

Seleksi Bakteri Endofit Penghasil Senyawa Metabolit untuk Pengendalian Cendawan Patogen Terbawa Benih Jagung

Selection of Endophytic Bacteria Producing Metabolite Compound to Control Seedborne Fungal Pathogen of Maize

Andini Hanif*, Bonny Poernomo Wahyu Soekarno, Abdul Munif
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Bakteri endofit dilaporkan mampu menghasilkan senyawa metabolit yang berpotensi anticendawan. Tujuan penelitian ialah mendapatkan bakteri endofit asal tanaman jagung untuk mengendalikan *Fusarium* sp., yaitu cendawan pada benih jagung yang berpotensi menyebabkan penyakit. Seleksi isolat bakteri endofit dilakukan melalui uji hipersensitif pada daun tanaman tembakau dan uji antagonis. Isolat bakteri endofit yang mempunyai daya hambat tinggi terhadap *Fusarium* sp. kemudian dianalisis senyawa metabolitnya secara *in vitro* dan *in vivo*. Tiga isolat bakteri endofit, yaitu *Lactobacillus* sp. isolat EF14III, *Pseudomonas* sp. isolat ER1I, dan *Aeromonas* sp. isolat ER10I berpotensi menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp.. Senyawa metabolit *Pseudomonas* sp. isolat ER1I dapat mengurangi tingkat infeksi hingga 65.0% pada uji kertas saring yang dilembapkan dan mampu menekan tingkat infeksi hingga 59.5% dan 60.5% berturut-turut pada medium agar-agar cair, dan tanah steril dengan menggunakan metode *growing on test*. Senyawa sikloheksanona dengan konsentrasi 9.68% yang dihasilkan oleh *Pseudomonas* sp. isolat ER1I merupakan salah satu faktor penentu aktivitas anticendawan.

Kata kunci: anticendawan, *Fusarium* sp., *Pseudomonas* sp., sikloheksanona

ABSTRACT

Endophytic bacteria have been reported to produce metabolite as antifungal compound. This study was aimed to obtain endophytic bacteria which are able to produce metabolite to control *Fusarium* sp., a potential seedborne fungi on maize. Endophytic bacteria were screened by hypersensitive test on tobacco leaves and antagonistic test. Endophytic bacteria isolates with high growth inhibitor activity were selected and examined for their metabolite compound. Three isolates, i.e. *Lactobacillus* sp. isolate EF14III, *Pseudomonas* sp. isolate ER1I, dan *Aeromonas* sp. isolate ER10I has the potential to inhibit *Fusarium* sp.. Metabolite compound of *Pseudomonas* sp. isolates ER1I was able to decrease the infection *Fusarium* sp. by 65.0% in blotter test and decreased infection of *Fusarium* sp. up to 59.5% and 60.5% in growing on test using water agar and sterile soil, respectively. Cyclohexanone with concentration of 9.68% produced by *Pseudomonas* sp. isolat ER1I may play a role as antifungal compound.

Key words: antifungal compound, cyclohexanone, *Fusarium* sp., *Pseudomonas* sp.

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jalan Kamper, Kampus Dramaga IPB, Bogor 16680.
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362; surel: andini.hanif16@gmail.com

PENDAHULUAN

Patogen terbawa benih dapat mengubah bentuk dan warna benih, hilangnya daya kecambah dan vigor benih dapat mengurangi hasil produksi tanaman, dan menyebabkan berkembangnya penyakit tanaman. Niaz dan Dawar (2009) menemukan 23 genus dan 56 spesies cendawan yang diisolasi dari benih jagung, di antaranya *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Curvularia* dan *Phoma*. Salah satu penyakit penting pada tanaman jagung ialah busuk batang yang disebabkan oleh *Fusarium* sp.. Beberapa spesies *Fusarium* sp. dapat menginfeksi hampir seluruh pertanaman sereal di seluruh dunia (Popovsky dan Celar 2013). Berdasarkan BPSB (2013), cendawan patogen yang menginfeksi benih jagung di Sumatera Utara ialah *Cercospora acremonium*, *Fusarium moniliforme*, *Bipolaris maydis*, dan *Phoma* sp.

Penggunaan bakteri endofit sebagai agens hayati memiliki keuntungan dibandingkan dengan mikrob antagonis lainnya karena mikrob endofit sudah ada, hidup, dan bertahan di dalam jaringan selama perkembangan tanaman dan memberi perlindungan bagi tanaman. Bakteri endofit yang diisolasi dari akar jagung dilaporkan memiliki aktivitas anticendawan terhadap *F. verticillioides*, *Colletotrichum graminicola*, *Bacillus maydis*, dan *Cercospora* sp. dengan persentase penghambatan hingga 70% (Zecchin *et al.* 2014).

Tujuan dari penelitian ini ialah memperoleh isolat bakteri endofit yang dapat menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium* pada benih jagung.

BAHAN DAN METODE

Isolasi Bakteri Endofit dan Uji Hipersensitif

Bakteri endofit diisolasi dari tanaman jagung varietas Scada yang sehat. Isolasi dilakukan dari bagian akar, batang, daun, dan benih. Sebanyak 1 g akar, batang, daun, dan benih jagung dicuci bersih dengan air mengalir, selanjutnya direndam di dalam larutan NaOCl 1% selama 2 menit, alkohol 70% selama 30 detik, dan dibilas akuades steril sebanyak 3 kali. Semua bagian tanaman

(akar, batang, daun, dan benih) jagung ditanam pada medium *tripton soya agar* (TSA) sebagai kontrol. Akar, batang, daun, dan benih jagung yang telah steril digerus menggunakan mortar dan ditambahi 9 mL akuades steril lalu diencerkan hingga tingkat pengenceran 10^{-3} . Sebanyak 0.1 mL suspensi bagian tanaman disebar secara merata pada medium TSA 20% dan diinkubasi pada suhu ruang 25 °C selama 24 jam. Koloni bakteri yang tumbuh diisolasi dan diremajakan pada medium TSA 100%.

Suspensi bakteri endofit yang digunakan untuk uji hipersensitif diremajakan pada medium *tripton soya broth* (TSB) dan digoyang menggunakan *shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 24 jam. Sebanyak 0.1 mL suspensi bakteri disuntikkan pada daun tembakau dan diinkubasi selama 24–48 jam pada suhu 25 °C. Pengamatan gejala nekrotik dilakukan pada daun tembakau.

Deteksi dan Isolasi Cendawan Patogen Terbawa Benih Jagung

Deteksi dan isolasi cendawan patogen terbawa benih dilakukan dengan meletakkan benih di atas kertas saring lembap (ISTA 1996). Sebanyak 400 benih jagung varietas New Honey dan varietas lokal DK771 disterilkan permukaannya dengan merendamnya dalam NaOCl 3% selama 2 menit dan dibilas sebanyak 3 kali dengan akuades steril. Benih jagung diletakkan di dalam cawan petri berisi 3 lembar kertas saring lembap, masing-masing cawan petri berisi 10 benih. Benih diinkubasi selama 12 jam di bawah sinar n-UV dan 12 jam tanpa penyinaran. Pada hari ke-2 benih diinkubasi pada suhu -20 °C selama 24 jam. Selanjutnya benih diinkubasi kembali pada suhu 25 °C hingga hari ke-8. Cendawan yang muncul selama masa inkubasi diremajakan pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) untuk selanjutnya diamati dan diidentifikasi menggunakan kunci identifikasi Barnett dan Hunter (1998).

Uji *in Vitro* Kemampuan Antagonis Bakteri Endofit terhadap *Fusarium* sp.

Isolat bakteri endofit yang tidak menyebabkan nekrotik pada uji hipersensitif

selanjutnya diuji kemampuannya sebagai antagonis terhadap *Fusarium* sp.. Sebanyak 1 ose dari isolat biakan murni bakteri endofit diremajakan pada 10 mL medium TSB dalam tabung reaksi dan digoyang selama 24 jam. *Fusarium* sp. yang digunakan merupakan biakan murni pada medium ADK yang berumur 24 jam.

Fusarium sp. berdiameter 5 mm diletakkan di tengah cawan yang berisi medium ADK. Kertas cakram berdiameter 6 mm direndam dalam suspensi bakteri endofit (10^8 sel mL⁻¹) selama 30 menit dan diletakkan pada dua bagian tepi medium ADK. Biakan ini diinkubasi selama 7 hari pada suhu 25 °C. Kertas cakram steril digunakan sebagai kontrol. Daya hambat bakteri endofit terhadap *Fusarium* sp. dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Daya hambat} = \frac{Y - X}{Y} \times 100\%, \text{ dengan}$$

X, diameter koloni cendawan yang terhambat pertumbuhannya; Y, diameter koloni cendawan normal.

Sebanyak 3 isolat bakteri endofit dengan kemampuan yang paling tinggi dalam menghambat pertumbuhan cendawan dipilih untuk dikarakterisasi secara morfologi, biokimia, dan fisiologi.

Pengukuran Kurva Pertumbuhan Bakteri Endofit

Sebanyak 3 isolat bakteri endofit terpilih dibiakkan dalam medium cair *luria-bertani* (LB) pada alat pengocok dengan kecepatan 150 rpm selama 24 jam pada suhu 25 °C. Pertumbuhan sel bakteri diukur dengan spektrofotometer setiap 1.5 jam. Selanjutnya hasil pengukuran ini digunakan untuk menentukan fase stasioner bakteri.

Produksi Senyawa Metabolit oleh Sel Bakteri Endofit

Senyawa metabolit bakteri endofit dihasilkan dengan menumbuhkan isolat bakteri endofit EF14III, ER1I, dan ER10I pada medium fermentasi *muller hinton broth* (MHB) dan digoyang dengan kecepatan 150 rpm dengan selang waktu berdasarkan pada kurva pertumbuhan fase stasioner.

Biakan bakteri diendapkan dengan sentrifugasi pada kecepatan 3800 rpm selama 20 menit. Supernatan disaring dengan kertas saring 0.22 µm (Elita *et al.* 2013).

Uji *in Vitro* Senyawa Metabolit Bakteri Endofit terhadap Pertumbuhan *Fusarium* sp.

Suspensi metabolit dari masing-masing isolat bakteri endofit ditambahkan pada medium ADK dengan konsentrasi suspensi sebesar 5%, 10%, dan 20%. Kontrol positif adalah medium ADK yang ditambahi fungisida sintetik berbahan aktif metalaksil dengan konsentrasi 30%, sedangkan kontrol negatif merupakan medium ADK tanpa perlakuan.

Fusarium sp. ditumbuhkan pada medium ADK dan diinkubasi pada suhu 25 °C selama 24 jam. Perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter koloni *Fusarium* sp. medium ADK yang ditambah suspensi metabolit bakteri endofit. Diameter koloni *Fusarium* sp. ini dibandingkan dengan diameter koloni *Fusarium* sp. pada kontrol.

Selanjutnya senyawa metabolit bakteri endofit yang dapat menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. dianalisis menggunakan alat *Py-GC-MS* pada suhu pirolisis 280 °C selama 1 jam, suhu injeksi 280 °C, dan suhu awal kolom 50 °C. Analisis dilakukan di Laboratorium Hasil Hutan, Puslitbang Kehutanan Bogor. Identifikasi senyawa dilakukan dengan membandingkan data waktu retensi, spektrum massa, dan fragmentasi ion senyawa dengan data yang ada pada pangkalan database online *WILEY7 thlibrary* (Octaviani 2015).

Uji *in Vivo* Kemampuan Metabolit Bakteri Endofit dalam Menekan Infeksi *Fusarium* sp.

Senyawa metabolit bakteri endofit dengan kemampuan yang paling tinggi dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. dipilih untuk uji *in vivo*. Dalam tahapan ini digunakan benih jagung varietas lokal DK771. Sebanyak 100 benih jagung direndam dalam suspensi senyawa metabolit bakteri endofit pada konsentrasi 10% dan 20% selama 24 jam dan dikeringanginkan. Benih tersebut diuji di atas kertas saring lembap, medium agar -agar

air, dan tanah steril. Sebagai kontrol negatif, benih direndam dalam akuades steril selama 24 jam, sedangkan untuk kontrol positif benih direndam dalam fungisida metalaksil dengan konsentrasi 30% selama 24 jam. Uji ini menggunakan 10 benih jagung, kecuali untuk uji tumbuh pada tanah steril menggunakan 5 benih jagung. Benih terinfeksi pada uji di atas kertas saring lembap diamati pada hari ke-10, sedangkan di medium agar-agar air pada hari ke-7, dan di tanah steril pada hari ke-14.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini disusun dalam rancangan acak lengkap dengan 5 ulangan. Data kemampuan bakteri endofit menghambat *Fusarium* sp. diolah menggunakan program SAS 9.1. Apabila terdapat perlakuan yang menunjukkan beda nyata akan dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf nyata 5%.

HASIL

Bakteri Endofit dan Uji Hipersensitif

Sebanyak 67 isolat bakteri endofit asal tanaman jagung berhasil diisolasi, 20 isolat bakteri berasal dari akar, 11 isolat bakteri berasal dari batang, 24 isolat bakteri berasal dari daun, dan 12 isolat bakteri dari benih. Sebanyak 31 isolat bakteri tidak menunjukkan reaksi hipersensitif pada daun tembakau (Tabel 1).

Tabel 1 Uji hipersensitif terhadap bakteri endofit yang berasal dari bagian tanaman jagung pada daun tembakau

Bagian tanaman jagung	Jumlah Bakteri	Uji Hipersensitif	
		Positif	Negatif
Akar	20	8	12
Batang	11	7	4
Daun	24	16	8
Benih	12	5	7
Total	67	36	31

Tabel 2 Tingkat infeksi (%) beberapa cendawan terhadap dua varietas benih jagung

Cendawan patogen terbawa benih jagung	Var. New Honey	Var. Lokal DK771
<i>Fusarium</i> sp.	17.75	60.50
<i>Aspergillus</i> sp.	2.50	8.75
<i>Curvularia</i> sp.	0.75	0.00
<i>Penicillium</i> sp.	0.00	2.00

Cendawan Patogen Terbawa Benih Jagung

Benih jagung varietas New Honey menunjukkan adanya infeksi *Fusarium* sp. sebesar 17.75%, jagung varietas lokal DK771 lebih dari 3 kalinya (Tabel 2).

Kemampuan Antagonis Bakteri Endofit terhadap *Fusarium* sp. Secara *in Vitro*

Hasil uji antagonis bakteri endofit terhadap *Fusarium* sp. menunjukkan ada 3 isolat yang mampu menghambat *Fusarium* sp. lebih besar dari 55%, yaitu bakteri endofit isolat EF14III, isolat ER1I, dan isolat ER10I (Tabel 3). Berdasarkan pada karakter morfologi, fisiologi, dan biokimianya, maka isolat EF14III, ER1I dan ER10I diidentifikasi berturut-turut sebagai *Lactobacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Aeromonas* sp. (Tabel 4).

Pertumbuhan Bakteri

Kurva pertumbuhan ketiga bakteri, *Lactobacillus* sp. isolat EF14II, *Pseudomonas* sp. isolat ER1I, *Aeromonas* sp. isolat ER10I, mencapai fase stasioner yang sama, yaitu pada waktu inkubasi 12 jam (Gambar 1).

Daya Hambat Senyawa Metabolit Bakteri Endofit terhadap Pertumbuhan *Fusarium* sp. secara *in Vitro*

Hasil uji *in vitro* menunjukkan bahwa senyawa metabolit yang dihasilkan oleh

Tabel 3 Daya hambat isolat bakteri endofit terhadap *Fusarium* sp. pada medium agar-agar dekstroza kentang

Isolat Bakteri	Daya Hambat (%) pada hari ke-				
	3	4	5	6	7
ER3	33.4	37.5	44.8	49.9	48.6
ER4	23.6	36.4	40.4	42.3	42.4
ER1I	34.5	45.2	51.4	54.7	58.0
ER4I	12.8	28.3	40.6	17.8	16.7
ER9I	20.5	34.4	43.0	47.5	49.9
ER10I	31.7	39.6	48.9	52.8	56.4
ER1II	11.9	24.4	34.4	40.7	45.6
ER3II	13.5	25.8	33.4	22.7	22.8
ER4II	19.6	28.9	37.5	46.3	52.4
ER8II	33.7	41.4	46.0	50.2	52.6
ER1III	13.8	29.3	39.8	46.5	50.9
ER2III	3.7	2.1	2.8	7.2	7.5
EC16	8.3	20.3	24.7	35.0	37.0
EC2I	7.1	14.7	13.3	8.5	7.8
EC5I	8.7	21.4	29.6	31.0	20.6
EC13II	23.8	32.0	39.8	44.6	52.0
EF1I	6.9	20.7	26.2	19.3	18.5
EF6I	11.9	28.2	34.4	32.1	22.2
EF6II	10.2	9.0	3.1	13.1	19.0
EF7II	12.6	19.6	28.8	30.6	26.4
EF4III	28.1	32.5	38.5	42.6	46.0
EF5III	10.0	20.8	23.2	14.0	11.5
EF10III	12.6	26.4	37.0	42.9	46.9
EF14III	32.9	47.3	54.0	61.2	64.4
ES3	7.6	20.0	30.1	28.1	26.0
ES5	4.8	19.2	27.9	22.4	14.5
ES7	8.1	22.6	29.0	14.6	11.0
ES6	3.8	15.5	25.5	19.1	21.2
ES13	13.6	32.5	40.8	45.0	47.3
ES14	12.7	28.2	35.9	38.5	20.4
ES18	9.6	25.9	29.4	30	26.6

Pseudomonas sp. isolat ER1I paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp.. Diameter koloni *Fusarium* sp. pada perlakuan senyawa metabolit yang dihasilkan *Pseudomonas* sp. isolat ER1I pada konsentrasi 20% dan 10% mampu menekan pertumbuhan koloni *Fusarium* sp. secara nyata masing-masing 32.5% dan 31.2% (Tabel 5). Senyawa metabolit yang dianalisis dari *Pseudomonas* sp. isolat ER1I menggunakan *Py-GC-MS* dan konsentrasi paling tinggi merupakan senyawa

cyclohexanone N dan *N-dimethylhydrazone* (Tabel 6).

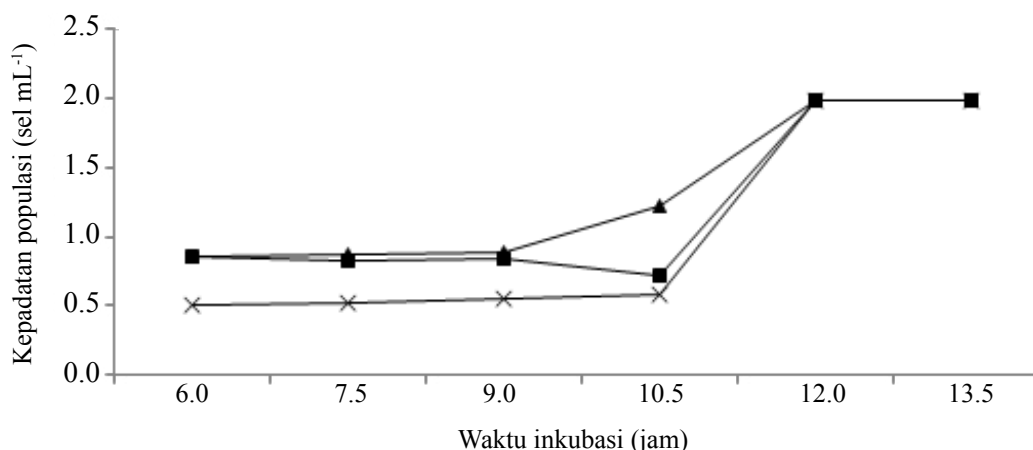
Kemampuan Senyawa Metabolit Bakteri Endofit dalam Menekan Infeksi *Fusarium* sp. secara *in Vivo*

Senyawa metabolit *Pseudomonas* sp. isolat ER1I pada konsentrasi 10% dan 20% mampu menekan tingkat infeksi *Fusarium* sp. masing-masing sebesar 65% dan 40% pada uji kertas saring lembap. Uji pertumbuhan pada

Tabel 4 Karakterisasi morfologi, fisiologi dan biokimia bakteri endofit

Peubah	Isolat Bakteri		
	EF14III	ER11	ER10I
Ukuran koloni	0.1-1mm	0.5mm	1mm
Bentuk koloni	Melingkar	Melingkar	Melingkar
Elevasi koloni	Datar	<i>Raised</i>	Datar
Tepi koloni	<i>Entire</i>	<i>Entire</i>	<i>Entire</i>
Warna koloni	Krem	Bening kekuning-kuningan	Kuning
Morfologi sel	Batang	Batang	Batang
Uji Gram	Gram (+)	Gram (-)	Gram (-)
Ukuran sel	0.5; 1 μ m	0.25; 0.75 μ m	0.5; 0.75 μ m
Uji OF	+	+	+
Glukosa	+	+	+
Endospora	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Hidrolisis casein	-	+	+
Katalase	+	+	+
<i>Salt resistance</i>	+	-	-
Hidrolisis pati	+	-	-
Haemolisis	-	-	-
Anaerobik	+	-	+
Uji larutan KOH	+	-	+
Oksidasi	+	+	+
Motilitas	+	-	-
Uji Nitrat	+	+	+
<i>Lysine</i>	-	+	+
<i>Ornithine</i>	-	-	-
H ₂ S	-	-	-
<i>Glucose</i>	-	-	+
<i>Mannitol</i>	-	-	-
<i>Xylose</i>	-	-	-
ONPG	-	+	+
<i>Indole</i>	-	-	-
<i>Urease</i>	-	-	-
Uji asetil metil karbinol	-	-	+
<i>Citrate</i>	-	-	+
TDA	-	-	-
Gelatin	+	+	+
<i>Malonate</i>	-	+	+
<i>Inositol</i>	-	-	-
<i>Sorbitol</i>	-	-	-
<i>Rhamnose</i>	-	-	-
<i>Sucrose</i>	-	-	+
<i>Lactose</i>	-	-	+
<i>Arabinose</i>	-	-	+
<i>Adonitol</i>	-	-	-
<i>Raffinose</i>	-	-	-
<i>Salicin</i>	-	-	-
<i>Arginine</i>	-	+	+
Bakteri endofit	<i>Lactobacillus</i> sp.	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Aeromonas</i> sp.

(+): Ada reaksi, (-): tidak ada reaksi



Gambar 1 Pertumbuhan bakteri endofit *Lactobacillus* sp. isolat EF14II (■), *Pseudomonas* sp. isolat ER11 (▲), dan *Aeromonas* sp. isolat ER10I (×) pada medium *luria-bertani*.

Tabel 5 Diameter koloni *Fusarium* sp. pada medium agar-agar dekstroza kentang yang diuji dengan beberapa konsentrasi senyawa metabolit bakteri endofit

Bakteri endofit	Senyawa metabolit (%)	Diameter koloni <i>Fusarium</i> sp. (cm) hari ke-... setelah inokulasi									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Lactobacillus</i> sp. isolat EF14III	20	1.96 a	3.06 a	4.04 a	4.98 a	5.84 a	6.40 a	7.04 a	7.38 a	7.86 a	
	10	1.8 cd	2.77 bc	3.64 b	4.38 d	4.98 c	5.48 b	5.74 cd	6.08 bc	6.56 c	
	5	1.68 e	2.55 d	3.60 b	4.52 cd	5.39 abc	6.09 ab	6.73 ab	7.18 a	7.70 ab	
<i>Pseudomonas</i> sp. isolat ER11	20	1.94 ab	2.62 cd	3.17 c	3.47 e	3.94 d	4.26 c	4.66 e	4.98 d	5.26 d	
	10	1.78 de	2.30 e	2.89 d	3.33 e	3.88 d	4.40 c	4.73 e	5.08 d	5.36 d	
	5	1.68 e	2.21 e	2.77 d	3.36 e	3.85 d	4.29 c	4.99 de	5.40 cd	5.89 cd	
<i>Aeromonas</i> sp. isolat ER10I	20	1.98 a	2.92 ab	3.98 a	4.92 ab	5.72 a	6.40 a	6.84 ab	7.48 a	7.76 ab	
	10	1.89 abc	2.82 bc	3.74 b	4.72 abc	5.57 ab	6.32 a	6.82 ab	7.52 a	7.74 ab	
	5	1.84 bcd	2.76 bc	3.66 b	4.56 de	5.22 bc	5.72 ab	6.06 bc	6.52 ab	6.74 bc	
Kontrol (-)		1.98 a	2.82 bc	3.78 b	4.66 bcd	5.60 ab	6.18 a	6.98 a	7.50 a	7.78 ab	
Kontrol (+)		0.62 f	0.88 f	1.14 e	1.34 f	1.72 e	2.00 d	2.24 f	2.50 e	2.74 e	

Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan)

tanah steril juga menunjukkan penekanan tingkat infeksi sebesar 60.5% dan 52.6% serta uji pertumbuhan pada medium agar-agar air sebesar 59.6% dan 54.0%. (Tabel 7).

PEMBAHASAN

Penelitian untuk memperoleh bakteri endofit dari tanaman jagung telah banyak dilakukan. Fisher *et al.* (1992) melaporkan bakteri endofit yang diisolasi dari batang jagung ialah *P. corrugata*, *P. fluorescens*, *P. marginalis*, *Enterobacter agglomerans*, *Vibrio* sp., *Klebsiella terrigena*. Demikian juga bakteri endofit *Bacillus* sp., *Cellulomonas* sp., *Kurtia* sp., *Microbacterium* sp., *Pediococcus*

sp., dan *Pseudomonas* sp. (Orole dan Adejumo 2011). Liu *et al.* (2012) melaporkan isolat bakteri endofit berasal dari benih jagung ialah bakteri genus *Burkholderia*, *Limnobacter*, *Pantoea*, dan *Undibacterium*.

Basak dan Lee (2002) melaporkan *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Fusarium* sp., *F. moniliforme*, *Penicillium* sp. merupakan cendawan patogen yang ditemukan berasosiasi dan menginfeksi benih jagung. *F. moniliforme* adalah cendawan patogen dengan tingkat infeksi tertinggi, yakni sebesar 47%.

Soesanto *et al.* (2010) melaporkan aplikasi bakteri *P. fluorescens* mampu menekan tingkat infeksi *F. oxysporum* sebesar 73.1–79.0%. *P. fluorescens* mengendalikan penyakit dengan

Tabel 6 Senyawa metabolit bakteri *Pseudomonas* sp. isolat ER1I menggunakan alat *Py-GC-MS* Shimadzu Type GCMS-QP2010 *Py-GC-MS*

Konsentrasi (%)	Nama Senyawa
2.61	Benzenesulfonic acid
1.73	2-Methyloxazole
1.09	Phenol
3.25	4-Oxo-9 oxabicyclo
4.99	4-Methyloxazole
0.93	Ethyl methacrylate
0.71	4,4-Dimethyl-.delta.2-cyclo
1.88	Cis-Non-3-Enol
1.16	Borinic acid
3.83	2,11-Dodecadien, 4-acetyloxy
1.24	2,11-Dodecadien
9.68	Cyclohexanone N,N-dimethylhydrazone
7.15	Formamide
1.76	Asam laurat
1.61	2,5-Dioxo-3-isopropyl-6-methylpiperazine
1.12	Catechol Tetramethylene
7.61	Trans-2-methyl-3-isopropylaziridine
4.80	2-(2'-Nitro-2'-propenyl)-1-cyclohexanone
3.32	1,4-Diaza-2,5-dioxo-3-isobutyl bicyclo[4.3.0]nonane
8.29	1,4-Diaza-2,5-dioxo-3-isobutyl bicyclo[4.3.0]nonane
3.02	1,4-Diaza-2,5-dioxo-3-isobutyl bicyclo[4.3.0]nonane
4.89	2,5-Piperazinedione, 3,6-bis(2-methylpropyl)-
5.52	1,4-Diaza-2,5-dioxo-3-isobutyl bicyclo[4.3.0]nonane
1.85	Methyl elaidate
1.46	Valerylpyrrolidine
2.99	1,4-Diaza-2,5-dioxo-3-isobutyl bicyclo[4.3.0]nonane
1.82	1,4-Diaza-2,5-dioxo-3-isobutyl bicyclo[4.3.0]nonane
4.11	3-Benzyl-1,4-diaza-2,5-dioxobicyclo[4.3.0]nonane
4.91	3-Benzyl-1,4-diaza-2,5-dioxobicyclo[4.3.0]nonane
0.67	2-Pyrrolidinone, 5-(ethoxymethyl)

Tabel 7 Kemampuan Senyawa Metabolit Bakteri Endofit dalam Menekan Infeksi *Fusarium* sp. secara *in Vivo*

Perlakuan	Uji kertas saring lembap		Uji pertumbuhan			
	Tingkat infeksi (%)	Penekanan tingkat infeksi (%)	Medium agar air		Tanah steril	
			Tingkat infeksi (%)	Penekanan tingkat infeksi (%)	Tingkat infeksi (%)	Penekanan tingkat infeksi (%)
Kontrol (-)	100.0	-	71.7	-	80.8	-
Kontrol (+)	93.0	7.0	33.3	53.5	51.0	34.2
ER1I 20%	35.0	65.0	29.0	59.5	31.9	60.5
ER1I 10%	60.0	40.0	33.0	54.0	36.0	52.6

induksi resistensi dan antibiosis. Selain itu bakteri endofit juga menghasilkan senyawa iturin, surfactin, dan kitinase yang menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium* sp. (Yuliar *et al.* 2013). Bakteri *P. fluorescens* dilaporkan mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum* secara *in vitro* sebesar 3.2–66.6% (Rahayuniati dan Mugiastuti 2012). Hasanuddin (2011), melaporkan *P. fluorescens* juga mampu menghambat pertumbuhan cendawan patogen *Rigidoporus lignosus*.

Sikloheksanon merupakan salah satu senyawa metabolit yang dikeluarkan oleh bakteri endofit *Pseudomonas* sp. isolat ER11. Sikloheksanon yang diisolasi dari cendawan endofit *Pestalotiopsis fici*, menunjukkan aktivitas anticendawan terhadap *A. fumigatus* (Liu *et al.* 2009). Selain sikloheksanon, senyawa fenol merupakan metabolit yang bersifat anticendawan. Winkelhausen *et al.* (2005) menyatakan senyawa fenol memiliki aktivitas anticendawan terhadap *F. culmorum*. Fenol dengan konsentrasi 0.10% dan 0.25% efektif menghambat pertumbuhan *F. culmorum*. Asam laurat merupakan asam lemak jenuh yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri dan anticendawan. Senyawa asam lemak menyebabkan peningkatan fluiditas membran yang akan mengakibatkan kebocoran intrasel dan kematian sel patogen, selain itu juga menghambat sintesis protein patogen.

Senyawa metabolit bakteri endofit *Pseudomonas* sp. isolat ER11 asal jagung, mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. yang terbawa benih dan juga efektif dalam menekan tingkat infeksi *Fusarium* sp. pada benih dan tanaman jagung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dirjen DIKTI melalui Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN)

DAFTAR PUSTAKA

Basak AB, Lee MW. 2002. Prevalence and transmission of seed-borne fungi of maize grown in a farm of Korea. *Mycobiology*.

30(1):47–50. DOI: <https://doi.org/10.4489/MYCO.2002.30.1.047>.

[BPSB] Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih IV. 2013. Laporan tahunan evaluasi Pelaksanaan Kegiatan UPT. BPSB THP Satuan Kerja Dinas Pertanian Provinsi Sumatera Utara. Medan (ID): BPSB.

Barnett HL, Hunter BB. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Ed ke-4. New York (US): APS Press.

Elita A, Saryono S, Christine J. 2013. Penentuan waktu optimum produksi antimikrob dan uji fitokimia ekstrak kasar fermentasi bakteri endofit *Pseudomonas* sp. dari umbi tanaman dahlia (*Dahlia variabilis*). *J Ind Che Acta*. 3(2):56–62.

Fisher PJ, Petrini O, Scott HM. 1992. The distribution of some fungal and bacterial endophytes in maize (*Zea Mays* L.). *New Phytol*. 122: 299–305. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1992.tb04234.x>.

Hasanuddin. 2011. Uji aktivitas antibiosis *Pseudomonas fluorescent* terhadap *Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) Imazeki penyebab penyakit akar putih. *J HPT Tropika*. 11(1):87–94.

ISTA. 1996. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci Technol*. 24: 39–42.

Liu L, Liu S, Chen X, Guo L, Che Y. 2009. Pestalofones A-E, bioactive cyclohexanone derivatives from the plant endophytic fungus *Pestalotiopsis fici*. *Bioorg Med Chem*. 2(17):606–613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2008.11.066>.

Liu Y, Zuo S, Zuo Y, Wang J, Song W. 2012. Investigation on diversity and population succession dynamics of endophytic bacteria from seeds of maize (*Zea mays* L., Nongda108) at different growth stages. *Ann Microbiol*. 63(1):71–79. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13213-012-0446-3>.

Niaz I, Dawar S. 2009. Detection of seed borne mycoflora in Maize (*Zea Mays* L.). *Pak J Bot*. 41(1):443–451.

Octaviani ER. 2015. Potensi *Trichoderma harzianum* dan *Gliocladium* sp. untuk pengendalian *Botryodiplodia* sp. pada Jabon (*Anthocephalus cadamba*) [tesis]. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.

- Orole OO, Adejumo TO. 2011. Bacterial and fungal endophytes associated with grains and roots of maize. *J Ecol Natur Environ.* 3(9):298–303.
- Popovsky S, Celar FA. 2013. The impact of environmental factors on the infection of cereals with *Fusarium* species and mycotoxin production – a review. *Acta Agr Sloven.* 101(1):105–116. DOI: <https://doi.org/10.2478/acas-2013-0012>.
- Rahayuniati RF, Mugiastuti E. 2012. Keefektifan *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* mengendalikan *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* dan *Meloidogyne* sp. penyebab penyakit layu pada tomat secara *in vitro*. *J Pembangunan Pedesaan.* 12(1):65–70.
- Reddy BP, Reddy MS, Kumar KVK. 2009. Characterization of antifungal metabolites of *Pseudomonas fluorescens* and their effect on mycelial growth of *Magnaporthe grisea* and *Rhizoctonia solani*. *Int J Pharm Tech Res.* 4(1):1490–1493.
- Soesanto L, Mugiastuti E, Rahayuniati RF. 2010. Kajian mekanisme antagonis *Pseudomonas fluorescens* P60 terhadap *Fusarium oxysporum* F.SP. *Lycopersici* pada tanaman tomat *in vivo*. *JHPT Tropika.* 10(2):108–115.
- Winkelhausen E, Pospiech R, Laufenberg G. 2005. Antifungal activity of phenolic compounds extracted from dried olive pomace. *Bull Chemists Technol Macedonia.* 24(1):41–46.
- Yuliar, Suciati, Supriyati D, Rahmansyah M. 2013. Biodiversity of endophytic bacteria and their antagonistic activity to *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporium*. *Global J Biol Agric Health Sci.* 2(4):111–118.
- Zecchin VJS, Ikeda AC, Hungria M, Adamoski D, Cordeiro VK. 2014. Identification and characterization of endophytic bacteria from corn (*Zea mays* L.) roots with biotechnological potential in agriculture. *AMB Express.* 4(26):1–9.