



Karakterisasi biokimia bakteri endofit akar terung sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan pengendali penyakit layu bakteri *in planta*

Biochemistry characterization of endophytic bacteria from eggplant root and their potential to control bacterial wilt in planta

Larasati Puspita Saridewi^{1*}, Nur Prihatiningsih², dan Heru Adi Djatmiko²

Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah

INFORMASI ARTIKEL

*Korespondensi:

Larasati Puspita Saridewi
laras.puspita12@gmail.com

Informasi proses:

Received: 12 Desember 2019
Accepted: 3 Januari 2020
Published: 6 Januari 2020

Cara sitasi:

Saridewi LP, Prihatiningsih N, Djatmiko HA. 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

DOI:

10.19184/jptt.v1i1.15579

ABSTRACT

An important disease in eggplant is bacterial wilting caused by *Ralstonia solanacearum*. The aim of this research is to characterize the biochemical endophytic bacteria isolated from eggplant root (BEAT) and as an agent for promoting plant growth and controlling bacterial wilt disease in planta. This research was conducted at the Plant Protection Laboratory and screen house of the Faculty of Agriculture, Jenderal Soedirman University, Purwokerto. This research was conducted descriptively to test the biochemical character of BEAT and used a Complete Randomized Block Design (RCBD) in the in planta test with 4 treatments, 6 replications and 3 plants each treatment, so that 72 plants were tested. The treatment consisted of control (without endophytic bacteria) and 3 BEAT isolates. The results showed that the endophytic bacterium AKC isolate had the ability as a bacterium to promote plant growth by producing IAA phytohormones, phosphate solvents, enzymes producing proteases, cellulase, amylase, chitinase, and HCN, as well as increasing the root volume and fresh weight of plants respectively by 40, 42% and 31%, suppressing the disease intensity by 33.33% and able to suppress bacterial wilting the best on the AUDPC value that is 47.32% -day.

Keywords: *Endophytic bacteria; eggplant root; bacterial wilt; Ralstonia solanacearum*

1. Pendahuluan

Tanaman terung (*Solanum melongena* L.) termasuk tanaman sayuran famili *Solanaceae*. Menurut Setiawati et al. (2007), tanaman terung sesuai ditanam di dataran rendah hingga dataran tinggi dengan pH tanah 5-6. Tanaman terung merupakan tanaman semak atau perdu dengan tinggi berkisar antara 60-240 cm. Suhu yang tepat untuk tanaman terung berkisar

antara 22 – 30°C dengan sedikit perbedaan antara suhu siang hari dan malam hari.

Peningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya mengkonsumsi makanan sehat salah satunya adalah terung, setiap 100 g terung mengandung 26 kalori, 1 g protein 0,2 g hidrat arang, 25 IU vitamin A, 0,06 g vitamin B, serta 5 g vitamin C (Sunarjono et al. 2003). Konsumsi terung per tahun mengalami penurunan pada tahun 2017 dan 2018 sebesar 0,157 dan 0,043. Produksi terung di Indonesia mengalami peningkatan pada tahun 2014 sebesar

11.407 ton. Akan tetapi, produksi terung mengalami penurunan hingga tahun 2016 dan kembali meningkat pada tahun 2017 sebesar 25.694 ton (BPS Jawa Tengah 2017). Produksi terung yang berfluktuasi setiap tahun salah satunya dipengaruhi oleh serangan hama dan patogen.

Salah satu penyakit penting pada tanaman terung adalah layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*. Hayward (1991) menyatakan bahwa *R. solanacearum* merupakan patogen tular tanah penting yang menyebabkan layu bakteri. Jangkauan inang dari patogen ini sangat luas yaitu lebih dari 200 spesies tanaman dari 50 famili (Hayward 2000). Serangan *R. solanacearum* dapat menyebabkan tanaman layu hingga kematian tanaman, sehingga menyebabkan kerugian hasil mencapai 50-100% (Prihatiningsih and Djatmiko 2015).

Menurut Ramesh and Phadke (2012), perbedaan strain pada *R. solanacearum* mengakibatkan pengelolaan layu bakteri pada terung dan tanaman lainnya menjadi sulit. Selain itu juga disebabkan oleh kemampuan *R. solanacearum* untuk bertahan pada kondisi tanah yang buruk, inang yang bervariasi dan mekanisme menyerang inang yang efisien. Pengendalian yang dilakukan terhadap *R. solanacearum* biasanya menggunakan bakterisida sintetik, akan tetapi penggunaan yang berlebih dalam jangka waktu panjang dapat menyebabkan patogen menjadi resisten. Oleh karena itu perlu adanya pengendalian penyakit yang ramah lingkungan (Dewi et al. 2014). Ramesh et al. (2009), menyatakan koloni bakteri endofit memiliki kedudukan yang sesuai dengan patogen tanaman, terutama patogen layu pembuluh vaskular, yang mungkin dapat digunakan sebagai kandidat potensial sebagai agens hayati. Bakteri endofit hidup dalam jaringan tanaman dan tidak menyebabkan kerusakan substansial, tidak mendapatkan keuntungan ataupun menimbulkan gejala penyakit pada tanaman, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai agens pengendali penyakit layu bakteri (Reinhold-Hurek and Hurek 2011).

Kemampuan bakteri endofit sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan agens biokontrol terhadap penyakit layu bakteri dilaporkan Achari and Ramesh (2014), bakteri endofit bersifat antagonis terhadap *R. solanacearum* berdasarkan uji antagonis *in vitro*. Bakteri endofit tersebut mampu menghasilkan senyawa volatil dan senyawa penghambat, yaitu, HCN, amonium dan acetoin, serta siderofor. Penelitian ini bertujuan untuk mengarakter bakteri endofit akar terung (BEAT) secara biokimia dan sebagai agens pemacu pertumbuhan tanaman serta pengendali penyakit layu bakteri *in planta*.

2. Metode penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman dan *screen house* Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Kabupaten Banyumas. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Mei 2018 sampai dengan Maret 2019.

Karakterisasi BEAT sebagai Plant Growth Promoting Endophytic bacteria (PGPE).

Uji penghasil Indole Acetic Acid (IAA). Strain antagonis diuji kemampuannya menghasilkan fitohormon IAA secara kualitatif menggunakan reagen Salkowski (150 mL H₂SO₄; 250 mL akuades; 7,5 mL FeCl₃.6H₂O) (Wahyudi et al. 2009). Isolat bakteri goreskan pada medium NA yang mengandung triptofan 100 mg L⁻¹ untuk selanjutnya diuji dengan cara ditetesi reagen Salkowski. Hasil positif ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi merah muda pada isolat setelah diinkubasi di tempat gelap selama 30 menit.

Uji pelarut fosfat. Strain antagonis diuji sebagai pelarut fosfat. Semua strain diinokulasi pada medium Pikovskaya. Diinkubasi pada suhu 28°C selama 48 jam. Zona bening di sekitar pertumbuhan koloni bakteri menunjukkan sebagai pelarut fosfat (Achari and Ramesh 2014).

Uji penghasil protease. Pengujian aktivitas proteolitik secara kualitatif dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri endofit pada cawan petri yang berisi medium *skim milk agar* (SMA), lalu diinkubasi selama 48 jam. Isolat yang mampu menghasilkan enzim protease mampu menghasilkan zona bening (Dewi et al. 2016).

Uji penghasil selulase. Isolat bakteri yang berupa supernatan diinokulasi pada medium *carboxy methyl cellulase* (CMC) menggunakan metode *paper disk* dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Pengujian aktivitas selulolitik dilakukan dengan metode *Congo Red*. Larutan *Congo red* (0,1% w/v) dituang pada kultur dan dibiarkan selama 15 menit. Larutan dibuang dan dibilas menggunakan NaCl 0,2 M selama 15 menit sebanyak tiga kali. Kemudian diinkubasi pada suhu 4°C selama 48 jam. Zona bening yang terbentuk diamati (Murthy and Hazmi 2017).

Uji penghasil amilase. Pengujian aktivitas amilolitik secara kualitatif dilakukan dengan cara menumbuhkan isolat bakteri endofit pada permukaan medium *yeast peptone starch soluble* (YPSs). Bakteri yang berumur 3 hari ditumbuhkan pada medium YPSs, kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 2 hari. Bakteri yang mampu menghasilkan enzim amilase terlihat dengan adanya zona bening di sekitar koloni setelah dituang larutan iodine (Soeka 2010).

Uji penghasil kitinase. Bakteri endofit penghasil kitinase ditumbuhkan pada medium yang mengandung kitin dengan metode *paper disk*. Isolat bakteri kitinolitik dapat ditandai keberadaannya dengan mendegradasi medium agar kitin yang ditandai dengan adanya zona bening di sekitar koloni (Herdyastuti et al. 2009).

Uji penghasil senyawa sianida. Bakteri endofit dan bakteri rizosfer diinokulasi pada medium King's B cair yang mengandung 4,4 g/L glisin (Achari and Rames 2014), selanjutnya kertas saring dipotong berbentuk persegi 1x1 cm dan dijenuhkan ke dalam larutan *cyanide detection solution* (CDS) yang mengandung 2 g asam pikrat dan 8 g natrium karbonat dalam 200 mL air steril (Pradana et al. 2016). Selanjutnya digojog dengan kecepatan 140 rpm selama 4 hari pada suhu ruang. Perubahan warna kertas saring dari kuning menjadi jingga kecokelatan diamati (Achari and Rames 2014).

Uji in planta

Pengujian *in planta* yang dilakukan di *screenhouse* Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Jumlah perlakuan yang diujikan sebanyak 4 dan 6 kali ulangan dengan 3 tanaman di setiap perlakuan, sehingga diperoleh 72 tanaman. Perlakuan yang diteliti adalah: Kontrol: tanpa formulasi bakteri endofit, AKa: isolat bakteri endofit akar a dalam formulasi ekstrak singkong, AKb: isolat bakteri endofit akar b dalam formulasi ekstrak singkong, AKc: isolat bakteri endofit akar c dalam formulasi ekstrak singkong.

Penyiapan medium tanam. Medium tanam yang digunakan adalah tanaman yang dicampur dengan pupuk kandang dengan perbandingan 1 : 1. Tanah yang telah dicampur merata dimasukkan ke dalam polybag dengan ukuran 40x40 cm. polybag yang sudah terisi tanah kemudian diletakkan pada lahan sesuai dengan denah rancangan yang telah dibuat.

Pembuatan dan aplikasi formulasi. Pembuatan formulasi dilakukan dengan mengambil 1 ose isolat bakteri dicampurkan ke dalam 100 mL NB lalu di gojog dengan *Orbital Shaker* KBLee 3001 dengan kecepatan 150 rpm pada suhu kamar. 10 mL larutan NB yang berisi bakteri endofit dimasukkan ke dalam formula dengan komposisi singkong (200 g) + terasi (4 g) + glukosa (5 g) + air steril 1000 mL. campuran didiamkan selama 3 hari. Perlakuan aplikasi bakteri endofit dilakukan sebanyak 5 kali dengan periode setiap 7 hari sekali selama 6 minggu. Masing-masing perlakuan sebanyak 100 mL untuk aplikasi.

Inokulasi *R. solanacearum*. *R. solanacearum* diinokulasi dengan kerapatan populasi 10^8 cfu/mL, dengan cara sebanyak 80 mL suspensi bakteri disiramkan pada tanah dalam pot percobaan dan pada batang dengan cara disuntikkan pada saat tanaman

berumur 14 hst (Rahmawanto et al. 2015). Pengamatan dilakukan setiap minggu selama 7 minggu.

Variabel Pengamatan

Intensitas penyakit. Intensitas penyakit diamati tiap minggu sampai fase vegetatif, dihitung dengan rumus (Rahardjo and Suhardi 2008):

$$IP = \frac{a}{b} \times 100\%$$

dengan IP= Intensitas penyakit; a=jumlah tanaman layu; b= jumlah tanaman yang diamati.

Laju Infeksi. Perhitungan laju infeksi menggunakan rumus yang dikemukakan oleh van der Plank (1963) sebagai berikut:

$$X_t = X_0 \cdot e^{rt}$$

Dengan X_t = proporsi penyakit pada waktu t ; X_0 = proporsi penyakit pada awal pengamatan; e = konstanta logaritma (2,718); r = laju infeksi/laju perkembangan penyakit; t = waktu; Nilai r dihitung berdasarkan kriteria penyakit layu bakteri termasuk simple interest disease (SID), maka:

$$r = \frac{2,3}{t} \left(\log \frac{1}{1 - X_t} - \log \frac{1}{X_0} \right)$$

Nilai AUDPC. *Area under the disease pathogen curve* (AUDPC) dihitung dengan rumus (Jeger and Viljanen-Rollinson 2001):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Keterangan : Y_i = kejadian atau keparahan penyakit pada waktu ke- i ; Y_{i+1} = kejadian atau keparahan pada waktu ke- $(i+1)$; t_i = waktu pengamatan ke- i ; t_{i+1} = waktu pengamatan ke- $(i+1)$; n = jumlah pengamatan

Komponen pertumbuhan meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun, diamati tiap 7 hari sekali selama 5 kali. Volume akar, bobot segar tanaman, bobot segar akar, panjang akar, bobot kering tanaman, bobot kering akar saat pengamatan terakhir.

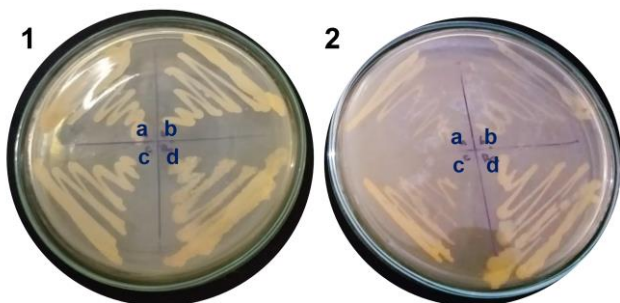
Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistika dengan menggunakan analisis ragam ANOVA untuk mengetahui pengaruh perlakuan, maka dilakukan uji BNT pada taraf 5%. Strain antagonis diuji kemampuannya menghasilkan fitohormon IAA secara kualitatif menggunakan reagen Salkowski (150 mL H_2SO_4 ; 250 mL akuades; 7,5 mL $FeCl_3 \cdot 6H_2O$) (Wahyudi et al. 2009). Isolat bakteri goreskan pada medium NA yang mengandung triptofan 100 mg L^{-1} untuk selanjutnya diuji dengan cara ditetesi reagen Salkowski. Hasil positif ditunjukkan dengan perubahan

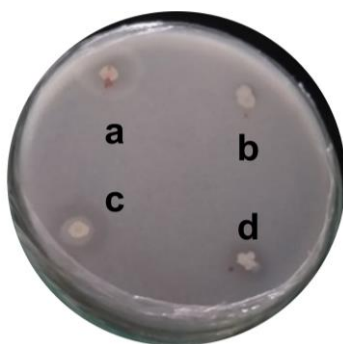
warna menjadi merah muda pada isolat setelah diinkubasi di tempat gelap selama 30 menit.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil uji bakteri endofit penghasil fitohormon IAA (Gambar 1) menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna menjadi merah muda setelah ditetesi reagen Salkowski. Isolat bakteri yang mengalami perubahan warna menjadi merah muda menunjukkan bahwa isolat bakteri mampu menghasilkan fitohormon IAA. Kovacs (2009) menyatakan bahwa isolat yang mampu menghasilkan IAA secara kualitatif akan berwarna merah muda karena adanya interaksi antara IAA dan Fe yang membentuk senyawa kompleks $[Fe_2(OH)_2(IA)_4]$, IA merupakan *indole-3-acetate*. Interaksi tersebut terjadi pada suasana asam. Reaksi yang terbentuk merupakan reaksi kompleks dan reaksi redoks. Warna merah muda yang dihasilkan oleh bakteri semakin tinggi.



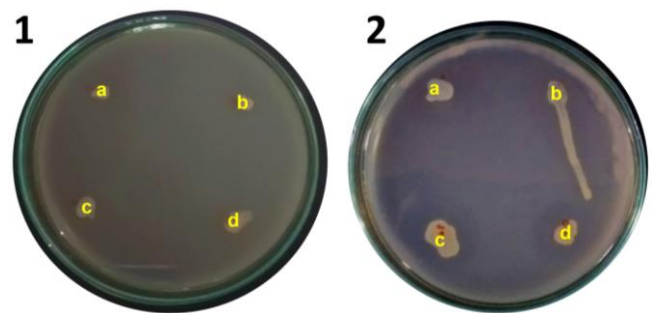
Gambar 1. Uji penghasil IAA bakteri endofit, (1) isolat bakteri endofit pada medium NA, (2) isolat bakteri endofit pada medium NA mengandung triptofan dan ditetesi reagen salkowski, (a) isolat bakteri AKA, (b) isolat bakteri AKb, (c) isolat bakteri AKc, (d) isolat bakteri rizosfer.



Gambar 2. Uji pelarut fosfat, (a) isolat bakteri endofit AKA, (b) isolat bakteri endofit AKb, (c) isolat bakteri endofit AKc, (d) isolat bakteri rizosfer.

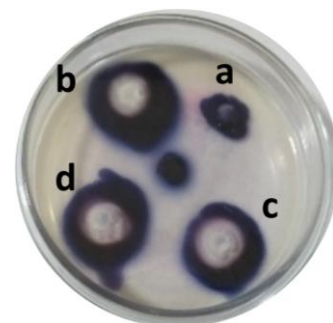
Aktivitas proteolitik bakteri endofit pada medium agar yang mengandung susu skim diperlihatkan dengan adanya zona bening di sekitar koloni bakteri. Ketiga isolat bakteri endofit AKA, AKb, dan AKc menunjukkan bahwa ketiganya mampu menghasilkan

zona bening pada medium SMA (Gambar 3). Zona bening menunjukkan bahwa protein dalam susu skim telah terdegradasi oleh protease yang dihasilkan oleh bakteri endofit.



Gambar 3. Uji penghasil enzim protease, (1) pengamatan hari pertama, (2) pengamatan hari ke-3, (a) isolat bakteri endofit AKA, (b) isolat bakteri endofit AKb, (c) isolat bakteri endofit AKc, (d) isolat bakteri rizosfer.

Hasil uji menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit mampu menghasilkan zona bening pada medium pikovskaya yang berwarna keruh (Gambar 2). Zona bening di sekeliling koloni mengindikasikan bahwa isolat mampu melarutkan fosfat kompleks. Terbentuknya zona bening pada agar terjadi akibat adanya pelarutan suspensi trikalsium fosfat ($Ca_3[PO_4]_2$) (Alam et al. 2002). Mekanisme pelarutan fosfat bakteri endofit dikaitkan dengan kemampuannya dalam menghasilkan asam organik. Asam organik diketahui mampu menurunkan pH dan menyebabkan pelarutan fosfat (Islam et al. 2007).



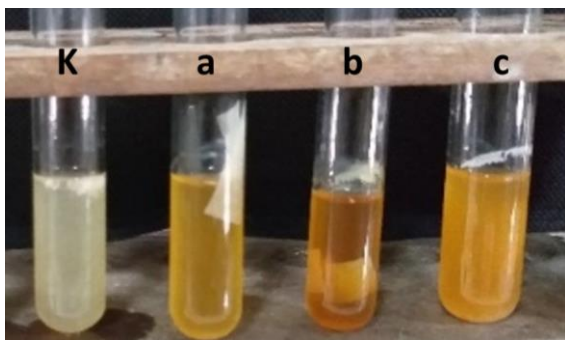
Gambar 4. Uji penghasil enzim amilase, (a) isolat bakteri endofit AKA, (b) isolat bakteri endofit AKb, (c) isolat bakteri endofit AKc, (d) isolat bakteri rizosfer.

Aktivitas selulolitik bakteri endofit penghasil selulase ditandai dengan perubahan warna pada medium CMC yang ditetesi 1% congo red dan dicuci menggunakan NaCl 1%. Isolat AKA hanya mampu menghasilkan zona bening yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan isolat AKb dan AKc. Zona bening di sekitar bakteri menandakan bahwa bakteri mampu menghasilkan selulase yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi lebih sederhana yaitu glukosa (Baharuddin et al. 2010).

Aktivitas amilolitik bakteri endofit penghasil enzim amylase ditandai dengan adanya zona bening di sekitar bakteri pada medium selektif YPS yang ditetesi dengan iodine. Berdasarkan hasil uji penghasil amylase bakteri AKa tidak menunjukkan adanya zona bening yang terbentuk, sehingga dapat disimpulkan bahwa bakteri tersebut tidak mampu menghasilkan enzim amilase (Gambar 4).

Isolat AKb dan AKc memiliki aktivitas amilolitik yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni yang telah ditetesi larutan iodine. Hal ini sejalan dengan pernyataan Soeka et al. (2015), zona bening yang terbentuk karena aktivitas enzim α -amilase yang menghidrolisis pati terlarut, sehingga larutan pati di sekitar koloni bakteri terkonversi menjadi amilosa dan tidak bereaksi dengan larutan iodine.

Aktivitas bakteri kitinolitik ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri pada medium selektif kitin. Hasil uji menunjukkan ketiga isolat mampu menghasilkan enzim kitinase yang ditandai dengan adanya zona bening di sekitar koloni bakteri. Hal ini sejalan dengan penelitian Suryadi et al. (2013) yang menyatakan zona bening terbentuk akibat enzim kitinase dikeluarkan dari sel bakteri untuk memecah makromolekul kitin menjadi molekul kitin yang lebih kecil. Gohel et al. (2006) menjelaskan bahwa aktivitas kitin secara kualitatif ditentukan oleh adanya zona bening di sekitar koloni bakteri yang tumbuh pada medium agar kitin.



Gambar 5. Uji penghasil HCN, (k) kontrol (tidak menghasilkan HCN), (a) isolat BEAT AKa penghasil HCN, (b) isolat BEAT AKb, (c) isolat BEAT AKc penghasil HCN.

Hasil uji menunjukkan ketiga isolat bakteri endofit mampu menghasilkan senyawa sianida yang ditunjukkan dengan perubahan warna medium King's

B cair yang mengandung pepton dan glisin menjadi kuning kecoklatan hingga coklat setelah pemberian larutan CDS pada kertas saring. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Laili and Agustiyani (2016) yang menyatakan bahwa terdapat 7 bakteri yang menunjukkan kemampuannya dalam menghasilkan senyawa HCN, dengan perubahan warna pada kertas saring dari kuning menjadi coklat gelap (Gambar 5)

Peningkatan jumlah massa mikroba akan menyebabkan meningkatnya kandungan protein pada produk fermentasi. *Bacillus sp.* termasuk jenis bakteri saprofit yang mampu bertahan dan berkembang pada sisa-sisa bahan organik seperti limbah air singkong (Tabel 1). Singkong mengandung energi 146 kalori, 1,2 g protein, 0,3 g lemak, 34,7 g karbohidrat, 33 mg kalsium, 40 mg fosfor, 0,7 mg zat besi, 0,006 mg vitamin B1, 30 mg vitamin C, dan 62,5 g air (Darjanto dan Murdjati 1980).

Tabel 1. Populasi koloni bakteri endofit pada medium NB dan formulasi ekstrak singkong

Isolat	Kepadatan koloni pada Medium NB (cfu/ml)	Kepadatan koloni pada formulasi ekstrak singkong (cfu/ml)
AKa	600×10 ⁸	90×10 ⁹
AKb	40×10 ⁸	0,13×10 ⁹
AKc	70×10 ⁸	140×10 ⁹

Hasil pengamatan (Tabel 2.) pada perlakuan bakteri endofit AK a-c mampu menunda terjadinya penyakit layu yang disebabkan oleh patogen *R. solanacearum* pada tanaman terung, hanya 2 hari. Masa inkubasi ini dipengaruhi oleh faktor di antaranya tanaman inang, lingkungan, dan patogen. Konsentrasi dan virulensi bakteri patogen, serta ketahanan tanaman berperan dalam menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan bakteri untuk menimbulkan gejala (Hersanti 2009).

Berdasarkan hasil analisis statistik (Tabel 2.) antara perlakuan bakteri endofit berbeda nyata dengan kontrol. Perlakuan AKc mampu menekan intensitas penyakit terbesar yaitu 53,84%. Aplikasi bakteri endofit memiliki potensi dapat menekan perkembangan penyakit, hal ini ditunjukkan adanya perbedaan secara nyata pada analisis statistika. Perlakuan AKc termasuk dalam genus *Bacillus sp.* Hal ini sejalan dengan penelitian Prihatiningsih et al. (2015), *B. subtilis* tipe alami mampu memberikan efektifitas penekanan penyakit sampai dengan 64%. Isolat AKc menunjukkan

Tabel 2. Masa inkubasi, intensitas penyakit, dan laju infeksi penyakit layu bakteri terung

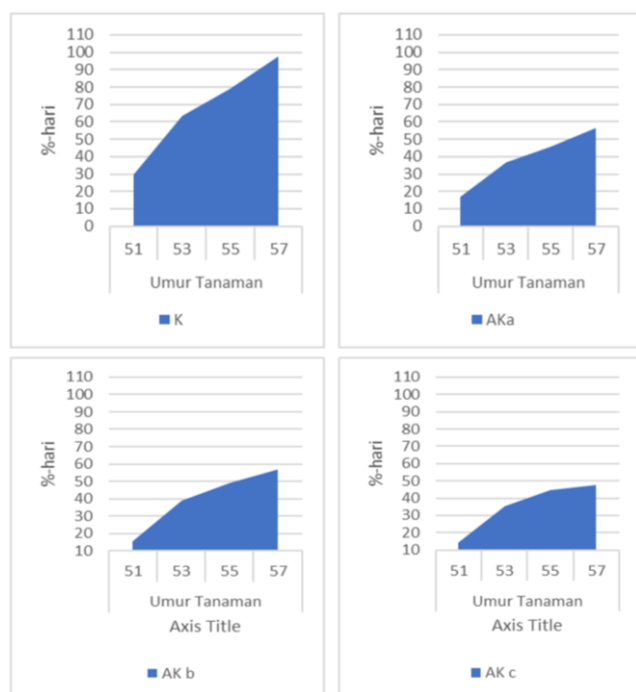
Perlakuan	Masa Inkubasi (hsi)*	Intensitas Penyakit (%)	Penekanan Penyakit (%)	Laju Infeksi (r) (unit/hari)*	AUDPC (%-hari)
Kontrol	16	72.22b	0	0,097	270
AKa	18	38.88a	46	0,046	155,5
AKb	18	44.44a	38,5	0,047	160
AKc	18	33.33a	53,84	0,035	142,2

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan pengaruh tidak berbeda nyata pada uji BNT dengan taraf kesalahan 5%. Keterangan (*): data tidak dianalisis.

efikasi yang konsisten baik pada in vitro maupun in planta.

Berdasarkan Tabel 2. perlakuan kontrol memberikan laju infeksi tertinggi yaitu 0,097 unit/hari sedangkan laju infeksi terendah yaitu pada perlakuan AKc sebesar 0,035 unit/hari. Hal ini sesuai dengan Bustaman (2006) yang menyatakan bahwa laju infeksi penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *R. solanacearum* pada tanaman jahe dapat diturunkan oleh *Bacillus* sp., sehingga penyakit k layu bakteri tidak mengalami peningkatan.

Berdasarkan grafik nilai Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) pada Gambar 6. tanaman terung yang diberikan perlakuan bakteri endofit memiliki nilai rendah dibandingkan dengan kontrol. Nilai AUDPC paling tinggi pada perlakuan kontrol (K), nilainya sebesar 270%-hari, sedangkan nilai AUDPC terendah pada perlakuan AKc nilainya sebesar 142,2%-hari. Berdasarkan data tersebut perlakuan AKc merupakan bakteri endofit c yang mampu menekan penyakit layu bakteri paling baik yaitu 47,32%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nuryani et al. (2011) bahwa semakin rendah nilai AUDPC, maka perlakuan yang diberikan semakin efektif dalam mengendalikan patogen.



Gambar 6. AUDPC penyakit yang disebabkan oleh *R. solanacearum* pada tanaman terung.

Kemampuan bakteri endofit dalam menekan penyakit layu bakteri yang ditunjukkan dengan rendahnya nilai AUDPC dikarenakan kemampuan bakteri dalam menghasilkan senyawa metabolit sekunder salah satunya berupa HCN. Wandita et al. (2018) menyatakan bahwa adanya HCN pada jaringan tanaman yang diproduksi oleh bakteri endofit berperan sebagai biokontrol lingkungan yang berasal dari tanaman terhadap serangan gulma, penyakit atau nematoda.

Hasil analisis statistika, tinggi tanaman menunjukkan tidak berbeda nyata antara perlakuan isolat bakteri endofit AKa, AKb, AKc dengan kontrol (Tabel 3). Hal ini diduga karena rendahnya konsentrasi L-triptofan dalam tanah yang dapat digunakan oleh bakteri endofit untuk membentuk auksin. Menurut Astuti (2008), adanya penambahan precursor L-triptofan umumnya dapat menghasilkan konsentrasi IAA lebih tinggi. L-triptofan adalah asam amino aromatik yang mempunyai cincin *Indole* yang terikat pada gugus metilen dan terdapat tambahan atom nitrogen pada rantai samping. Hasil analisis statistika jumlah daun tidak berbeda nyata antara perlakuan bakteri endofit AKa, AKb, dan AKc dengan kontrol. Hal ini dapat terjadi karena bakteri endofit yang berada pada jaringan floem dengan kondisi kecukupan hara dalam pembentukan organ daun (Stoltfus et al. 1997). Sesuai dengan hal tersebut Ikhwan et al. (2016) menyatakan macam pemberian bakteri tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun.

Hasil analisis statistika aplikasi bakteri endofit AKa, AKb, AKc tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang akar hasil terpanjang pada perlakuan AKc sebesar 35,02 cm. Hal tersebut diduga karena pengaruh dari volume medium tanam memungkinkan terbatasnya unsur hara yang dapat terserap oleh akar tanaman dan ruang gerak dari tanaman. Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa aplikasi bakteri endofit AKa, AKb, AKc memberikan pengaruh terhadap volume akar tanaman terung. Volume akar paling besar 40,42% ditunjukkan oleh tanaman dengan aplikasi bakteri endofit AKc. Menurut Brimecombe et al. (2001), kolonisasi akar oleh bakteri terdiri atas empat tahap, yaitu: pergerakan bakteri menuju permukaan akar tanaman secara aktif (induksi

Tabel 3. Tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, volume akar, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, bobot segar akar, bobot kering akar.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Panjang Akar (cm)	Volume Akar (mL)	Bobot Segar Tanaman (g)	Bobot Kering Tanaman (g)	Bobot segar Akar (g)	Bobot Kering Akar (g)
Kontrol	25,77a	14,38ab	29,47a	9,27a	9,77a	4,59ab	4,62b	2,51bc
AKa	28,11a	13,61ab	31,16a	15,00a	11,20a	4,26a	4,65b	2,32ab
AKb	28,91a	12,77a	29,47a	13,89a	10,50a	3,90a	3,55a	2,13a
AKc	30,22a	16,77b	35,02a	25,89b	14,20b	5,37b	5,33b	2,85c

Keterangan: angka diikuti huruf pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada BNT dengan taraf kesalahan 5%

spesifik terhadap aktifitas flagella secara kemotaksis), penempelan pada akar, pelekatan (menempel lebih kuat) dan induksi ekspresi gen.

Hasil analisis statistika pengaruh perlakuan terhadap bobot segar tanaman menunjukkan hasil perlakuan AKa, AKb, AKc berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Akan tetapi tidak berbeda nyata antar-perlakuan bakteri endofit. Perlakuan AKc mampu meningkatkan bobot segar tanaman sebesar 31%. Hal ini diduga karena adanya peranan bakteri endofit dalam melarutkan fosfat. Menurut Herman and Pranowo (2013) bakteri pelarut fosfat berperan dalam menyediakan unsur hara P untuk diserap akar. Hasil analisis statistika menunjukkan bobot segar akar tidak berbeda antara perlakuan dengan kontrol. Pertumbuhan bobot basah tanaman ini berkaitan erat dengan panjang akar. Menurut Gardner et al. (1991) bobot basah akar mengacu pada fungsi utama akar sebagai organ vegetatif utama yang memasok air, mineral dan bahan penting untuk pertumbuhan tanaman.

Hasil analisis statistika terhadap bobot kering tanaman dan akar menunjukkan hasil perlakuan AKa, AKb, AKc tidak berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini sesuai dengan penelitian Tinendung et al. (2014) bahwa pemberian formulasi *Bacillus* sp. berpengaruh tidak nyata pada bobot kering tanaman padi.

Bakteri endofit isolat AKc memiliki kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan fitohormon IAA, pelarut fosfat, penghasil enzim protease, selulase, amilase, kitinase, dan HCN. Bakteri endofit meningkatkan volume akar dan bobot segar tanaman masing-masing sebesar 40,42% dan 31%, penekanan intensitas penyakit layu bakteri sebesar 33,33% dan nilai AUDPC yaitu 47,32%-hari. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui secara kuantitatif IAA, pelarut fosfat, enzim, dan HCN yang dihasilkan serta mengetahui jenis bakteri endofit ke tingkat spesies dan konsentrasi formulasi yang tepat digunakan untuk aplikasi bakteri endofit.

4. Pernyataan tidak ada konflik kepentingan

Semua penulis artikel ini menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait penelitian dan hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achari GA, Ramesh R. 2014. Diversity, biocontrol, and plant growth promoting abilities of xylem residing bacteria from solanaceous crops. *International Journal Microbiology*. 2014: 296521. <https://doi.org/10.1155/2014/296521>.
- Alam S, Ayub N, Rashid M. 2002. *In vitro* solubilisation of inorganic phosphate by phosphate solubilizing microorganism (PSM) from *Maize* rhizosphere. *International Journal of Agriculture and Biology*. 4 (4): 454-458.
- Astuti RP. 2008. Rizobakteria *Bacillus* sp. Asal Tanah Rizosfer Kedelai yang Berpotensi sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Indonesia*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, Jakarta.
- Baharuddin AS, Razak MNA, Hock LS, Ahmad MN, Abd-Aziz S, Rahman NAA, Shah UKM, Hassan MA, Sakai K, Shirai Y. 2010. Isolation and characterization of thermophilic cellulase-producing bacteria from empty fruit bunches-palm oil mill effluent compost. *American Journal of Applied Sciences*. 7 (1): 56-62.
- Brimecombe MJ, Leij FA, de Lynch JM. 2001. The effect of root exudates on rhizosphere microbial populations. In: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P. Editors. *The Rhizosphere: Biochemistry and organic substances at the soil-plant interface*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Bustamam H. 2006. Seleksi mikroba rizosfer antagonis terhadap bakteri *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman jahe di lahan tertindas. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 8 (1):12-18.
- Darjanto, Murdjati. 1980. *Khasiat, Racun dan Masakan Ketela Pohon*. Yayasan Dewi Sri. Bogor
- Dewi MK, Ratnasari E, Trimulyono G. 2014. Aktivitas antibakteri ekstrak daun majapahit (*Crescentia cujete*) terhadap pertumbuhan bakteri *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu. *Lentera Bio*. 3 (1): 51-57.
- Dewi TK, Suryanggono J, Agustiyani D. 2016. Isolasi dan uji aktivitas bakteri penghasil hormon tumbuh IAA (*Indole-3-Acetic Acid*) dan bakteri perombak protein dari tanah pertanian tual, Maluku Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 2 (2): 271-276. doi: 10.13057/psnmbi/m020226.
- Gardner, Franklin P, dkk. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya Fisiologi Tanaman Budidaya*. Universitas Indonesia. UI Press. Jakarta.
- Gohel V, Singh A, Vimal M, Ashwini P, and Chhatpar HS. 2006. Bioprospecting and antifungal potential of chitinolytic microorganism. *African Journal Biotechnol*. 5(2):54-72.
- Hayward AC. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annu Rev Phytopathol* 29: 65-87.
- Hayward A.C. 2000. *Ralstonia solanacearum*. In: Lederberg, J. (Ed.), 2000. *Encyclopedia of Microbiology*, vol. 4. Academic Press. San Diego.
- Herdyastuti N, Raharjo TJ, Mudasir, Matsjeh S. 2009. Kitinase dan mikroorganisme kitinolitik: isolasi, karakterisasi, dan manfaatnya. *Indonesian Journal of Chemistry*. 9 (1): 37-47.
- Herman M, Pranowo D. 2013. Pengaruh mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan serapan hara P benih kakao (*Theobroma cacao* L.). *Buletin RISTRI*. 4 (2): 129-138.
- Hersanti, Rupendi RT, Purnama A, Hanudin, Marwoto, Gunawan OS. 2009. Penapisan beberapa isolat *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, dan *Trichoderma harzianum* yang bersifat antagonistic terhadap *Ralstonia solanacearum* pada tanaman kentang. *Jurnal Agrikultura*. 20 (3): 198-203.
- Ikhwan A, Sufianto, Detalia. 2016. Uji potensi berbagai formula bakteri endofitik sebagai pupuk hayati tiga varietas padi (*Oriza sativa*) lahan kering. *Prosiding Seminar Nasional dan Gelar Produk (SeNasPro 2016)*, Universitas Muhammadiyah Malang, 17-18 Oktober 2016. [Malang].
- Jeger M, Viljanen-Rollinson S. 2001. The use of area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative

- disease resistance in crop cultivars. *Theory Application Genetic*. 102: 32-40.
- Kovacs K. 2009. Applications of Mossbauer Spectroscopy in Plant Physiology. Dissertation. ELTE Chemistry Doctoral School. ELTE Institute of Chemistry. Budapest.
- Laili N, Agustiyani D. 2016. Karakterisasi dan uji aktivitas biokontrol bakteri endofit dari Lombok terhadap kapang patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Prosiding Seminar Nasional II Tahun 2016, Kerjasama Prodi Pendidikan Biologi FKIP dengan Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan (PSLK) Universitas Muhammadiyah Malang, 26 Maret 2016. [Indonesia]
- Murtiyaningsih H, Hazmi M. 2017. Isolasi dan uji aktivitas enzim selulase pada bakteri selulolitik asal tanah sampah. *Agritrop*. 15 (2): 293-308.
- Nuryani W, Yusuf ES, Djatnika I, Hanudin, Marwoto B. 2011. Pengendalian penyakit layu *Fusarium* pada Subang Gladiol dengan pengasapan dan biopestisida. *Jurnal Hortikultura*. 21 (1): 40-50.
- Pradana AP, Munif A, Supramana. 2016. Bakteri endofit asal perbagai akar tanaman sebagai agens pengendali nematoda puru akar *Meloidogyne incognita* pada terung. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 12 (3): 75-82.
- Prihatiningsih N, Djatmiko HA. 2015. Karakter *Bacillus subtilis* B315 sebagai antibakteri *Ralstonia solanacearum* dan antijamur *Colletotrichum* sp. Prosiding Seminar Nasional PFI Komda Joglosemar. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 20 September 2014. [Indonesia]
- Prihatiningsih N, Arwiyanto T, Hadisutrisno B, Widada J. 2015. Mekanisme antibiosis *Bacillus subtilis* B315 untuk pengendalian penyakit layu bakteri kentang. *Jurnal HPT Tropika*. 15 (1): 64-71.
- Rahardjo IB, Suhardi. 2008. Insidensi dan intensitas serangan penyakit karat putih pada beberapa klon Krisan. *Jurnal Hortikultura*. 18 (3): 312-318.
- Rahmawanto DG, Anton M, Luqman QA. 2015. Pengaruh faktor antibiotik kimia tanah terhadap supressifitas tanah dalam mengendalikan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman toman (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Jurnal HPT*. 3 (2):1-8.
- Ramesh R, Phadke GS. 2012. Rhizosphere and endophytic bacteria for the suppression of eggplant wilt caused by *Ralstonia solanacearum*. *Crop Protection*. 37: 35-41.
- Reinhold-Hurek B, Hurek T. 2011. Living inside plants: bacterial endophytes. *Curr Opin Plant Biol* 14: 435-443.
- Setiawati W, Rini M, Gina AS, Tri H. 2007. Budidaya Tanaman Sayuran. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jawa Barat
- Soeka YS. 2010. Optimasi dan karakterisasi α -amilase dari isolat aktinomisetes yang berasal dari Kalimantan Timur. *Berita Biologi*. 10 (3): 361-367.
- Soeka YS, Rahmansyah M, Sulistiani. 2015. Optimasi enzim α -amilase dari *Bacillus amyloliquefaciens* O₁ yang diinduksikan substrat dedak padi dan karboksimetilselulosa. *Jurnal Biologi Indonesia*. 11 (2): 259-266.
- Stoltfus JR, So R. Malarvithi PP, Ladha JK, de Brujn FJ. 1997. Isolation of endophytic bacteria from rice and assessment of their potential for supplying rice biologically fixed nitrogen. *Plant Soil*. 194: 25-36.
- Sunarjono HA, Soetasad A, Muryanti S. 2003. *Budidaya Terung Lokal dan Terung Jepang*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Suryadi Y. 2013. Efektivitas *Pseudomonas fluorescens* terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman kacang tanah. *Jurnal HPT Tropika*. 9 (2): 174-180.
- Tinendung R, Puspita F, Yoseva S. 2014. Uji formulasi *Bacillus* sp. sebagai pemacu pertumbuhan tanaman padi sawah (*Oriza sativa*). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*. 1(2): 1-15.
- Ulfiyanti N, Zulaika E. 2015. Isolat *Bacillus* pelarut fosfat dari Kalimas Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4 (1): 1-3.
- Van der Plank JE. 1963. *Plant Disease: Epidemics and Control*. Academic Press. New York.
- Wandita RH, Pujiyanto S, Supriyadi A, Hastuti RD. 2018. Isolasi dan karakterisasi bakteri endofit pelarut fosfat dan pehasil *hydrogen cyanide* (HCN) dari tanaman bawang merah (*Allium cepa* L.). *Bioma*. 20 (1): 9-16.
- Wahyudi AT, Panjaitan M, Rachmania N. 2009. Konstruksi mutan *Pseudomonas* sp. untuk meningkatkan produksi *indole acetic acid* (IAA) melalui mutagenesis dan transposon. *Biosfera*. 26 (3): 100-107.