

PENGUNAAN AGENS BIOKONTROL *Bacillus polymyxa* DAN *Trichoderma harzianum* UNTUK PENINGKATAN MUTU BENIH CABAI DAN PENGENDALIAN PENYAKIT ANTRAKNOSA*

Oleh:

**Amelia Nani Siregar¹, Satriyas Ilyas², Dedi Fardiaz³,
Endang Murniati² dan Suryo Wiyono⁴**

¹Kandidat Doktor Agronomi, SPs IPB; Pengajar STPP Bogor, Departemen Pertanian.

²Dosen Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³Dosen Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

⁴Dosen Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Korespondensi: ameliangs03@yahoo.com

ABSTRACT

Biological seed treatment using B. polymyxa BG25 and T. harzianum Th05 is one of efforts to improve seed quality and health in order to carry the seed to many places without spreading seedborne diseases. This study aimed to improve physical and physiological seed quality and seed health of hot pepper (Capsicum annuum L.) seed as well as eliminate seedborne pathogen caused by antracnose disease (C. capsici). The result indicates that seed treatment with film coating carrying B. polymyxa and T. harzianum can improve physical seed quality (seeds are more attractive color and shining), physiological quality (increase of germination capacity, vigor index, maximum growth potential, uniform growth and dry weight of normal germination) and can reduce of percentage of C. capsici in surface or inside hot pepper seed. This method can be used to protect hot pepper seed and prevent from spreading seedborne disease.

Keywords: Agens biokontrol, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus polymyxa*, mutu benih, penyakit antraknosa.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penggunaan benih yang bermutu rendah dan terinfeksi penyakit merupakan penyebab utama rendahnya produktivitas tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.). Disamping itu kurang tersedianya benih bermutu merupakan salah satu kendala dalam agribisnis cabai. Hal ini menyebabkan petani sering menggunakan benih yang diambil dari hasil panennya sendiri.

Meningkatnya permintaan pasar akan benih bermutu telah membuka peluang masuknya benih-benih impor ke Indonesia. Data impor berdasarkan Surat Izin Pemasukan pada tahun 2004 menunjukkan bahwa impor benih sayuran sebesar 30,18% dari ketersediaan benih sayuran di Indonesia (Direktorat Bina Produksi Hortikultura 2005). Benih impor ini walaupun bermutu tinggi kadang menimbulkan masalah ketika ditanam di Indonesia karena dapat menimbulkan penyakit yang berbahaya bagi pertanaman.

*Bagian dari disertasi

Selama ini kesehatan benih belum mendapat perhatian yang sama besar dibandingkan dengan mutu genetik, mutu fisik dan mutu fisiologis benih. Terbukti dari label yang tertera pada kemasan benih yang beredar belum mencantumkan status kesehatan benih. Status kesehatan benih belum merupakan prioritas dalam manajemen perbenihan nasional. Pengujian kesehatan benih hanya dilakukan semata-mata jika ada permintaan dari pembeli. Kenyataan menunjukkan bahwa resiko yang ditimbulkan oleh penyakit terbawa benih sangat besar.

Benih merupakan wahana yang efektif untuk berpindahnya penyakit dari satu wilayah ke wilayah lain. Penyakit terbawa benih atau tular benih (*seedborne diseases*) merupakan masalah utama dalam pertanian karena dapat menurunkan produksi secara nyata. Patogen akan segera aktif seiring dengan proses imbibisi kemudian dapat menginfeksi benih yang sedang berkecambah sehingga bibit tidak dapat muncul. Apabila perkecambahan tidak terpengaruh tetapi patogen tetap berkembang, maka bibit yang dihasilkan akan tumbuh abnormal atau mengakibatkan epidemi penyakit karena transmisi patogen penyebab penyakit dari benih ke tanaman dan dari tanaman ke tanaman berikutnya. Jika sebutir benih dalam satu lot terinfeksi patogen maka dapat merusak benih-benih lainnya, dapat menginfeksi banyak bibit dalam persemaian sebelum dipindahkan ke lapangan, dan bila sudah di lapangan dapat menjadi sumber inokulum untuk menyebarkan penyakit ke tanaman lain. Golongan cendawan merupakan penyebab utama penyakit terbawa benih.

Penyakit antraknosa (busuk buah atau patek) menyerang hampir seluruh pertanian cabai di daerah tropis dan sub tropis sehingga dapat menyebabkan kehilangan hasil lebih dari 70% (Marvel 2003). Penyebab penyakit ini adalah cendawan *Colletotrichum* spp. *Colletotrichum capsici* (Sydow) Butler et Bisby ditemukan menginfeksi daun, batang dan buah (Bailey & Jeger 1992; Marvel 2003), sedangkan

Colletotrichum gloeosporioides (Penzig) Penzig et Saccardo hanya ditemukan pada buah cabai (Marvel 2003). Penyakit ini terbawa benih dan dapat ditularkan melalui benih. Sejalan dengan terjadinya lalu lintas benih antar wilayah bahkan antar negara, maka terjadi pula lalu lintas penyakit yang dapat membahayakan pertanian cabai di daerah baru. Oleh sebab itu penyakit antraknosa dimasukkan sebagai salah satu kriteria standar mutu benih cabai.

Berbagai upaya dilakukan untuk mengendalikan penyakit antraknosa melalui benih. Ketika pengendalian secara kimia dipandang kurang bijaksana karena dapat merusak lingkungan maka dilakukan pengendalian hayati dengan menggunakan mikroba antagonis sebagai agens biokontrol (Narayanasamy 2002). Bakteri *Bacillus polymyxa* dan cendawan *Trichoderma harzianum* merupakan agens biokontrol yang diketahui dapat mengendalikan berbagai macam patogen, termasuk *C. capsici* (Sutariati 2006; Silva *et al.* 2004; Yan *et al.* 2004; Schmid *et al.* 2004; Smith *et al.* 1999; Ryu *et al.* 2004; Wulandini 2002). Mekanisme antagonistik *Bacillus polymyxa* terjadi melalui mekanisme antibiosis, kompetisi dan parasitisme (Parret dan De Molt 2004; Sutariati 2006), juga *T. harzianum* mempunyai mekanisme antibiosis, lisis, kompetisi dan mikoparasit (Djafaruddin 2000; Ahmad 1997). Harman (2006) mengemukakan bahwa mekanisme antagonistik *Trichoderma* terjadi melalui: mikoparasitisme, antibiosis melalui aktivitas enzim ekstraseluler selulase, kompetisi hara dan ruang, toleransi terhadap stres melalui peningkatan perkembangan akar dan perkembangan tanaman, kelarutan dan perampasan hara inorganik, induksi resistensi dan menginaktivasi kerja enzim patogen.

Berbagai metoda dilakukan untuk mendapatkan sinergi antara benih dan agens biokontrol, baik melalui perlakuan pada tanah maupun pada benih. Bila *Trichoderma* berhubungan dengan akar, mereka akan

mengolonisasi permukaan akar atau korteks. Jika ditambahkan sebagai perlakuan benih, *Trichoderma* akan mengolonisasi permukaan akar sepanjang kedalaman 1 m dari permukaan tanah dan dapat bermanfaat lebih dari 18 bulan setelah aplikasi (Harman 2006), begitu juga *B. Polymyxa* bila digunakan sebagai perlakuan pada benih maupun pada tanah akan berada di sekitar rizosfir dapat melindungi tanaman dari patogen lain bahkan dapat memacu pertumbuhan tanaman (Sutariati, 2006).

Perlakuan benih secara biologis diharapkan dapat meningkatkan mutu benih, melindungi benih dan tanaman sedini mungkin dari serangan penyakit sehingga benih dapat dibawa ke berbagai wilayah dengan aman.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan mutu benih cabai dan untuk mengetahui efektivitas penggunaan *B. polymyxa* dan *T. harzianum* sebagai agens biokontrol dalam mengendalikan cendawan terbawa benih (*C. capsici*) penyebab penyakit antraknosa.

Hipotesis

Perlakuan benih dengan agens biokontrol *B. polymyxa* dan *T. harzianum* dapat meningkatkan mutu benih cabai dan mengendalikan penyakit antraknosa.

Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan mutu fisik, fisiologis dan kesehatan benih cabai.
2. Mengendalikan penyakit antraknosa.
3. Mencegah penyebaran penyakit terbawa benih.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikologi Tumbuhan dan Klinik Tanaman, Departemen Proteksi Tanaman IPB serta Laboratorium dan rumah kaca Balai Teknologi Perbenihan Departemen Kehutanan. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Agustus 2005 sampai Mei 2007.

Benih, Mikroba Antagonis dan Patogen

Benih yang digunakan adalah benih sehat yang beredar di pasar dan biasa digunakan petani, yaitu varietas Jatilaba (East-West Indonesia, Purwakarta) yang diperoleh dari toko sarana produksi pertanian di Bogor. Disamping itu digunakan pula benih yang berasal dari buah cabai sehat dan cabai yang terinfeksi penyakit antraknosa yang diperoleh dari pertanaman cabai milik petani di Cisarua-Bogor.

Mikroba antagonis yang digunakan adalah *B. polymyxa* dan *T. harzianum*. Isolat *B. polymyxa* berasal dari hasil penelitian Dr. Gusti Ayu KS, sedangkan isolat *T. harzianum* berasal dari Dr. Meity S. Sinaga (Departemen Proteksi Tanaman, IPB). Patogen penyebab penyakit antraknosa pada cabai yang digunakan adalah *C. capsici* berasal dari Dr. Widodo (Departemen Proteksi Tanaman, IPB).

B. polymyxa diperbanyak dalam larutan NB (Nutrient Broth) dengan cara mengambil isolat BG25 dari eppendorf sebanyak 100µl dengan menggunakan pipet mikro, kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer yang berisi larutan NB di laminar air flow cabinet. Setelah itu dikocok dengan menggunakan rotary shaker selama 48 jam dengan kecepatan 100 rpm. Perbanyakan bakteri BG25 dinyatakan berhasil dapat ditunjukkan oleh warna keruh pada media NB. Untuk digunakan dalam formulasi, isolat BG25 ditumbuhkan dalam media NA dengan cara mengambil 200µl

biakan BG25 dari erlenmeyer lalu disebar-kan pada media NA di cawan petri berdiameter 9 cm dengan menggunakan *spread rod*, kemudian diinkubasi selama 48 jam pada suhu ruang. Koloni bakteri yang tumbuh disuspensikan dalam akuades steril sampai mencapai kerapatan populasi 10^9 cfu/ml atau setara dengan pembacaan nilai absorban $OD_{600}=0,164$ menggunakan spektrometer (Bai *et al.* 2002).

T. harzianum Th05 diperbanyak dengan cara mengambil isolat dengan menggunakan *cork borer* berdiameter 0,5 cm, kemudian ditumbuhkan dalam media PDA segar selama 7 hari, yaitu bila konidia berwarna hijau. Selanjutnya koloni *T. harzianum* disuspensikan dalam akuades steril sampai mencapai kerapatan populasi 10^5 cfu/ml.

C. capsici BRB04B diperbanyak dengan cara menumbuhkan isolat *C. capsici* yang disimpan dalam silika gel pada media PDA yang diberi asam laktat. Setelah tumbuh, *C. capsici* diambil dengan *cork borer* berdiameter 0,5 cm lalu ditumbuhkan pada media PDA segar.

Formulasi Larutan

Untuk membuat 100 ml larutan pelapis (*cocktail*) dilakukan dengan cara mencampurkan zat pewarna 0,5% (w/v), yaitu merah untuk *B. polymyxa* dan hijau untuk *T. harzianum*, CMC 0,5% (w/v) dan Arabic Gum 0,25% (w/v) serta agens biokontrol sesuai perlakuan. Homogenisasi dilakukan dengan menggunakan pengaduk magnetik dan stirer. Setelah larutan pelapis menjadi homogen, larutan tersebut siap digunakan untuk pelapisan benih.

Pelapisan benih dilakukan dengan cara merendam 10g benih kedalam 100 ml larutan pelapis sampai benih terendam semua, kemudian benih disaring sampai larutan pelapis tidak menetes lagi melalui penyaring. Setelah itu benih dikeringkan dengan menggunakan alat pengering benih cabai yang dihubungkan dengan listrik 220

Volt. Suhu diatur 30 - 35°C menggunakan termostat dan digunakan pula elektrik blower berkecepatan 3000 – 3600 rpm.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan mutu benih cabai, mengetahui efektivitas penggunaan agens biokontrol (*B. polymyxa* BG25 dan *T. harzianum* Th05) dalam mengendalikan patogen terbawa benih (*C. capsici*) dengan cara perlakuan pada benih. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap 1 faktor (Steel dan Torrie 1995), yaitu jenis agens antagonis, dengan 3 taraf perlakuan, yaitu:

M1 = benih tanpa agens biokontrol

M2 = perlakuan benih dengan *B. polymyxa* BG25 (merah)

M3 = perlakuan benih dengan *T. harzianum* Th05 (hijau)

Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga terdapat 12 satuan percobaan. Pengamatan dilakukan terhadap mutu fisik (bentuk, ukuran dan warna), mutu fisiologis (viabilitas dan vigor benih) dan kesehatan benih. Uji perkecambahan dilakukan dengan cara menanam benih cabai sebanyak 100 butir pada tray yang berisi media semai steril. Uji keberadaan patogen pada benih dan tanaman dilakukan dengan *blotter test*. Data kuantitatif dianalisis menggunakan sidik ragam dan bila berbeda nyata dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT. Data kualitatif ditunjukkan berupa foto dari obyek yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan Mutu Fisik

Benih cabai yang dilapisi dengan agens biokontrol berpenampilan lebih menarik: mempunyai warna yang lebih menarik, seragam, lebih mengkilap dan dapat menghilangkan noda hitam pada benih (Gambar 1).



Gambar 1. Benih cabai sebelum dilapis (a) dan sesudah dilapis agens biokontrol (b) dan (c)

Pewarnaan pada benih dimaksudkan untuk memudahkan dalam menanam karena warna benih menjadi kontras dengan warna tanah sehingga walaupun benih cabai berukuran kecil dapat dengan mudah terlihat dibandingkan sebelum diberi pewarna. Pewarnaan benih juga bertujuan mengundang konsumen menjadi tertarik, membantu produsen dan pedagang benih mengembangkan reputasi atau kesan yang positif untuk mempertahankan kesinambungan usaha. Beberapa warna dapat menghalau hama yang dapat merusak benih. Disamping itu pewarnaan merupakan petunjuk perlakuan benih.

Peningkatan Mutu Fisiologis

Hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan benih cabai melalui pelapisan benih dengan agens biokontrol dapat

meningkatkan mutu fisiologis benih dan pertumbuhan tanaman (Tabel 1 dan Gambar 2).

Tabel 1 memperlihatkan bahwa perlakuan benih dengan agens biokontrol dapat meningkatkan mutu fisiologis benih cabai. Walaupun penggunaan *B. polymyxa* BG25 tidak berbeda nyata dengan *T. harzianum* Th05, tetapi dalam percobaan ini perlakuan benih dengan *T. harzianum* dapat meningkatkan daya berkecambah (DB) benih sebesar 16,2%, potensi tumbuh maksimum (PTM) 12,2%, indeks vigor (IV) 17%, keserempakan tumbuh (Kst) 15,5% dan berat kering kecambah normal (BKKN) 94%, dibandingkan perlakuan benih dengan *B. polymyxa* BG25 yang dapat meningkatkan DB sebesar 13,7%, PTM 11,5%, IV 12,8%, Kst 14,3% dan BKKN 72,2% dibandingkan kontrol (benih tanpa agens biokontrol).

Tabel 1. Pengaruh pelapisan benih dengan agens biokontrol terhadap mutu fisiologis benih cabai

Perlakuan benih	Mutu fisiologis benih cabai				
	DB (%)	PTM(%)	IV(%)	K _{ST} (%)	BKKN (g)
M1 (benih tanpa agens biokontrol)	65,8a	79,8a	51,5a	62,5a	0,36a
M2 (benih dilapis dengan <i>B. polymyxa</i> BG25)	79,5b	91,3b	64,3b	76,8b	0,62b
M3 (benih dilapis dengan <i>T. harzianum</i> Th05)	82,0b	92,0b	68,5b	78,0b	0,70c

Ket.:Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (BNT)



Benih cabai mempunyai tipe perkecambahan epigeal. Agens biokontrol akan segera aktif seiring dengan proses imbibisi benih. Pada saat terjadi perkecambahan benih agens biokontrol akan berada di sekitar perakaran.

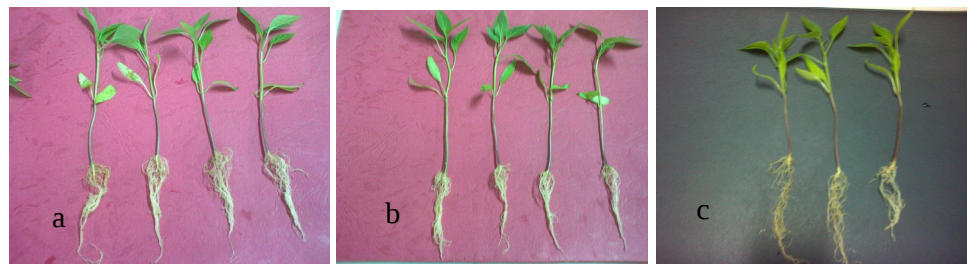
Gambar2. Kecambah cabai yang dilapis agens biokontrol

Hasil evaluasi pengaruh agens biokontrol terhadap pertumbuhan bibit cabai menunjukkan bahwa tanaman yang membawa agens biokontrol mempunyai pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan kontrol (Gambar 3). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Timmusk (2003) bahwa kemampuan *B. polymyxa* untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sereal disebabkan karena bakteri ini memproduksi auksin dan sitokinin disamping dapat memfiksasi nitrogen dan dapat melarutkan fosfat. Killian *et al.* 2004 melaporkan bahwa *B. subtilis* dapat meningkatkan bobot basah akar dan hasil tanaman kentang sebesar 8%, sedangkan *B. licheniformis* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat sebesar 96% dan cabai 333% (Yobo dan Laing 2005). Peningkatan viabilitas dan vigor benih serta pertumbuhan bibit cabai diduga karena *B. polymyxa* mampu

memproduksi hormon pemacu pertumbuhan (IAA).

Gambar 3 memperlihatkan bahwa pertumbuhan bibit cabai umur 3 MST lebih baik pada benih dengan perlakuan agens biokontrol *T. harzianum* dan *B. polymyxa* dibandingkan kontrol (tanpa agens biokontrol). Benih yang diberi perlakuan *T. harzianum* menunjukkan pertumbuhan bibit yang hampir sama dengan benih yang diberi perlakuan *B. polymyxa*, tetapi pada perlakuan *T. harzianum* menunjukkan pertumbuhan perakaran yang lebih banyak dibandingkan *B. polymyxa*.

Hasil penelitian Sutariati (2006) menunjukkan bahwa perlakuan benih dengan *B. polymyxa* dengan cara direndam selama 24 jam terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (produksi cabai meningkat 202% pada kultivar lokal Brebes dan 293% pada kultivar Tit Super).



Gambar 3. Performansi bibit cabai umur 3 MST (a) benih dilapis *T. harzianum* (b) benih dilapis *B. polymyxa* dan (c) kontrol (benih tanpa agens biokontrol)

Peningkatan Kesehatan Benih

Perlakuan benih dengan agens biokontrol (*B. polymyxa* dan *T. harzianum*) dapat meningkatkan PTM, menurunkan persentase benih yang membawa penyakit dan menurunkan persentase benih yang membawa *C. capsici* penyebab penyakit antraknosa pada cabai (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan benih dengan agens biokontrol mampu mengendalikan patogen terbawa benih, baik patogen

yang berada di permukaan benih maupun patogen yang berada di luar benih.

Keberadaan patogen pada benih dapat menyebabkan benih tidak dapat tumbuh. Patogen akan tumbuh sejalan dengan perkecambahan benih. Pada benih yang berasal dari buah yang terserang penyakit antraknosa, patogen yang dominan adalah *C. capsici*. Walaupun terdapat patogen lain tetapi jumlahnya lebih sedikit, sehingga pengendalian *C. capsici* dengan *B. polymyxa* dan *T. harzianum* pada benih cabai yang membawa patogen ini cukup efektif.

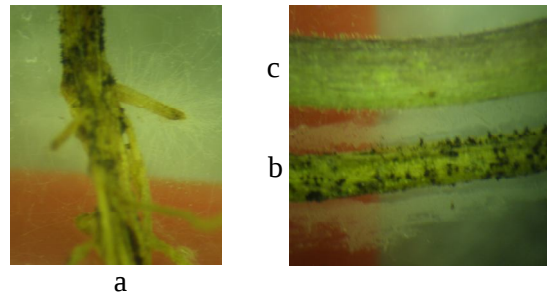
Tabel 2. Perlakuan benih dengan agens biokontrol terhadap keberadaan *C. Capsici*

Perlakuan	PTM	Benih berpenyakit (%)	Benih membawa <i>C. capsici</i> (%)
a. Keberadaan <i>C. capsici</i> di permukaan benih K (benih dari buah cabai terserang antraknosa 80-95%)	26,7	100,0	93,3
<i>B. polymyxa</i>	80,0	46,7	46,7
<i>T. harzianum</i>	80,0	60,0	40,0
b. Keberadaan <i>C. capsici</i> di dalam benih K (benih dari buah cabai terserang antraknosa 80-95%)	33,3	100	33,3
<i>B. polymyxa</i>	93,3	40,0	40,0
<i>T. harzianum</i>	86,7	33,3	26,7

Pengendalian Penyakit Antraknosa dengan Agens Biokontrol

Penyakit antraknosa bersifat sistemik, artinya gejala penyakit baru tampak setelah tanaman dewasa. Untuk mengetahui keberadaan penyakit antraknosa terbawa benih dilakukan pengujian *on growing test* pada bibit umur 21 HST. Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih cabai sehat yang beredar di petani membawa penyakit antraknosa sebesar 20%. Penyakit ini dapat dieliminasi dengan pelapisan benih yang

membawa agens biokontrol. *B. polymyxa* dan *T. harzianum* efektif mengendalikan penyakit antraknosa yang terbawa benih. *B. polymyxa* dapat mengeliminasi penyakit antraknosa menjadi 5%, sedangkan *T. harzianum* mampu mengeliminasi penyakit antraknosa sebesar 100%. Pada bibit cabai umur 3 minggu, penyakit antraknosa sudah mencapai ketinggian 3 cm dari pangkal akar. Gambar 4 memperlihatkan penyakit antraknosa berada didalam batang dan akar tanaman cabai umur 3 minggu.



Gambar 3. Cendawan *C. capsici* di akar (a) dan batang (b) tanaman cabai umur 3 MST dibandingkan batang yang sehat (c)

Benih cabai yang biasa digunakan petani bila membawa patogen penyebab penyakit antraknosa dapat menyebabkan benih gagal berkecambah. Bila benih dapat berkecambah, penyakit ini dapat menyerang bibit. Bila bibit dapat tumbuh, penyakit ini terus berkembang dan menyerang pertanaman cabai dan akhirnya dapat menyebabkan gagal panen. Oleh sebab itu perlakuan benih dengan agens biokontrol dapat dilakukan sebagai salah satu alternatif pengendalian penyakit antraknosa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Penggunaan agens biokontrol dengan cara perlakuan benih dapat meningkatkan mutu fisik, mutu fisiologis (DB, PTM, IV, Kst dan BKKN) dan kesehatan benih cabai.
2. Perlakuan benih dengan agens biokontrol bakteri *B. polymyxa* BG25 dan cendawan *T. harzianum* Th05 dapat mengurangi persentase *C. capsici* di permukaan maupun didalam benih cabai.
3. Perlakuan benih dengan agens biokontrol bakteri *B. polymyxa* BG25 dan cendawan *T. harzianum* Th05 dapat

mengurangi penyakit antraknosa terbawa benih.

4. Agens biokontrol bakteri *B. polymyxa* BG25 dan cendawan *T. harzianum* Th05 efektif dalam mengendalikan penyakit antraknosa.

Saran

Untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada pertanaman cabai, agens biokontrol *B. polymyxa* dan *T. harzianum* dapat digunakan sebagai perlakuan benih.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad. 1997. Mekanisme serangan patogen dan pertahanan inang serta pengendalian hayati penyakit lodoh pada *Pinus merkusii* [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Bailey JA, Jeger MJ. 1992. Colletotrichum: Biology, Pathology and Control. Melksham, UK: CAB Internasional.
- Bai Y, Pan B, Charles TC, Smith DL. 2002. Co-inoculation dose and root zone temperature for plant growth promoting rhizobacteria on soybean [*Glycine max* (L.) Merr] grown in

- soil-less media. *Soil Biol Biochem* 34:1953-1957.
- Direktorat Perbenihan, Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura. 2005. Laporan Kinerja Perbenihan Hortikultura Tahun 2000-2004. Jakarta.
- Djafaruddin. 2000. Dasar-dasar Pengendalian Penyakit Tanaman. Jakarta: Bumi Aksara.
- Harman GE. 2006. *Trichoderma spp.*, including *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum*, and other spp. Deuteromycetes, Moniliales, asexual classification system. <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/trichoderma.html>. [16 Maret 2006].
- Kilian M, Steiner U, Krebs B, Junge H, Schmiedelcnecht G, Hain R. 2004. FZB24 *Bacillus Subtilis* – mode of action of microbial agent enhancing plant vitality. <http://www.bayercropscience.com> [19 Nop 2004].
- Marvel JK. 2003. Biology and control of pepper anthracnose. [Thesis]. Blacksburg, Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Narayanasamy P. 2002. Microbial Plant Pathogens and Crop Disease management. USA: Science Publishers Inc. Enfield. NH.
- Parret AHA, De Mot R. 2004. Bacterioceri production by rhizosphere-colonizing fluorescent *Pseudomonas*. <http://www.ag.auburn.edu/argentina/pdf/manuscripts/parret.pdf> [26 Okt 2004].
- Ryu CM, Farag MA, Hu CH, Reddy MS, Kloepper JW, Pare PW. 2004. Bacterial volatiles induce systemic resistance in Arabidopsis. *Plant Physiol* 134:1-10.
- Sutariati GAK. 2005. Perlakuan benih dengan agens biokontrol untuk pengendalian penyakit antraknosa dan peningkatan hasil serta mutu benih cabai. [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Schmidt CS, Agostini F, Leifert C, Killham K, Mullins CE. 2004. Influence of soil Temperature and matric potential on sugar beet seeding colonization and suppression of pythium damping-off by the antagonistic bacteria. *Phytopathology* 94:351-363.
- Silva HSA, Romeiro RSR, Macagnan D, Vieira BAH, Pereira MCB, Mounteer A. 2004. Rhizobacterial induction of systemic resistance in tomato plants: non-specific protection and increase in enzyme activities. *Biol Control* 29:288-295.
- Smith JE, Korsten L, Aveling TAS. 1999. Evaluation of seed treatments for reducing *Colletotrichum dematium* on cowpea seed. *Seed Sci Technol* 27:591- 598.
- Steel RGD dan Torrie JH. 1995. Prinsip dan Prosedur Statistika. Suatu Pendekatan Biometrik. Edisi kedua. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Timmusk S. 2003. Mechanism of action of the plant-growth-promoting rhizobacterium *Paenibacillus polymyxa* [dissertation]. Uppsala. Sweden: Departement of Cell and Molecular Biology. Uppsala University. <http://publications.uu.se/uu/fulltext/nbn-se-uu-diva-3773.pdf> [17 Nop 2004].
- Wulandini R. 2002. Pemanfaatan chitosan dan *Trichoderma harzianum* untuk peningkatan mutu benih Pinus merkusii [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Yan Z, Ryu CM, McInroy J, Reddy MS, Woods F, Wilson M, Kloepper JW.

2004. Induction of systemic resistance against tomato late blight by PGPR. <http://www.ppath.unp.ac.za/conferences.asp?nav=detail&id=5> [5 Juli 2005].
- Yobo KS, Laing MD. 2005. Evaluation of biostartTM, a Bacillus-based plant probiotik as a plant growth stimulant on containerized seedlings (abstract). <http://www.ppath.unp.ac.za/conferences.asp?nav=detail&id=5> [29 Juni 2005].