

## Potensi bakteri endofit dari tanaman cabai dan batang ketimun sebagai agen biokontrol terhadap jamur *Fusarium* sp

Sulthan Saiyfullah Muhammad<sup>1\*</sup>, Yovi Avianto<sup>2</sup>, Nosa Septiana Anindita<sup>1</sup>, dan Ika Afifah Nugraheni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

<sup>2</sup>Periset PT Biotek Cipta Kreasi

\*Email: [sulthansmuh@gmail.com](mailto:sulthansmuh@gmail.com)

### Abstrak

PT Biotek Cipta Kreasi (PT. BCK) merupakan perusahaan yang berdiri sejak tahun 2018 telah melakukan penelitian dan pengembangan bioteknologi untuk menghasilkan informasi, jasa, dan produk berkualitas tinggi yang bermanfaat dan dapat meningkatkan produktivitas pertanian, perikanan, lingkungan, dan pangan. Tanaman cabai merupakan salah satu tanaman sayuran yang banyak dibudidayakan karena memiliki harga jual yang tinggi. Masalah yang mengganggu dalam produksi buah cabai yaitu layu fusarium atau penyakit moler yang disebabkan oleh jamur *Fusarium* sp. dan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum capsici*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi bakteri endofit yang berasal dari tanaman cabai dan batang ketimun sebagai agen biokontrol terhadap jamur *Fusarium* sp di PT Biotek Cipta Kreasi. Jamur *Fusarium* sp merupakan patogen tanaman yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman cabai yang merupakan tanaman utama yang dikembangkan oleh perusahaan ini. Metode penelitian ini melibatkan pengujian secara *in vivo* bakteri endofit pada tanaman cabai. Bakteri endofit diperoleh dari jaringan tanaman yang sehat dan bebas dari gejala penyakit. Isolat bakteri endofit diambil dari bakteri stok PT Biotek Cipta Kreasi dengan kode BCB3 dan BT1. Selanjutnya, pengujian lapangan pada pertanaman cabai di PT Biotek Cipta Kreasi dengan menginokulasikan jamur patogen *Fusarium* sp pada tanaman cabai untuk melihat potensi bakteri endofit sebagai biokontrol. Selama pengujian lapangan, efektivitas bakteri endofit sebagai agen biokontrol terhadap jamur *Fusarium* sp akan dievaluasi berdasarkan tingkat penekanan gejala penyakit dan peningkatan pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian potensi bakteri endofit dari tanaman cabai dan batang ketimun menunjukkan bahwa bakteri endofit BT1 dan BCB3 berpengaruh pada pertumbuhan tanaman cabai baik pada saat persemaian maupun pada tahap pindah tanam sampai fase vegetatif tanaman cabai.

**Kata Kunci:** bakteri endofit; biocontrol; *Fusarium* sp

### 1. Pendahuluan

PT Biotek Cipta Kreasi (PT. BCK) merupakan perusahaan yang berdiri sejak tahun 2018 telah melakukan penelitian dan pengembangan bioteknologi untuk menghasilkan informasi, jasa, dan produk berkualitas tinggi yang bermanfaat dan dapat meningkatkan produktivitas pertanian, perikanan, lingkungan, dan pangan. Perusahaan ini hadir sebagai solusi atas masalah pertanian, perikanan, pangan, lingkungan, dan kesehatan yang ramah lingkungan dan berteknologi tinggi. Pada bidang pertanian PT. BCK membudidayakan beberapa tanaman salah satunya yaitu tanaman cabai.

Tanaman cabai merupakan salah satu tanaman sayuran yang banyak dibudidayakan karena memiliki harga jual yang tinggi. Tanaman cabai rawit yang memiliki nama latin tergolong dalam famili terung-terungan (*Solanaceae*). Tanaman ini merupakan jenis tanaman semusim atau berumur pendek, tumbuh sebagai perdu atau semak, tinggi dapat mencapai 1,5 m (Sopialena *et al.*, 2020). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2020), rata-rata produksi cabai rawit dari tahun 2016-2020 yaitu 9,504.6 ton per tahun di Yogyakarta selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Masalah yang mengganggu dalam produksi cabai yaitu layu fusarium atau penyakit moler yang disebabkan oleh jamur *Fusarium* sp. dan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum capsici*.

*Fusarium* sp. merupakan fungi patogen yang sering menyerang beberapa tanaman lainnya. Kondisi tanaman yang terkena layu fusarium memiliki gejala awal seperti: pucat tulang-tulang daun terutama daun-daun atas kemudian diikuti dengan menggulungnya daun yang lebih tua (epinasti) karena merunduknya tangkai daun dan akhirnya tanaman menjadi layu keseluruhan. Pada tanaman yang masih sangat muda yang terserang penyakit layu fusarium dapat menyebabkan tanaman mati secara mendadak, karena pada pangkal batang terjadi kerusakan. Sedangkan tanaman dewasa yang

terinfeksi sering dapat bertahan terus dan membentuk buah tetapi hasilnya sangat sedikit dan kecil-kecil (Semangun, 2000 dalam Nurzannah et al., 2014).

Pertanian di Indonesia saat ini, sangat tergantung pada pemakaian pupuk anorganik dan pestisida. Penggunaan pupuk anorganik dan pestisida dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan tanah dan pencemaran lingkungan dengan meningkatnya residu bahan kimia di dalam tanah, yang berakibat menurunnya produktivitas lahan. Perhatian masyarakat terhadap pertanian dan lingkungan beberapa tahun terakhir ini menjadi meningkat. Keadaan ini disebabkan semakin dirasakannya dampak negatif dari penggunaan pupuk sintetis, pestisida dan bahan kimia pada tanaman yang dapat berpengaruh besar terhadap lingkungan. Alternatif yang digunakan petani untuk mengendalikan layu fusarium dan penyakit antraknosa dengan menggunakan fungisida sintetis. Fungisida sintetis ini akan menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur. Namun, cara ini juga memiliki dampak negatif bagi lingkungan, konsumsi, dan kurang memuaskan karena waktu penghambatan pertumbuhan dan perkembangan jamur yang relatif sebentar. Berdasarkan kasus tersebut diperlukan pengendalian hayati secara biologis dengan menggunakan mikroorganisme antagonis (Manuhutu dkk., 2014).

Bakteri antagonis terhadap fungi patogen diharapkan dapat menekan pertumbuhan dan perkembangan jamur yang menjadi target dalam penelitian. Selain itu, bakteri antagonis dapat menjadi *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB). Sehingga dapat meningkatkan produksi tanaman karena permintaan cabai yang terus meningkat setiap tahunnya. Bakteri yang dapat menjadi PGPB adalah bakteri endofit. Bakteri endofit adalah bakteri yang terdapat dalam jaringan tanaman sehat yang tidak menimbulkan gejala penyakit dan tidak merugikan tanaman inang. Bakteri endofit dapat diisolasi dan diekstraksi pada media tumbuh bakteri dengan teknik sterilisasi permukaan. Saat ini, mikroba endofit banyak diteliti karena memiliki manfaat dan efek positif pada tanaman inang seperti antimikroba, hormon pertumbuhan, fiksasi nitrogen, mobilitas fosfat, produksi siderofor, induksi SAR dan ISR, serta meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan (Hallmann et al. 1997 dalam Hanif dan Susanti, 2017).

Mikroba endofit diketahui menghasilkan senyawa aktif yang berpotensi sebagai senyawa antimikroba (Ezra et al. 2004 dalam Hanif dan Susanti, 2017). Penggunaan bakteri endofit sebagai agens hayati memiliki keuntungan dibandingkan mikroba antagonis lainnya dikarenakan mikroba endofit sudah terbentuk, hidup, dan bertahan di dalam jaringan selama perkembangan tanaman dan memberi perlindungan bagi tanaman. Kelebihan bakteri endofit sebagai agens hayati dibandingkan dengan bakteri rizosfer selain karena keberadaannya lebih terlindungi dan kemampuannya dalam kolonisasi di dalam jaringan tanaman, kelebihan lainnya adalah proses translokasi senyawa metabolit yang dihasilkan ke dalam jaringan tanaman lebih baik (Hallmann et al. 1997 dalam Hanif dan Susanti, 2017).

Berdasarkan uraian di atas pemanfaatan bakteri endofit pada tanaman diperkirakan dapat meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman. Penelitian tentang potensi bakteri endofit dari batang timun dan biji cabai perlu dilakukan untuk mengetahui efektivitas bakteri-bakteri tersebut.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1. Persiapan Alat dan Sterilisasi**

Sterilisasi alat seperti cawan petri, erlenmeyer, tabung reaksi dengan menggunakan autoklaf suhu 121°C tekanan 1 atm selama 30 menit. Alat-alat tersebut dibungkus dengan aluminium foil untuk erlenmeyer, gelas beker dan dimasukkan ke dalam plastik. Sedangkan cawan petri dibungkus dengan plastik. Autoklaf yang digunakan ini merupakan autoklaf yang tradisional.

### **2.2. Preparasi Bakteri Endofit**

Preparasi bakteri endofit dilakukan dalam LAF. Isolat bakteri endofit diambil dari isolat bakteri stok PT BCK dengan kode BCB3 dan BT1, kemudian isolat bakteri dikulturkan kembali pada media NB sebanyak 5 ml pada tabung reaksi. Setelah kultur berusia satu hari, lalu dipindah kultur dan diinokulasikan ke dalam erlenmeyer berisi media NB sebanyak 45 ml dan di letakan pada alat shaker selama 3 hari (Oktavia & Pujiyanto, 2018).

### 2.3. Persiapan Media Tanam dan Persemaian Biji

Penelitian ini menggunakan tanah gambut dan pupuk Kompre dengan perbandingan (1:1) kemudian dimasukkan dalam polybag ukuran 35 cm x 35 cm dan tray yang berisi 72 lubang sebanyak 2 tray (Resti *et al.*, 2018). Persemaian biji cabai dilakukan dengan memasukkan ke dalam isolat bakteri endofit pada erlenmeyer yang sudah berusia 3 hari. Setelah itu, erlenmeyer yang berisi bakteri endofit dan biji cabai diletakkan pada alat *shaker* selama 1 jam. Kemudian, biji cabai disemai pada tray selama di persemaian dilakukan penyiraman satu kali per hari tergantung cuaca (Resti *et al.*, 2018).

### 2.4. Pemberian Pupuk dan Bakteri Endofit

Waktu pemberian pupuk 7 hst, 14 hst, 21 hst hingga menjelang panen dengan pupuk NPK *Granule* 16:16:16 dosis 2 gr/tanaman dan *Gromaxx-Organic Boost* 2 ml/tanaman (Tarigan *et al.*, 2021). pemberian bakteri endofit dilakukan 5 hari sekali dengan dosis 5 ml/lt. Bakteri endofit dikocorkan pada 2 dari 5 sampel tanaman. Satu tanaman membutuhkan pengocoran sebanyak 250 ml sehingga total air yang dikocorkan adalah 500 ml (Melliawati & Purnomo, 2018).

### 2.5. Inokulasi Penyakit

Penyakit diberikan satu kali diumur tanaman 14 hst dengan dosis jamur *Fusarium* 5 ml per tanaman dan diencerkan 106 sehingga membutuhkan air 45 ml dan dengan kerapatan spora 105 (Wattimury *et al.*, 2021).

### 2.6. Pemeliharaan dan Pengamatan

Pemeliharaan dilakukan pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman (dilakukan sekali dalam sehari). Penyulaman dilakukan pada tanaman yang mati dengan tanaman yang disemai dengan waktu penyemaian yang sama, sedangkan penyiangan gulma, dilakukan dengan mencabut rumput yang ada di dalam media tanam atau disekitar polybag setiap ada rumput yang tumbuh. Perempelan dilakukan pada umur 35 hst dengan memangkas daun di bawah cabang Y pertama (Tarigan *et al.*, 2021). Pengamatan dilakukan dengan dua tahap, pada saat tanaman masih di dalam pot tray diamata setiap hari, kemudian setelah pindah tanam ke polybag diamati 7 hari sekali dengan Variabel pengamatan seperti Jumlah Daun, Tinggi Tanaman, dan Jumlah Daun (Tarigan *et al.*, 2021).

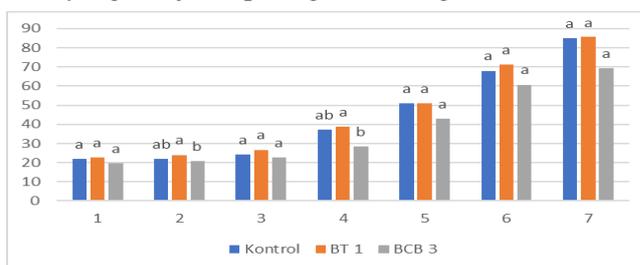
### 2.7. Analisis Data

Data hasil variabel pengamatan dianalisis menggunakan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) dan apabila hasilnya menunjukkan adanya perbedaan yang berpengaruh nyata akan dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Terkecil *Least Significant Difference* (LSD Fischer) dengan taraf uji 5% (Montgomery, 2011 dalam Diwangkari *et al.*, 2016).

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan variabel pertumbuhan tanaman yang mudah diamati sebagai parameter untuk mengetahui pengaruh lingkungan atau pengaruh perlakuan terhadap tanaman. Pertambahan tinggi tanaman menunjukkan aktivitas pertumbuhan vegetatif suatu tanaman (Azmin dan Hartati, 2020). Hasil analisis ragam tinggi tanaman berdasarkan data hasil pengamatan pada pada minggu 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 HST atas pengaruh pemberian bakteri endofit BCB3 dan BT1 dihasilkan rata-rata tinggi tanaman yang disajikan pada grafik sebagai berikut:



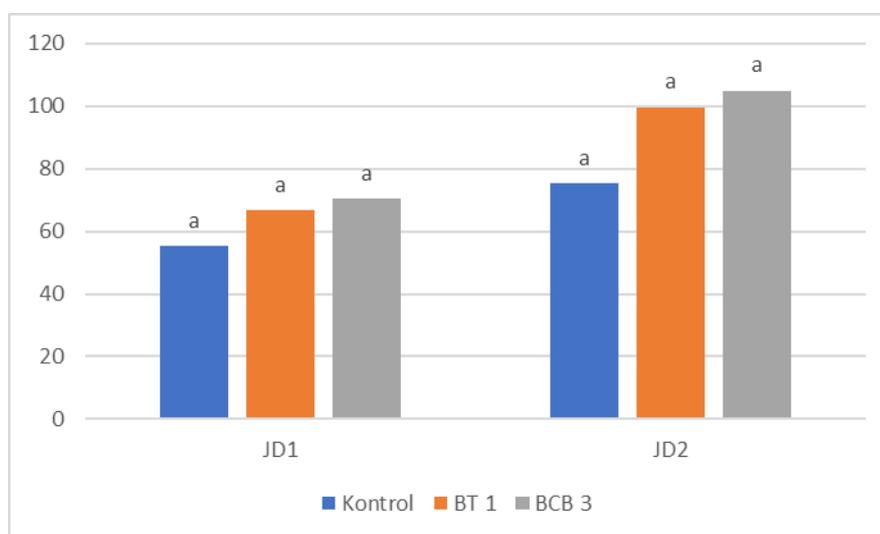
Gambar 1. Grafik Data Tinggi Tanaman yang Diberi Perlakuan Bakteri Dan Analisis Anova

Keterangan: TT1 hingga TT7 adalah umur tanaman dari 7 hari setelah tanam hingga 49 hari setelah tanam. Hasil perhitungan statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata antara tinggi tanaman pada periode tersebut. Hal ini dapat dilihat dari diagram batang yang menampilkan hasil yang berbeda secara signifikan berdasarkan uji perbedaan nyata terkecil (DMRT) dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 5\%$ .

Hasil analisis ragam tinggi tanaman cabai pada perlakuan pemberian bakteri endofit di atas bahwa pada minggu 2 dan 4 berpengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman cabai berdasarkan notasi huruf dan selanjutnya tidak berpengaruh nyata berdasarkan notasi huruf tetapi secara visual berpengaruh dan dapat dilihat dari perbedaan tinggi dengan tanaman kontrol. Nilai signifikan dari hasil Uji *One Way Anova* yaitu 0,000. Terdapat sedikit perbedaan yaitu pada **Gambar 1** menunjukkan bahwa tanaman dengan pemberian bakteri endofit BCB3 dan BT1 pada waktu 14 hst dan 28 hst pertumbuhan tinggi tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Pada waktu 7 hst tanaman cabai dengan bakteri endofit BCB3 menunjukkan nilai 19.66667 dan BT1 22.666677 sedangkan pada kontrol 22.00000. Pada waktu 14 hst tanaman cabai dengan bakteri endofit BCB3 menunjukkan nilai 20.66667(ab) dan BT1 lebih unggul dengan nilai 24.00000(a) sedangkan pada kontrol hanya 20.00000(ab). Sedangkan pada waktu 21 hst – 42 hst tanaman cabai dengan bakteri endofit BCB3, BT1, dan Kontrol menunjukkan nilai yang hampir seragam seragam. Meskipun secara statistik tidak beda nyata, tetapi secara visual tanaman dengan perlakuan BT1 tumbuh lebih tinggi dibandingkan BCB3 dan Kontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian Hardoim *et al.* (2015), yang menyatakan bahwa Beberapa bakteri endofit dapat membantu tanaman dalam penyerapan nutrisi. Misalnya, beberapa bakteri endofit memiliki kemampuan untuk mengubah unsur nitrogen atmosfer menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman, yang disebut fiksasi nitrogen. Hal ini dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman dan berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan tinggi tanaman.

### 3.2. Hasil Pengamatan Jumlah Daun

Daun merupakan organ tanaman yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis yang akan menghasilkan fotosintat. Dengan bantuan cahaya matahari, air, dan karbon dioksida diubah oleh klorofil menjadi senyawa organik, karbohidrat dan oksigen. Nutrisi hasil dari fotosintesis tersebut digunakan untuk kebutuhan tanaman maupun untuk cadangan makanan (Azmin dan Hartati, 2020). Data hasil analisis ragam tinggi tanaman berdasarkan data hasil pengamatan pada pada minggu 6, dan 7 HST atas pengaruh pemberian bakteri endofit BCB3 dan BT1 dihasilkan rata-rata jumlah daun tanaman yang disajikan pada grafik sebagai berikut :



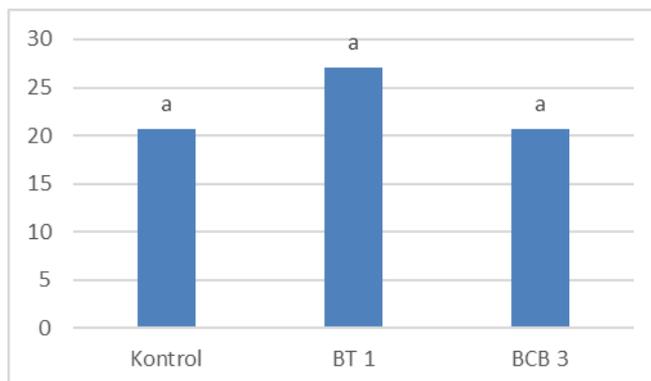
**Gambar 2.** Grafik Data Jumlah Daun Tanaman yang Diberi Perlakuan Bakteri dan Analisis Anova

Hasil analisis ragam jumlah daun tanaman cabai pada perlakuan pemberian bakteri endofit di atas bahwa pada minggu 6 dan 7 berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dengan tanaman kontrol. Menurut Marjenah (2001 dalam Azmin dan Hartati, 2020) tanaman dengan daun yang lebih banyak akan mempunyai pertumbuhan yang lebih cepat. Jumlah daun menjadi penentu utama kecepatan pertumbuhan tanaman. Dengan semakin banyak jumlah daun pada tanaman maka hasil fotosintesis semakin tinggi, sehingga tanaman akan tumbuh dengan baik.

Terlihat pada **Gambar 2**, pengaruh bakteri endofit BT1 dan BCB3 sangat berpengaruh terhadap jumlah daun, walaupun ditunjukkan dengan notasi huruf tidak ada perbedaan nyata, namun Nilai signifikan dari hasil Uji *One Way Anova* yaitu 0,000 menunjukkan perbedaan pada JD1 dengan nilai BT1 dan BCB3 masing-masing 66.66667 dan 70.33333, sedangkan tanaman kontrol bernilai 55.33333. Data selanjutnya menunjukkan hasil yang seragam dengan notasi huruf yang tidak beda nyata namun dapat dilihat secara visual bahwa pengaruh bakteri endofit BT1 dan BCB3 sangat berpengaruh. Stimulasi pertumbuhan: Beberapa bakteri endofit dapat merangsang pertumbuhan tanaman melalui produksi senyawa yang mengaktifkan pertumbuhan, seperti auksin. Auksin adalah hormon tanaman yang terlibat dalam pengaturan pembelahan sel dan pemanjangan sel. Dengan memproduksi auksin, bakteri endofit dapat mempengaruhi perkembangan dan pembentukan daun baru, sehingga berpotensi meningkatkan jumlah daun (Santoyo *et al.*, 2013).

### 3.3. Hasil pengamatan kemunculan batang primer

Data hasil pengamatan tinggi kemunculan batang primer tanaman cabai pada minggu 7 HST disajikan pada tabel lampiran 1. Sedangkan hasil analisis ragam tinggi tanaman berdasarkan data hasil pengamatan pada pada minggu 7 HST atas pengaruh pemberian bakteri endofit BCB3 dan BT1 dihasilkan rata-rata tinggi kemunculan batang primer tanaman yang disajikan pada grafik sebagai berikut:



**Gambar 3.** Grafik Data Tinggi Kemunculan Batang Primer Tanaman yang Diberi Perlakuan Bakteri dan Analisis Anova

Hasil analisis ragam tinggi kemunculan batang primer tanaman cabai pada perlakuan pemberian bakteri endofit di atas, menunjukkan bahwa pada minggu 7 atau 49 hst tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dengan tanaman kontrol yang dilambangkan dengan notasi huruf, namun terlihat bahwa tanaman BCB3 memiliki rata-rata tinggi kemunculan batang primer tanaman yang sama dengan tanaman kontrol. Nilai uji *One Way Anova* menunjukkan nilai yang berbeda yang menyatakan bakteri endofit berpengaruh terhadap tinggi cabang primer tanaman cabai. Bakteri endofit adalah jenis bakteri yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan penyakit. Interaksi antara bakteri endofit dan tanaman dapat memiliki pengaruh pada berbagai aspek pertumbuhan tanaman, termasuk tinggi cabang primer tanaman. Bakteri endofit memiliki kemampuan untuk memproduksi hormon tanaman seperti auksin dan sitokinin. Hormon-hormon ini berperan dalam pengaturan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Auksin dapat merangsang pemanjangan sel dan pembentukan cabang, sementara sitokinin dapat merangsang pembelahan sel dan pembentukan cabang. Dengan memproduksi hormon-hormon ini, bakteri endofit dapat mempengaruhi tinggi cabang primer tanaman (Taiz *et al.*, 2014).

### 3.4. Presentase serangan patogen

Data yang diambil menunjukkan bahwa selama pengamatan dilakukan tanaman baik kontrol maupun perlakuan bakteri tidak terinfeksi patogen layu fusarium. Hal tersebut terjadi karena patogen fusarium tidak masuk kedalam tanaman. Sehingga tanaman cabai baik kontrol maupun sampel tidak terinfeksi. Menurut Singh (2018), faktor-faktor yang dapat menyebabkan tanaman tidak terinfeksi oleh patogen jamur meliputi:

- 1) Ketahanan varietas tanaman: Beberapa varietas tanaman memiliki ketahanan alami terhadap patogen jamur tertentu. Sifat ketahanan ini dapat berasal dari faktor genetik yang memungkinkan tanaman untuk melawan infeksi atau merespons dengan baik terhadap serangan patogen.
- 2) Kondisi lingkungan yang tidak mendukung: Beberapa patogen jamur membutuhkan kondisi lingkungan tertentu untuk berkembang dan menyebabkan infeksi. Jika kondisi lingkungan tidak sesuai dengan kebutuhan patogen, misalnya suhu yang tidak cocok atau kelembaban yang tidak memadai, tanaman dapat terhindar dari infeksi.
- 3) Praktik sanitasi yang baik: Praktik sanitasi yang baik, seperti membersihkan alat pertanian, membuang sisa-sisa tanaman yang terinfeksi, atau mengontrol gulma di sekitar tanaman, dapat membantu mengurangi keberadaan patogen di lingkungan pertumbuhan tanaman. Ini dapat membantu mencegah infeksi jamur.
- 4) Penggunaan perlindungan tanaman: Penggunaan perlindungan tanaman, seperti aplikasi fungisida atau biofungisida yang efektif, dapat membantu mencegah infeksi jamur. Perlindungan ini dapat dilakukan secara preventif sebelum terjadinya infeksi atau dalam respons terhadap adanya infeksi.
- 5) Keseimbangan nutrisi dan perawatan yang baik: Tanaman yang sehat dan kuat memiliki lebih sedikit kemungkinan untuk terinfeksi patogen jamur. Menyediakan nutrisi yang seimbang, pengairan yang tepat, dan perawatan tanaman yang baik secara keseluruhan dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan tanaman terhadap infeksi jamur.

## 4. Kesimpulan

Kesimpulan hasil penelitian potensi bakteri endofit dari tanaman cabai dan batang ketimun menunjukkan bahwa bakteri endofit dengan kode BT1 menunjukkan pengaruh yang lebih baik pada perkembangan tanaman dibandingkan dengan tanaman perlakuan bakteri endofit dengan kode BCB3 dan kontrol. Oleh karena itu, bakteri endofit BT1 dan BCB3 berpengaruh pada pertumbuhan tanaman cabai baik pada saat persemaian maupun pada tahap pindah tanam sampai fase vegetatif tanaman cabai.

## 5. Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada PT Biotek Cipta Kreasi yang sudah berkenan menjadi tempat pelaksanaan penelitian ini. Terimakasih juga kepada Program Studi Bioteknologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta yang telah mendukung jalannya penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Astriani, M., & Murtiyaningsih, H. (2018). Pengukuran indole-3-acetic acid (IAA) pada *Bacillus* sp. dengan penambahan L-Tryptofan. *Bioeduscience*, 2(2), 116-121.
- Azmin, N. N., & Hartati, H. (2020). Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati Daun Kersen Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L). *Oryza: Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(1), 8-14.
- De Silva, D. D., Groenewald, J. Z., Crous, P. W., Ades, P. K., Nasruddin, A., Mongkolporn, O., & Taylor, P. W. (2019). Identification, prevalence and pathogenicity of *Colletotrichum* species causing anthracnose of *Capsicum annuum* in Asia. *IMA fungus*, 10(1), 1-32.
- Dewi, I. M., Cholil, A., & Muhibuddin, A. (2013). Hubungan karakteristik jaringan daun dengan tingkat serangan penyakit blas daun (*Pyricularia oryzae* Cav.) pada beberapa genotipe padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 1(2), 10-18.

- Dixon, G. R., & Sadanandom, A. (Eds.). (2019). *Plant-Pathogen Interactions: Methods and Protocols*. Springer.
- Dwivedi, P., & Kumar, A. (2017). Biofungicides: An ecofriendly approach for sustainable agriculture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5), 275-278.
- Elad, Y., & Pertot, I. (Eds.). (2014). *Ecology of Biocontrol Agents for Integrated Pest Management: Theory and Practice*. John Wiley & Sons.
- Fahdila, S. (2019). *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Pada Akar Cabai (Capsicum annuum L.) Untuk Menghambat Pertumbuhan Jamur (Fusarium sp.)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Hanif, A. & Susanti, R. (2017). Analisis senyawa antifungal bakteri endofit asal tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Agritech*, 1(1), 23-29.
- Hardoim, P. R., van Overbeek, L. S., Berg, G., Pirttilä, A. M., Compant, S., Campisano, A., ... & Sessitsch, A. (2015). The Hidden World within Plants: Ecological and Evolutionary Considerations for Defining Functioning of Microbial Endophytes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 79(3), 293-320.
- Herlina, L., Pukan, K. K., & Mustikaningtyas, D. (2016). Kajian bakteri endofit penghasil IAA (Indole Acetic Acid) untuk pertumbuhan tanaman. *J. Sains dan Teknologi*, 14(1), 51-58.
- Kageyama, K., & Asano, T. (2009). Life cycle of *Plasmodiophora brassicae*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(3), 203-211.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. (1997). *Brock biology of microorganisms* (Vol. 11). Upper Saddle River, NJ: Prentice hall.
- Manuhuttu, A. P., Rehatta, H., & Kailola, J. J. G. (2014). Pengaruh Konsentrasi Pupuk Hayati Bioboost Terhadap Peningkatan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa*. L). *Agrologia*, 3(1), 18-27.
- Melliawati, R., & Purnomo, J. (2018). Aplikasi senyawa aktif bakteri endofit potensial dan pupuk terhadap penyakit layu daun, busuk buah pada tanaman tomat. *J Pertanian Terpadu*, 6(2) : 1-14.
- Nursulistyarini, F., & Ainy, E. Q. (2014). Isolasi dan identifikasi bakteri endofit penghasil antibakteri dari daun tanaman Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis). In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning* (Vol. 11, No. 1, pp. 114-120).
- Nurzannah, S.E., Lisnawita & Bakti,D. (2014). Potensi Jamur Endofit asal cabai sebagai agens hayati untuk mengendalikan layu fusarium (*Fusarium sp.*) pada cabai dan interaksinya. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3), 1230-1238.
- Oktavia, N., & Pujiyanto, S. (2018). Isolasi dan uji antagonisme bakteri endofit tapak dara (*Catharanthus roseus*, L.) terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Berkala Bioteknologi*, 1(1) : 6-12.
- Prasad, R., & Kumar, M. (2021). Biofungicides in Sustainable Agriculture: An Ecofriendly Approach for Disease Management. In *Biopesticides and Bioagents*. Springer, 69-88.
- Prihatini, I., Kuswinanti, T., Widodo, & Sutejo, M. M. (2018). Identification of *Colletotrichum* spp. on chilli pepper using morphological and molecular characterization. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(5), 1937-1945.
- Prusky, D., Freeman, S., & Dickman, M. B. (2019). *Colletotrichum: Host Specificity, Pathology, and Host-Pathogen Interaction*. Springer.
- Prusky, D., Plumbley, R., & Koblir, I. (2013). Understanding Penetration of *Colletotrichum* Species into Host Tissues: Molecular and Genetic Studies. In *Molecular Aspects of Plant-Pathogen Interaction*. Springer, 191-212.
- Resti, Z., Sulyanti, E., & Reflin, R. (2018). Endophytic bacterial consortium as biological control to *Ralstonia solanacearum* and growth promoter for chili plant. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 4(2) : 208-214.
- Santoyo, G., Orozco-Mosqueda, M. d. C., & Govindappa, M. (2013). Mechanisms of Biocontrol and Plant Growth-Promoting Activity in Soil Bacterial Species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: A Review. *Biocontrol Science and Technology*, 22(8), 855-872.
- Sari, N. (2021). Identifikasi dan Uji Patogenisitas *Colletotrichum* spp. dari Cabai Merah (*Capsicum annuum*): Kasus di Kricaan, Magelang, Jawa Tengah.

- Singh, S. (2018). *Plant Pathogens and Principles of Plant Pathology* (2nd ed.). CRC Press.
- Sopialena, M.M.A & Soraya, R.(2020). Influence of biopesticides on growth (*Colletotrichum capsici* Sydow) causes antraknosa in Cayenne Pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Agroteknologi Tropika Lembab*, 2(2), 105-110.
- Suganda, T., & Wulandari, D. Y. (2018). *Curvularia* sp. jamur patogen baru penyebab penyakit bercak daun pada tanaman sawi. *Agrikultura*, 29(3), 119-123.
- Sumampouw, M. (2014). Uji efek antibakteri jamur endofit akar bakau *Rhizophora stylosa* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *eBiomedik*, 2(1).
- Tarigan, A., Jaya, H., & Santoso, I. (2021). Mendiagnosa penyakit tanaman *Brassica rapa* L (sawi pakcoy) menggunakan metode dempster shafer. *J Sistem Informasi Triguna Dharma*, 1(2) : 53-61.
- Wattimury, M., Taribuka, J., & Siregar, A. Penggunaan *Trichoderma* endofitik untuk mengendalikan penyakit busuk buah *Phytophthora infestans*, pertumbuhan dan hasil tanaman tomat. *J AGROLOGIA*, 10(1) : 45-53.