongole. *Jurnal Veteriner*, 17(3), 383-388.
- Oktafiyanto, M. F., Munif, A., & Mutaqin, K. H. (2018). Aktivitas Antagonis Bakteri Endofit Asal Mangrove terhadap *Ralstonia solanacearum* dan *Meloidogyne spp*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 14(1), 23-23.
- Pasir, S.& Hakim,M., S (2014). Penyuluhanpenanamansayuran dengan media polybag. *Asian Journalof Innovation and Entrepreneurship (AJIE)*, 3(03), 159-163.
- Pujiasmanto, B. (2020). Peran dan Manfaat Hormon Tumbuhan. Yayasan Kita Menulis, Medan.
- Saridewi, L. P., Prihatiningsih, N., & Djatmiko, H. A. (2020). Karakterisasi biokimia bakteri endofit akar terung sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan pengendali penyakit layu bakteri in planta. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*, 1(1), 1-8.
- Seniati, M., & Irham, A. (2019). Pengukuran kepadatan bakteri *Vibrio harveyi* secara cepat dengan menggunakan spektrofotometer. *Jurnal Agrokompleks*, 19(2), 12-19.
- Sintalydiawati, A., Fitriyanti, D., & Liestiany, E. (2024). Uji Efektivitas Daun Sirih Dalam Menghambat Pertumbuhan Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum* Pada Tanaman Terung. *JURNAL PROTEKSI TANAMAN TROPIKA*, 7(1), 770-779.
- Siswoyo, E. (2018). BIO-Pestisida Berbasis Ekstrak Tembakau Dari Limbah Puntung Rokok Untuk Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 94.
- Sitorus, U. K. P., Siagian, B., & Rahmawati, N. (2014). Respons pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian abu boiler dan pupuk urea pada media pembibitan. *Jurnal Online Agroekoteknologi. ISSN No, 2337, 6597*.
- Sopialena. (2018). Pengendalian Hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Susanti, Y., Giyanto, G., Sinaga, M. S., Mutaqin, K. H., & Tjahjono, B. (2020). Effectiveness of Endophytic Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Suppressing *Ralstonia solanacearum* in *Eucalyptus pellita* Plants. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 16(4), 166-176.
- Triwidodo H, Tanjung MH. 2020. Hama Penyakit Utama Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) dan Tindakan Pengendalian di Brebes, Jawa Tengah. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*. 13 (2): 149–154.
- Utami, W. P., Syam, N., & Suriyanti, H. S. (2023). Perbanyak jamur *Trichoderma* sp. pada beberapajenis media tumbuh dengan metode terbuka dan tertutup. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*, 4(1), 111-118.
- Wijiyanti, P., Hastuti, E. D., & Haryanti, S. (2019). Pengaruh masa inkubasi pupuk dari air cucian beras terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 4(1), 21-28.
- Yanti, Y., Noffianti, Z., & Nasution, C. R. (2017). Kajian aplikasi bakteri endofit indigenos dalam

meningkatkan, pertumbuhan dan mengendalikan *Ralstonia Solanacearum* pada kentang. In Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Pertanian, 647-652.

Yustianita, E (2015) Karakterisasi dan Uji Bakteri Endofit untuk Pengendalian *Ralstonia solanacearum* Patogen Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Sarjana thesis*. Universitas Brawijaya.