

## **Potensi Beberapa Isolat Bakteri Endofit untuk Biokontrol *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* pada Tanaman Bawang Merah**

### **Potency of Some Endophytic Bacteria Isolates for Biocontrol of *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* on Shallot**

**Wahyuning Dwi Novitasari dan Abdul Munif\***  
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16880

#### **ABSTRAK**

Penyakit busuk pangkal (*Fusarium oxysporum* f.sp *cepae*) merupakan penyakit penting pada tanaman bawang merah yang menyebabkan kehilangan hasil tinggi. Penelitian bertujuan menguji kemampuan beberapa isolat bakteri endofit (APE22, APE35, BAT2-2, dan MER) yang berasal dari tumbuhan pakupakuan, bakau, dan tanaman lada untuk mengendalikan *F. oxysporum* f.sp *cepae* pada bawang merah secara *in vitro* dan *in planta*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua isolat bakteri yang diuji mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp *cepae* secara *in vitro* dengan persentase penghambatan berkisar 37.78%–83.33% bergantung pada isolat yang diuji. Uji *in planta* di rumah kaca menunjukkan bakteri endofit mampu memacu pertumbuhan tanaman bawang merah dan menurunkan insidensi serta keparahan penyakit busuk pangkal. Di antara seluruh bakteri endofit uji, isolat BAT2-2 menunjukkan kemampuan menekan keparahan penyakit paling tinggi dibandingkan dengan isolat lainnya.

Kata kunci: busuk pangkal, insidensi penyakit, keparahan penyakit, pemacu pertumbuhan

#### **ABSTRACT**

Basal root disease (*Fusarium oxysporum* f.sp *cepae*) is an important disease in shallot plants which causes high yield losses. The aim of this study was to evaluate the ability of several endophytic bacterial isolates (APE22, APE35, BAT2-2, and MER) originated from ferns, mangroves, and pepper plants to control *F. oxysporum* f.sp *cepae* on shallots in *in vitro* and *in planta* experiment. The results showed that all bacterial isolates were able to inhibit the growth of *F. oxysporum* f.sp *cepae* in vitro with percent inhibition ranging from 37.78% to 83.33% depending on the isolates tested. In planta experiment conducted in a greenhouse showed that endophytic bacteria were able to stimulate the growth of shallot plants and to reduce the incidence and severity of basal root rot disease. Among all the endophytic bacteria tested, isolate BAT2-2 showed the highest ability to suppress disease severity compared to other endophytic isolates.

Keywords: basal root rot, disease incidence, disease severity, stimulate plant growth

---

\*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.  
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, Surel: munif73@gmail.com.

## PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium ascalonicum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan yang telah lama diusahakan oleh petani secara intensif. Pada periode tahun 1980–2010 rata-rata laju pertumbuhan produksi bawang merah sebesar 7.0% per tahun. Namun, pada rentang waktu 2010–2015, rata-rata laju pertumbuhannya menurun hingga sebesar 3.93% per tahun. Produksi bawang merah tahun 2015 sebesar 1.23 juta ton (Pusdatin 2016). Sampai saat ini, produksi bawang merah belum dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga pemerintah masih melakukan impor bawang merah (Pusdatin 2016).

Penyakit busuk pangkal (*Fusarium oxysporum* f.sp *cepae*) merupakan penyakit penting di beberapa sentra produksi bawang merah. Penyakit ini dilaporkan dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 50% (Wiyatiningsih 2003). Gejala khas moler berupa daun mengering dan meliuk (*twisting*) dimulai dari atas karena umbinya membusuk (Widodo *et al.* 2008). Cendawan *F. oxysporum* f.sp *cepae* tergolong patogen tular tanah. Infeksi pada bagian akar atau batang yang berbatasan dengan permukaan tanah merupakan awal infeksi patogen tular tanah pada tanaman. Hal ini menyebabkan transportasi hara dan air tersumbat sehingga tanaman layu.

Pengelolaan yang telah dilakukan untuk menekan penyakit moler ialah perlakuan tanah sebelum tanam, penggunaan varietas tahan, pergiliran tanaman dengan tanaman bukan inang, penggunaan fungisida, dan penggunaan agens hayati. Penelitian terkait pemanfaatan agens hayati baik dari kelompok cendawan maupun bakteri untuk pengelolaan penyakit tanaman telah berkembang semakin pesat akhir-akhir ini (Santoso *et al.* 2007).

Kelompok bakteri endofit yang berperan sebagai agens pengendali hayati cukup banyak, antara lain dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Burkholderia* (Lodewyckx *et al.* 2002; Munif *et al.* 2020). Bakteri endofit *B. amyloliquifaciens* dilaporkan menjadi agens biokontrol potensial yang paling efektif pada tanaman kentang

dalam kondisi rumah kaca terhadap *Rizoctonia solani* dan *F. oxysporum* dan juga memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan meningkatkan kandungan klorofil, bobot segar biomassa, berat akar, diameter batang, tinggi tanaman, dan hasil panen (del Ángel *et al.* 2017). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi bakteri endofit asal tanaman paku-pakuan, lada dan hutan mangrove sebagai agens pengendali hayati *F. oxysporum* f.sp. *cepae* pada bawang merah.

## BAHAN DAN METODE

Isolat *F. oxysporum* f.sp. *cepae* diisolasi dari bawang merah dari lapangan (Brebes) yang terinfeksi *F. oxysporum*. Isolat yang sudah murni dibiakan pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) dan diinkubasi selama 2 minggu dan selanjutnya digunakan sebagai inokulum dan diinokulasikan pada bawang merah. Isolat bakteri endofit yang digunakan dalam penelitian ini ialah bakteri koleksi Departemen Proteksi Tanaman IPB, yang sudah diseleksi sebelumnya yang diisolasi dari tumbuhan paku-pakuan, bakau dan tanaman lada. Empat isolat bakteri endofit potensial yang diuji dalam penelitian ini ialah APE22, APE35, BAT2-2, dan MER diremajakan pada medium *tryptic soy agar* (TSA) 100%, kemudian diinkubasi selama 24–48 jam pada suhu ruang.

### Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* secara *in vitro*

Uji antagonis bakteri endofit terhadap *F. oxysporum* f.sp *cepae* dilakukan dengan teknik kultur ganda. Bakteri endofit ditumbuhkan pada medium TSA 100% dan diinkubasi selama 48 jam, koloni bakteri endofit yang tumbuh diluruhkan menggunakan 10 mL air steril sampai menjadi suspensi bakteri. Sebanyak 40 µL suspensi bakteri endofit dimasukkan ke dalam sumuran berdiameter 0.5 cm pada medium ADK dengan jarak 3 cm dari pinggiran cawan petri. Kemudian, koloni *F. oxysporum* f.sp *cepae* ( $\Phi$  0.5 cm, umur 2 minggu) diletakkan

pada jarak 3 cm dari sumuran bakteri endofit. Sebagai kontrol, digunakan air steril. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Hambatan pertumbuhan hifa cendawan diamati setiap hari selama tujuh hari. Uji antagonis dinyatakan positif jika terbentuk zona hambat. Zona hambat dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%, \text{ dengan}$$

P, persentase penghambatan oleh bakteri endofit (%); R1, jari-jari koloni cendawan yang tumbuh ke tepi cawan petri (cm); dan R2, jari-jari koloni cendawan yang tumbuh ke arah bakteri endofit (cm).

### Uji Potensi Bakteri Endofit sebagai Pemacu Pertumbuhan

Pengujian ini bertujuan mengetahui potensi bakteri endofit dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah. Pengujian dilakukan pada bibit bawang merah varietas Bima Brebes menggunakan metode perlakuan benih. Umbi bawang merah disterilisasi permukaan menggunakan NaOCl 1% selama 3 menit dan dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali. Selanjutnya umbi bawang merah direndam dalam suspensi bakteri endofit dengan kerapatan populasi  $10^8$ – $10^{10}$  cfu mL<sup>-1</sup> selama 30 menit dan dikeringanginkan selama 12 jam. Umbi bawang merah ditanam pada medium tanam tanah dan pupuk kandang (2:1) dalam pot plastik berukuran 30 cm × 30 cm. Setiap pot ditanam 2 umbi dan setiap perlakuan terdiri atas 10 ulangan. Setelah tanaman berumur 2 MST, tanaman dicabut dan diamati peubah pertumbuhannya. Peubah pertumbuhan yang diamati berupa panjang akar, panjang tajuk, jumlah daun, jumlah anakan, bobot basah, dan bobot kering.

### Uji Kemampuan Bakteri Endofit dalam Menghambat Insidensi dan Keparahan Penyakit Busuk Pangkal di Rumah Kaca

Penyiapan suspensi bakteri endofit dan tanaman uji dilakukan sesuai dengan metode yang dikemukakan sebelumnya. Cendawan *F. oxysporum* f.sp *cepae* berumur 2 minggu dicampurkan dalam 100 mL air steril dan disaring menggunakan kertas saring. Sebanyak

10 mL suspensi cendawan patogen dengan kerapatan  $10^7$  propagul mL<sup>-1</sup> diinokulasikan pada tanah di sekitar perakaran tanaman uji umur 2 minggu setelah tanam (MST). Perlakuan bakteri endofit diberikan kembali pada 2 MST dan 4 MST dengan menyiramkan 10 mL suspensi bakteri endofit. Setiap perlakuan bakteri endofit diulang sebanyak 10 kali.

Peubah yang diamati ialah insidensi dan keparahan penyakit. Insidensi penyakit (IP) busuk pangkal diamati dan dihitung setiap minggu sampai 4 minggu setelah inokulasi (MSI) menggunakan rumus:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

IP, insidensi penyakit; n, jumlah tanaman bergejala; dan N, jumlah tanaman yang diamati. Keparahan penyakit (KP) dihitung pada 4 MSI dengan rumus:

$$KP = \frac{\sum_{i=0}^i (n_i \times v_i)}{N \times V} \times 100\%, \text{ dengan}$$

KP, keparahan penyakit; N, jumlah tanaman yang diamati; n<sub>i</sub>, jumlah tanaman sakit pada skor i; Z, skor tertinggi; v<sub>i</sub>, tanaman dengan skor i. Skoring penyakit busuk pangkal merujuk pada Tabel 1.

### Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan ialah rancangan acak lengkap (RAL). Data ditabulasikan dengan *Microsoft Office Excel* 2010 dan dianalisis secara statistika dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). Data kemudian diuji lanjut menggunakan uji Duncan pada  $\alpha$  5% pada program SAS 9.1.

## HASIL

### Daya Hambat Bakteri Endofit terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae*

Semua isolat bakteri endofit dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp *cepae* pada medium ADK hingga 83.33% (Tabel 2). Semua isolat bakteri menunjukkan kemampuan penghambatan yang berbeda nyata dengan kontrol. Kemampuan penghambatan tampak dari zona bening yang terbentuk antara koloni bakteri endofit dengan cendawan patogen.

Isolat BAT2-2 menunjukkan kemampuan penghambatan yang lebih baik dibandingkan dengan isolat lainnya dengan penghambatan sebesar 83.33% (Gambar 1).

**Pengaruh Bakteri Endofit terhadap Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah**

Tanaman bawang merah yang diberi bakteri endofit menunjukkan peningkatan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol. Hampir semua peubah pertumbuhan yang diamati menunjukkan nilai yang lebih baik dan berbeda nyata dengan kontrol, kecuali jumlah daun dan anakan. Isolat MER menunjukkan pengaruh yang paling baik dalam meningkatkan panjang tajuk, jumlah daun, jumlah anakan, dan bobot basah. Tanaman yang diberi isolat APE35 memiliki panjang akar yang paling baik, sedangkan isolat BAT2-2 menunjukkan kemampuan terbaiknya dalam meningkatkan bobot kering (Tabel 3 dan Gambar 2).

**Pengaruh Bakteri Endofit terhadap Insidensi dan Keparahan Penyakit Busuk Pangkal di Rumah Kaca**

Insidensi penyakit mulai teramati pada 1 MSI, namun pengaruh bakteri endofit yang

diberikan belum tampak berbeda nyata dengan kontrol. Pada 4 MSI, isolat APE22, APE35, BAT2-2, dan MER mampu menurunkan insidensi penyakit busuk pangkal secara nyata dibandingkan dengan kontrol. Penekanan terhadap perkembangan penyakit yang lebih baik ditunjukkan oleh isolat BAT2-2. Isolat BAT2-2 mampu menekan penyakit busuk pangkal sejak pengamatan awal hingga pengamatan terakhir dan menurunkan keparahan penyakit busuk pangkal sebesar 27% (Tabel 4).

**PEMBAHASAN**

Bakteri endofit asal tumbuhan paku, mangrove, dan lada memiliki potensi untuk menghambat patogen *F. oxysporum* f.sp *cepae* secara *in vitro*. Isolat bakteri menghasilkan zona hambat yang mengindikasikan bahwa ada senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan dan dapat berperan dalam menekan pertumbuhan koloni cendawan patogen.

Mekanisme penghambatan oleh bakteri endofit dapat terjadi karena adanya produksi senyawa antibiotik atau kompetisi ruang dan nutrisi antara bakteri endofit dengan patogen. Bakteri endofit yang menunjukkan

Tabel 1 Skoring penyakit busuk pangkal umbi

Skor	Gejala Penyakit
1	Tidak ada gejala
2	Akar membusuk sampai 10%
3	Akar membusuk sampai 10%–30% dengan bagian <i>basal plate</i> (bagian dasar bawang) membusuk 10%
4	Akar membusuk total dengan <i>basal plate</i> membusuk 10%–30%
5	Akar membusuk total dengan <i>basal plate</i> membusuk > 30%

Tabel 2 Daya hambat isolat bakteri endofit terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* pada medium ADK 100%

Kode Isolat	Daya Hambat (%)
APE22	62.22 b
APE35	82.22 a
BAT2-2	83.33 a
MER	73.33 ab
Kontrol	0.00 c

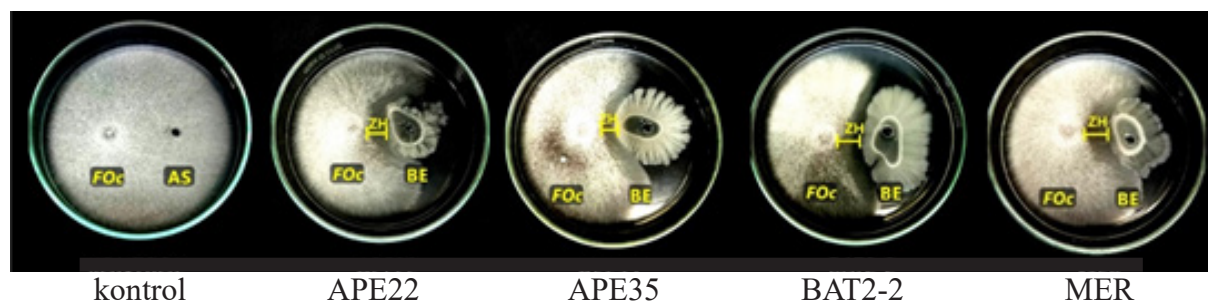
Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada  $\alpha$  5%.

kemampuan antagonis memiliki senyawa yang mampu mengganggu pertumbuhan cendawan patogen. Mekanisme antagonis berkaitan dengan kemampuan bakteri endofit dalam menghasilkan enzim seperti kitinase, protease, selulase maupun senyawa metabolit sekunder lainnya yang berperan dalam menginduksi ketahanan tanaman (Hallmann *et al.* 1997). Enzim kitinase mampu mendegradasi kitin yang merupakan komponen utama penyusun dinding sel cendawan *R. solani*, *F. oxysporum*, dan *Sclerotium rolfsii*, sedangkan enzim selulosa mampu mengurai selulosa pada dinding sel cendawan *Phytophthora capsici* (Raaijmaker *et al.* 2008). Enzim protease yang dihasilkan bakteri endofit digunakan untuk mendegradasi dinding sel patogen dan digunakan untuk melakukan penetrasi secara aktif ke dalam jaringan tanaman.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit dapat meningkatkan tinggi tanaman, panjang akar, jumlah daun, dan bobot basah tanaman bawang merah. Hal ini menunjukkan potensi bakteri endofit sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Menurut

Munif *et al.* (2012), salah satu kelebihan bakteri endofit ialah memacu pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan berbagai zat pengatur tumbuh dan hormon yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena menyediakan nutrisi seperti nitrogen, fosfat dan mineral lain serta dapat memproduksi hormon pertumbuhan seperti etilen, auksin, dan sitokinin (Hallmann *et al.* 1997). *Plant growth promoting bacteria* (PGPB) dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman dengan memfasilitasi penyerapan sumberdaya dari lingkungan seperti nitrogen, fosfor, dan besi, atau menyediakan dan mengatur berbagai hormon tanaman termasuk auksin, sitokinin, atau etilen (Santoyo *et al.* 2016).

Compants *et al.* (2005) menyatakan bahwa penggunaan bakteri endofit sebagai agens hayati, terutama yang memiliki kelebihan sebagai pemacu pertumbuhan lebih baik daripada penggunaan mikroorganisme yang hidup bebas. Keterikatan endofit dengan inangnya memberikan keuntungan lebih bagi endofit dibandingkan dengan agens hayati

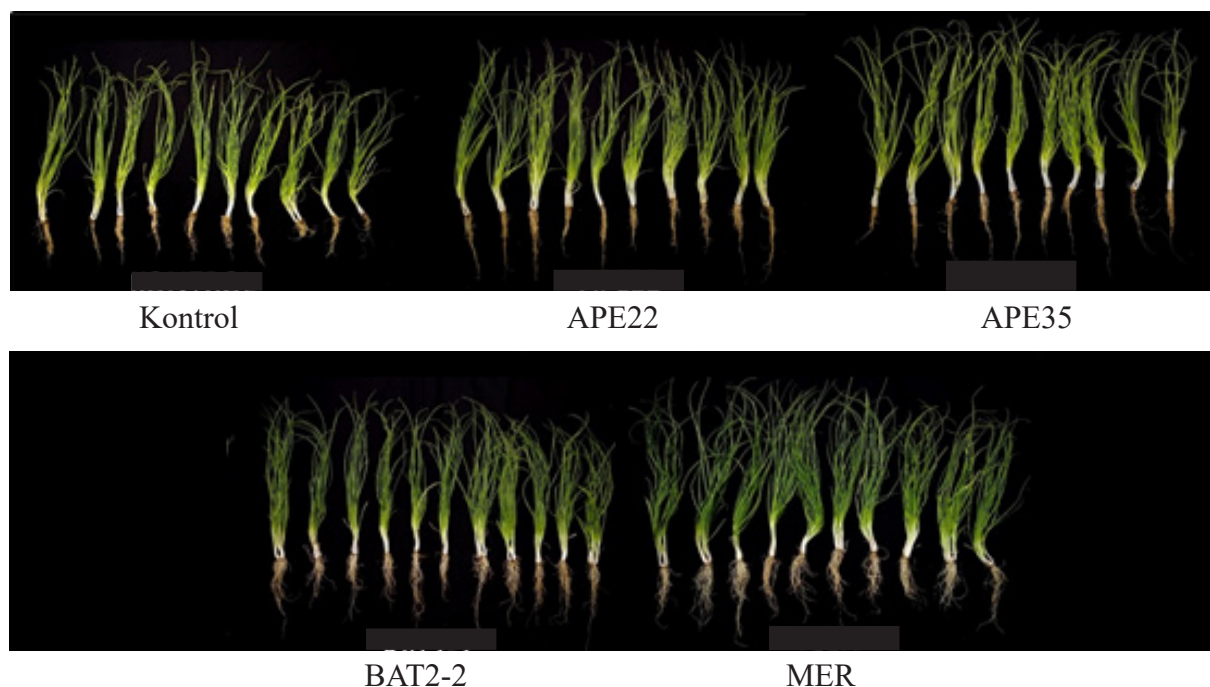


Gambar 1 Kemampuan daya hambat isolat bakteri endofit terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* pada medium ADK. FOc, *F. oxysporum* f.sp *cepae*; BE, Bakteri endofit; AS, akuades steril; dan ZH, zona hambat yang dihasilkan oleh bakteri endofit.

Tabel 3 Potensi isolat bakteri endofit terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah

Perlakuan	Panjang tajuk (cm)	Panjang akar (cm)	Jumlah daun (helai)	Jumlah anakan (anakan)	Bobot basah (g)	Bobot kering (g)
APE22	38.17 a	16.94 ab	20.93 a	5.38 ab	11.49 b	2.72 b
APE35	37.95 a	15.39 b	20.25 a	5.48 a	11.26 b	2.59 b
BAT2-2	36.96 a	18.48 a	19.95 a	5.20 a	12.72 ab	3.02 a
MER	38.60 a	17.17 ab	21.25 a	5.58 a	14.16 a	2.94 ab
Kontrol	36.46 d	12.05 c	17.08 a	4.95 a	9.61 c	2.08 c

Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada  $\alpha$  5%.



Gambar 2 Pertumbuhan tanaman bawang merah pada 2 minggu setelah tanam dengan perlakuan bakteri endofit.

Tabel 4 Potensi bakteri endofit dalam menekan perkembangan penyakit busuk pangkal bawang merah

Perlakuan	Insidensi penyakit (%) pada (MSI) <sup>a</sup>				Keparahan penyakit (%) <sup>a</sup>
	1	2	3	4	
APE22	10 a	40 ab	50 ab	60 ab	32 ab
APE35	5 a	15 b	40 b	45 b	31 b
BAT2-2	5 a	10 b	25 b	35 b	27 b
MER	10 a	40 ab	50 ab	55 b	31 b
Kontrol	25 a	75 a	90 a	100 a	42 a

<sup>a</sup>Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada  $\alpha$  5%.

lainnya, karena bakteri tidak harus bersaing dalam ekosistem yang baru dan kompleks. Bakteri endofit mampu meningkatkan ketahanan tanaman melalui beberapa mekanisme, yaitu secara langsung sebagai agens antagonis atau mengeluarkan senyawa tertentu yang dapat menghambat patogen; menginduksi sistem ketahanan tanaman; dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman lingkungan biotik (Hallmann 2001). Bakteri endofit dapat mencegah atau menekan patogen termasuk bakteri, cendawan, dan nematoda dengan beberapa cara, yaitu produksi antibiotik, enzim penghancur dinding sel, menurunkan kadar etilen tanaman, menginduksi resitensi sistemik, mengurangi jumlah zat besi yang

tersedia untuk patogen, dan sintesis senyawa volatil yang menghambat patogen (Santoyo *et al.* 2016). Munif *et al.* (2012) melaporkan bahwa bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman tomat dapat berfungsi sebagai agens hayati penyakit yang disebabkan oleh cendawan seperti *R. solani*, *F. oxysporum* sub. sp. *radicis-lycopersici*, dan *F. oxysporum* sub sp. *lycopersici*. Bakteri endofit juga dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman kanola dan tomat, serta sebagai agens antagonis patogen tular tanah seperti *Verticillium dahliae* dan *F. oxysporum* f.sp *lycopersici* pada tomat (Nejad dan Johnson 2000).

Gejala penyakit busuk pangkal umbi akibat infeksi *F. oxysporum* f.sp *cepae* ialah

berupa daun yang layu, meliuk, pangkal umbi yang membusuk, dan tanaman mati. Gejala penyakit mulai terlihat pada lima hari setelah inokulasi patogen. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rengwalska dan Simon (1986) yang menyatakan bahwa gejala penyakit busuk pangkal umbi berupa tanaman layu, daun berwarna kuning, rebah, kemudian mati, dan busuk pada umbi. Berdasarkan hasil pengamatan, perlakuan bakteri endofit dapat menurunkan insidensi dan keparahan penyakit busuk pangkal umbi bawang merah. Penekanan penyakit moler pada bawang merah juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma harzianum*, dan *T. koningii* (Santoso *et al.* 2007).

Penelitian ini memberikan informasi baru bahwa isolat bakteri endofit asal tumbuhan paku (APE22 dan AP35), mangrove (BAT2-2), dan tanaman lada (MER) mampu berperan sebagai agens biokontrol dengan menekan pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp *cepae* secara *in vitro*. Aplikasi bakteri endofit tersebut juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah, dapat menurunkan insidensi serta keparahan penyakit busuk pangkal umbi bawang merah secara *in vivo*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah RAB, Tlili SM, Nefzi A, Khiareddine HJ, Remadi MD. 2016. Biocontrol of fusarium wilt and growth promotion of tomato plants using endophytic bacteria isolated from *Nicotiana glauca* organs. *Biol Control*. 97:80–88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.03.005>.
- Bacon CW, Hinton DM. 2006. Bacterial endophytes: The endophytic niche, its occupants, and its utility. Di dalam: Gnanamanickam SS, Gnanamanickam, editor. *Plant Associated Bacteria*. Dordrecht (NL): Springer. hlm 155–194. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4538-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4538-7_5).
- Compants BD, Nowak J, Clement, Barka EA. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Appl Env Microbiol*. 71:4951–4959. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959.2005>.
- del Ángel EC, Hernández FD, Fuentes YMO, Morales GG, Reyes FC, Tucuch FM. 2017. Endophytic bacteria controlling *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani* in *Solanum tuberosum*. *Eur J Phys Agric Sci*. 5(1):29–39.
- Fokhema NJ, Bond JH, Fribourg HA. 1952. *Methods For Studying Soil Microflora Plant Disease Relationship*. Minneapolis (US): Burgess Publ Co.
- Hallmann J. 2001. Plant interaction with endophytic bacteria. Di dalam: Jeger MJ, Spence NJ, editor. *Biotic Interaction in Plant Pathogen Associations*. New York (US): CAB International. hlm 171. DOI: <https://doi.org/10.1079/9780851995120.0087>.
- Hallmann J, Quadt-Hallmann A, Mahaffee WF, Kloepper JW. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can J Microbiol*. 43:895–914. DOI: <https://doi.org/10.1139/m97-131>.
- Hong CE, Park JM. 2016. Endophytic bacteria as biocontrol agents against plant pathogens: current state-of-the-art. *Plant Biotech Reports*. 10(6):353–357. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11816-016-0423-6>.
- Kuz'niar A, Włodarczyk K, Wolin'ska A. 2019. Agricultural and other biotechnological applications resulting from trophic plant-endophyte interactions. *Agronomy*. 9(12):2–22. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120779>.
- Lodewyckx C, Vangronsveld J, Porteous F, Moore ER, Taghavi S, Mezgeay M, der Lelie DV. 2002. Endophytic bacteria and their potential applications. *Crit Rev Plant Sci*. 21:583–606. DOI: <https://doi.org/10.1080/0735-260291044377>.
- Munif A, Hallmann J, Sikora RA. 2012. Isolation of endophytic bacteria from tomato and their biocontrol activities against fungal disease. *Microbiology*. 6(4): 148–156. DOI: <https://doi.org/10.5454/mi.6.4.2>.
- Munif A, Wiyono S, Suwarno. 2012. Isolasi bakteri endofit asal padi gogo dan potensinya sebagai agens biokontrol dan

- pemacu pertumbuhan. *J Fitopatol Indones.* 8(3):57–64. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.8.3.57>.
- Nejad P, Johnson PA. 2000. Endophytic bacteria induce growth promotion and wilt disease suppression in oilseed rape and tomato. *Biol Control.* 18:208–215. DOI: <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0837>.
- [Pusdatin] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2015. *Outlook Bawang Merah*. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Raaijmakers JM, Paulitz TC, Steinberg C, Moenne-Loccoz Y. 2008. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant Soil.* 321(1-2):341–361. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9568-6>.
- Rengwalska MM, Simon PW. 1986. Laboratory evaluation on pink rot and *Fusarium* basal rot resistance in garlic. *Plant Dis.* 70:670–672. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-70-670>.
- Santoso SE, Soesanto L, Haryanto TAD. 2007. Penekanan hayati penyakit moler pada bawang merah dengan *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, dan *Pseudomonas fluorescens* P60. *J HPT Trop.* 7(1):53–61. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.1753-61>.
- Santoyo G, Hagelsieb GM, Mosqueda MdCO, Glick BR. 2016. Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiol Res.* 183:92–99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.008>.
- Widodo, N Kondo, K Kobayashi, A Ogoshi. 2008. Vegetative compatibility groups within *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* in Hokkaido Japan. *Microbiol Indones.* 21(1):39–43. DOI: <https://doi.org/10.5454/mi.2.1.8>.
- Wiyatiningsih S. 2003. Kajian asosiasi *Phytophthora* sp. dan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* penyebab penyakit moler pada bawang merah. *Mapeta.* 5:1–6.