



EKSPLORASI DAN UJI VIRULENSI BAKTERI *Bacillus* sp. ENDOFIT JAGUNG TERHADAP PENYAKIT BUSUK PELEPAH JAGUNG

Arum Saputri¹, Loekas Soesanto^{1*}, Endang Mugiastuti¹, Abu Umayah², Agus Sarjito¹

¹ Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

² Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

* Corresponding Author: lukassusanto26@gmail.com

ABSTRACT

[EXPLORATION AND VIRULENCE TEST OF MAIZE ENDOPHYTE *Bacillus* sp. AGAINST MAIZE SHEATH BLIGHT]. Capability of endophytic bacterial, effectivity, and its effect on *Rhizoctonia solani*. and on maize seedlings growth were investigated from April 2018 to January 2019. Exploration of endophytes bacteria in maize was taken from Banyumas Regency (Sumbang, Kembaran, Baturraden) and Purbalingga Regency (Padamara, Bojongsari, Pratin). Taking plant samples using Purposive Random Sampling and Diagonal Sampling methods. Completely randomized design was used in in vitro test with 16 treatments repeated twice. Completely randomized block design was used in in planta experiment with 5 treatments repeated 5 times. The treatment consisted of control, fungicide (mankoze), and 2 isolates of endophytes bacteria performing the best in vitro result. Variables observed included characteristics of endophytic bacteria and pathogenic fungi, inhibition diameter, incubation period, disease intensity, incidence of disease, AUDPC, plant height, leaf number, root length, plant fresh weight, canopy fresh weight, and root fresh weight. Result showed that the exploration obtained 15 endophytic *Bacillus* sp. isolates. The PD A.4 and BK A.1 isolates were able to inhibit the growth of pathogenic fungi in-vitro by 56.93 and 51.5%, respectively. The soaking treatment using BK A1 was able to reduce disease intensity by 59.377%, and AUDPC value 34.19%. Endophytic bacteria influence plant height, plant fresh weight, canopy fresh weight, and fresh weight of roots respectively as 89.17 cm, 126.06 g, 106.67 g and 19.4 g.

Keyword: *Bacillus* sp., endophytic bacteria, maize, *Rhizoctonia solani*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan, keefektifan dan pengaruh bakteri antagonis *Bacillus* sp. endofit tanaman jagung terhadap patogen *Rhizoctonia solani*. dan terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Penelitian dilaksanakan dari April 2018 sampai Januari 2019. Eksplorasi dilakukan di Kabupaten Banyumas (Sumbang, Kembaran, Baturraden) dan di Kabupaten Purbalingga (Padamara, Bojongsari, Pratin). Pengambilan sampel tanaman menggunakan metode *Purposive Random Sampling* dan *Diagonal Sampling*. Uji virulensi menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 5 perlakuan dan diulang 5 kali. Perlakuan terdiri atas kontrol, fungisida (mankoseb), dan 2 isolat bakteri endofit dengan aplikasi perendaman benih. Variabel yang diamati meliputi karakteristik bakteri endofit dan jamur patogen, diameter penghambatan, masa inkubasi, tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, bobot segar tanaman, bobot segar tajuk, bobot segar akar, intensitas penyakit, kejadian penyakit dan AUDPC. Hasil eksplorasi diperoleh 15 isolat bakteri *Bacillus* sp. endofit jagung. Bakteri endofit PD A.4 dan BK A.1 mampu menghambat pertumbuhan jamur *R. solani* in-vitro masing masing sebesar 56,93% dan 51,5%. Perendaman menggunakan bakteri antagonis endofit BK A1 mampu menekan intensitas penyakit sebesar 59,377%, dan nilai AUDPC 34,19%. Bakteri endofit berpengaruh terhadap tinggi tanaman, bobot segar tanaman, bobot segar tajuk, dan bobot segar akar secara berturut 89,17 cm, 126,06 g, 106,67 g dan 19,4 g.

Kata kunci: *Bacillus* sp. endofit, *R. solani*, jagung

PENDAHULUAN

Jagung merupakan komoditas pangan kedua setelah padi, yang mempunyai peranan strategis dalam pembangunan pertanian dan perekonomian di Indonesia. Selain sebagai bahan makanan pokok, jagung juga digunakan sebagai bahan olahan minyak goreng, tepung maizena, etanol, asam organik, dan industri pakan ternak (Bantacut *et al.*, 2015). Kebutuhan jagung nasional belum sepenuhnya dipenuhi dari produksi jagung nasional. Produktivitas komoditas jagung pada tahun 2015 mencapai 5,918 ton/ha (BPS, 2016). Hal tersebut dikarenakan pola panen jagung mencapai puncaknya hanya pada Bulan Februari, Maret dan April, sedangkan pada bulan lainnya cenderung konstan (Kementerian Pertanian, 2016).

Masa pertumbuhan tanaman jagung tidak lepas dari gangguan organisme pengganggu, termasuk penyakit. Penyakit merupakan faktor pembatas produksi pada tanaman jagung, salah satu penyakit penting pada tanaman jagung adalah penyakit hawar pelepah daun yang disebabkan oleh jamur *Rhizoctonia solani* Kuhn. (Alexopoulos *et al.*, 1996).

Jamur *R. solani* Kuhn. merupakan jamur patogen tular-tanah yang menghasilkan struktur tahan dan yang lambat menunjukkan gejala. Penyakit busuk pelepah dapat menurunkan bobot tongkol sebesar 17,2% dan menurunkan bobot biji sebesar 23% (Soenartiningasih *et al.*, 2006).

Usaha yang telah dilakukan dalam pengendalian patogen ini di antaranya penggunaan varietas tahan (Király *et al.*, 2007; Andersen *et al.*, 2018), pensterilan medium tanam atau solarisasi tanah (Lee *et al.*, 2016), pembenaman bahan organik (Noble, 2011; Lahre *et al.*, 2012), dan penggunaan fungisida (Rozy *et al.*, 2004). Cara tersebut belum memperoleh hasil optimum, sedangkan penggunaan fungisida dapat menimbulkan dampak negatif (Brittain *et al.*, 2011; Keswani *et al.*, 2019), sehingga diperlukan alternatif pengendalian lain yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan agensia hayati baik endofit maupun ektofit (Lahre *et al.*, 2012; Buisson *et al.*, 2019).

Salah satu agensia hayati yang digunakan adalah bakteri *Bacillus* sp. endofit tanaman jagung. Bakteri endofit adalah bakteri yang terdapat dalam jaringan tanaman, dan dapat diisolasi dan diekstraksi pada medium tumbuh (Hardoim *et al.*, 2015). Bakteri endofit dapat hidup di dalam jaringan akar, batang, daun, dan buah tanaman, dan umumnya mengkoloni bagian antar sel dari jaringan tanaman inang, sistem pembuluh, serta dapat ditranslokasikan secara sistemik ke seluruh bagian tanaman (Simarmata *et al.*, 2007). Keunggulan endofit selain mengatasi pathogen biotik dan abiotik dengan mengubah ketahanan tanaman, juga mendukung pertumbuhan tanaman (Pappas *et al.*, 2018). *Bacillus* sp. dipilih karena lebih tersebar luas di alam dibandingkan genus lainnya (Sorokulova, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan, keefektifan dan

pengaruh bakteri antagonis *Bacillus* sp. endofit tanaman jagung terhadap patogen *R. solani*. dan terhadap pertumbuhan tanaman jagung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2018 sampai dengan Januari 2019 dan berlokasi di Laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman dan di Rumah Kaca, Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman.

Eksplorasi patogen dan bakteri antagonis

Jamur patogen yang digunakan berasal dari eksplorasi di lahan pertanaman jagung di Kelurahan Arcawinangun dengan mengambil sampel tanaman sakit yang memiliki gejala busuk pelepah, dengan ditandai adanya sklerotium pada bagian tanaman. Bakteri endofit dieksplorasi dari Kabupaten Banyumas (Sumbang, Kembaran, Baturraden) dan Kabupaten Purbalingga (Padamara, Bojongsari, Pratin), yang masing-masing mewakili dataran tinggi dan rendah. Pengambilan sampel menggunakan metode *Purposive Random Sampling* (Taherdoost, 2016). Sampel tanaman jagung diambil secara diagonal dari lahan jagung hibrida. Selanjutnya batang dan akar tanaman jagung dipisah dan diambil sebagai bahan isolasi. Hal ini karena bakteri *Bacillus* sp. endofit umumnya banyak ditemukan di bagian itu. Bagian tanaman kemudian dimasukkan kantung kertas, diberi label, dan dibawa ke laboratorium untuk proses selanjutnya (Zhao *et al.*, 2015).

Pengkarakteran bakteri endofit

Bakteri endofit *Bacillus* sp. diisolasi dari dalam tanaman jagung (endofit), Bakteri endofit hasil eksplorasi dikarakterisasi morfologinya berdasarkan bentuk koloni, warna koloni, bentuk permukaan, dan bentuk sel (Sousa *et al.*, 2013), pewarnaan gram (Beveridge, 2001), katalase (Whittenbury, 1964), dan endospora (Oktari *et al.*, 2017).

Pengkarakteran jamur patogen

Jamur patogen hasil eksplorasi dikarakterisasi morfologinya berdasarkan warna koloni, bentuk permukaan, hifa, bentuk sklerotium, dan warna sklerotium. Identifikasi menggunakan buku kunci identifikasi Domsch *et al.* (1980) dan Watanabe (2002). Selanjutnya, jamur patogen yang ditemukan dilakukan uji Postulat Koch (Byrd & Segre, 2016).

Pemurnian bakteri endofit dan jamur patogen

Bakteri endofit *Bacillus* sp. yang ditemukan kemudian dimurnikan dalam medium NA dan diinkubasi

pada suhu kamar selama 48 jam (Hasanain, 2017). Jamur *R. solani* dimurnikan dalam PDA dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu kamar (Sharma *et al.*, 2013).

Uji *in-vitro*

Bakteri hasil eksplorasi diuji daya hambatnya terhadap patogen jamur *R. solani*. Perlakuan yang digunakan yaitu B₀ = Kontrol, BK A₁ = *Bacillus* sp. Banyumas Kembaran Akar 1, BK A₂ = *Bacillus* sp. Banyumas Kembaran Akar 2, BK B₃

= *Bacillus* sp. Banyumas Kembaran Batang 3, BS A₁ = *Bacillus* sp. Banyumas Sumbang Akar 1, BS A₃ = *Bacillus* sp. Banyumas Sumbang Akar 3, BS B₁ = *Bacillus* sp. Banyumas Sumbang Batang 1, BB A₃ = *Bacillus* sp. Banyumas Baturaden Akar 3, BB B₄ = *Bacillus* sp. Banyumas Baturaden Batang 4, PP A₄ = *Bacillus* sp. Purbalingga Padamara Akar 4, PD B₂ = *Bacillus* sp. Purbalingga Padamara Batang 2, PD B₄ = *Bacillus* sp. Purbalingga Padamara Batang 4, PB B₁ = *Bacillus* sp. Purbalingga Bojongsari Batang 1, PB B₃ = *Bacillus* sp. Purbalingga Bojongsari Batang 3, PP A₃ = *Bacillus* sp. Purbalingga Pratin Akar 3, dan PP A₅ = *Bacillus* sp. Purbalingga Pratin Akar 5. Uji *in-vitro* dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 16 perlakuan dan diulang 2 kali, kemudian dilakukan uji beda rata-rata menggunakan BNT pada taraf 5%.

Persiapan bibit

Benih jagung varietas Arumba direndam dalam air steril (sebagai kontrol) atau dalam biakan bakteri endofit dengan kepadatan populasi 10⁸ upk/mL selama 12 jam (Sharma *et al.*, 2013).

Perbanyakan bakteri endofit

Bakteri dengan daya hambat tertinggi yaitu PD A₄ dan BK A₁ digunakan dalam uji virulensi.

Uji virulensi

Perlakuan yang dilakukan adalah K = Kontrol (air steril). B₁ = Fungisida berbahan aktif propineb, B₂ = *Bacillus* sp. Purbalingga Padamara Akar 4, B₃ = *Bacillus* sp. Banyumas Kembaran Akar 1, dan B₄ = Campuran *Bacillus* sp. Padamara Akar 4 dan Kembaran Akar 1. Hasil uji virulensi kemudian dianalisis menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap dan uji beda rata-rata yang digunakan adalah BNT pada taraf 5%.

Variabel pengamatan

Variabel yang diamati yaitu karakteristik bakteri endofit dan jamur patogen, diameter penghambatan, berat kering miselium jamur patogen (de Souza *et al.*, 2011), masa inkubasi, tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, bobot segar tanaman, bobot segar tajuk, bobot segar akar, intensitas penyakit, kejadian penyakit dan AUDPC. Rumus menghitung persentase penghambatan (Hajiegharai *et al.*, 2008):

$$P = \frac{r1-r2}{r1} \times 100\%$$

Keterangan: P = persentase penghambatan, r1 = jari-jari isolat *R. solani* yang tumbuh berlawanan dengan antagonis, r2 = jari-jari isolat *R. solani* yang tumbuh ke arah antagonis.

Pengamatan kejadian penyakit dilakukan setiap tujuh hari sekali, dan besarnya dapat dihitung menggunakan rumus (Noordzij *et al.*, 2010):

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

Keterangan: n: jumlah tanaman bergejala, N : jumlah tanaman total yang diamati.

Perhitungan intensitas penyakit dihitung menggunakan rumus (Asmaliyah *et al.*, 2016):

$$IP = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan: IP = intensitas penyakit (%), n = jumlah daun bergejala penyakit dengan skala tertentu, v = nilai hasil pengukuran satuan pengamatan, Z = nilai numerik tertinggi kategori kerusakan.

Nilai rata-rata intensitas penyakit digunakan sebagai acuan untuk menentukan ketahanan. Nilai kategori keparahan penyakit: 0 = tidak ada gejala pada pelepah daun, 1 = 0-20% pelepah daun bergejala, 2 = >20-40% pelepah daun bergejala, 3 = >40-60% pelepah daun bergejala, dan 4 = >60% pelepah daun bergejala (Mulyati, 2009).

Laju perkembangan penyakit dari waktu ke waktu dihitung dengan formula AUDPC sebagai berikut (Jeger & Viljanen-Rollinson, 2001):

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) \cdot (t_{i+1} - t_i)$$

Keterangan: AUDPC: Kurva perkembangan penyakit, Y = keparahan penyakit pada waktu t, i = jumlah hari setelah tanam, waktu pengamatan ke-i, n = jumlah total pengukuran.

Analisis data

Data yang diperoleh dari pengamatan dan pengukuran akan dianalisis dengan uji F, dan apabila hasil analisis menunjukkan adanya keragaman nyata (F hitung > F tabel) maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata BNJ pada taraf nyata 5% untuk mengetahui isolat yang terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi bakteri endofit dan jamur patogen pada tanaman jagung

Hasil eksplorasi bakteri antagonis endofit tanaman jagung diperoleh 15 isolat, yang memiliki karakter bakteri *Bacillus* sp. Bentuk koloni bulat, bentuk sel batang, berwarna ungu termasuk dalam kelompok bakteri gram positif. Ciri lain dari bakteri *Bacillus* sp. yang diperoleh adalah adanya endospora dalam sel (Tabel 1). Hal tersebut sesuai dengan Lu *et al.* (2018), bahwa *Bacillus* sp. memiliki ciri-ciri koloni bulat dan bulat kecil, variasi margin halus dan berombak atau bergerigi,

berwarna putih kusam, tidak berlendir, gram positif, memiliki endospora, berflagelum, dan sebagian bersifat motil (dapat bergerak).

Pengujian gram menggunakan KOH 3% menunjukkan hasil positif karena bakteri ini tidak lengket, dan untuk katalase menggunakan H₂O₂ menunjukkan hasil positif yang ditandai adanya gelembung. Berdasarkan hasil uji pewarnaan spora terlihat bahwa seluruh isolat bakteri yang berbentuk batang terlihat memiliki spora (endospora). Endospora terlihat pada bagian tengah sel bakteri, yang ditandai dengan adanya warna hijau pada bagian tengah sel bakteri. Berdasarkan kunci identifikasi, bakteri yang memiliki ciri-ciri gram positif, berbentuk batang dan memiliki endospora diduga termasuk ke dalam genus *Bacillus* (Lu *et al.*, 2018).

Hasil karakterisasi jamur patogen diketahui bahwa jamur *R. solani* yang diamati memiliki hifa berwarna putih, kemudian membentuk sklerotium berwarna coklat. Karakterisasi secara mikroskopis menunjukkan jamur memiliki hifa bercabang tegak lurus. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Suryawanshi *et al.* (2019) bahwa *R. solani* tumbuh cepat dalam medium PDA dan membentuk tekstur koloni berkapas dan sklerotium berwarna coklat tua sampai hitam.

Hifa *R. solani* yang masih muda memiliki percabangan yang membentuk sudut 45 derajat. Semakin dewasa, percabangannya tegak lurus, kaku, dan memiliki ukuran yang sama (uniform). Diameter hifa jamur *R. solani* bergantung pada isolat dan jenis medium yang digunakan. Jamur yang diisolasi menggunakan medium PDA memiliki diameter hifa 4-6 µm. Sklerotium dari

Tabel 1. Karakterisasi morfologi bakteri antagonis *Bacillus* sp.

Isolat	Warna koloni	Bentuk koloni	Bentuk sel	Warna Gram	Katalase (H ₂ O ₂)	Gram (KOH 3%)	Endospora
BK A1	Putih	Bulat	Batang pendek	Ungu	+	+	+
BK A3	Putih	Bulat	Batang panjang	Ungu	+	+	+
BK B3	Putih	Bulat	Batang panjang	Ungu	+	+	+
BS A1	Putih	Bulat	Batang panjang	Ungu	+	+	+
BS A3	Putih	Bulat	Batang pendek	Ungu	+	+	+
BS B1	Putih	Bulat	Batang pendek	Ungu	+	+	+
BB A3	Putih	Bulat	Batang pendek	Ungu	+	+	+
BB B4	Putih	Bulat	Batang pendek	Ungu	+	+	+
PD A4	Putih	Bulat	Batang panjang	Ungu	+	+	+
PD B2	Putih	Bulat	Batang pendek	Ungu	+	+	+
PD B4	Putih	Bulat	Batang panjang	Ungu	+	+	+
PB B1	Putih	Bulat	Batang pendek	Ungu	+	+	+
PB B3	Putih	Bulat	Batang panjang	Ungu	+	+	+
PP A3	Putih	Bulat	Batang pendek	Ungu	+	+	+
PP A5	Putih	Bulat	Batang panjang	Ungu	+	+	+

Keterangan: BK= Banyumas Kembaran, BS= Banyumas Sumbang, BB= Banyumas Baturraden, PD= Purbalingga Padamara, PB= Purbalingga Bojongsari, PP= Purbalingga Pratin, A= Akar dan B= Batang.

jamur *R. solani* terbentuk dari hifa yang mengalami agregasi menjadi massa yang kompak. Sklerotium pada awal pertumbuhan berwarna putih dan setelah dewasa berubah menjadi coklat (Gopireddy *et al.*, 2017).

Uji *in-vitro* bakteri endofit *Bacillus* sp. terhadap pertumbuhan jamur *R. solani*

Hasil uji antagonis *dual culture* bakteri antagonis *Bacillus* sp. terhadap jamur patogen *R. solani* menunjukkan pengaruh sangat nyata dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *R. solani* apabila dibandingkan dengan kontrol (Tabel 2). Bakteri endofit yang memiliki persentase penghambatan paling besar adalah isolat bakteri PD A₄ dengan persentase penghambatan sebesar 56,93%, sedangkan isolat yang menunjukkan adanya tingkat penghambatan terkecil adalah isolat PB B₁ yakni sebesar 37,29%.

Penghambatan dapat terjadi diduga akibat adanya mekanisme penghambatan yang dihasilkan oleh bakteri *Bacillus* sp., yang dalam hal ini adalah persaingan nutrisi dan adanya antibiotika yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Penghambatan jamur *R. solani* oleh bakteri *Bacillus* sp. dapat terjadi dikarenakan *Bacillus* sp. mampu menghasilkan siderofor, 1,3-glukanase, sianida, kitinase, antibiotika dan dapat melarutkan fosfat yang diketahui mampu menekan pertumbuhan dari mikroba yang merugikan (Husen, 2003; Frederiksen *et al.*, 2013).

Bobot kering miselium jamur patogen menunjukkan hasil terkecil pada isolat PD A₄ jika dibandingkan dengan isolat lain dan kontrol (Tabel 2). Hal ini selaras dengan kemampuan menghambat dari isolat tersebut. Penghambatan pertumbuhan jamur yang rendah akan menghasilkan biomassa jamur yang rendah pula. Menurut Souza *et al.* (2012), biomassa jamur dipengaruhi oleh komponen perkembangan jamur; jika jamur dapat berkembang dengan baik, maka akan menghasilkan biomassa yang besar.

Pengaruh bakteri endofit *Bacillus* sp. terhadap komponen patosistem dan komponen pertumbuhan tanaman

Perlakuan bakteri *Bacillus* sp. kombinasi isolat PD A₄ dan BK A₁ mampu menunda masa inkubasi jamur *R. solani* selama 14,2 hari setelah inokulasi (Hsi) atau sebesar 69,24% dibandingkan dengan kontrol (Tabel 3). Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan bakteri endofit mampu menghasilkan antibiotika. Menurut

Kuta *et al.* (2009), beberapa spesies *Bacillus* berpotensi menghasilkan antibiotika berkualitas tinggi, yang dapat digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan mikroba patogen tanaman. Spesies *Bacillus* paling populer untuk memproduksi senyawa antibiotika peptida, seperti polimiksin, colistin, dan sirkulin (Katz & Demain, 1997).

Perlakuan terbaik dalam menekan kejadian penyakit terdapat pada perlakuan B₁ yakni sebesar 44,446% atau sebesar 52,94% (Tabel 3). Hal yang dapat memengaruhi terjadinya penyakit busuk pelepah ini yakni ketinggian tempat, iklim, dan varietas. Jamur *R. solani* dapat berkembang dengan baik pada kelembapan yang tinggi (>80%) dan suhu 15-35 °C (Orozco-Avitia *et al.*, 2013).

Tabel 2. Daya hambat bakteri antagonis terhadap jamur patogen *R. solani* dan bobot kering miselium *R. solani* pengamatan hari ke-4 pada pengujian *in vitro*

Perlakuan	Persentase penghambatan (%)	Bobot kering miselium (g)
Kontrol	0 f	0,0956
BK A ₁	51,52 abc	0,003
BK A ₃	55,39 ab	0,0019
BK B ₃	40,36 cde	0,0305
BS A ₁	48,73 abcde	0,0156
BS A ₃	37,42 de	0,0392
BS B ₁	49,74 abcd	0,0118
BB A ₃	40,42 cde	0,0296
BB B ₄	44,44 bcde	0,0257
PD A ₄	56,93 a	0,0017
PD B ₂	50,80 abc	0,007
PD B ₄	39,44 cde	0,0358
PB B ₁	37,29 e	0,0466
PB B ₃	44,90 abcde	0,0215
PP A ₃	46,65 abcde	0,0193
PP A ₅	50,66 abc	0,0093

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada BNT 5%. BK= Banyumas Kembaran, BS= Banyumas Sumbang, BB= Banyumas Baturraden, PD= Purbalingga Padamara, PB= Purbalingga Bojongsari, PP= Purbalingga Pratin, A= Akar dan B= Batang.

Tabel 3. Komponen patosistem bakteri *Bacillus* sp. endofit terhadap penyakit busuk pelepah tanaman jagung dan terhadap komponen pertumbuhan tanaman jagung

Perlakuan	Masa Inkubasi (Hsi)	Kejadian Penyakit (%)	Intensitas Penyakit (%)	AUDPC	TT (cm)	JD (helai)	PA (cm)	BST (g)	BSTa (g)	BSA (g)
Kontrol	8,398 a	94,444 b	53,334 b	3616,69	71,776 b	4,667 a	80,16 a	110 a	91,9 b	18,1 a
Fungisida (propineb)	7,665 a	51,111 ab	26,664 a	1936,69	94,66 a	4,533 a	67,33 a	120,99 a	90,07 a	18,47 a
PD A4	6,867 a	44,446 a	23,332 a	1679,89	89,073 a	4,533 a	75,65 a	126,06 a	106,67 a	19,4 a
BK A1	6,933 a	62,222 ab	21,666 a	2380,11	81,17 ab	4,067 a	65,81 a	113,76 a	97,1 a	16,66 a
PD A4 + BK A1	14,2 a	57,777 ab	30 ab	2169,89	86,806 ab	4,2 a	76,0 a	109,266 a	94,53 a	14,73 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada BNT 5%. AUDPC – *area under the disease progress curve*, TT = tinggi tanaman, JD = jumlah daun, PA = panjang akar, BST = bobot segar tanam, BSTa = bobot segar tajuk, dan BSA = bobot segar akar

Penekanan intensitas penyakit secara berurutan sebesar 21,666, 23,332 dan 26,664% atau terjadi penekanan sebesar 59,377, 56,253 dan 50,005% apabila dibandingkan dengan kontrol. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya kemampuan bakteri dalam memproduksi siderofor. Hal ini karena siderofor mampu mengikat besi (Fe^{3+}) menjadi ikatan siderofor-besi yang menjadi tersedia bagi tanaman dan tidak tersedia bagi patogen. Hal ini sesuai dengan pendapat Yusra *et al.* (2014), bahwa *B. subtilis* CAS15 menghasilkan siderofor katekolik 2,3-dihydroxybenzoate-glycine-treonine trimeric ester bacillibactin, dan bahwa produktivitas siderophore dihambat oleh zat besi. Selain sebagai pengangkut besi, siderofor juga berperan dalam pertumbuhan, perkecambahan, dan beberapa sebagai antibiotika yang berpotensi (Grobela & Hiller, 2017).

Hasil analisis AUDPC pada perlakuan *Bacillus* sp. mampu menurunkan nilai AUDPC kontrol. Nilai AUDPC terendah terdapat pada perlakuan BK A₁ sebesar 1679,89 atau sebesar 53,55% (Tabel 3). Angka AUDPC yang semakin rendah menunjukkan perlakuan semakin efektif dalam mengendalikan patogen, dan sebaliknya, semakin besar angka AUDPC maka perlakuan semakin tidak berpengaruh terhadap infeksi patogen (Nuryani *et al.*, 2011). Tanaman yang tergolong mengalami penyakit dalam penelitian ini adalah tanaman yang terpapar jatuh dan menimbulkan gejala. Menurut Gilbert & Parker (2010), pada tanaman kontrol rata-rata tanaman mengalami insiden penyakit tertinggi. Kejadian penyakit tertinggi dalam kontrol

disebabkan oleh aktivitas patogen yang lebih cepat masuk dan kemudian menginfeksi jaringan tanaman dan tidak adanya mekanisme ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen.

Perlakuan terbaik terhadap tinggi tanaman jagung ada pada perlakuan fungisida yaitu 94,66 cm, namun untuk perlakuan dengan bakteri antagonis ternyata memiliki nilai yang tidak jauh selisihnya yaitu 89,073 cm pada perlakuan B₁ (Tabel 3). Pengaruh terhadap bobot segar tajuk tanaman juga menunjukkan adanya perbedaan nyata, dengan perlakuan terbaik pada perlakuan B₁ dengan nilai sebesar 126,06 g.

Perlakuan bakteri endofit menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap komponen tinggi tanaman dan bobot segar tajuk tanaman. Hal ini dikarenakan kemampuan dari bakteri *Bacillus* sp. endofit untuk menghasilkan hormon pertumbuhan. Bakteri tersebut mampu menghasilkan hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dan hormon pertumbuhan yang lain (Junior *et al.*, 2015; Wagi & Ahmed, 2019).

Bakteri *Bacillus* sp. yang diberikan pada per-tanaman jagung dapat bersifat sebagai PGPR yang dapat menguntungkan bagi tanaman. PGPR sangat berperan di dalam pertumbuhan tanaman sehat dan keberlanjutan pertanian (Gupta *et al.*, 2015). Bakteri ini diketahui mampu mengendalikan beberapa patogen tular-tanah dan mampu memacu pertumbuhan tanaman serta menghasilkan antimikroba yang dapat menekan pertumbuhan berbagai patogen tanaman (Shafi *et al.*, 2017; Fira *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Hasil eksplorasi diperoleh 15 isolat bakteri endofit *Bacillus* sp. Isolat terbaik adalah PD A₄ dan BK A₁ yang berturut-turut memiliki nilai penghambatan sebesar 56,93 dan 51,52% dengan bobot kering miselium sebesar 0,0017 g dan 0,003 g. Perlakuan kombinasi PD A₄+BK A₁ mampu menunda masa inkubasi selama 14,2 hari atau sebesar 69,24% dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan bakteri PD A₄ mampu menekan kejadian penyakit sebesar 44,44% atau sebesar 52,94%, penekanan intensitas penyakit sebesar 56,253% dan nilai AUDPC sebesar 53,55%. Perlakuan dengan bakteri endofit PD A₄ dapat meningkatkan tinggi tanaman, bobot segar tanaman, bobot segar tajuk, dan bobot segar akar berturut-turut 19,41, 16,07, 12,74, dan 7,18%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W. & Blackwell, M. (1996). *Introductory Mycologi*. John Wiley & Sons., Singapore.
- Andersen, E.J., Ali, S., Byamukama, E., Yen, Y. & Nepal M.P.. (2018). Disease resistance mechanisms in plants. *Genes (Basel)*. 9(7): 339. DOI: <https://10.3390/genes9070339>.
- Asmaliyah, A., Lukman, H. & Mindawati, N. (2016). Pengaruh teknik persiapan lahan terhadap serangan hama penyakit pada tegakan bambang lanang. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 13(2), 139-155.
- Bantacut, T., Firdaus, Y.R. & Akbar, M.T. (2015). Pengembangan jagung untuk ketahanan pangan, industri dan ekonomi. *Jurnal Pangan*, 24(2), 135-148.
- Beveridge, T.J. (2001). Use of the gram stain in microbiology. *Biotech Histochem*, 76(3), 111-118.
- BPS. (2016). Luas panen, produksi, dan produktivitas jagung dan kedelai menurut kabupaten/ kota di Provinsi Jawa Tengah, 2015. Badan Pusat Statistik Jawa Tengah. (On-line), <https://jateng.bps.go.id/statictable/2016/08/22/1312/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-jagung-dan-kedelai-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-tengah-2015.html>. Diakses 14 Agustus 2018.
- Brittain, C.A., Vighi, M., Bommarco, R., Settele, J. & Potts, S.G. (2011). Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology* 11(2), 106-115. DOI: <https://10.1016/j.baae.2009.11.007>.
- Bruisson, S., Zufferey, M., Haridon, F.L., Trutmann, E., Anand, A., Dutartre, A., De Vrieze, M. & Weisskopf, L. (2019). Endophytes and epiphytes from the grapevine leaf microbiome as potential biocontrol agents against phytopathogens. *Front. Microbiol.*, 29 November 2019. DOI:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02726>.
- Byrd, A.L. & Segre, J.A. (2016). Adapting Koch's postulates. *Science*, 351(6270), 224-226. DOI: <https://10.1126/science.aad6753>.
- de Souza, M.M., Prietto, L., Ribeiro, A.C., de Souza, T.D. & Badiale-Furlong, E. (2011). Assessment of the antifungal activity of *Spirulina platensis* phenolic extract against *Aspergillus flavus*. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6). DOI: <https://10.1590/S1413-70542011000600003>.
- Domsch, K.H., Gams, W. & Anderson, T.H. (1980). *Compendium of Soil Fungi*. Academic Press. New York.
- Fira, D., Dimkić, I., Berić, T., Lozo, J. & Stanković, S. (2018). Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. *Journal of Biotechnology* 285, 44-55. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2018.07.044.
- Frederiksen, R.F., Paspaliari, D.K., Larsen, T., Storgaard, B.G., Larsen, M.H., Ingmer, H., Palcic, M.M., & Leisner, J.J. (2013). Bacterial chitinases and chitin-binding proteins as virulence factors. *Microbiology*, 159, 833-847. DOI: <https://10.1099/mic.0.051839-0>.
- Gilbert, G.S. & Parker, I.M. (2010). Rapid evolution in a plant-pathogen interaction and the consequences for introduced host species. *Evol Appl*. 3(2): 144-156. DOI: 10.1111/j.1752-4571.2009.00107.x.
- Gopireddy, B.M., Devi, G.U., Kumar, K.V., Babu, T.R., & Naidu, T.C.M. (2017). Cultural and morphological characterization of *Rhizoctonia solani* f. sp. *sasakii* isolates collected from different districts of Andhra Pradesh. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 3457-3469. DOI: <https://10.20546/ijcmas.2017.611.407>.
- Grobelak, A. & Hiller, J. (2017). Bacterial siderophores promote plant growth: Screening of catechol and hydroxamate siderophores. *International Journal of Phytoremediation* 19(9), 825-833. DOI: [http://10.1080/15226514.2017.1290581](https://10.1080/15226514.2017.1290581).
- Gupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K. & Singh, V. (2015). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 7(2), 99-102. DOI: <https://10.4172/1948-5948.1000188>.
- Hajiegharai, B., Torabi-giglou, M., Mohammadi, M.R. & Davari, M. (2008). Biological potential of some Iranian Trichoderma isolates in the control of soil born plant pathogenic fungi. *African Journal of Biotechnology*, 7(8), 967-972.
- Hardoim, P.R., van Overbeek, L.S., Berg, G., Pirttilä, A.M., Compant, S., Campisano, A., Döring, M.

- & Sessitsch, A. (2015). The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 79, 293–320. DOI: <https://10.1128/MMBR.00050-14>.
- Hasanain, A.M. (2017). Development of a cheap media for *Bacillus thuringiensis* growth. *Int J Biotech & Bioeng.* 3(6), 221-229. DOI: <https://10.25141/2475-3432-2017-6.0216>.
- Husen, E. (2003). Screening of soil bacteria for plant growth promotion activities *in vitro*. *Indonesian Journal of Agricultural Science.* 4(1), 27-31.
- Jeger, M.J. & Viljanen-Rollinson, S.L.H. (2001). The use of the area under disease-progress curve (audpc) to asses quantitive disease resistance in crop cultivars. *Theoretical Applied Genetics* 102(1), 32–40. DOI: 10.1007/s001220051615.
- Junior, F.C., de Oliveira, A.G., de Oliveira, L.A., dos Santos, G.R., Chagas, L.F.B., da Silva, A.L.L. & da Luz Costa, J. (2015). Production of indole-3-acetic acid by *Bacillus* isolated from different soils. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(2), 282–287.
- Katz, E. & Demain, A.L. (1997). The peptide antibiotics of *Bacillus*, chemistry, biogenesis, and possible functions. *Bacteriol Rev.*, 41, 449-474.
- Kementerian Pertanian. (2016). *Outlook Kkomoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan: Jagung*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta. (On-line), <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/arsip-outlook/81-outlook-tanaman-pangan/432-outlook-jagung-2016>. Diakses 18 Juli 2018.
- Keswani, C., Singh, H.B., Hermosa, R., García-Estrada, C., Caradus, J., He, Y.-W., Mezaache-Aichour, S., Glare, T.R., Borriss, R., Vinale, F. & Sansinenea, E. (2019). Antimicrobial secondary metabolites from agriculturally important fungi as next biocontrol agents. *Applied Microbiology and Biotechnology* 103: 9287–9303. DOI: <https://10.1007/s00253-019-10209-2>.
- Király, L., Barna, B. & Király, Z. (2007). Plant resistance to pathogen infection: forms and mechanisms of innate and acquired resistance. *Journal of Phytopathology*, 155(7-8), 385-396. DOI: <https://10.1111/j.1439-0434.2007.01264.x>.
- Kuta, F.A., Nimzing, L., & Orka'a, P. (2009). Screening of *Bacillus* species with potentials of antibiotics production. *Applied Medical Informatics*, 24(1-2), 42-46.
- Lahre, S.K., Khare, N., Lakpale, N. & Chaliganjewar, S.D. (2012). Efficacy of bio-agents and organic amendments against *Sclerotium rolfsii* in chickpea. *Journal of Plant Disease Sciences* 7 (1), 32-34.
- Lee, S.W., Lee, S.H., Lan, J.M., Park, K.H., Jang, I.B. & Kim, K.H. (2016). Control of soil-borne pathogens in ginseng cultivation through the use of cultured green manure crop and solarization in greenhouse facilities. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, 24(2), 136-142. DOI: <https://10.7783/kjmcs.2016.24.2.136>.
- Lu, Z., Guo, W. & Liu, C. (2018). Isolation, identification and characterization of novel *Bacillus subtilis*. *J Vet Med Sci.*, 80(3), 427–433. DOI: <https://10.1292/jvms.16-0572>.
- Mulyati, S. 2009. Pengendalian penyakit hawar pelepah daun (*Rhizoctonia solani*) menggunakan beberapa agensia hayati golongan cendawan pada tanaman jagung (*Zea mays*). *J. Agronomi*, 13 (2), 37-43.
- Noble, R. (2011). Risks and benefits of soil amendment with composts in relation to plant pathogens. *Australasian Plant Pathology*, 40(2), 157–167. DOI: <https://10.1007/s13313-010-0025-7>.
- Noordzij, M., Dekker, F.W., Zoccali, C. & Jager, K.J. (2010). Measures of disease frequency: prevalence and incidence. *Nephron Clinical Practice*, 115, c17–c20. DOI: <https://10.1159/000286345>.
- Nuryani, W., Yusuf, E.S., Djatnika, I., Hanudin & Marwoto, B. (2011). Pengendalian penyakit layu fusarium pada subang gladiol dengan pengasapan dan biopestisida. *J. Hortikultura*, 21(1), 40-50.
- Oktari, A., Supriatin, Y., Kamal, M., & Syafrullah, H. (2017). The bacterial endospore stain on schaeffer fulton using variation of methylene blue solution. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 812(2017): 012066. DOI: <https://10.1088/1742-6596/812/1/012066>.
- Orozco-Avitia, A., Esqueda, M., Meza, A., Tiznado, M., Gutierrez, A. & Gardea, A. (2013). Temperature effect on *Rhizoctonia solani* analyzed by microcalorimetry. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 8(2), 162-166. DOI: 10.3844/ajabssp.2013.162.166.
- Pappas, M.L., Liapoura, M., Papantoniou, D., Avramidou, M., Kavroulakis, N., Weinhold, A., Broufas, G.D. & Papadopoulou, K.K. 2018. The beneficial endophytic fungus *Fusarium solani* strain K alters tomato responses against spider mites to the benefit of the plant. *Front. Plant Sci.*, 06 November 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01603>.
- Rozy, F., Liestiany, E., & Maftuhah. (2004). Kemampuan mikoriza mengendalikan serangan *Rhizoctonia solani* Kuhn pada kedelai. *Jurnal Agroscentiae*, 2(11), 91-98.
- Shafi, J., Tian, H. & Ji, M. (2017). *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: A review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*

- 31(3), 446-459. DOI:10.1080/13102818.2017.1286950.
- Sharma, L., Goswami, S. & Nagrale, D.T. (2013). Culture and physiological variability in *Rhizoctonia solani*, responsible for foliar and lesions on aerial part of soybean. *Journal of Applied and Natural Science*, 5(1), 41-46.
- Simarmata, R., Lekatompeassy, S., & Sukiman, H. (2007). Isolasi mikroba endofitik dari tanaman obat sambung nyawa (*Gynura procumbens*) dan analisis potensinya sebagai antimikroba. *Berk. Penel. Hayati*, 13, 85-90.
- Soenartiningih, Ambarwati, T.J., Pusposenjoyo, N. & Baon, J.B. (2006). Pengaruh inokulasi jamur mikoriza arbuskular terhadap penyakit busuk pelepah pada jagung di lapangan. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera*, 23(2), 86-91. DOI: <https://10.20884/1.mib.2006.23.2.161>.
- Sousa, A.M., Machado, I., Nicolau, A. & Pereira, M.O. (2013). Improvements on colony morphology identification towards bacterial profiling. *Journal of Microbiological Methods*, 95, 327-335. DOI: <https://10.1016/j.mimet.2013.09.020>.
- Sorokulova, I. 2013. Modern status and perspectives of *Bacillus* bacteria as probiotics. *Journal of Probiotics & Health*, 1(4), e106. DOI: <https://10.4172/2329-8901.1000e10>.
- Suryawanshi, P.P., Krishnaraj, P.U. & Prashanthi, S.K. (2019). Morphological and molecular characterization of *Rhizoctonia solani* causing sheath blight in rice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(01), 1714-1721. DOI: <https://10.20546/ijcmas.2019.801.182>.
- Taherdoost, H. (2016). Sampling methods in research methodology; How to choose a sampling technique for research. *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)*, 5(2), 18-27.
- Wagi, S. & Ahmed, A. (2019). *Bacillus* spp.: potent microfactories of bacterial IAA. *Peer J.* 7, e7258. DOI: <https://10.7717/peerj.7258>.
- Watanabe, T. (2002). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species 2nd Edition*. CRC Press. Boca Raton, USA. 504 pp.
- Whittenbury, R. (1964). Hydrogen peroxide formation and catalase activity in the lactic acid bacteria. *Microbiology*, 35(1), 13-26. DOI: <https://10.1099/00221287-35-1-13>.
- Yusra, F. Azima, Novelina, & Periadnadi. (2014). Isolasi dan identifikasi mikroflora indigenous dalam budu. *Agritech*, 34(3), 316-321.
- Zhao, L., Xu, Y., Lai, X.-H., Shan, C., Deng, Z., & Ji, Y. 2015. Screening and characterization of endophytic *Bacillus* and *Paenibacillus* strains from medicinal plant *Lonicera japonica* for use as potential plant growth promoters. *Braz J Microbiol.* 46(4), 977-989. DOI: <https://10.1590/S1517-838246420140024>.