

Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Cabai dan Pengendalian Busuk *Phytophthora* melalui *Biopriming* Benih dengan Rizobakteri Asal Pertanaman Cabai Jawa Timur

Improve Plant Growth of Chilli and Control Phytophthora Blight with Biopriming of Seed Using Rhizobacteria from Chili Plants in East Java

Aulia Zakia¹, Satriyas Ilyas^{2*}, Candra Budiman², Syamsuddin³, dan Dyah Manohara⁴

Diterima 07 November 2016/Disetujui 18 Oktober 2017

ABSTRACT

The objectives of this study was to evaluate biopriming of chili seed with rhizobacteria to improve plant growth and control *Phytophthora* blight disease in a greenhouse. This experiment used three isolates of rhizobacteria, i.e. E1, E3C2 and F2B1, and isolate *Phytophthora capsici* (Cb6) isolated from the production center of chili in East Java. Laris variety from PT. East West was used in this experiment. This experiment used randomized block design with one factor, i.e. 11 levels of seed treatment (E1 rhizobacteria, E3C2 rhizobacteria, F2B1 rhizobacteria, E1+E3C2 rhizobacteria, E1+F2B1 rhizobacteria, E1+E3C2+F2B1 rhizobacteria, seed soaking in water, without soaking, metalaxyl, positive control and negative control). The result showed that seed treatment with combination of E1+F2B1 isolates when grown in nursery, significantly increased the height and number of leaves in chilli. Besides, seed treatment with F2B1 isolate and combination of E1+F2B1 isolates after transplanting were capable to improve plant growth and control *Phytophthora* blight disease in greenhouse.

Keywords: greenhouse, isolate rhizobacteria, *Phytophthora capsici*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini ialah mengevaluasi perlakuan *biopriming* benih cabai dengan rizobakteri dalam meningkatkan pertumbuhan bibit dan mengendalikan kejadian busuk *Phytophthora* di rumah kaca. Perlakuan *biopriming* benih dengan rizobakteri menggunakan tiga isolat rizobakteri E1, E3C2 dan F2B1 dan isolat *Phytophthora capsici* Cb6 hasil eksplorasi pertanaman cabai Jawa Timur. Benih yang digunakan dalam percobaan merupakan benih varietas Laris produksi PT. East West. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok satu faktor, masing-masing perlakuan diulang empat kali, dengan 11 taraf perlakuan, antara lain R0+ (kontrol positif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dengan inokulasi *P. capsici*), R0- (kontrol negatif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dan tanpa inokulasi *P. capsici*), R1 (perlakuan benih dengan isolat E1), R2 (isolat E3C2), R3 (isolat F2B1), R4 (kombinasi isolat E1+E3C2), R5 (kombinasi isolat E1+F2B1), R6 (kombinasi isolat E1+E3C2+F2B1), R0RA (benih direndam dalam air 24 jam), R0TR (benih tanpa rendam), R0M (benih direndam dalam metalaksil). Tanah inokulum *P. capsici* diberikan 28 hari setelah pindah-tanam di sekitar pangkal batang tanaman cabai di bawah permukaan tanah. Hasil percobaan menunjukkan, perlakuan dengan kombinasi isolat E1+F2B1 saat persemaian di rumah kaca nyata meningkatkan tinggi dan jumlah daun tanaman cabai. Perlakuan benih dengan isolat F2B1 maupun kombinasi isolat E1+F2B1 setelah pindah-tanam di rumah kaca memiliki kemampuan meningkatkan pertumbuhan tanaman serta mengendalikan penyakit busuk *Phytophthora*.

Kata kunci: isolat rizobakteri, *Phytophthora capsici*, rumah kaca

¹Mahasiswa Program Studi Ilmu dan Teknologi Benih, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

³Departemen Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Syah Kuala, Kampus Darussalam, Banda Aceh, Indonesia

⁴Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, Jl. Tentara Pelajar No. 3A Menteng, Bogor Barat

Email: satriyas252@gmail.com (*penulis korespondensi)

PENDAHULUAN

Invigorasi merupakan upaya memperbaiki mutu fisiologis benih dengan meningkatkan performa benih yang telah mengalami kemunduran (deteriorasi). Invigorasi benih sebelum tanam dapat dilakukan dengan mekanisme penyerapan air oleh benih secara terkontrol, yaitu dengan cara *priming* (*osmopriming/ osmoconditioning*) dan *solid matrix priming/ matricconditioning* (Ilyas, 2012). Perbedaan antara *priming* dengan *matricconditioning* adalah media yang digunakan. *Priming* menggunakan media cairan, sedangkan *matricconditioning* menggunakan media padat dalam keadaan lembab dengan potensial matrik rendah (daya ikat air yang tinggi) (Sutariati *et al.*, 2014). Kedua media yang digunakan dalam perlakuan tersebut harus memiliki sifat tidak beracun bagi benih.

Priming dengan mengintegrasikan agens hayati dalam larutan perlakuan disebut *biopriming* (Ilyas *et al.*, 2015). *Biopriming* menggunakan rizobakteri yang memiliki kemampuan sebagai *biofertiliser* atau PGPR, serta berperan menjadi antagonis dipilih sebagai perlakuan benih untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Menurut Sutariati *et al.* (2014), selain memberikan perbaikan, perlakuan *biopriming* juga berperan sebagai media inokulasi rizobakteri terhadap benih. Invigorasi benih melalui *biopriming* dengan rizobakteri memberikan manfaat bagi tanaman, serta terbukti efektif meningkatkan viabilitas dan vigor benih (Ilyas *et al.*, 2002; Sutariati *et al.*, 2014).

Pengendalian penyakit busuk Phytophthora, yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora capsici* umumnya dilakukan dengan mengaplikasikan fungisida sintetik, bahan aktif metalaksil dan mefanoksam (Hausbeck dan Lamour, 2004). Pengendalian dengan cara tersebut menyebabkan adanya residu yang tertinggal dan merusak lingkungan. Cendawan *P. capsici* bersifat *soil borne* dan *water borne* (Wahyuno, 2009), serta *seed borne* (Agarwal dan Sinclair, 1997). *Biopriming* benih dengan menambah rizobakteri dapat menjadi alternatif perlakuan untuk mengendalikan penyakit busuk Phytophthora. Hasil penelitian Syamsuddin (2010), Ibrahim *et al.* (2014), dan Rosadiah *et al.* (2015), menunjukkan bahwa rizobakteri sebagai

perlakuan benih mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mengendalikan penyakit busuk Phytophthora yang disebabkan oleh patogen *P. capsici*. Kemampuan rizobakteri sebagai agen biokontrol inilah yang secara tidak langsung dapat meningkatkan mutu kesehatan benih. Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi perlakuan *biopriming* benih dengan rizobakteri yang efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai dan mengendalikan penyakit busuk Phytophthora di rumah kaca.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama dan Penyakit Balitro (Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat) Cimanggu, Laboratorium Kesehatan Benih dan rumah kaca Leuwikopo, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Penelitian dimulai bulan Oktober 2015 sampai Februari 2016.

Benih Cabai

Percobaan menggunakan benih cabai varietas Laris yang diproduksi dan diperoleh dari PT. East West Indonesia. Benih cabai dipanen tanggal 19 November 2014. Benih disimpan selama 7 bulan dalam ruang simpan benih dengan suhu 20 °C (setelah benih didapatkan dari PT. East West Indonesia pada Maret 2015, sampai benih digunakan dalam percobaan). Benih cabai sebelum digunakan dalam percobaan terlebih dahulu diuji daya berkecambah, indeks vigor, keserempakan tumbuh (metode uji di atas kertas *stensil*, ISTA, 2014), dan kadar air (metode oven suhu rendah, ISTA, 2014). Hasil pengujian mutu benih pada 6 Oktober 2015 menunjukkan bahwa daya berkecambah sebesar 64%, indeks vigor 0%, keserempakan tumbuh 10.8%, dan kadar air 5.5%. Indeks vigor nol, disebabkan oleh kadar air benih rendah saat pengujian, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama dalam periode imbibisi benih, ditunjukkan dengan tidak ada kecambah normal pada hitungan pertama (7 hari setelah tanam). Benih cabai varietas Laris dipilih karena menurut Yunianti *et al.* (2007), rentan terhadap serangan *P. capsici*.

Tabel 1. Tiga isolat rizobakteri terpilih dan memiliki kemampuan untuk menghambat *P. capsici*

Sampel	Keterangan	Asal Isolat	Media Isolasi
E1	Berasal dari lokasi E (Desa Tegalgondo, Kec. Dau, Kab. Malang, Jawa Timur) (kode isolat Eana3)	Rizoplan	NA
E3C2	Berasal dari lokasi E (Desa Tegalgondo, Kec. Dau, Kab. Malang, Jawa Timur) (kode isolat Eatsap1)	Rizoplan	TSAP
F2B1	Berasal dari lokasi F (Desa Gayam, Kec. Gurah, Kab. Kediri, Jawa Timur) (kode isolat Fana9)	Rizoplan	NA

Keterangan: rizoplan = rizosfer yang menempel pada perakaran tanaman; NA = media isolasi rizobakteri *natrium agar*; TSAP = media isolasi rizobakteri *tryptic soy agar* (TSA), yang dimodifikasi dengan memanaskan suspensi tanah rizosfer dalam *waterbath* pada suhu 80 °C selama 30 menit sebelum digunakan dalam isolasi rizobakteri.

Isolat Rizobakteri dan *Phytophthora capsici*

Tiga isolat rizobakteri yang digunakan merupakan isolat yang memiliki daya hambat tertinggi hasil penelitian (*in vitro*) sebelumnya, diperoleh dari hasil eksplorasi pertanaman cabai Jawa Timur, yaitu isolat E1, E3C2 dan F2B1 (Tabel 1). Isolat *P. capsici* juga merupakan isolat koleksi hasil eksplorasi pertanaman cabai Jawa Timur dengan kode Cb6, berasal dari Desa Tegalgondo, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, Jawa Timur.

Perlakuan Benih

Biopriming dan *priming* sebagai perlakuan benih mengacu pada metode Ibrahim *et al.* (2014) dan Syamsuddin (2010). Benih cabai sebelum perlakuan terlebih dahulu diberi disinfektan dengan merendam benih dalam alkohol 70% selama 3 menit. Benih dicuci tiga kali dengan akuades yang telah disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 1.02 MPa selama 15 menit, kemudian dikering-anginkan dalam *laminar air flow cabinet* (L AFC) selama 1 jam. Sebanyak 450 benih yang telah dikeringkan, diberi perlakuan dengan cara direndam dalam 50 mL suspensi isolat rizobakteri selama 24 jam pada suhu 20 °C. Benih yang telah direndam, kemudian ditiriskan dan dikering-anginkan dalam L AFC selama 1 jam sebelum disemai (Ibrahim *et al.*, 2014).

Suspensi isolat rizobakteri dibuat dengan menambahkan 10 mL akuades steril ke dalam cawan petri berisi media *potato dextrose agar* (PDA) dan isolat rizobakteri (umur 3-4 hari setelah inokulasi). Sebanyak 1

mL suspensi tersebut ditambahkan ke dalam 50 mL *potato dextrose broth* (PDB) kemudian dicampur menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama 48 jam (Syamsuddin, 2010). Suspensi isolat rizobakteri dihitung kerapatan populasinya, menggunakan spektrofotometer pada OD₆₀₀. Suspensi kombinasi isolat rizobakteri dibuat dengan mencampurkan 2-3 suspensi isolat rizobakteri, masing-masing perbandingan 1:1 v/v.

Priming benih cabai menggunakan larutan metalakasil konsentrasi 800 ppm (Rosadiah *et al.*, 2015). Larutan metalakasil dibuat dengan cara mengencerkan 0.04 g metalakasil (Saromil, 35% metalakasil) dalam 50 mL akuades. Benih cabai yang telah diberi disinfektan, kemudian direndam dalam larutan metalakasil selama 24 jam pada suhu 20 °C. Benih yang telah direndam, kemudian ditiriskan dan dikering-anginkan dalam L AFC selama 1 jam sebelum disemai.

Rancangan Percobaan

Percobaan disusun menggunakan rancangan acak kelompok satu faktor, yang mana *biopriming* dengan rizobakteri sebagai faktor perlakuan. Perlakuan benih *biopriming* dan *priming* terdiri atas 11 taraf sebagai berikut:

1. R0- : kontrol negatif (benih direndam dalam PDB tanpa rizobakteri dan tanpa inokulasi *P. capsici*)
2. R0+ : kontrol positif (benih direndam dalam PDB tanpa rizobakteri dan diinokulasi *P. capsici*)
3. R0RA : kontrol benih direndam dalam air 24 jam (suhu 20 °C)

4. ROTR : kontrol benih tanpa rendam
5. ROM : *Priming* dengan metalaksil (50 mL, konsentrasi 800 ppm)
6. R1 : *Biopriming* dengan isolat rizobakteri 1
7. R2 : *Biopriming* dengan isolat rizobakteri 2
8. R3 : *Biopriming* dengan isolat rizobakteri 3
9. R4 : *Biopriming* dengan kombinasi isolat rizobakteri 1 dan 2
10. R5 : *Biopriming* dengan kombinasi isolat rizobakteri 1 dan 3
11. R6 : *Biopriming* dengan kombinasi isolat rizobakteri 1, 2, dan 3

Masing-masing perlakuan diulang empat kali, sehingga terdapat 44 satuan percobaan.

Penyemaian Benih Cabai

Benih yang telah diberi perlakuan disemai dalam *seed tray*, dengan media pembibitan berupa campuran tanah, pasir, arang sekam, *cocopit* (1:1:1:1 v/v/v/v). Persemaian cabai dalam rumah kaca dan pemeliharaan dilakukan secara kontinu. Setiap unit percobaan terdiri atas 100 benih, sehingga terdapat 4400 satuan pengamatan.

Variabel pengamatan fase pengecambahan (pembibitan) meliputi daya berkecambah (DB), potensi tumbuh maksimum (PTM), kecepatan tumbuh (K_{CT}), indeks vigor (IV), keserempakan tumbuh (K_{ST}), tinggi bibit dan jumlah daun.

Penanaman dan pertumbuhan tanaman cabai

Benih yang telah disemai (45 hari setelah tanam) dipilih secara acak untuk dipindah-tanam bersamaan dengan media semainya, ke dalam polibag (satu bibit per polibag) dengan media tanam berupa tanah, pupuk kandang, dan arang sekam steril (2:1:1 v/v/v). Masing-masing satuan percobaan terdiri atas 15 tanaman, sehingga terdapat 660 satuan pengamatan. Pemeliharaan tanaman cabai secara kontinu meliputi penyiraman, penyiangan, pemupukan pertama (3.4 g per 3 kg media tanam, 7 hari setelah pindah tanam) dan pemupukan kedua (2.4 g per 3 kg media tanam, 21 hari setelah pindah tanam) menggunakan pupuk NPK majemuk 15:15:15, pengendalian hama (penyemprotan insektisida apabila memang benar-benar diperlukan), dan pemangkasan daun wiwilan (tunas air).

Pembuatan dan Inokulasi Tanah Inokulum *Phytophthora capsici*

Tanah inokulum *P. capsici* ditambahkan ke dalam media tanam cabai berumur 4 minggu setelah pindah tanam. Penambahan tanah inokulum dilakukan dengan cara menyebar 10 g tanah inokulum di sekeliling pangkal batang (tanpa pelukaan) pada setiap polibag kecuali kontrol negatif. Tanah inokulum dibuat berdasarkan metode Manohara (1988) dengan cara 2 kg tanah (kering dan diayak) ditambah 1 kg pasir (kering dan diayak), kemudian dicampur dengan 4% oatmeal (halus), dan diberi air secukupnya (± 15 mL per 50 g campuran tanah, pasir dan oatmeal). Selanjutnya, tanah inokulum disterilisasi sebanyak dua kali dengan autoklaf pada suhu 120 °C selama 20 menit (jeda waktu sterilisasi pertama dan kedua adalah 24 jam). Potongan biakan *P. capsici* umur 5 hari setelah inokulasi diinvestasikan ke tanah yang sudah steril dan diinkubasi pada suhu ruang (23-25 °C) selama 2 minggu.

Variabel pengamatan setelah pindah tanam (fase pertumbuhan tanaman) meliputi kejadian penyakit (Babadoost *et al.*, 2008), tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang.

Analisis data menggunakan uji F, dan apabila terjadi pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf 5%. Data variabel kejadian penyakit juga diuji Kontras Ortogonal pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Lokasi Percobaan

Percobaan dilakukan dalam rumah kaca Kebun Percobaan Leuwikopo, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor dengan ketinggian 240 meter di atas permukaan laut (m dpl). Rumah kaca memiliki jendela yang terbuat dari kawat sehingga tidak tertutup rapat. Suhu siang hari di dalam rumah kaca berkisar antara 28-33 °C. Paranet dengan kerapatan sekitar 40% dipasang di sekeliling jendela rumah kaca, untuk mengurangi serangan hama. Hama yang sering dijumpai selama percobaan berlangsung antara lain ulat (*Spodoptera litura*), kutu daun (*Myzus persicae*), kutu putih (*Bemisia tabaci*), dan trip (*Thrips* sp.). Pengendalian hama dengan cara menyemprotkan insektisida, bahan aktif Abamektin dan Karbosulfan secara bergantian.

Tabel 2. Pengaruh *biopriming* benih terhadap daya berkecambah (DB), potensi tumbuh maksimum (PTM), kecepatan tumbuh (K_{CT}), indeks vigor (IV), dan keserempakan tumbuh (K_{ST})

Perlakuan	DB (%)	PTM (%)	K_{CT} (% etmal ¹)	IV (%)	K_{ST} (%)
R0	66.5 a	67.5 a	8.2 a	32.0 a	49.5 a
R1	39.3 dc	39.8 cd	4.5 bc	12.3 bc	26.8 bcd
R2	40.3 bcd	42.8 bcd	4.6 bc	15.5 b	27.3 bcd
R3	59.8 ab	60.8 ab	7.6 a	29.5 a	49.5 a
R4	55.5 abc	56.8 abc	6.4 ab	19.3 ab	38.5 abc
R5	31.3 d	32.8 d	3.4 c	6.5 cd	22.3 cd
R6	30.3 d	30.5 d	3.5 c	11.3 bc	21.0 cd
R0RA	58.5 ab	59.3 ab	7.8 a	33.3 a	45.8 ab
R0TR	58.0 ab	60.3 ab	5.9 ab	6.8 cd	31.0 abcd
R0M	49.5 abc	50.3 abc	4.5 bc	2.8 d	16.3 d
KK	12.5	12.2	12.8	21.9	20.0

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha= 5\%$. R0 (kontrol, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri), R1 (perlakuan benih dengan isolat E1), R2 (isolat E3C2), R3 (isolat F2B1), R4 (kombinasi isolat E1+E3C2), R5 (kombinasi isolat E1+F2B1), R6 (kombinasi isolat E1+E3C2+F2B1), R0RA (benih direndam dalam air 24 jam), R0TR (benih tanpa rendam), R0M (benih direndam dalam metalaksil). Sebelum diolah data ditransformasikan dengan rumus $\sqrt{x} + 5$

Evaluasi *Biopriming* dengan Rizobakteri terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai dan Kejadian Penyakit Busuk *Phytophthora*

Pengaruh *biopriming* dengan rizobakteri terhadap viabilitas dan vigor benih dapat dilihat dalam Tabel 2. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa *biopriming* benih R3 (isolat F2B1) memiliki nilai yang relatif tinggi baik pada variabel daya berkecambah (DB), potensi tumbuh maksimum (PTM), kecepatan tumbuh (K_{CT}), indeks vigor (IV), dan keserempakan tumbuh (K_{ST}), meskipun tidak berbeda nyata bila dibandingkan dengan kontrol tanpa rizobakteri (R0) maupun perlakuan benih dengan merendam dalam air (R0RA).

Perlakuan R3 (isolat F2B1) nyata memiliki kemampuan untuk meningkatkan pertumbuhan kecambah, meskipun nilai tersebut belum menunjukkan pencapaian maksimal. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh penyesuaian rizobakteri yang menempel pada permukaan benih (atau bahkan terserap dalam benih) selama proses *biopriming* berlangsung dan setelah ditanam pada media semai. Aktivitas bakteri dalam beradaptasi inilah yang diduga menyebabkan pengaruh terhadap hasil dari setiap variabel pengamatan.

Kontrol perlakuan benih tanpa rendam (R0TR) pada Tabel 2 ditujukan untuk mengoreksi hasil pengujian DB, IV, dan K_{CT} benih sebelum perlakuan. Hasil tersebut

menunjukkan bahwa viabilitas dan vigor benih rendah, bahkan di bawah standar benih bermutu (standar pemerintah yang tercantum dalam kemasan 75-80%). Menurut Siri *et al.* (2013), perkecambahan benih paprika melebihi 90% tidak memerlukan restorasi (invigorasi), sedangkan perkecambahan benih lebih rendah dari 80% tidak dapat dikembalikan lebih besar dari 80%. Berdasarkan nilai K_{CT} , IV, K_{ST} pada kontrol perlakuan benih rendam dalam air (R0RA), kontrol perlakuan-*priming* dalam media PDB tanpa rizobakteri (R0), dan *biopriming* dengan isolat F2B1 (R3) (Tabel 2), membuktikan bahwa perlakuan *priming* nyata meningkatkan vigor benih dibandingkan kontrol benih tanpa rendam (R0TR). Perlakuan *biopriming* memiliki nilai K_{CT} , IV, dan K_{ST} lebih rendah dibanding dengan kontrol (baik R0 maupun R0RA), diduga disebabkan oleh perbedaan potensial larutan *priming*. Larutan *priming* berupa media PDB yang telah ditambah dengan rizobakteri kemungkinan memiliki potensial larutan yang lebih rendah (larutan lebih pekat) dibandingkan air dan media PDB tanpa rizobakteri. Benih yang digunakan dalam perlakuan memiliki kadar air sebesar 5.5%, sehingga untuk mencapai kesetimbangan antara potensial air dalam benih dengan potensial larutan *priming* membutuhkan waktu yang relatif lama. Menurut Jeller *et al.* (2003), semakin rendah nilai potensial air dalam

benih, waktu yang dibutuhkan dalam proses *osmoconditioning* semakin lama. Disamping itu, adanya aktivitas rizobakteri menyesuaikan diri pada lingkungan baru diduga berpengaruh terhadap viabilitas dan vigor benih. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa media PDB sebagai larutan *priming* dan media hidup bagi rizobakteri, tidak menghambat perkecambahan benih.

Daya berkecambah (DB) perlakuan *biopriming* dengan rizobakteri secara umum lebih rendah dibanding dengan kontrol tanpa rizobakteri (R0), kontrol rendam dalam air (R0RA) maupun kontrol tanpa rendam (R0TR). Hal tersebut diduga disebabkan oleh viabilitas benih rendah sebelum perlakuan (sebesar 58% pada perlakuan tanpa rendam/R0TR). Menurut Zaghdani (2002), viabilitas benih rendah dapat disebabkan oleh kerusakan mekanis berupa retakan pada testa selama penyimpanan, sehingga menyebabkan kebocoran benih. Kebocoran benih menyebabkan kerusakan benih selama proses imbibisi. Proses imbibisi yang terlalu cepat dan tidak terkontrol atau disebut *imbibition damage/ imbibition injury*, didukung oleh kadar air benih rendah sebesar 5.5%, sehingga beda potensial air dalam benih dengan larutan *priming* terlalu besar. Hal ini ditunjukkan oleh nilai DB yang tidak berbeda

nyata dengan nilai potensi tumbuh maksimum (PTM). Ward dan Powell (1983) menyatakan bahwa benih dengan kelembaban rendah sangat rentan terhadap stres selama penyerapan air.

Imbibisi merupakan periode awal benih menyerap air yang ditentukan oleh mutu benih. Zaghdani (2002) menjelaskan bahwa imbibisi air berfungsi sebagai aktivitas enzimatik dan transportasi reaktan. Banyak air yang diserap benih tergantung pada komposisi benih, jenis benih, kadar air benih sebelum imbibisi, kondisi kulit benih, serta faktor dari luar benih seperti suhu dan status air.

Biopriming dengan kombinasi isolat E1 dan F2B1 (R5) menunjukkan hasil terbaik pada variabel tinggi bibit dan jumlah daun selama di persemaian (Tabel 3 dan Tabel 4). Peran rizobakteri terbukti mempengaruhi pertumbuhan bibit di persemaian. Benih dapat tumbuh dalam kondisi optimal, memanfaatkan nutrisi dari media persemaian dan air yang diberikan secara maksimal, mengingat selama pemeliharaan tanaman belum diberikan pupuk tambahan. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Mendes *et al.* (2013), bahwa rizobakteri memiliki kemampuan sebagai *biofertilizer*, menstimulasi pertumbuhan akar, mengontrol stres abiotik, dan mengendalikan penyakit.

Tabel 3. Pengaruh *biopriming* benih terhadap tinggi bibit 21-42 hari setelah tanam (HST) di persemaian

Perlakuan	Tinggi Bibit (cm)			
	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST
R0	4.37 cd	6.25 bc	8.42 bcd	12.12 bc
R1	4.74 bcd	6.28 bc	8.28 bcd	10.01 cd
R2	4.14 d	5.96 c	6.92 d	8.64 d
R3	4.89 bc	6.99 b	9.86 b	13.05 ab
R4	4.74 bcd	6.61 bc	8.41 bcd	11.39 bcd
R5	5.63 a	8.17 a	11.75 a	15.12 a
R6	5.23 ab	6.23 bc	7.85 cd	9.90 cd
R0RA	4.42 cd	5.85 c	7.47 cd	9.17 d
R0TR	4.48 cd	6.40 bc	8.91 bc	12.25 bc
R0M	4.15 d	6.01 c	7.26 cd	9.19 d
KK	7.9	9.0	12.8	15.2

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$. R0 (kontrol, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri), R1 (*biopriming* benih dengan isolat E1), R2 (isolat E3C2), R3 (isolat F2B1), R4 (kombinasi isolat E1+E3C2), R5 (kombinasi isolat E1+F2B1), R6 (kombinasi isolat E1+E3C2+F2B1), R0RA (benih direndam dalam air 24 jam), R0TR (benih tanpa rendam), R0M (benih direndam dalam metalaksil).

Tabel 4. Pengaruh *biopriming* benih terhadap jumlah daun 21-42 hari setelah tanam (HST) di persemaian

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)			
	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST
R0	2.0	3.0 bc	4.2 bc	5.6 bc
R1	2.0	3.2 bc	4.0 c	5.0 bc
R2	2.1	2.9 bc	3.7 c	4.8 bc
R3	2.0	3.3 b	4.8 b	6.0 b
R4	2.2	2.9 bc	4.3 bc	5.3 bc
R5	2.0	4.2 a	5.5 a	6.9 a
R6	2.0	3.0 bc	3.9 c	5.3 bc
R0RA	2.0	3.2 bc	4.0 c	4.9 bc
R0TR	2.0	2.9 bc	4.2 bc	5.5 bc
R0M	2.1	2.8 c	3.8 c	4.7 c
KK	5.6	9.8	10.8	12.7

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$. R0 (kontrol, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri), R1 (*biopriming* benih dengan isolat E1), R2 (isolat E3C2), R3 (isolat F2B1), R4 (kombinasi isolat E1+E3C2), R5 (kombinasi isolat E1+F2B1), R6 (kombinasi isolat E1+E3C2+F2B1), R0RA (benih direndam dalam air 24 jam), R0TR (benih tanpa rendam), R0M (benih direndam dalam metalakasil).

Biopriming R5 (isolat E1+F2B1) berpengaruh nyata terhadap tinggi bibit dan jumlah daun 28-42 HST (Tabel 3 dan Tabel 4). Hal ini ditunjukkan oleh selisih tinggi bibit seluruh kontrol dan perlakuan pada 21 HST berkisar antara 0.01-0.4 cm, sedangkan selisih tinggi bibit pada 42 HST sebesar 0.5-2 cm. Menurut Amrullah (2000), kandungan klorofil daun berpengaruh positif terhadap komponen pertumbuhan seperti jumlah daun, tinggi tanaman, dan jumlah cabang. Disamping itu, pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada dominasi apikal. Faktor yang mempengaruhi dominasi apikal adalah hormon, transport air

dan nutrisi dari tanah, fotosintesis dan alokasi hasil asimilasi.

Pertumbuhan tanaman cabai setelah pindah tanam menunjukkan peningkatan yang nyata. Pada variabel tinggi tanaman, kombinasi isolat E1 dan F2B1 (perlakuan R5) menunjukkan nilai yang relatif tinggi meskipun tidak berbeda nyata dengan kontrol positif dan kontrol negatif (Tabel 5). *Biopriming* benih tidak berpengaruh nyata terhadap variabel jumlah daun (Tabel 6). *Biopriming* benih berpengaruh nyata terhadap diameter batang, dan perlakuan rizobakteri (R1-R6) tidak berbeda nyata (Tabel 7).

Tabel 5. Pengaruh *biopriming* benih terhadap tinggi tanaman 7-35 hari setelah pindah tanam (HSP) di polibag

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)				
	7 HSP	14 HSP	21 HSP	28 HSP	35 HSP
R0+	16.17 a	19.82 a	25.14 a	33.90 ab	44.81 ab
R0-	14.73 abc	19.06 ab	25.40 a	36.02 a	49.22 a
R1	12.14 bc	16.07 abc	22.07 ab	31.39 ab	45.16 ab
R2	11.28 c	14.86 bc	20.56 ab	30.07 ab	43.82 ab
R3	13.96 abc	17.10 abc	21.47 ab	29.92 ab	40.39 ab
R4	13.60 abc	17.23 abc	21.75 ab	29.70 ab	40.67 ab
R5	15.84 ab	19.30 a	25.01 a	34.03 ab	44.62 ab
R6	11.97 c	15.83 abc	22.27 ab	31.60 ab	43.72 ab
R0RA	12.19 bc	15.72 abc	20.33 ab	27.46 b	36.73 b
R0TR	14.42 abc	18.43 ab	23.98 ab	32.06 ab	42.40 ab
R0M	10.97 c	14.13 c	19.27 b	27.50 b	38.04 b
KK	17.2	14.9	14.3	14.8	15.3

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$. R0+ (kontrol positif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dengan inokulasi *P. capsici*), R0- (kontrol negatif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dan tanpa inokulasi *P. capsici*), R1 (*biopriming* benih dengan isolat E1), R2 (isolat E3C2), R3 (isolat F2B1), R4 (kombinasi isolat E1+E3C2), R5 (kombinasi isolat E1+F2B1), R6 (kombinasi isolat E1+E3C2+F2B1), R0RA (benih direndam dalam air 24 jam), R0TR (benih tanpa rendam), R0M (benih direndam dalam metalakasil). Tanah inokulum *P. capsici* diberikan pada 28 hari setelah pindah tanam di sekitar pangkal batang tanaman cabai dibawah permukaan tanah.

Tabel 6. Pengaruh *biopriming* benih terhadap jumlah daun 7-35 hari setelah pindah tanam (HSP) di polibag

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)				
	7 HSP	14 HSP	21 HSP	28 HSP	35 HSP
R0+	9.4	12.6	15.5	23.3	41.0
R0-	8.6	11.7	15.5	24.8	42.4
R1	8.2	12.5	14.6	22.6	40.8
R2	8.3	11.9	14.6	23.5	39.4
R3	8.1	10.3	13.3	20.2	34.5
R4	7.4	11.6	14.2	22.0	35.1
R5	9.0	11.7	15.1	23.2	39.0
R6	9.7	13.0	15.7	23.8	38.7
R0RA	8.2	11.1	14.2	20.5	32.0
R0TR	8.9	12.0	14.4	23.2	38.1
R0M	9.2	10.5	13.6	20.0	32.2
KK	7.8	7.6	5.6	8.4	12.1

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$. R0+ (kontrol positif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dengan inokulasi *P. capsici*), R0- (kontrol negatif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dan tanpa inokulasi *P. capsici*), R1 (*biopriming* benih dengan isolat E1), R2 (isolat E3C2), R3 (isolat F2B1), R4 (kombinasi isolat E1+E3C2), R5 (kombinasi isolat E1+F2B1), R6 (kombinasi isolat E1+E3C2+F2B1), R0RA (benih direndam dalam air 24 jam), R0TR (benih tanpa rendam), R0M (benih direndam dalam metalaksil). Tanah inokulum *P. capsici* diberikan pada 28 hari setelah pindah tanam di sekitar pangkal batang tanaman cabai dibawah permukaan tanah. Sebelum diolah data ditransformasikan dengan rumus $\sqrt{x} + 5$.

Pertumbuhan tanaman diduga tidak hanya dipengaruhi oleh faktor dari dalam benih (dalam hal ini termasuk *biopriming* benih dengan rizobakteri), tetapi juga terdapat pengaruh dari luar benih/ lingkungan. Lingkungan pertumbuhan tanaman erat kaitannya dengan ketersediaan hara dalam media tanam, kebutuhan air, cahaya serta penambahan nutrisi melalui pemupukan dalam jumlah yang sama. Hal tersebut menyebabkan pertumbuhan cabai tidak menunjukkan banyak perbedaan.

Karakteristik rizobakteri sebagai PGPR ditunjukkan dengan kemampuannya dalam sintesis fitohormon terutama IAA, siderofor, dan ACC deaminase yang akan memicu kegiatan enzim tertentu. Selain itu beberapa *Bacillus* spp. memiliki kemampuan sebagai bakteri pelarut fosfat sehingga meningkatkan penyerapan hara melalui akar tanaman (Rajkumar *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2008). Fitohormon 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase, disingkat ACC deaminase, mampu meningkatkan pertumbuhan dan daya tahan tanaman terhadap cekaman lingkungan ekstrim serta serangan patogen (Glick *et al.*, 2007). Menurut Mendes *et al.* (2013), koloni bakteri berperan penting dalam melepaskan kation dari mineral tanah yang diperlukan tidak hanya

untuk bakteri sendiri melainkan juga nutrisi bagi tanaman.

Hasil penelitian Syamsuddin (2010), perlakuan benih dengan rizobakteri *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., dan *Serratia* spp. nyata meningkatkan jumlah daun cabai pada 6 MSP. Ibrahim *et al.* (2014) menyatakan bahwa perlakuan benih dengan rizobakteri isolat ST116B meningkatkan jumlah daun. Menurut Rosadiah *et al.* (2015), perlakuan benih dengan isolat ST116B, CM8 maupun kombinasi keduanya mampu meningkatkan jumlah daun tanaman cabai. Hasil tersebut berbeda dengan hasil penelitian ini, perlakuan *biopriming* tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. *Biopriming* dengan rizobakteri nyata mempengaruhi tinggi tanaman dan diameter batang cabai. Hal ini diduga akibat akumulasi fitohormon IAA yang dihasilkan oleh rizobakteri maupun dari tanaman itu sendiri, banyak terkonsentrasi pada pertumbuhan tanaman, terutama perpanjangan sel batang.

Perlakuan *biopriming* dengan isolat E1+F2B1 (perlakuan R5) menunjukkan persentase kejadian penyakit busuk Phytophthora relatif lebih rendah 6.1% dibanding kontrol positif (R0+) sebesar 13.3%, 5 HSI tanah inokulum *P. capsici* (Tabel 8).

Tabel 7. Pengaruh *biopriming* benih terhadap diameter batang 7-35 hari setelah pindah tanam (HSP) di polibag

Perlakuan	Diameter Batang (mm)				
	7 HSP	14 HSP	21 HSP	28 HSP	35 HSP
R0+	2.0	2.5 ab	3.0	3.9 ab	4.0 b
R0-	2.0	2.6 a	3.1	4.3 a	4.7 a
R1	2.0	2.4 ab	3.0	3.9 ab	4.4 ab
R2	2.0	2.3 b	3.0	3.9 ab	4.1 b
R3	2.0	2.3 ab	2.9	3.7 ab	4.0 b
R4	2.0	2.4 ab	3.1	3.8 ab	4.1 b
R5	2.0	2.5 ab	3.0	3.8 ab	4.0 b
R6	2.0	2.4 ab	3.1	3.9 ab	4.2 ab
R0RA	2.0	2.4 ab	2.8	3.5 b	3.8 b
R0TR	2.0	2.4 ab	3.1	3.5 b	4.0 b
ROM	2.0	2.2 b	2.8	3.7 ab	4.1 ab
KK	1.0	6.8	10.1	10.1	8.4

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$. R0+ (kontrol positif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dengan inokulasi *P. capsici*), R0- (kontrol negatif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dan tanpa inokulasi *P. capsici*), R1 (*biopriming* benih dengan isolat E1), R2 (isolat E3C2), R3 (isolat F2B1), R4 (kombinasi isolat E1+E3C2), R5 (kombinasi isolat E1+F2B1), R6 (kombinasi isolat E1+E3C2+F2B1), R0RA (benih direndam dalam air 24 jam), R0TR (benih tanpa rendam), ROM (benih direndam dalam metalakasil). Tanah inokulum *P. capsici* diberikan pada 28 hari setelah pindah tanam di sekitar pangkal batang tanaman cabai dibawah permukaan tanah.

Tabel 8. Pengaruh *biopriming* benih terhadap kejadian penyakit busuk Phytophthora 5-20 hari setelah inokulasi (HSI)*

Perlakuan	Kejadian Penyakit (%)					
	5 HSI	8 HSI	11 HSI	14 HSI	17 HSI	20 HSI
R0+	13.3 ab	13.3 b	29.4 ab	37.2 a	44.4 a	45.6 a
R0-	0.0 d	0.0 c	0.0 c	0.0 b	0.0 b	0.0 b
R1	20.0 a	22.8 a	46.1 a	46.1 a	48.3 a	50.6 a
R2	11.1 bc	15.6 ab	27.8 ab	30.0 a	39.4 a	40.6 a
R3	15.0 ab	18.9 ab	27.2 ab	35.6 a	42.8 a	43.9 a
R4	12.2 ab	14.4 ab	28.3 ab	35.0 a	42.2 a	42.2 a
R5	6.1 c	13.3 b	22.8 b	30.0 a	37.2 a	37.8 a
R6	13.9 ab	17.2 ab	27.2 b	34.4 a	40.6 a	41.1 a
R0RA	15.0 ab	17.2 ab	37.8 ab	37.8 a	45.0 a	46.1 a
R0TR	17.8 ab	25.0 a	33.9 ab	38.9 a	43.3 a	44.4 a
ROM	17.8 ab	21.1 ab	35.0 ab	41.1 a	45.6 a	46.1 a
KK	17.7	13.7	10.9	11.0	8.0	8.1

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$. R0+ (kontrol positif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dengan inokulasi *P. capsici*), R0- (kontrol negatif, benih direndam dalam PDB tanpa perlakuan rizobakteri dan tanpa inokulasi *P. capsici*), R1 (*biopriming* benih dengan isolat E1), R2 (isolat E3C2), R3 (isolat F2B1), R4 (kombinasi isolat E1+E3C2), R5 (kombinasi isolat E1+F2B1), R6 (kombinasi isolat E1+E3C2+F2B1), R0RA (benih direndam dalam air 24 jam), R0TR (benih tanpa rendam), ROM (benih direndam dalam metalakasil). Tanah inokulum *P. capsici* diberikan pada 28 hari setelah pindah tanam di sekitar pangkal batang tanaman cabai dibawah permukaan tanah. *33-48 hari setelah pindah tanam (HSP). Sebelum diolah data ditransformasikan dengan rumus $\ln(x+1)$.

Mahartha *et al.* (2013) menyatakan rizobakteri yang berasal dari rizosfer memiliki mekanisme resistensi alami serta mampu memberikan perlindungan terhadap tanaman dari serangan patogen. Rizobakteri sebagai

biokontrol, dipilih berdasarkan kemampuannya sebagai antagonis langsung terhadap cendawan patogen, kemampuan adaptasi di lingkungan, dan induksi resistensi bagi tanaman inang (Aravind *et al.*, 2008). Menurut Babalola

(2010), strain biokontrol yang dapat melindungi tanaman inang dari patogen memiliki kemampuan kolonisasi yang kuat dan menghasilkan senyawa beracun bagi patogen seperti HCN, *phenazine*, *pyrrolnitrin*, *pyoluteorin*, dan 2.4-diacetylphloroglucinol (2.4-DAPG). Produksi HCN lebih banyak ditemukan pada *Pseudomonas* spp. (88.89%) dibanding *Bacillus* spp. (50%) (Ahmad *et al.*, 2008). Hasil penelitian Gleeson *et al.* (2010) menyatakan bahwa 2.4-DAPG mengganggu fungsi mitokondria dalam *Saccharomyces cerevisiae*.

Perlakuan *priming* dengan metalaksil tidak efektif mengendalikan penyakit busuk Phytophthora (Tabel 8). Semua perlakuan *biopriming* belum efektif mengendalikan penyakit busuk Phytophthora karena tidak berbeda nyata dengan kontrol positif, akan tetapi *biopriming* R5 menunjukkan persentase kejadian penyakit busuk Phytophthora nyata lebih rendah dibandingkan perlakuan *priming* dengan metalaksil (R0M), 5 HSI tanah inokulum *P. capsici*. Hasil uji kontras ortogonal menunjukkan *biopriming* R5 (kombinasi isolat E1+F2B1) umur 5 HSI tanah inokulum *P. capsici* lebih baik dibanding penggunaan metalaksil (P -value = 0.025), dan perlakuan *biopriming* lainnya (P -value = 0.013). Hasil ini sesuai dengan penelitian Rosadiah *et al.* (2015) bahwa *biopriming* dengan rizobakteri menurunkan kejadian penyakit busuk Phytophthora lebih rendah (3-7%) dibanding perlakuan metalaksil (10%). Penggunaan fungisida metalaksil dan mefenoksam efektif mengendalikan penyakit busuk Phytophthora pada fase pembibitan, namun kurang efektif saat fase pertumbuhan di lapangan (Keinath, 2007). Menurut Syamsuddin (2010), rizobakteri memberikan hasil lebih baik dibanding fungisida metalaksil yang memiliki durasi singkat, karena rizobakteri mampu berperan sebagai biokontrol dan menginduksi ketahanan sistemik tanaman cabai lebih lama.

Efektivitas rizobakteri sebagai biokontrol terhadap *P. capsici* belum menunjukkan hasil yang maksimal pada 14-20 HSI. Hal ini diduga disebabkan oleh tiga faktor. Pertama, strain *P. capsici* yang diisolasi dari sentra produksi cabai di Jawa Timur relatif lebih virulen. Hal ini dibuktikan dari gejala busuk Phytophthora yang mulai tampak 4-5 HSI (Tabel 8). Pada penelitian sebelumnya

dengan isolat *P. capsici* yang berbeda, gejala busuk Phytophthora baru terlihat dua minggu setelah inokulasi (Syamsuddin, 2010; Ibrahim *et al.*, 2014; Rosadiah *et al.*, 2015). Kedua, diduga jumlah tanah inokulum (10 g per polibag) yang diberikan pada tanaman cabai terlalu banyak. Jumlah inokulum *P. capsici* yang terlalu banyak tidak dapat diimbangi dengan jumlah rizobakteri yang diberikan saat perlakuan *biopriming* benih. Kontrol perlakuan *priming* dengan fungisida metalaksil juga tidak mampu mengendalikan inokulum *P. capsici*. Ketiga, kemungkinan populasi rizobakteri yang diaplikasikan terhadap benih, jumlahnya berkurang setelah berada di dalam rizosfer. Menurut Mendes *et al.* (2013), sebagian besar spesies rizobakteri memperoleh energi dari asimilasi senyawa organik, sehingga ketersediaan senyawa organik dan karbon yang terbatas dalam sebagian besar tanah, merupakan faktor pembatas yang paling umum untuk pertumbuhan bakteri tanah.

KESIMPULAN

Biopriming benih cabai dengan kombinasi isolat E1+F2B1 (kepadatan rizobakteri berturut-turut sebesar 1.06×10^9 cfu mL⁻¹ dan 1.20×10^9 cfu mL⁻¹), meningkatkan tinggi bibit dan jumlah daun umur 21-42 HST di persemaian. *Biopriming* benih cabai dengan isolat F2B1 atau kombinasi isolat E1+F2B1 meningkatkan tinggi tanaman pada umur 14-21 HSP di rumah kaca. *Biopriming* benih cabai dengan kombinasi isolat E1+F2B1 menurunkan kejadian penyakit busuk Phytophthora dari 13.3% (kontrol positif) menjadi 6.1%, 5 HSI tanah inokulum *P. capsici*. Perlakuan *priming* dengan metalaksil 800 ppm tidak efektif mengendalikan penyakit busuk Phytophthora.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristekdikti melalui program Penelitian Strategi Nasional Tahun Anggaran 2015 atas dana penelitian yang telah diberikan, PT. East West atas benih varietas Laris, dan Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) atas fasilitas yang telah disediakan,

serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, V.K., J.B. Sinclair. 1997. Principle of Seed Pathology. Second edition. Boca Raton Florida (US): CRC Press Inc.
- Ahmad, F., I. Ahmad, M.S. Khan. 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol Res.* 163(2): 173-181.
- Amrullah. 2000. Tingkat kandungan klorofil daun dan kontribusinya serta pengaruh pemupukan NPKMg dan pemberian metanol terhadap kandungan klorofil, pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.) [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Aravind, R., A. Kumar, S.J. Eapen, K.V. Ramana. 2008. Endophytic bacterial flora in root and stem tissues of black pepper (*Piper nigrum* L.) genotype: isolation, identification and evaluation against *Phytophthora capsici*. *Applied Microbiology.* 48: 58-64.
- Babadoost, M., D. Tian, S.Z. Islam, C. Pavon. 2008. Challenges and options in managing *Phytophthora* blight (*Phytophthora capsici*) of cucurbits. Pitrat M, editor. Proceedings of the Ixth EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae. Avignon (FR): INRA.
- Babalola, O.O. 2010. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol Lett.* 32: 1559-1570.
- Gleeson, O., F. O'Gara, J.P. Morrissey. 2010. The *Pseudomonas fluorescens* secondary metabolite 2,4 diacetylphloroglucinol impairs mitochondrial function in *Saccharomyces cerevisiae*. *Springer Science* 97: 261-273.
- Glick, B.R., B. Todorovic, J. Czarny, Z. Cheng, J. Duan 2007. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. *Crit. Rev. Plant Sci.* 26: 227-242.
- Hausbeck, M.K., K.H. Lamour. 2004. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: research progress and management challenges. *Plant Diseases.* 88(12): 1292-1303.
- Ibrahim, A., S. Ilyas, D. Manohara. 2014. Perlakuan benih cabai (*Capsicum annuum* L.) dengan rizobakteri untuk mengendalikan *Phytophthora capsici*, meningkatkan vigor benih dan pertumbuhan tanaman. *Bul. Agrohorti.* 2(1): 22-30.
- Ilyas. S. 2012. Ilmu dan Teknologi Benih (Teori dan Hasil-hasil Penelitian). Bogor (ID): IPB press.
- Ilyas. S., K.V. Asie, G.A.K. Sutariati, Sudarsono. 2015. Biomatrixconditioning or biopriming with biofungicides or biological agents applied on hot pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds reduced seedborne *Colletotrichum capsici* and increased seed quality and yield. *Acta Hort.* 1105: 89-96.
- Ilyas, S, G.A.K. Sutariati, F.C. Suwarno, Sudarsono. 2002. Matrixconditioning improved quality and protein level of medium vigor hot pepper seed. *Seed Technol.* 24: 65-75.
- [ISTA] International Seed Testing Association. 2014. International Rules for Seed Testing. Basserdorf (CH): ISTA.
- Jeller, H., S.C.J.G.A. Perez, J. Raizer. 2003. Water uptake, priming, drying and storage effects in *Cassia excelsa* Schrad seeds. *Braz. J. Biol.* 63(1): 61-68.
- Keinath, A.P. 2007. Sensitivity of populations of *phytophthora capsici* from south carolina to mefenoxam, dimethomorph, zoxamide, and cymoxanil. *Plant Disease.* 91(6): 743-748.

- Lee, K.J., S. Kamala-Kannan, H.S. Sub, C.K. Seong, G.W. Lee. 2008. Biological control of Phytophthora blight in red pepper (*Capsicum annuum* L.) using *Bacillus subtilis*. World J. Microbiol Biotechnol. 24: 1139-1145.
- Mahartha, K.A., K. Khalimi, G.N.A.S. Wirya. 2013. Uji efektivitas rizobakteri sebagai agen antagonis terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. capsici penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). e- J. Agro Tropika. 2(3): 145-154.
- Manohara, D. 1988. Ekologi *Phytophthora palmivora* (Bulter), penyebab penyakit busuk pangkal batang lada (*Piper nigrum* L.) [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mendes, R., P. Garbeva, J.M. Raaijmakers. 2013. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiol Rev. 37: 634-663.
- Rajkumar, M., W.H. Lee, K.J. Lee. 2005. Screening of bacterial antagonists for biological control of Phytophthora blight of pepper. J. Basic Microbiol. 45(1): 55-63.
- Rosadih, N.F., S. Ilyas, D. Manohara. 2015. Perlakuan benih cabai (*Capsicum annuum* L.) dengan rizobakteri secara tunggal atau kombinasi dapat mengendalikan *Phytophthora capsici* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. J. Hort. Indonesia. 6(1): 1-10.
- Siri, B., K. Vichitphan, P. Kaewnaree, S. Vichitphan, P. Klanrit. 2013. Improvement of quality, membrane integrity and antioxidant systems in sweet pepper (*Capsicum annuum* Linn.) seeds affected by osmopriming. AJCS. 7(13): 2068-2073.
- Sutariati, G.A.K., L.O. Safuan, A. Khaeruni, F. Handayani. 2014. Uji efektivitas teknik biopriming dan sumber benih terhadap viabilitas dan vigor bibit kakao. Agriplus. 24(2): 111-122.
- Syamsuddin. 2010. Perlakuan benih untuk pengendalian penyakit busuk Phytophthora, peningkatan hasil dan mutu benih cabai merah (*Capsicum annuum* L.). [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wahyuno, D. 2009. Pengendalian terpadu busuk pangkal batang lada. Perspektif. 8(1): 17-29.
- Ward, F.H., A.A. Powell. 1983. Evidence for repair processes in onion seeds during storage at high seed moisture contents. J. Expert. Bot. 34: 277-282.
- Yunianti, R., S. Sastrosumarjo, S. Sujiprihati, M. Surahman, S.H. Hidayat. 2007. Ketahanan 22 genotipe cabai (*Capsicum* spp.) terhadap *Phytophthora capsici* Leonian dan keragaman genetiknya. Bul. Agron. 35(2): 103-111.
- Zaghdani, A.S. 2002. Effect of pre-sowing seed treatments for quality of cucumber, pepper, tomato and pea seed [Disertation]. Hongaria (HU): Budapest Hungary.