



POTENSI ANTAGONIS ISOLAT BAKTERI *Bacillus* spp. ASAL RIZOSFER TANAMAN LADA (*Piper nigrum* L.) SEBAGAI AGEN PENGENDALI JAMUR *Fusarium* sp. JDF

ANTAGONISTIC POTENTIAL OF *Bacillus* spp. BACTERIA ISOLATE FROM PEPPER PLANT (*Piper nigrum* L.) RHIZOSPHERE AS CONTROLLING AGENT OF *Fusarium* sp. JDF FUNGUS

Florianus Flori, Mukarlina, Rahmawati

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat, 78124, Indonesia

Corresponding author: florifaizal@gmail.com

Abstrak

Jamur *Fusarium* merupakan salah satu jamur patogen penyebab penyakit kuning pada tanaman lada (*Piper nigrum* L.). Alternatif pengendalian dapat dilakukan dengan memanfaatkan bakteri *Bacillus* spp. yang terdapat di rizosfer tanaman lada. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri *Bacillus* spp. dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium* sp. JDF melalui uji *in vitro*. Penelitian dilaksanakan dari bulan Oktober 2018 sampai Agustus 2019 di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Uji antagonis secara *in vitro* menggunakan metode kultur ganda pada media TSA (*Trypticasein soy agar*). Hasil uji antagonis secara *in vitro* menunjukkan bahwa isolat bakteri *Bacillus* sp. BRF4 memiliki kemampuan daya hambat sebesar 13,92 mm dengan kategori penghambatan kuat terhadap jamur *Fusarium* sp. JDF.

Kata kunci : *Bacillus*, *Fusarium* sp. JDF, Lada (*Piper nigrum* L.), Uji Antagonis

Abstract

Fungus *Fusarium* is one of the pathogenic fungi that cause yellow disease in pepper plant (*Piper nigrum* L.). Alternative fungus disease control can be done by utilizing the *Bacillus* bacteria from pepper rhizosphere. This study aims to examine the activity of *Bacillus* in inhibiting the growth of *Fusarium* sp. JDF through *in vitro* assays. This study was conducted in October 2018 until August 2019 at Microbiology Laboratory, Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Science, Tanjungpura University, Pontianak. *in vitro* antagonistic test were done by dual culture method in TSA (*Trypticasein soy agar*) media. The results of the *in vitro* antagonistic test bacteria showed *Bacillus* sp. BRF 4 has the ability to inhibit by 13, 92 mm and categorized as strong inhibition against *Fusarium* sp. JDF.

Keyword: Antagonist test, *Bacillus*, *Fusarium* sp. JDF, Pepper (*Piper nigrum* L.)

Pendahuluan

Tanaman lada (*Piper nigrum* Linn.) merupakan jenis rempah yang memiliki nilai ekonomi, sehingga menjadi salah satu komoditi penting di dunia (Suwanto dan Octavianty, 2010). Salah satu daerah sentra produksi utama tanaman lada di Indonesia adalah Kalimantan Barat (Dinas Perkebunan Kalimantan Barat, 2014). Produksi lada di Kalimantan Barat pada tahun 2013 sebesar 3.470 ton dengan luas areal tanam 7.107 ha, sedangkan, pada tahun 2014 produksi lada mengalami penurunan menjadi 3.416 ton dengan luas areal tanam 7.229 ha (Dinas Perkebunan Kalimantan Barat, 2014). Penurunan produksi tanaman lada tersebut disebabkan oleh adanya serangan hama dan penyakit tanaman (Balai proteksi Tanaman Perkebunan Pontianak, 2018).

Penyakit utama yang sering menyerang tanaman lada adalah penyakit kuning. Penyakit kuning merupakan salah satu penyakit penting, disebabkan oleh jamur anggota genus *Fusarium* yang masuk ke dalam jaringan tumbuhan akibat luka yang ditimbulkan nematoda (Mustika, 1990 ; Tombe, 2013). Serangan nematoda pada akar memudahkan infeksi jamur anggota genus *Fusarium* berkembang dalam jaringan vaskular, mulai dari akar menuju batang (Agrios, 2005). Munif dan Sulistiawati (2014) melaporkan bahwa penyakit kuning merusak pertanaman lada di wilayah Bangka hingga mencapai 41%. Suryanti *et al.* (2013) menyatakan bahwa persentase kejadian penyakit kuning yang terjadi di wilayah Kalimantan Barat mencapai 70 % di daerah Kabupaten Bengkayang dan 5 % di daerah Kabupaten Mempawah. Berdasarkan data dari Balai Proteksi Tanaman Perkebunan Pontianak (2018), luas serangan penyakit kuning di Kalimantan Barat mencapai 228,9 ha dari total luas tanaman 8.777 ha.

Upaya pengendalian yang dilakukan petani lada untuk mengendalikan penyakit kuning adalah menggunakan pestisida sintetik. Penggunaan pestisida sintetik yang dilakukan secara terus-menerus dapat menyebabkan patogen menjadi resisten, membunuh mikroba tanah yang bermanfaat, mencemari lingkungan, dan memberikan efek residu pada produk (Munif dan Harni, 2011). Pengendalian dengan pemanfaatan mikroorganisme antagonis merupakan salah satu alternatif yang saat ini banyak diteliti dan digunakan sebagai agen pengendali penyakit tanaman patogen tular tanah (Agrios, 2005; Soenartiningih,*et al.*(2011). Bakteri *Bacillus* berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai agen pengendali penyakit tanaman. Kemampuannya dalam menghasilkan berbagai senyawa metabolit seperti *basilin*,*basitrasin*, *basilomisin*, *difisidin*, *oksidifisidin*, *lesitinase*, *subtilisin* dan *fengymycin* berperan dalam menghambat agen penyakit tanaman (Stein, 2005). Selain itu juga dapat menghasilkan enzim kitinase yang dapat merusak dinding sel jamur (Hutauruk *et al.* 2016) serta kemampuannya dalam membentuk endospora (Klopper *et al.*, 1999).

Berdasarkan hasil penelitian Sutariati dan Wahab (2010) melaporkan bahwa isolat bakteri anggota spesies *Bacillus* sp. yang diisolasi dari rizosfer tanaman cabai, mampu menghambat pertumbuhan jamur anggota spesies *Colletotrichum capsici* pada tingkat >40% dan anggota spesies *Fusarium oxysporum* pada tingkat >20 % serta jamur anggota spesies *Sclerotium rolsfii* Sacc.pada tingkat 52,8 % pada tanaman kedelai (Abidin *et al.*, 2015).Ajilogba *et al.*(2013) menambahkan bahwa bakteri strain isolat anggota spesies *Bacillus amyloliquefaciens* mampu menghambat pertumbuhan anggota spesies *Fusarium solani* sebanyak 95,2 % pada tanaman tomat. Penelitian mengenai peran bakteri anggota genus *Bacillus* sebagai agen pengendali jamur anggota genus *Fusarium* pada tanaman lada di Kalimantan Barat belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui kemampuan bakteri anggota genus *Bacillus* dalam menghambat pertumbuhan jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Oktober 2018 hingga Agustus 2019. Lokasi pengambilan sampel berada di Desa Sungai Jaga, Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. Isolasi, identifikasi serta pengujian antagonis jamur dan bakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri atas aluminium foil, autoklaf, *Biological Safety Cabinet* (BSC), bunsen burner, cawan petri, *cooler box*, enkas, erlenmeyer, gelas piala, gelas objek, gelas ukur, *hot plate stirrer*, inkubator, jarum ose, kamera, kapas, keranjang, kertas label, kertas sampul, kulkas, *magnetic stirrer*, mikroskop, penggaris, pipet tetes, pH meter, pisau, plastik pembungkus, rak tabung reaksi, *rotary shaker*, rak tabung reaksi, spatula, spuit, sendok semen, timbangan analitik, *test tube*, termometer tanah dan vorteks.

Bahan yang digunakan terdiri atas agar, akuades, alkohol 70%, batang lada yang bergejala sakit, hidrogen peroksida (H_2O_2) 3%, kentang, larutan *lactophenol cotton blue*, larutan kristal violet, larutan alkohol aseton 96 %, larutan iodine, larutan safranin, media NA (*Nutrient Agar*), media TSB (*Trypticasein Soy Broth*), media TSA (*Trypticasein Soy Agar*) minyak emersi, media O/F (oksidatif-fermentatif), media TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*) siprofloksasin, Na-hipoklorit 0,5%, sampel tanah di sekitar perakaran tanaman lada yang sehat, dan kertas oksidase.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 kali ulangan sehingga diperoleh 20 unit percobaan. Adapun uraian mengenai perlakuan tersebut yaitu :

P0 : Kontrol

P1 : *Bacillus* sp. BRF1 vs *Fusarium* sp. JDF.

P2 : *Bacillus* sp. BRF2 vs *Fusarium* sp. JDF.

P3 : *Bacillus* sp. BRF3 vs *Fusarium* sp. JDF.

P4 : *Bacillus* sp. BRF4 vs *Fusarium* sp. JDF.

Prosedur Kerja

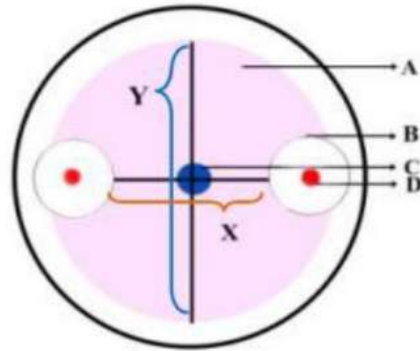
Pembuatan Media TSA (*Trypticasein Soy Agar*)

Pembuatan media dilakukan dengan menimbang media TSA sebanyak 40 gram. Kemudian media yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam gelas piala dan ditambahkan akuades sebanyak 1000 ml. Selanjutnya gelas piala yang berisi serbuk TSA dan akuades ditutup menggunakan aluminium foil, kemudian dipanaskan di atas hotplate hingga mendidih. Selanjutnya media dipindahkan ke dalam erlenmeyer untuk disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu $121^\circ C$ dengan tekanan 1 atm.

Uji Antagonis *Bacillus* spp. terhadap *Fusarium* sp. secara in vitro

Pengujian mengacu pada Suryanto *et al.* (2016) yaitu dengan menggunakan metode kultur ganda (*dual culture*) yang telah dimodifikasi menggunakan media TSA. Koloni murni bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. di inokulasi pada media TSB dan di shaker selama 24 jam. Selanjutnya kertas saring dengan diameter 0,5 cm di rendam pada suspensi bakteri (10^8 sel/mL) selama 30 menit dan diletakkan pada 2 titik tepi cawan yang berisi media TSA dengan jarak 3 cm dari koloni isolat anggota spesies

Fusarium sp. yang diletakan pada bagian tengah cawan petri dengan ukuran koloni sebesar 0,5 cm (Gambar 1. a). Perlakuan kontrol, yaitu dengan menumbuhkan koloni isolat jamur anggota spesies *Fusarium* sp. tanpa dipasangkan dengan isolat bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. Cawan petri selanjutnya diinkubasi dan pengukuran diameter pertumbuhan diukur setiap hari selama 7 hari. Adanya interaksi antagonis ditandai dengan terbentuknya zona hambat antara isolat bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. dengan isolat jamur anggota spesies *Fusarium* sp.



Gambar 1. Penempatan isolat bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. terhadap isolat jamur anggota spesies *Fusarium* sp. pada cawan petri. A. koloni jamur *Fusarium* sp., B. Zona hambat bakteri terhadap jamur, C. Titik tengah jamur, D. Koloni Bakteri *Bacillus* sp., X. Diameter koloni jamur yang terhambat pertumbuhannya, Y. Diameter Koloni jamur normal (Suryanto *et al.*, 2016).

Besarnya pesentase daya hambat Perhitungan persentase daya hambat menggunakan rumus:

$$\text{Daya Hambat} = \left(\frac{y-x}{2} \right)$$

Keterangan :

Y = Diameter koloni normal jamur anggota spesies *Fusarium* sp.

X = Diameter koloni jamur yang terhambat pertumbuhannya.

Menurut David dan Stout (1971), kemampuan antagonisme dikelompokkan menjadi empat kategori penghambatan berdasarkan diameter daya hambat yaitu :

1. Kategori Sangat Kuat = (> 20 mm)
2. Kategori Kuat = (11-20 mm)
3. Kategori Sedang = (6-10 mm)
4. Kategori Lemah = (\leq 5 mm).

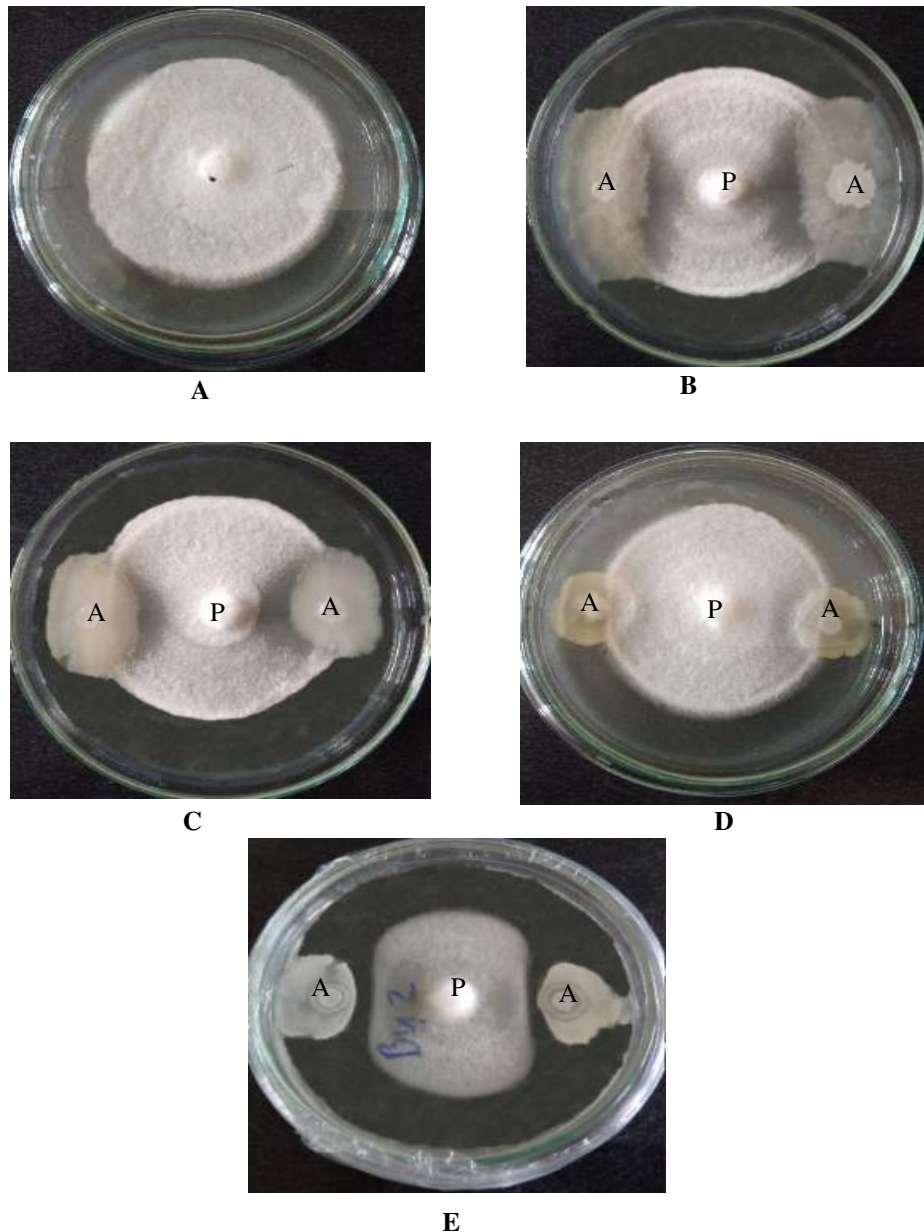
Analisis data

Data hasil perhitungan daya hambat yang diperoleh disajikan dalam bentuk gambar (foto), deskripsi dan tabel. Data yang diperoleh dari uji antagonis secara *in vitro* kemudian di hitung nilai rata-rata diameter daya hambat.

Hasil dan Pembahasan

Uji antagonis isolat bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. terhadap jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF

Hasil uji antagonis secara in vitro pada hari ke 7 antara isolat bakteri anggota genus *Bacillus* terhadap isolat jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF pada media TSA (*Trypticasein Soy Agar*) menunjukkan adanya zona penghambatan pada perlakuan (Gambar 2).



Gambar 2. Hasil uji antagonis bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. terhadap jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF. (A) Kontrol, (B). (P1) *Bacillus* sp. BRF1 vs *Fusarium* sp. JDF, (C). (P2) *Bacillus* sp. BRF2 vs *Fusarium* JDF, (D). (P3) *Bacillus* sp. BRF3 vs *Fusarium* JDF, (E). (P4) *Bacillus* sp. BRF4 vs *Fusarium* sp. JDF.

Berdasarkan hasil pengukuran diameter daya hambat isolat bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. terhadap jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF, diameter daya hambat tertinggi dengan kategori penghambat kuat yaitu pada perlakuan P4 sebesar 13,92 mm, kategori penghambatan sedang 9,26 mm pada perlakuan P2 dan diameter daya hambat yang rendah yaitu pada perlakuan P1 dan P3 memiliki diameter daya hambat 3,61 mm dan 1,52 mm dengan kategori penghambatan lemah (Tabel 1).

Tabel 1. Rerata Diameter Daya Hambat Isolat Bakteri Anggota Spesies *Bacillus* spp. BRF Terhadap Jamur *Fusarium* sp. JDF pada hari ke 7

Perlakuan	Rerata Diameter Daya Hambat (mm)	Kategori Penghambatan
Kontrol	0,00	Tidak ada penghambatan
P1 (<i>Bacillus</i> sp. BRF1 vs <i>Fusarium</i> sp. JDF)	3,61	Lemah
P2 (<i>Bacillus</i> sp. BRF2 vs <i>Fusarium</i> sp. JDF)	9,26	Sedang
P3 (<i>Bacillus</i> sp. BRF3 vs <i>Fusarium</i> sp. JDF)	1,52	Lemah
P4 (<i>Bacillus</i> sp. BRF4 vs <i>Fusarium</i> sp. JDF)	13,92	Kuat

Keterangan: Kategori lemah (≤ 5 mm), kategori sedang (6-10 mm), kategori kuat (11-19 mm) dan kategori sangat kuat (> 20 mm).

Berdasarkan hasil uji antagonis, semua isolat bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. mampu menekan pertumbuhan jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF (Gambar 2) dengan diameter daya hambat yang berbeda-beda. Kondisi ini menunjukkan bahwa bakteri anggota spesies *Bacillus* memiliki kemampuan sebagai agen antagonis bagi jamur patogen melalui kemampuannya menghasilkan beberapa senyawa penghambat pertumbuhan. Purwanti *et al.* (2005) mengemukakan bahwa senyawa penghambat yang dihasilkan oleh bakteri antagonis dapat berfungsi dalam mendegradasi dinding sel jamur, memengaruhi permeabilitas membrane sel, inhibitor enzim jamur dan menghambat sintesis protein.

Berdasarkan hasil pengamatan pada perlakuan P4 (*Bacillus* sp. BRF4 vs *Fusarium* sp. JDF) memiliki diameter daya hambat tertinggi yaitu 13,92 mm dengan kategori kuat, sedangkan perlakuan P2 (*Bacillus* sp. BRF2 vs *Fusarium* sp. JDF) memiliki diameter daya hambat 9,26 mm dengan kategori sedang dan pada perlakuan P1 (*Bacillus* sp. BRF1 vs *Fusarium* sp. JDF) dan P3 (*Bacillus* BRF3 vs *Fusarium* sp. JDF) memiliki diameter daya hambat yang rendah yaitu 3,61 mm dan 1,52 mm dengan kategori lemah (Tabel 1). Perbedaan diameter daya hambat pada masing-masing perlakuan diduga disebabkan oleh kemampuan isolat bakteri menghasilkan senyawa penghambat yang berbeda-beda. Pitasari dan Ali (2018) menyatakan bahwa perbedaan daya hambat yang dihasilkan oleh bakteri dapat terjadi karena adanya perbedaan jenis dan jumlah metabolit sekunder bersifat menghambat yang dihasilkan oleh masing-masing isolat.

Isolat bakteri anggota genus *Bacillus* dikenal sebagai bakteri yang memiliki kemampuan dalam menghasilkan metabolit sekunder berupa antibiotik. Madigan *et al.* (2005) melaporkan beberapa strain bakteri anggota genus *Bacillus* dapat menghasilkan senyawa antibiotik antara lain *basitrasin*, *mycobacilin*, *zwittermicin*, *sublilisin*, dan *pumilin*. Menurut Stein *et al.* (2004) strain bakteri anggota spesies *B. subtilis* diketahui mampu memproduksi lebih dari 24 jenis senyawa antibiotik, beberapa di antaranya yaitu *subtilin*, *ericin*, *mersacidin*, *sublancin*, dan *subtilosin A*. Selain itu Yuliar (2008) juga menambahkan bahwa senyawa antibiotik yang dihasilkan oleh strain anggota spesies *Bacillus* sp. KB2 adalah *iturin* dan *surfaktin*.

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada perlakuan P4 dengan kategori penghambatan yang kuat menunjukkan bahwa pertumbuhan jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF cenderung mengecil dan terdapat jarak pemisah antara isolat BRF4 dengan jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF (Gambar 2 E, Tabel 1). Kondisi ini dapat disebabkan kemampuan bakteri isolat BRF4 yang lebih kuat dalam menghambat pertumbuhan jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF dengan cara merusak struktur hifa jamur. Hal ini sesuai dengan pendapat Eliza *et al.* (2007), Nasiroh *et al.* (2015), dan Widiyanti *et al.* (2018), menyatakan bahwa ketika terjadi kontak antara bakteri antagonis dengan jamur patogen maka bakteri antagonis akan mengeluarkan senyawa yang mengakibatkan pemendekan dan pembengkakan hifa. Hal tersebut dipertegas oleh Widiyanti (2008) bahwa terbentuknya jarak pemisah antara bakteri antagonis dengan jamur patogen membuktikan bakteri mampu menghasilkan senyawa penghambat bagi pertumbuhan patogen.

Perlakuan P1 dan P3 memiliki diameter daya hambat yang rendah dan dikategorikan sebagai penghambatan yang lemah (Tabel 1, Gambar 2 B dan D), hal ini diduga kedua isolat tersebut menghasilkan senyawa antibiotik dalam jumlah yang mengakibatkan senyawa tersebut bersifat toksik sehingga akan menghambat bahkan dapat membunuh bakteri itu sendiri. Hal tersebut dibuktikan oleh Marwan *et al.* (2011) ; Pitasari dan Ali (2018) yang menyatakan bahwa jumlah senyawa antibiotik yang dihasilkan oleh bakteri dapat berpengaruh negatif bagi bakteri itu sendiri atau mengakibatkan populasi bakteri menurun serta kemampuan untuk menghambat pertumbuhan patogen menjadi rendah. Saputra *et al.* (2015) menambahkan bahwa perbedaan diameter daya hambat juga dapat dipengaruhi oleh perbedaan fisiologis bakteri dalam memanfaatkan nutrisi pada media. Beberapa bakteri dapat memanfaatkan nutrisi untuk menghasilkan senyawa antibiotik dan beberapa bakteri memanfaatkan nutrisi untuk pertumbuhannya.

Selain karena faktor antibiotik, aktivitas penghambatan bakteri anggota genus *Bacillus* terhadap jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF diduga melibatkan beberapa mekanisme penghambatan, diantaranya kompetisi ruang dan nutrisi, sintesis senyawa volatil, enzim ekstraseluler dan metabolit sekunder lainnya yang dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen (Astuti, 2008). Kumar *et al.* (2012) melaporkan bahwa strain bakteri anggota spesies *Bacillus* BPR7 mampu menghambat enam jamur anggota spesies *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani* dan *Colletotricum* sp. dengan beberapa mekanisme penghambatan.

Kemampuan aktivitas penghambatan lainnya oleh bakteri anggota genus *Bacillus* dapat pula dengan cara memproduksi enzim ekstraseluler. Enzim ekstraseluler seperti β -glukanase, kitinase dan protease mampu mendegradasi dinding sel jamur. Menurut Wang *et al.* (2005) enzim kitinase merupakan enzim hidrolitik yang dapat menghidrolisis ikatan β -1,4 antarsubunit *N*-asetilglukosamin (NAcGlc) pada polimer kitin yang merupakan salah satu komponen penting dinding sel jamur. Penelitian yang dilakukan Huang *et al.* (2005) melaporkan bahwa strain bakteri anggota spesies *B. cereus* 2-89 dapat memproduksi enzim kitinase yang dapat melisis dinding sel jamur anggota spesies *Botrytis elliptica*. Selain itu Gao *et al.* (2017) membuktikan bahwa strain bakteri anggota spesies *B. velezensis* ZSY-1 juga mampu menghasilkan berbagai senyawa volatil seperti 2-tridecanone, pyrazine(2,5-dimethyl), benzothiazole, dan fenol (4-kloro-3-metil yang berperan dalam menahan pembentukan koloni jamur *Alternaria solani* dan *Botrytis cinerea*.

Hasil penelitian Prihatiningsih *et al.* (2017) melaporkan bahwa strain bakteri anggota spesies *B. subtilis*. B298 dapat menghasilkan senyawa lain seperti siderofor tipe catechol dan hydroxamat yang berperan dalam menghambat jamur anggota spesies *Colletotrichum gloeosporioides* dan *Ralstonia solanacearum*. Senyawa siderofor merupakan senyawa pengkelat ion besi yang dikeluarkan dari sel bakteri

untuk mengikat ion besi lainnya, sehingga ion besi tidak tersedia bagi patogen dan menghambat perkembangan patogen (Neilands dan Nakamura, 1991). Kondisi ini menunjukkan bahwa mekanisme dari masing-masing senyawa metabolit yang dihasilkan oleh bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. diduga memiliki peran penting dalam menekan pertumbuhan jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF.

Kesimpulan

Semua isolat bakteri anggota spesies *Bacillus* spp. yang diisolasi dari rizosfer tanaman lada (*Piper nigrum* Linn.) mampu menghambat pertumbuhan jamur anggota spesies *Fusarium* sp. JDF. Isolat bakteri anggota spesies *Bacillus* sp. BRF4 memiliki diameter daya hambat yang tinggi yaitu 13,92 mm dengan kategori penghambatan kuat.

Daftar Pustaka

- Abidin, Z., Aini, Q.L., & Abadi, LA., 2015. Pengaruh Bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. Terhadap Pertumbuhan Jamur Patogen *Sclerotium rolfsii* Sacc. Penyebab Penyakit Rebah Semai pada Tanaman Kedelai. *Jurnal HPT*, 3(1): 1-10.
- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology, 5th Edition. Elsevier Academic Press. New York.
- Ajilogba, CF., Babalola, OO., & Ahmad F., 2013. Antagonistic Effects of *Bacillus* Species in Biocontrol of Tomato *Fusarium* Wilt. *Ethno Medicine.*, 7:205–216.
- Astuti, PR. 2008. *Rizobakteria Bacillus sp. asal tanah rizosfer kedelai yang berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman.* (Tesis) Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Balai Proteksi Tanaman Perkebunan Pontianak (BPTP). 2018. Laporan Triwulan Gangguan Hama dan Penyakit Tanaman Perkebunan. BPTP. Pontianak.
- Davis & Stout, 1971, Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay. *Journal of Microbiology.*, 22 (4): 659-665.
- Dinas Perkebunan Kalimantan Barat. 2014. Pembangunan Perkebunan di Kalimantan Barat. Dinas Perkebunan Kalimantan Barat. Pontianak.
- Eliza, M.A., Djatnika, I. & Widodo. 2007. Karakter Fisiologis dan Peranan Antibiosis Bakteri Perakaran Graminae Terhadap *Fusarium* dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman Pisang. *J. Hort.*, 17 (2):150-160.
- Gao, Z., Zhang, B., Liu., H., Han, J., & Zhang, Y. 2017. Identification of Endophytic *Bacillus velezensis* ZSY-1 Strain and Antifungal Activity of Its Volatile Compounds Against *Alternaria solani* and *Botrytis cinerea*. *Biol. Control.*, 105:27-39.
- Hutauruk, D., Suryanto., D & Munir, E., 2016. Asal Isolat Bakteri Kitinolitik *Bacillus* sp. BK17 pada Media Pembawa Tanah Gambut dan Kompos Janjang Kelapa Sawit

dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur Patogen *Sclerotium rolfsii* dan *Fusarium Oxysporum* pada Kecambah Cabai. *Jurnal HPT Tropika.*, 16 (1):61-70.

Huang, C., Wang, T., Chung, S & Chen, C, 2005. Identification of an Antifungal Chitinase From A Potential Biocontrol Agent *Bacillus cereus* 28-9. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology.*, 38(1): 82-88.

Kloepper, J.W. 1999. Plant Root Bacterial Interaction on Biological Control of Soilborn Disease and Potensial Extension to Systemic An Foliar Disease. *Austral Plant Pathol.*, 28: 21-26.

Kumar, P., Dubey, C.R., & Maheshwari. 2012. *Bacillus* strains isolated from rhizosphere showed Plant growth Promoting and Antagonistic Activity Against Phytopathogens. *Microbiological Research.*, 167: 493-499.

Madigan, M.T & Martinko J.M. 2005. Brock Biology of Microorganisms 11th ed. Prentice Hall. New Jersey.

Marwan, H., Sinaga, M.S., Giyanto & Nawangsih, A.A. 2011. Isolasi dan Seleksi Bakteri Endofit untuk Pengendalian Penyakit Darah pada Tanaman Pisang. *Jurnal HPT Tropika.*, 11 (2): 113-121.

Munif, A, & Harni, R. 2011. Keefektifan Bakteri Endofit untuk Mengendalikan Nematoda Parasit *Meloidogyne Incognita* pada Tanaman Lada, *Buletin Ristri*, 2 (3): 377-382.

Munif A, & Sulistiawati, I. 2014. Pengelolaan Penyakit Kuning pada Tanaman Lada Oleh Petani di Wilayah Bangka. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 10 (1): 8-16.

Mustika, I, 1990, *Studies on the Interactions of Meloidogyne incognita, Radopholus similis and Fusarium solanion Black Pepper (Piper nigrum L.)*, Disertation. Wageningen: Landbouwniversitet.

Nasiroh, U.G., Isnawati & Trimulyono. 2015. Aktivitas Antifungi *Serratia marcescens* terhadap *Alternaria porri* Penyebab Penyakit Bercak Ungu Secara In Vitro. *Jurnal Biologi*, 4 (1): 13-18.

Neilands, J.B & Nakamura K. 1991. Detection, Determination, Isolation Characterization and Regulation of Microbial Iron Chelates. In. Winkelmann G. Handbook of Microbial Iron Chelates. CRC Press. London.

Pitasari, A., & Ali, M. 2018. Isolasi dan Uji Antagonis Bakteri Endofit dari Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap Jamur *Alternaria porri* Ellis Cif. *JOM Faperta*, 5 (1):1-12.

Prihatiningsih, N., Djatmiko, A.H., & Lestari, P. 2017. Aktivitas Siderofor *Bacillus subtilis* Sebagai Pemacu Pertumbuhan dan Pengendali Patogen Tanaman Terung. *Jurnal HPT Tropika*, 17 (2): 170-178.

Purwanti, S, Pujiyanto S., & Ferniah R., 2005. Uji Efektivitas Bakteri Kitinolitik sebagai Pengendali Pertumbuhan Kapang Patogen Penyebab Penyakit Utama Tanaman Sayuran dan Potensinya sebagai Bahan Biofungisida Ramah Lingkungan. Laporan penelitian. Universitas Diponegoro. Semarang.

- Saputra, R., Arwiyanto, T., & Wibowo, A., 2015. Uji aktivitas Antagonistik Beberapa Isolat *Bacillus spp.* terhadap Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada Beberapa Varietas Tomat dan Identifikasinya, *Prosiding Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 1(5): 1116-1122.
- Soenartiningasih, M.S, Pabbage, & Dhaenuddin, N, 2011, *Penggunaan Inokulum Antagonis (Trichoderma dan Gliocladium) dalam Menekan Penyakit Busuk Pelepah pada Jagung*, Prosiding Seminar Nasional Serealia, 478-484.
- Suryanti, Hadisutrisno, B., Mulyadi & Widada, J. 2013. Survei Sebaran Penyakit Kuning Lada dan Patogen yang Berasosiasi. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 9 (2): 60-63.
- Suryanto, D., Yeldi., N, & Munir E, 2016. Antifungal Activity of Endophyte Bacterial Isolates From Torch Ginger (*Etilingera elictor* (Jack.) RM Smith) Root to Some Pathogenic Fungal Isolate. *International Journal of Pharm Tech Research*, 9 (8): 340-347.
- Sutariati, GAK, & Wahab, A, 2010, Isolasi dan Uji Kemampuan Rizobakteri Indigenous sebagai Agensia Pengendali Hayati Penyakit pada Tanaman Cabai. *Jurnal Hortikultura*, 20 (1): 86-95.
- Suwarto & Octavianty, Y. 2010. *Budidaya Tanaman Perkebunan Unggulan. Penebar Swadaya*. Jakarta.
- Stein, T, 2005, *Bacillus subtilis* Antibiotics: Structures Syntheses and Specific Functions, *Molecular Microbiology*, 56 (4): 854-857.
- Tombe, M., 2013. Potensi Rhizobakteri Pemacu Tumbuh Tanaman Sebagai Agen Pengendali Hayati Penyakit Tanaman Perkebunan Yang Ramah Lingkungan. *Perspektif.*, 12(2): 91-100.
- Wang, S.J, Wu, P., Rao, & Ye, X. 2005. A Chitinase with Antifungal Activity from The Mung Bean. *Protein Expr. Purif*, 40: 232-236.
- Widyawati, A, 2008, *Bacillus sp.* Asal Rizosfer Kedelai yang Berpotensi Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman dan Biokontrol Fungi Patogen Akar. (Tesis) Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Widiantini, F., Yulia, E., & Nasahi, C. 2018. Potensi Antagonisme Senyawa Metabolit Sekunder Asal Bakteri Endofit dengan Pelarut Metanol terhadap Jamur *G. boninense* Pat. *Jurnal Agrikultura.*, 29 (1): 55-60.
- Yuliar. 2008. Skrining Bioantagonistik Bakteri untuk Agen Biokontrol *Rhizoctonia solani* dan Kemampuannya dalam menghasilkan Surfaktin. *Biodiversitas.*, 9 (2): 83-86.