

POTENSI BAKTERI KITINOLITIK UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG LADA (*Phytophthora capsici*)

Rita Harni dan Widi Amaria

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357
balitri@gmail.com

(Diajukan tanggal 28 Nopember 2011, diterima tanggal 17 Februari 2012)

ABSTRAK

Salah satu kendala dalam peningkatan produktivitas lada adalah adanya serangan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici*, akibat infeksi patogen ini dapat menurunkan hasil lada 10-15% setiap tahunnya. Penelitian potensi bakteri kitinolitik untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang lada telah dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca Kelompok Peneliti Proteksi Tanaman Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri dari bulan Juni-November 2011. Bakteri kitinolitik yang digunakan merupakan isolat terbaik hasil seleksi bakteri kitinolitik di laboratorium. Isolat diisolasi dari beberapa tanaman yaitu lada, bintaro dan kelapa sawit. Isolat yang digunakan adalah: LP4, BP2, LB12, LB19, LB20, LB31, LL5, LL18, dan E10. Sebagai pembanding digunakan isolat bakteri kitinolitik TT2 yang sudah teruji keefektifannya. Penelitian terdiri dari 3 kegiatan yaitu (1) Analisis ekspresi kitinase, (2) Uji Antagonis bakteri kitinolitik terhadap *P. capsici* *in vitro*, dan (3) Pengujian isolat bakteri kitinolitik terhadap *P. capsici* pada tanaman lada di rumah kaca. Hasil penelitian diperoleh 4 isolat dengan aktivitas kitinase tinggi yaitu BP2, LB19, LL5, dan LL18, sedangkan 6 isolat lainnya mempunyai aktivitas kitinase rendah sampai sedang. Kemampuan antagonis ke-10 isolat bakteri kitinolitik terhadap *P. capsici* memperlihatkan daya antagonis yang sama yaitu 64,4-85,6%, tetapi pengaruhnya terhadap *P. capsici* di rumah kaca diperoleh 3 isolat (E10, BP2, LP4) yang potensial menekan penyakit BPB lada dengan intensitas serangan 34,33-43,97%, sedangkan pada kontrol 73,37%. Beberapa isolat bakteri kitinase dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman lada di banding dengan kontrol.

Kata Kunci : Lada, busuk pangkal batang, *P. capsici*, bakteri kitinolitik

ABSTRACT

Potential of chitinolytic bacteria to control *Phytophthora capsici* (foot rot disease) on black pepper. One of many problems in increasing productivity of black pepper is foot rot disease caused by *Phytophthora capsici*. This pathogen infection may reduce 10-15% of yields each year. A study on potential chitinolytic bacteria to control foot rot disease of black pepper was carried out at Laboratory and Greenhouse of Plant Protection, Indonesian Research Institute for Spice and Industrial Crops, from June to November 2011. Chitinolytic bacterial isolates used is the best ones of some selected chitinolytic bacteria. The isolates were isolated from different plants, namely black pepper, bintaro and palm oil. In these experiments isolates used were LP4, BP2, LB12, LB19, LB20, LB31, LL5, LL18, and E10, while its control was chitinolytic bacterial isolate TT2, an isolate having high effectiveness. The study consist of three activities: (1) Analysis of chitinase expression, (2) Test antagonists of chitinolytic bacteria against *P. capsici* *in vitro* (3) Testing of chitinolytic bacteria isolates against *P. capsici* on black pepper in greenhouse. Results have identified 4 isolates (BP2, LB19, LL5, and LL18) having high in chitinase expression, whereas six other isolates have low to medium in chitinase expression. Antagonistic ability against *P. capsici* from all isolates (10 isolates) showed the same inhibitory ranging from 64.4 to 85.6%, but its effect against *P. capsici* at greenhouse was obtained 3 isolates (E10, BP2, LP4) which have suppressive potential to foot rot disease of black pepper with attacks intensity of 34.33 to 43.97% level, while that of control was 73.37%. The ten isolates also increased better growth of black pepper compared with the control.

Keywords : black pepper, foot root, *Phytophthora capsici*, chitinolytic bacteria

PENDAHULUAN

Lada merupakan tanaman rempah yang mempunyai nilai ekonomi cukup tinggi. Ekspor lada Indonesia pada tahun 2000 mencapai 63.938 ton (37%) dari total ekspor dunia, yang terdiri dari 29.682 ton lada hitam dan 34.256 ton lada putih. Pada tahun 2006 terjadi penurunan ekspor yang sangat tajam, yaitu lada hitam \pm 19.000 dan lada putih hanya 13.000 (Ditjenbun, 2009).

Menurunnya produksi lada Indonesia salah satunya disebabkan oleh serangan penyakit busuk pangkal batang (BPB) yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici* (Manohara, 1988). Jamur ini merupakan patogen tular tanah yang dapat menyerang semua stadia tanaman, mulai dari pembibitan sampai tanaman yang sudah berproduksi. Di samping itu, *P. capsici* dapat bertahan dalam tanah dalam waktu yang lama (Manohara, 1988).

Penggunaan agensia hayati seperti *Trichoderma harzianum* untuk mengendalikan *P. capsici* telah dilaporkan (Manohara *et al.*, 2002). *T. harzianum* yang diformulasi dalam bentuk substrat dengan alang-alang dapat menekan intensitas serangan *P. capsici* 50-60% di rumah kaca, namun belum efektif di tingkat lapangan. Oleh sebab itu, perlu dicari agensia yang lain untuk mengendalikan penyakit BPB lada, salah satunya adalah bakteri kitinolitik (bakteri penghasil kitinase). Beberapa laporan menjelaskan bahwa bakteri kitinolitik mampu mengendalikan berbagai jenis patogen dari golongan jamur, nematoda dan hama karena sebagian besar komponen dinding sel patogen tersebut terdiri dari kitin.

Kitinase dapat dihasilkan oleh kelompok bakteri dan jamur antagonis. Beberapa bakteri yang dilaporkan menghasil kitinase adalah *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus* sp. yang bersifat antagonis terhadap *Rizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Helminthosporium maydis*, dan *Pyricularia oryzae* (Giyanto *et al.*, 2010). Kitinase adalah enzim yang dihasilkan oleh bakteri. Enzim ini menghidrolisis ikatan β -1,4 antar N-asetilglukosamina (NacGlc) pada kitin, suatu polimer polisakarida penyusun dinding sel beberapa jamur patogen dan eksoskeleton invertebrata. Oleh karena itu, kitinase sangat dikenal sebagai salah satu anti jamur atau mikroba. Enzim ini disintesis sebagai respon tanaman terhadap infeksi patogen sehingga

dimasukkan sebagai salah satu patogenesis *related protein* (PR-protein) yang dikelompokkan menjadi PR-3, PR-4, PR-8 dan PR-11 (Neuhaus, 1999).

Menurut Oku (1994), peranan kitinase pada ketahanan terhadap serangan patogen dapat melalui dua cara, yaitu pertama kitinase menghambat pertumbuhan jamur dengan secara langsung menghidrolisis miselia jamur, dan kedua adalah aktivitas kitinase berakibat pelepasan *elicitor endogen* yang kemudian memicu reaksi ketahanan sistemik (*systemic acquired resistance/SAR*) pada inang sehingga terjadi penurunan atau penghambatan invasi patogen.

Penelitian ini bertujuan mendapatkan beberapa isolat bakteri kitinolitik yang berpotensi untuk mengendalikan *P. capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman lada.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca Kelompok Peneliti Proteksi Tanaman Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri (Balittri) Sukabumi dari Juni sampai November 2011.

Perbanyak Isolat *P. capsici*

Patogen *P. capsici* yang digunakan adalah isolat *P. capsici* asal Lampung yang mempunyai virulensi tinggi. *P. capsici* diperbanyak pada media agar V8 (200 ml juis V8, 800 ml aquades, 1 g CaCo₃ dan 20 g agar), diinkubasi selama 4 hari pada suhu kamar.

Perbanyak Isolat Bakteri Kitinolitik

Bakteri kitinolitik yang digunakan merupakan isolat terbaik hasil seleksi bakteri kitinolitik di laboratorium. Isolat diisolasi dari berbagai tanaman yaitu lada, bintaro dan kelapa sawit. Isolat yang digunakan adalah: B12, B19, B20, L5, B31, L18, LP4, BP2, dan E10. Sebagai pembanding digunakan isolat bakteri kitinolitik TT2 yang sudah teruji keefektifannya. Isolat bakteri kitinolitik diperbanyak pada media Nutrien agar (NA) dan diinkubasi pada suhu kamar selama 48 jam. Setelah 48 jam bakteri disuspensi dengan air steril sehingga diperoleh kerapatan 10⁹ cfu/ml.

Analisis Ekspresi Kitinase

Analisis ekspresi kitinase dilakukan pada media koloidal kitin. Koloni bakteri di tumbuhkan pada media nutrisi agar (NA) dengan penambahan koloidal kitin 1%, kemudian diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang. Lebar zona bening menunjukkan aktivitas kitinase dari masing-masing isolat.

Uji Antagonis Bakteri Kitinolitik terhadap *P. capsici* *In Vitro*

Isolat bakteri kitinolitik diuji secara *in vitro* terhadap *P. capsici* dengan metode kultur ganda pada media potato dektrosa agar (PDA). Pengujian dilakukan dengan menumbuhkan *P. capsici* di bagian pinggir media, sedangkan isolat bakteri kitinolitik diletakkan di bagian tepi media yang lain. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui daya hambat bakteri kitinolitik terhadap *P. capsici*. Percobaan ini diulang sebanyak 5 kali.

Pengujian Isolat Bakteri Kitinolitik terhadap *P. capsici* pada Tanaman Lada di Rumah Kaca.

Pengujian dilakukan pada bibit lada berumur 2 bulan di rumah kaca. Isolat bakteri kitinolitik ditumbuhkan pada media NA selama 48 jam, kemudian disuspensi dengan air steril sampai kerapatannya mencapai 10^9 . Bibit lada berumur 1 bulan diperlakukan dengan bakteri kitinolitik dengan cara menyiramkan 100 ml suspensi bakteri kitinolitik ke dalam pot, selanjutnya tanaman lada diinokulasi dengan menuangkan 50 ml zoospora dengan konsentrasi 10^6 ml. Sebagai pembanding digunakan isolat bakteri endofit (TT2) penghasil kitinase yang sudah teruji keefektifannya. Pengamatan dilakukan pada gejala serangan, masa inkubasi, intensitas serangan, persentase serangan dan pertumbuhan tanaman lada. Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap 3 ulangan yang masing-masing ulangan terdiri dari 10 tanaman. Intensitas serangan dihitung berdasarkan metode skoring Holliday dan Mowal (1963) dalam Wahyuno *et al.* (2007) yang telah dimodifikasi yaitu:

$$IS = \frac{\sum (n \times v)}{(N \times V)} \times 100\%$$

Nilai skoring n adalah :

0 = tanaman sehat daun berwarna hijau segar

1 = beberapa daun menguning

2 = daun tetap hijau tetapi ada yang layu

3 = tanaman mati

N = nilai skoring tertinggi (3)

v = jumlah tanaman dengan nilai skoring tertentu

V = jumlah tanaman pada masing-masing perlakuan

Untuk menguji pengaruh perlakuan pada peubah yang diamati, dilakukan analisis ragam dan bila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji lanjut *Tukey* pada taraf 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Ekspresi Kitinase

Hasil penelitian analisis ekspresi kitinase/aktivitas hidrolisis kitin dari masing-masing isolat sangat bervariasi mulai dari rendah sampai tinggi. Aktivitas hidrolisis tertinggi diperoleh pada isolat BP2, LB19, LL5, dan LL18, sedangkan isolat yang lain dengan ekspresi kitinase sedang dan rendah (Tabel 1).

Tabel 1. Ekspresi kitinase dari beberapa isolat bakteri asal lada

Table 1. Chitinase expression of some bacterial isolates from black pepper

No.	Isolat	Asal isolat	Aktivitas kitinolitik
1.	LP4	Pakuwon	+
2.	BP2	Pakuwon	+++
3.	LB12	Bangka	++
4.	LB19	Bangka	+++
5.	LB20	Bangka	+
6.	LB31	Bangka	+
7.	LL5	Lampung	+++
8.	LL18	Lampung	+++
9.	E10	Bangka	+
10.	TT2	Manoko	++

Keterangan: + aktivitas kitinolitik rendah, ++ aktivitas kitinolitik sedang, +++ aktivitas kitinolitik tinggi

Aktivitas hidrolisis merupakan gambaran dari kemampuan isolat bakteri kitinolitik dalam merombak kitin. Semakin besar aktivitas hidrolisis, semakin besar diameter zona bening yang terbentuk di sekitar koloni. Menurut Chermin *et al.* (1995), bakteri dapat menghidrolisis koloidal kitin setelah 72-96 jam yang ditumbuhkan pada

koloidal kitin agar sebagai sumber karbon. Pleban *et al.* (1997) melaporkan zona bening yang terbentuk di sekitar pertumbuhan bakteri menandakan adanya aktivitas kitinolitik di medium pertumbuhan. Besarnya nilai perbandingan zona bening dengan zona pertumbuhan koloni bakteri menunjukkan besarnya aktivitas nisbi enzim (Widiastuti dan Dewi, 2001).

Uji Antagonis Bakteri Kitinolitik terhadap *P. capsici* In Vitro

Hasil penelitian potensi bakteri kitinolitik sebagai agens hayati *P. capsici* dapat dilihat pada Tabel 2. Daya hambat dari 10 isolat bakteri kitinolitik terhadap *P. capsici* rata-rata memperlihatkan daya hambat yang tinggi yaitu 64,4-85,6% tidak berbeda dengan isolat pembanding yaitu TT2. Daya hambat tertinggi diperoleh dari isolat bakteri yang diisolasi dari akar lada Bangka (E10) yaitu 85,6% tidak berbeda nyata dengan isolat LB31 (84,4%), LL18 (83,3%), BP2 (82,2%), LB19 (82,2%), LP4 (77,8), LB20 (75,6%), LB12 74,4% dan LL5 (64,4%).

Tabel 2. Daya antagonis beberapa isolat bakteri kitinolitik terhadap pertumbuhan *P. capsici*

Table 2. The antagonistic of chitinolytic bacteria on the *P. capsici* growth

No	Isolat	Asal isolat	Diameter <i>P. capsici</i> (mm)	Daya hambat (%)
1	LP4	Pakuwon	20	77,8 a
2	BP2	Pakuwon	16	82,2 a
3	LB12	Bangka	23	74,4 a
4	LB19	Bangka	16	82,2 a
5	LB20	Bangka	22	75,6 a
6	LB31	Bangka	14	84,4 a
7	LL5	Lampung	32	64,4 a
8	LL18	Lampung	15	83,3 a
9	E10	Bangka	13	85,6 a
10	TT2	Manoko	13	85,6 a
11	Kontrol		90	0 b

Perbedaan kemampuan isolat dalam penghambatan pertumbuhan *P. capsici* disebabkan oleh peranan enzimatis yang dihasilkan bakteri dalam menghidrolisis dinding sel jamur. Menurut De Boer *et al.* (2001) dan Gohel *et al.* (2006) bakteri kitinolitik memiliki beberapa mekanisme dalam menekan patogen. Penekanan bakteri kitinolitik terhadap jamur patogen adalah dengan

melisis hifa jamur sebagai substrat untuk pertumbuhannya. Selain itu, bakteri juga dapat bersimbiosis dengan akar tanaman dan menghasilkan kitinase yang berperan sebagai pertahanan diri bagi tanaman dalam melawan patogen.

Bila dilihat kemampuan isolat menghasilkan kitinase dihubungkan dengan daya hambatnya terhadap penekanan *P. capsici*, besarnya zona bening yang dihasilkan isolat tidak selalu diikuti dengan potensi antagonis yang tinggi terhadap penekanan pertumbuhan *P. capsici*. Isolat E10 walaupun pada pengujian analisis aktivitas kitinasenya rendah, tetapi kemampuan penghambatan pertumbuhan *P. capsici* paling tinggi. Hal ini mungkin disebabkan oleh mekanisme atau aktivitas lain yang terlibat dalam proses antagonisme bakteri kitinolitik. Giyanto *et al.* (2010) juga melaporkan bahwa tingkat ekspresi kitinase dari berbagai jenis isolat bakteri dan potensinya sebagai agens hayati menunjukkan bahwa tidak ada korelasi positif antara tingkat ekspresi kitinase dengan kemampuannya menghambat perkembangan patogen tanaman.

Pengujian Isolat Antagonis terhadap *P. capsici* pada Bibit Lada di Rumah Kaca

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tanaman lada yang diinokulasi dengan *P. capsici* (kontrol) memperlihatkan gejala tanaman layu, pangkal batang berwarna hitam, dan gejala lanjut tanaman mati. Gejala yang didapat sama dengan yang dilaporkan Manohara *et al.* (2006) yaitu gejala dari penyakit busuk pangkal batang lada adalah pangkal batang berwarna hitam dan bila keadaan sesuai untuk perkembangan jamur *P. capsici* (kelembaban tinggi, suhu 20-28°C) maka akan terbentuk lendir berwarna kebiruan pada pangkal batang yang berwarna hitam. Gejala lanjut tanaman akan layu dan mati.

Perlakuan bakteri kitinolitik untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang lada yang disebabkan oleh *P. capsici* mempengaruhi masa inkubasi dan intensitas serangan. Masa inkubasi tercepat pada perlakuan isolat LB12 yaitu 7,3 hari tidak berbeda nyata dengan kontrol dan LB20 yaitu 7 dan 8 hari (Tabel 3). Berbedanya masa inkubasi dari masing-masing isolat disebabkan oleh berbedanya kemampuan bakteri kitinolitik menghambat penetrasi *P. capsici* pada tanaman lada.

Tabel 3. Pengaruh bakteri kitinolitik terhadap masa inkubasi dan intensitas serangan penyakit busuk pangkal batang lada

Table 3. Effect of chitinolytic bacteria on the incubation periode, and intensity of disease foot-rot in black pepper

No.	Isolat	Masa inkubasi (hari)	Intensitas serangan (%)
1	LP4	13,5 ab	43,97b
2	BP2	13,7 a	41,40 b
3	LB12	7,3 b	51,27 ab
4	LB19	10,0 ab	51,27 ab
5	LB20	8,0 b	49,03 ab
6	LB31	11,0 ab	51,23 ab
7	LL5	10,7 ab	50,80 ab
8	LB18	13,0 ab	48,87 ab
9	E10	17,0 a	39,33 b
10	TT2	17,0 a	34,33 b
11	Kontrol	7,0 b	73,37 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey, $\alpha = 0,05$

Bakteri kitinolitik juga dapat menekan intensitas serangan BPB lada, intensitas serangan terendah pada perlakuan isolat TT2, E10, BP2 dan LP4 tidak berbeda nyata dengan isolat lain hanya berbeda dengan kontrol (Tabel 3), yaitu 34,33-43,97%. Intensitas penyakit tertinggi pada perlakuan kontrol yaitu 73,37% tidak berbeda nyata dengan LB12, LB20, LB19, LL5, LB31, dan LB18. Berbedanya intensitas serangan disebabkan oleh berbedanya kemampuan isolat bakteri dalam menekan *P. capsici*. Menurut Ferniah *et al.* (2003), mekanisme penghambatan pertumbuhan jamur patogen oleh bakteri kitinolitik adalah menghasilkan senyawa bioaktif yang dapat merusak komponen sel, mempengaruhi permeabilitas membran sel, senyawa yang dihasilkan dapat berfungsi sebagai inhibitor suatu enzim, dan menghambat sintesa protein.

Aplikasi bakteri kitinolitik dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman lada terutama tinggi tanaman. Tanaman tertinggi pada penggunaan isolat TT2, tidak berbeda dengan kontrol tanpa perlakuan *P. capsici* (K-) dan perlakuan lainnya hanya berbeda dengan kontrol/K+ (Tabel 4).

Selain mempengaruhi tinggi tanaman perlakuan bakteri kitinolitik juga mempengaruhi jumlah daun, tetapi tidak berpengaruh terhadap jumlah cabang dan ruas (Tabel 4). Hal ini terjadi karena bakteri kitinolitik dapat menekan dan menghambat perkembangan patogen, dan peningkatan penyerapan hara oleh tanaman karena

berkurangnya kerusakan akar oleh *P. capsici*. Selain mempengaruhi tinggi tanaman dan jumlah daun, penggunaan bakteri kitinolitik juga mempengaruhi bobot basah dan bobot kering tanaman (Tabel 5). Bobot basah tertinggi pada perlakuan isolat LB31 yaitu 21,14 g tidak berbeda nyata dengan isolat lain kecuali kontrol dengan *P. capsici* (K+) yaitu 12,98 g. Demikian juga dengan bobot kering tanaman, semua isolat bakteri kitinolitik tidak berbeda hanya berbeda dengan kontrol.

Tabel 4. Pengaruh bakteri kitinolitik terhadap pertumbuhan bibit lada

Table 4. Effect of chitinolytic bacteria on the growth of black pepper

No.	Isolat	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun	Jumlah ruas	Jumlah cabang
1	LP4	21,23 a	8,40 ab	5,90 a	1,50 a
2	BP2	19,33 a	8,13 ab	6,40 a	1,30 a
3	LB12	19,47 a	7,53 ab	6,90 a	1,07 a
4	LB19	19,30 a	7,53 ab	5,73 a	0,93 a
5	LB20	19,70 a	7,83 ab	6,07 a	1,57 a
6	LB31	22,80 a	8,37 ab	7,00 a	1,23 a
7	LL5	18,30 a	6,87 ab	5,13 a	1,20 a
8	LB18	20,47 a	7,93 ab	6,17 a	1,23 a
9	E10	21,60 a	8,80 a	6,77 a	1,27 a
10	TT2	23,50 a	8,47 a	6,40 a	1,17 a
11	K+	16,87 b	5,90 b	5,10 a	0,63 a
12	K-	23,30 a	8,53 a	6,40 a	1,43 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey, $\alpha = 0,05$ K+ : Kontrol dengan perlakuan *P. capsici*K- : Kontrol tanpa perlakuan *P. capsici*Tabel 5. Pengaruh bakteri kitinolitik dan *P. capsici* terhadap berat basah dan kering tanaman ladaTable 5. Effect of chitinolytic bacteria and *P. capsici* on fresh and dry weight of black pepper

No.	Isolat	Bobot basah (g)	Bobot kering (g)
1	LP4	20,6 a	4,9 a
2	BP2	18,6 a	4,9 a
3	LB12	17,5 a	4,3 a
4	LB19	17,6 a	4,1 a
5	LB20	19,4 a	5,2 a
6	LB31	21,1 a	5,3 a
7	LL5	17,1 a	4,4 a
8	LB18	19,6 a	4,5 a
9	E10	20,6 a	4,6 a
10	TT2	16,3 a	3,8 a
11	K+	12,9 b	3,2 b
12	K-	15,2 a	4,5 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey, $\alpha = 0,05$ K+ : Kontrol dengan perlakuan *P. capsici*K- : Kontrol tanpa perlakuan *P. capsici*

KESIMPULAN

Dari isolat yang diuji diperoleh 4 isolat dengan aktivitas kitinase yang tinggi yaitu BP2, LB19, LL5, dan LL18, sedangkan 6 isolat lainnya mempunyai aktivitas kitinase rendah sampai sedang. Kemampuan antagonis ke-10 isolat bakteri kitinolitik terhadap *P. capsici* memperlihatkan daya antagonis yang sama yaitu 64,4–85,6%, tetapi pengaruhnya terhadap *P. capsici* di rumah kaca diperoleh 3 isolat (E10, BP2, LP4) yang potensial menekan penyakit BPB lada dengan intensitas serangan 34,33-43,97%. Kesepuluh isolat bakteri kitinase dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman jumlah daun, berat basah dan kering tanaman lada di bandingkan kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Chermin L., Z. Ismailov, S. Haran, and I. Chet. 1995. Chitinolytic *Enterobacter agglomerans* antagonists to fungal plant pathogens. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:1720-1726.
- De Boer W., P. J. A. Klein Gunnewiek, G. A. Kowalchuk, and V. J. A. Veen. 2001. Growth of chitinolytic dune soil β -subclass Proteobacteria in response to invading fungal hyphae. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:3358-3362.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (Ditjenbun). 2009. Lada (*Piper nigrum*). Statistik Perkebunan Indonesia. Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta
- Ferniah, R. S., S. Purwantisari, dan S. Pujianto. 2003. Uji potensi bakteri kitinolitik sebagai pengendalian hayati patogen kapang penyebab penyakit tanaman kentang. Laporan Proyek Peningkatan penelitian Perguruan Tinggi. FMIPA, Universitas Diponegoro. Semarang. p 30
- Gohel, V., S. Anil, V. Maisura, A. Phadnis, and H.S. Chatpar. 2006. Bioprospecting and antifungal potensial chitinolytic microorganisms. *African Journal of Biotechnol* 5:54-72.
- Giyanto, A. Suhendar, dan Rustam. 2010. Kajian pembiakan bakteri kitinolitik *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus* sp pada limbah organik dan formulasinya sebagai pestisida hayati (bio-pesticide). Laporan Penelitian Hibah Bersaing. IPB. Bogor.
- Manohara D. 1988. Ekobiologi *Phytophthora capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang lada (*Piper nigrum* L.) Disertasi Fakultas Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Manohara D., D. Wahyuno, K. Mulya dan R. Noveriza. 2002. Viabilitas *Trichoderma harzianum* pada berbagai formula dan efikasinya terhadap *Phytophthora capsici*. Risalah Simposium Nasional Penelitian PHT Perkebunan Rakyat. Bogor 17-18 September 2002.
- Manohara, D., P. Wahid, D. Wahyuno, Y. Nuryani, I. Mustika, I.W. Laba, Yuhono, A. M. Rifai, dan Saefudin. 2006. Status teknologi tanaman lada. Prosiding Status Teknologi Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri. Sukabumi 26 September 2006.
- Neuhaus, J. M. 1999. Plant chitinases (PR-3, PR-4, PR-8, PR-11). In: Datta SK, Muthukrishnan S (Ed). Pathogenesis Related Protein in Plants. London. p 77-105.
- Oku, H. 1994. Plant Pathogenesis and Disease Control. London. Lewis Publ.
- Pleban, S, L. Chermin, and I. Chet. 1997. Chitinolytic activity of an endophytic strain of *Bacillus cereus*. *Lett. Appl. Microbiol.* 25:284-288.
- Wahyuno, D. D. Manohara, K. Mulya. 2007. Penyebaran dan usaha pengendalian penyakit busuk pangkal batang (BPB) lada di Bangka. Prosiding Seminar Nasional Rempah. Bogor, 21 Agustus 2007. Badan Litbang Pertanian. Pusat penelitian dan Pengembangan Perkebunan. p 152-167.
- Widiastuti, N., dan R. M. Dewi. 2001. Isolasi bakteri proteolitik dan optimalisasi produksi protease. *Puslit Biologi LIPI, Bogor.* 373-384.