



Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana
Jl. Diponegoro 52-60 SALATIGA 50711 - Telp. 0298-321212 ext 354
email: jurnal.agric@adm.uksw.edu, website: ejournal.uksw.edu/agric

**PERAN AGEN HAYATI *AZOTOBACTER-TRICHODERMA* TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL CABAI MERAH (*Capsicum annuum* L.)
PADA PERCOBAAN POT**

***ROLE OF BIOLOGICAL AGENT AZOTOBACTER-TRICHODERMA
ON GROWTH AND YIELD OF CHILI (*Capsicum annuum* L.)
IN A POT EXPERIMENT***

Reginawanti Hindersah, Priyanka Asmiran

Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung-Sumedang Km 21,
Jatinangor, Sumedang 45363, Indonesia
reginawanti@unpad.ac.id

June Putinella, Wilhelmina Rumahlewang, Marthin Kalay

Fakultas Pertanian Universitas Pattimura, Jalan Ir. Putuhena,
Poka, Ambon 97233, Indonesia

Diterima 28 Oktober 2017, disetujui 18 Desember 2017

ABSTRACT

*Soil microbes have suggested to be used as agricultural input. Nitrogen fixing rhizobacteria Azotobacter is responsible to maintain nitrogen nutrition and plant growth whereas Trichoderma enable to reduce soil born plant diseases through antagonistic activity. The objective of this pot experiment was to determine the dosage and application time of carrier-based Azotobacter-Trichoderma inoculant which increase nitrogen availability in soil, as well as growth and yield of chili (*Capsicum annuum* L.). Chili transplants were grown in low fertility soil mixed with cow manure. Experiment was set up in split plot design which tested four inoculant dosage and three application time. The result showed that effect of biological agent on plant height at three and six weeks after transplanting was not significant. Inoculation of 7,5 g/pot carrier-based Azoto-Tricho at planting time followed by soil dressing with Azotobacter liquid inoculant at 10 day after planting significantly increased NO_3^- in soil. Carrier-based Azoto-Tricho inoculant irrespective of dosage and application time increased plant yield. The highest yield, 290 g plant⁻¹, was showed by plant treated by 7,5 g ^{po-lt} Azoto-*

Tricho at planting time followed by *Azotobacter* liquid inoculation. This pot experiment showed that carrier-based *Azotobacter-Trichoderma* inoculant has potential to be used as biological agent in chili production.

Keywords: *Azotobacter*, *Chili*, *Trichoderma*, *Nitrogen*, *Yield*.

ABSTRAK

Mikroba tanah dapat digunakan sebagai input pertanian. Rizobakteri *Azotobacter* pemfiksasi nitrogen menjaga ketersediaan unsur hara nitrogen dan pertumbuhan tanaman sedangkan *Trichoderma* mampu menurunkan kejadian penyakit tular tanah melalui aktivitas antagonistik. Percobaan pot ini bertujuan untuk mendapatkan dosis dan waktu aplikasi inokulan *Azotobacter-Trichoderma* yang dapat meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah, pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.). Bibit cabai ditanam di tanah dengan kesuburan rendah yang dicampur dengan pupuk kotoran sapi. Rancangan percobaan adalah rancangan petak terbagai yang menguji empat taraf dosis inokulan dan tiga waktu aplikasi. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa tidak ada pengaruh agen biologi terhadap tinggi tanaman pada tiga dan enam minggu setelah tanam. Inokulasi 7,5 g pot⁻¹ inokulan padat Azoto-Tricho pada saat tanam secara signifikan meningkatkan kadar NO₃⁻ tanah jika diikuti dengan penyiraman inokulan cair *Azotobacter* ke tanah pada 10 hari setelah tanam. Inokulan padat Azoto-Tricho meningkatkan hasil tanaman. Hasil tertinggi, 290 g per tanaman diperoleh dari tanaman yang diberi 7,5 g Azoto-Tricho pada saat tanam diikuti aplikasi inokulan cair *Azotobacter*. Percobaan pot ini menjelaskan bahwa inokulan padat *Azotobacter-Trichoderma* berpotensi untuk digunakan sebagai agen hayati pada produksi cabai.

Kata Kunci: *Azotobacter*, *Cabai*, *Hasil panen*, *Nitrogen*, *Trichoderma*

PENDAHULUAN

Cabai merupakan komoditi ekonomis yang ditanam dengan input tinggi. Pertanaman cabai konvensional selalu menggunakan pupuk anorganik sebagai sumber nutrisi tanaman, disertai dengan pemupukan organik pada dosis 15-20 t ha⁻¹. Sumber unsur hara esensial nitrogen, fosfor dan kalium dari pupuk anorganik diperlukan karena sebagian besar tanah pertanian di Jawa Barat didominasi oleh tanah ordo Inceptisol dan Ultisols yang secara kimia tidak termasuk tanah subur. Namun penggunaan pupuk anorganik dapat dikurangi dengan pupuk hayati.

Rizobakteri *Azotobacter* telah banyak digunakan sebagai pupuk hayati pada pertanian dan penggunaannya dianjurkan untuk memperkaya nitrogen tanah dan menjaga kualitas

tanah (Kennedy dan Tchan, 1992; Mrkovic^{ki} dan Milic, 2011; Jnawali et al., 2015). *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). *Azotobacter* meningkatkan pertumbuhan tanaman secara langsung melalui mekanisme fiksasi nitrogen non simbiosis (Tilak et al., 2005) yang memfiksasi N₂ pada media inorganik sebesar 3.50 to 29.35 µg Nm L⁻¹, rata-rata 10.24 µg N mL⁻¹ (Kizilkaya, 2009). Mekanisme tidak langsung yang juga dikembangkan oleh *Azotobacter* untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman adalah melalui produksi fitohormon dan eksopolisakarida. *Azotobacter* dikenal sebagai PGPR yang memproduksi fitohormon sitokinin dan giberelin (Hindersah et al., 2003; Hindersah dan Simarmata, 2004) dan Indole acetic acid (Kumar et al., 2014). *Azotobacter* isolat AZT 5, diisolasi dari rizosfer padi sawah, memproduksi sitokinin 12,0 mg

kg⁻¹ dan giberelin 18,7 mg kg⁻¹ (Danapriatna *et al.*, 2010). Namun Setiawati *et al.* (2011) melaporkan bahwa *Azotobacter* rizosfer padi sawah hanya memproduksi sitokinin, giberelin dan auksin masing-masing 2 mg kg⁻¹, 5 mg kg⁻¹ dan 18 mg kg⁻¹.

Selain dapat berperan sebagai pupuk hayati, *Azotobacter* dapat berperan sebagai antagonis patogen tanaman. *Azotobacter vinelandii*, menghasilkan anti jamur yang menghambat *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada berbagai tanaman (Boshale *et al.*, 2013). *Azotobacter chroococcum* selain menghasilkan anti jamur penghambat jamur patogen *Alternaria alternata* and *Fusarium oxysporum* (Mali dan Bodhankar, 2009). Agen hayati pengendali patogen yang lebih dikenal daripada *Azotobacter* adalah *Trichoderma*; fungi dari divisi Ascomycota. Genus *Trichoderma* bersifat avirulen terhadap tanaman simbiotnya.

Trichoderma spp. mengkolonisasi permukaan akar dan korteks dan beberapa strain mengkolonisasi rizosfer; juga dapat menyerang, memparasit dan menggunakan nutrisi dari fungi lain (Harman, 2014) sehingga berperan sebagai agen hayati antagonis. *Trichoderma sp.* secara tidak langsung berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan mengendalikan penyakit tanaman *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporium*, dan *Rhizoctonia solani* (Kalay, 2005). Fungi ini menurunkan kehilangan hasil tanaman tomat (Taufik, 2011). Penekanan perkembangan patogen *Phytophthora sp.* secara *in vitro* oleh *Trichoderma* mencapai 99% sehingga berpotensi menurunkan intensitas penyakit pada tanaman kakao (Asrul, 2009).

Keunggulan kedua agen hayati *Azotobacter* dan *Trichoderma* dapat dipadukan untuk meningkatkan pertumbuhan dan mengurangi

dosis pupuk anorganik. Secara umum, metabolisme tanaman yang sehat menyebabkan unsur hara yang diserap akan lebih efisien. Aplikasi pupuk hayati *Azotobacter* dan *Trichoderma* secara terpisah untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanah telah banyak diteliti sedangkan efektivitas kultur campuran kedua agen hayati tersebut belum banyak diteliti. Untuk memudahkan aplikasi Universitas Pattimura dan Universitas Padjadjaran telah mengembangkan agen hayati *Azotobacter-Trichoderma* (Azoto-Tricho) dalam bentuk inokulan padat. Namun, belum diketahui dosis dan waktu aplikasinya yang paling efektif untuk meningkatkan hasil cabai. Oleh karena itu penelitian pot ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan dosis serta waktu aplikasi inokulan padat Azoto-Tricho yang paling meningkatkan pertumbuhan dan hasil cabai di rumah kaca.

METODE PENELITIAN

Penelitian rumah kaca dilakukan pada Bulan Juli-September 2016 di Kampus Jatinangor Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran dengan tanah Inceptisols, pada ketinggian tempat 732 m dpl.

Mikroorganisme

Azotobacter isolat c2a9 koleksi Laboratorium Fitopatologi Unpatti diisolasi dari rizosfer cabai merah yang tumbuh di tanah ordo Entisol di Gunung Nona Ambon. Bakteri pemfiksasi N₂ ini menghasilkan ion ammonium dan nitrat masing-masing sebanyak 20 mg L⁻¹ dan 508,7 mg L⁻¹ di media Ashby bebas N. *Azotobacter* dipelihara pada media anorganik bebas N dan inokulan cairnya diproduksi di dalam media cair berbasis limbah cair ela sagu. *Trichoderma harzianum* milik Laboratorium Fitopatologi

Unpatti diisolasi dari lahan pertanaman kentang di Ciwidey Jawa Barat. Jamur dipelihara pada media Dektrosa Agar dan diperbanyak di media cair berbasis molase yang diperkaya dengan ragi. Inokulan padat *Azotobacter-Trichoderma* berbasis kompos ela sagu yang diproduksi dari masing-masing inokulan cair. Kepadatan *Trichoderma* dan *Azotobacter* di dalam inokulan padat adalah masing-masing 10^7 spora g^{-1} dan 10^7 CFU g^{-1} .

Bahan Tanaman

Cabai merah Unpad CB1 adalah hasil pemuliaan Laboratorium Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Cabai unggul ini merupakan tipe cabai besar, tidak keriting dan mengandung capcaisin tinggi sehingga memiliki rasa yang lebih pedas.

Persiapan Tanah

Tanah Ordo Inceptisol dengan kesuburan tanah rendah dikoleksi dari tanah pucuk di area penelitian Kampus Jatinangor. Sebelum tanam kemasaman tanah adalah 5,8; mengandung C-organik rendah 1,58%, N-total rendah 0,20%, P_2O_5 potensial and P_2O_5 tersedia sangat rendah, serta K_2O -rendah. Tanah pucuk diambil dari tujuh titik di lahan seluas 250 m^2 , diaduk merata, dibersihkan dari gumpalan tanah dan akar tanah serta dikeringudarkan di tempat teduh.

Sebelum digunakan, tanah dicampur merata dengan kompos kotoran sapi setara 20 t ha^{-1} ; banyaknya kompos ditetapkan berdasarkan bobot tanah. Kompos dengan kemasaman 6,21 yang mengandung C-organik 33,54%, N-total 1,8%, C/N 18, P_2O_5 1,2%, dan K_2O 3,7%) diperoleh dari Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran. Media tanam yaitu

campuran tanah dan kompos, dimasukkan sebanyak 5 kg ke dalam polibag dan diinkubasi selama tiga hari sebelum diberi perlakuan agen hayati dan ditanami bibit cabai merah umur 21 hari

Rancangan Percobaan

Percobaan dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok yang menguji 9 perlakuan yaitu kombinasi dosis inokulan dan waktu aplikasi sebagai anak petak. Perlakuan dosis agen hayati Azoto-Tricho adalah 2,5, 5, 7,5 g per tanaman (per pot) sedangkan perlakuan waktu aplikasi adalah:

- w_1 : Aplikasi seminggu sebelum tanam bersamaan dengan aplikasi kompos
- w_2 : Aplikasi di lubang tanam saat pindah tanam
- w_3 : w_2 + penyiraman inokulan cair *Azotobacter* sebanyak 20 mL dengan pengenceran 1% pada 10 hari setelah tanam.

Perlakuan kontrol adalah tanpa inokulan sehingga seluruhnya terdapat 10 perlakuan yang masing-masing diulang empat kali. Pada percobaan ini terdapat dua unit yaitu satu unit untuk didestruksi pada fase generatif awal dan lainnya dipelihara sampai panen. Selama percobaan terdapat serangan jamur pada daun yang ditanggulangi dengan fungisida Dithane.

Pupuk majemuk NPK Phonska (N:P:K; 15:15:15) sebanyak 75% dosis rekomendasi diberikan pada 7 hari dan 21 hari setelah tanam di lubang dekat tanaman. Parameter yang diukur dari tanaman cabai adalah tinggi tanaman pada 3 dan 6 minggu setelah tanam (MST). Tinggi tanaman diukur dari batas leher akar sampai pucuk tertinggi. Kemasaman tanah dengan metode potensiometri dan N tersedia (NH_4^+ dan NO_3^-) dengan metode Kjeldahl

dianalisis pada fase generatif awal yaitu 6 MST. Cabai dipanen sebanyak empat kali, penetapan total bobot cabai dilakukan dengan menjumlahkan bobot cabai yang diperoleh dari setiap panen.

Penetapan $N-NH_4^+$ dan $N-NO_3^-$

Penetapan N tersedia diawali dengan mendestruksi 1 g tanah dengan 3 mL asam sulfat pekat dan 1 g selen selama 4 jam. Seluruh ekstrak dipindahkan ke labu didih menggunakan air bebas ion. Selanjutnya $N-NH_4$ diukur dengan cara destilasi setelah ekstrak tanah ditambah dengan 10 mL asam borat (1%) dan indikator Conway yang dihubungkan dengan alat destilasi untuk menampung NH_3 yang dibebaskan. Sebanyak 10 mL NaOH (40%) ditambahkan ke dalam labu didih berisi ekstrak dan didestilasi sampai volume penampung mencapai 50-75 mL. Destilat dititrasi dengan asam sulfat 0,05N sampai titik akhir titrasi.

Ekstrak bekas penetapan $N-NH_4$ di dalam labu didih ditambah 50 mL air bebas ion dan didinginkan untuk pengukuran $N-NO_3^-$. Selanjutnya didestilasi dengan menambahkan 2 g devarda alloy untuk pembuihan. Pemanas destilator dihidupkan ketika buih habis.

Pemanasan dilakukan bertahap. Destilasi diakhiri saat volume destilat dalam penampung sudah mencapai 50-75 mL. Destilat dititrasi dengan asam sulfat 0,05N seperti penetapan $N-NH_4$.

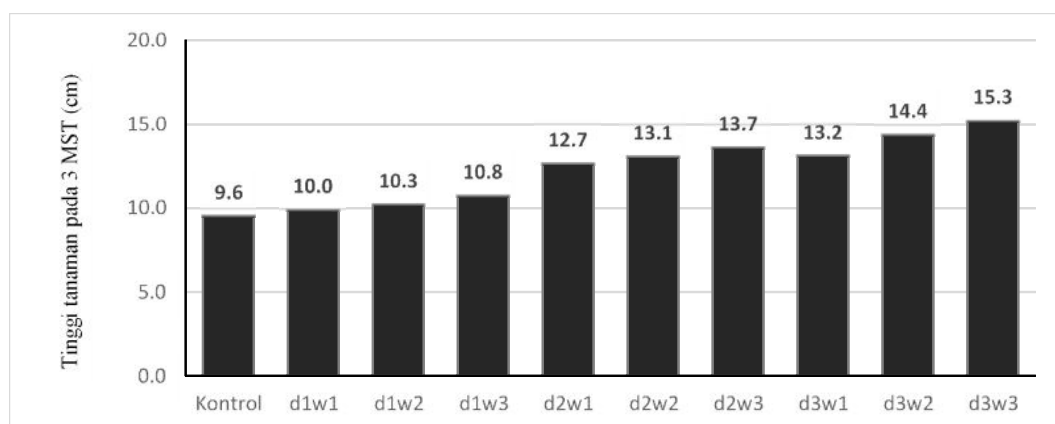
Analisis Statistik

Data seluruh parameter dianalisis dengan analisis ragam 5% dan dilanjutkan dengan Uji jarak berganda Duncan 5% jika terdapat signifikansi pada analisis ragam.

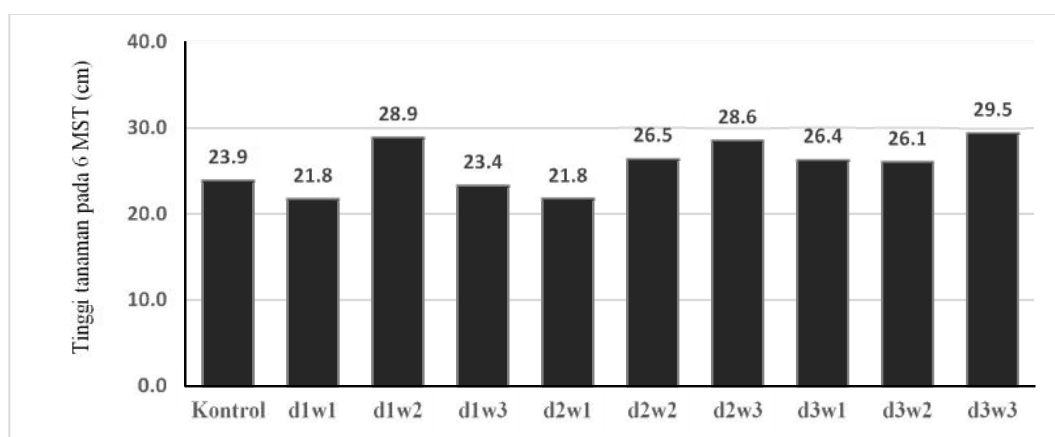
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Pemberian agen hayati dengan berbagai waktu aplikasi tidak membedakan tinggi tanaman pada 3 MST (Tabel 1) maupun 6 MST (Tabel 2). Namun secara nominal, seluruh tanaman yang diberi inokulasi Azoto-Tricho lebih tinggi daripada tanaman kontrol (Tabel 1). Beberapa kombinasi perlakuan dosis dan waktu aplikasi agen hayati berpotensi meningkatkan tinggi tanaman di akhir fase vegetatif akhir, 6 MST. Inokulasi agen hayati 2,5 dan 5 g pot^{-1} yang disertai dengan penyemprotan inokulan *Azotobacter* pada 10 HST berpotensi meningkatkan tinggi tanaman (Gambar 2).



Gambar 1 Pengaruh agen hayati Azoto-Tricho dan waktu aplikasi berbeda terhadap tinggi tajuk cabai pada 3 MST



Gambar 2 Pengaruh pupuk hayati Azoto-Tricho dan waktu aplikasi berbeda terhadap tinggi tajuk cabai pada 6 MST

Azotobacter secara alami menghasilkan fitohormon sebagai kunci penting untuk perkembangan dan pertumbuhan tanaman; serta berperan penting dalam toleransi stres abiotik (Wani, 2016). Fitohormon yang dihasilkan *Azotobacter* adalah IAA, Sitonin dan Giberelin. Fitohormon IAA berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta mengkoordinasi pertumbuhan tanaman pada kondisi stres (Mano dan Nemoto, 2012). Sitokinin adalah regulator utama pada berbagai proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Kang *et al.*, 2012). Berbagai jenis Giberelin mempengaruhi germinasi benih, perluasan daun, perpanjangan batang, inisiasi bunga dan trikoma, serta perkembangan bunga dan buah (Yamaguchi, 2008).

Nitrogen Tersedia di Tanah

Dosis dan waktu aplikasi agen hayati yang berbeda berpengaruh terhadap ketersediaan N baik dalam bentuk ammonium maupun nitrat di tanah pada fase vegetatif akhir (Tabel 1).

Pemberian agen hayati dengan metode aplikasi apapun meningkatkan kadar kedua ion nitrogen di tanah. Namun inokulasi 7,5 g pot⁻¹ pada saat tanam yang disertai dengan *Azotobacter*

pada 10 HST dapat meningkatkan nitrat tanah secara nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan lainnya. Potensi peningkatan kadar amonium tertinggi diperlihatkan oleh perlakuan yang sama meskipun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan inokulasi lainnya.

Azotobacter adalah bakteri pemfiksasi nitrogen non simbiotik yang hidup di rizosfer tanaman (Tilak *et al.*, 2005). Enzim nitrogenase telah diketahui berperan sebagai katalisator proses fiksasi nitrogen yang peka terhadap tingginya kadar N anorganik tanah. Kadar N-total tanah Inceptisols yang digunakan pada penelitian ini rendah (0,2%) memungkinkan terjadinya fikasi oleh *Azotobacter* yang menghasilkan amonia (NH₃) yang umumnya berupa amonium (NH₄⁺) pada sitoplasma (Biswas dan Gresshoff, 2014). Dalam siklus nitrogen amonium mengalami proses nitrifikasi menjadi nitrit dan selanjutnya menjadi nitrat oleh bakteri ototrof yang menggunakan C dari CO₂ (Robertson and Groffman, 2007). Dosis terbaik dalam percobaan ini adalah 7,5 g pot⁻¹ yang memperlihatkan bahwa kepadatan populasi sel *Azotobacter* mencukupi dan telah mencapai *quorum sensing* untuk ekspresi gen pemfiksasi N (Miller dan Bassler 2001).

Tabel 1 Pengaruh dosis dan waktu aplikasi agen hayati terhadap kadar N tersedia (NH_4^+ dan NO_3^-) pada fase vegetatif akhir serta hasil tanaman

Dosis dan waktu aplikasi agen hayati	NH_4^+ (%)	NO_3^- (%)	Jumlah buah per tanaman	Bobot buah per tanaman (g)
Kontrol	0,03 a	0,06 a	5,4 a	123 a
2,5 g pot ⁻¹ saat pengolahan tanah	0,04 ab	0,06 b	5,5 a	128 a
2,5 g pot ⁻¹ saat tanam	0,04 ab	0,07 abc	6,8 a	165 ab
2,5 g pot ⁻¹ saat tanam, dan <i>Azotobacter</i> 10 HST	0,04 ab	0,08 abc	6,5 a	170 ab
5 g pot ⁻¹ saat pengolahan tanah	0,04 ab	0,07 abc	6,8 a	215 ab
5 g pot ⁻¹ saat tanam	0,04 ab	0,08 abc	7,8 ab	243 ab
5 g pot ⁻¹ saat tanam, dan <i>Azotobacter</i> 10 HST	0,05 ab	0,08 abc	7,3 ab	250 ab
7,5 g pot ⁻¹ saat pengolahan tanah	0,04 ab	0,07 abc	7,3 ab	238 ab
7,5 g pot ⁻¹ saat tanam	0,06 ab	0,09 abc	8,3 ab	255 ab
7,5 g pot ⁻¹ saat tanam, dan <i>Azotobacter</i> 10 HST	0,07 ab	0,10 c	10,5 b	290 b

Hasil Tanaman

Jumlah buah dan bobot buah per tanaman dipengaruhi oleh inokulasi agen hayati, namun pengaruhnya tergantung dari dosis dan waktu aplikasi (Tabel 1). Umumnya inokulasi meningkatkan kedua parameter hasil. Secara statistik jumlah buah dan bobot buah tertinggi diperoleh dari tanaman yang diberi 7,5 g pot⁻¹ agen hayati saat tanam, dan disertai inokulan cair *Azotobacter* pada 10 HST.

Azotobacter adalah PGPR yang berperan sebagai biofertilizer dan biostimulan. Fiksasi nitrogen telah banyak dijelaskan dapat meningkatkan ketersediaan N seperti pada penelitian ini (Tabel 1) dan serapan N tanaman. Fitohormon meregulasi seluruh proses pertumbuhan dan perkembangan. Aplikasi *Trichoderma* melindungi tanaman dari patogen tular tanah (Asrul 2009; Harman, 2014).

Kombinasi aktivitas biofertiliser, biostimulan dan

bioprotektan dari *Azotobacter* dan *Trichoderma* ini berefek positif terhadap pertumbuhan (Gambar 2) dan hasil tanaman. Hasil penelitian ini sejalan dengan efek positif pupuk hayati konsorsium yang mengandung bakteri pemfiksasi N terhadap bobot segar tajuk sawi dan penurunan kejadian *Rhizoctonia solani* jika disertai dengan inokulan padat *Trichoderma* (Kalay *et al.*, 2016).

Produktivitas tanaman pada penelitian ini termasuk rendah, disebabkan oleh ukuran pot yang relatif kecil, 5 kg, sehingga perkembangan akar dan penyerapan nutrisi terhambat. Buah cabai diambil dari empat kali panen, dengan jumlah dan bobot buah tertinggi masing-masing 10,5 buah dan 290 g. Produktivitas cabai merah ini, belum dapat dibandingkan dengan potensinya mengingat panen hanya dilakukan empat kali. Tabel 1 memperlihatkan dengan jelas potensi agen hayati Azoto-Tricho untuk meningkatkan hasil cabai yang ditanam

di tanah kurang subur. Pada perobaan pot ini, jika dosis agen hayati ditingkatkan maka produktivitas tanaman semakin meningkat, dan umumnya penambahan inokulan cair *Azotobacter* lebih meningkatkan produksi cabai merah. Namun, kepastian efektivitas inokulan padat *Azotobacter-Trichoderma* dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman perlu dibuktikan dengan percobaan di lapangan.

KESIMPULAN

Tinggi tanaman yang diberi inokulan pada Azoto-Tricho pada dosis dan waktu aplikasi berbeda, tidak berbeda dengan tinggi tanaman kontrol, baik pada tiga maupun enam minggu setelah tanam. Penelitian pot ini dengan jelas menunjukkan bahwa inokulasi 7,5 g pot⁻¹ inokulan padat Azoto-Tricho pada waktu tanam diikuti oleh aplikasi inokulan cair *Azotobacter* pada 10 hari setelah tanam secara signifikan meningkatkan nitrat tanah di dalam tanah tetapi efek inokulasi terhadap kadar amonium tanah kurang signifikan. Inokulum Azoto-Tricho berbasis pembawa terlepas dari dosis dan waktu aplikasi meningkatkan produktivitas tanaman. Produksi cabai tertinggi, 290 g pot⁻¹ ditunjukkan oleh tanaman yang diberi 7,5 g pot⁻¹ Azoto-Tricho pada saat tanam diikuti dengan aplikasi inokulan cair *Azotobacter*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami berterimakasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi Kemenristek Dikti untuk pembiayaan penelitian melalui skema PEKERTI pada tahun anggaran 2016.

DAFTAR PUSTAKA

Asrul, S. 2009. *Uji Daya Hambat Jamur Antagonis Trichoderma spp dalam*

formulasi kering berbentuk tablet terhadap luas bercak Phytophthora palmivora pada buah kakao J. Agrisains 10(1):21 – 27.

Bhosale, H.J, T.A. Kadam, and A.R. Bobade. 2013. *Identification and production of Azotobacter vinelandii and its antifungal activity against Fusarium oxysporum. J Environ Biol. 34(2):177-82.*

Biswas B., P.M. Gresshoff. 2014. *The Role of Symbiotic Nitrogen Fixation in Sustainable Production of Biofuels. Int. J. Mol. Sci. 15:7380-7397.*

Danapriatna, N., R Hindersah, dan Y Sastro. 2010. *Pengembangan pupuk hayati Azotobacter dan Azospirillum untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi penggunaan pupuk N di atas 15% pada tanaman padi. Laporan Penelitian KKP3T Badan Litbang Deptan. Unisma. Bekasi.*

Harman, G.E. 2014. *Trichoderma Spp., Including T. Harzianum, T. Viride, T. Koningii, T. Hamatumand Other Spp. Deuteromycetes, Moniliales (Asexual Classification System). Cornell University College of Agriculture And Life Sciences. Dept of Ntomology. Cornell University.*

Hindersah, R., B.N. Fitriatin dan M.R. Setiawati. 2003. *Azotobacter application in agricultural soil management. Proceeding International Conference on Environment and urban management. 491-498*

Hindersah, R. dan T. Simarmata. 2004. *Kontribusi Rizobakteri Azotobacter dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah melalui Fiksasi N₂ dan Produksi Fitohormon di Rizosfir. Jurnal Natur Indonesia 6: 127-133.*

- Jnawali, A.D., R. B. Ojha and S. Marahatta. 2015. *Role of Azotobacter in Soil Fertility and Sustainability—A Review*. Adv Plants Agric Res 2015, 2(6): 00069.
- Kalay, A.M. 2005. *Penggunaan Trichoderma koningii Oud. Sebagai Pengendali Sclerotium rolfsii, Fusarium oxysporium, dan Rhizoctonia solani pada Kacang Tanah*. J. Peng Wil 1: 8-13.
- Kalay, A.M., M. R. Uluputty, J. M. A. Leklioy, R. Hindersah, dan A. Talahaturuson. 2016. *Aplikasi pupuk hayati konsorsium dan inokulan padat Trichoderma harzianum terhadap produktivitas tanaman sawi pada lahan Terkontaminasi Rhizoctonia solani*. Agrologia 5(2): 78-86
- Kennedy, I.R., and Y-T Tchan. 1992. *Biological nitrogen fixation in nonleguminous field crops: Recent advances*. Plant and Soil 141: 93-118, 1992.
- Kang, Y.C., C. Cho, N.Y. Kim, and J. Kim. 2012. *Cytokininreceptor-dependent and receptor-independent path ways in the dehydration response of Arabidopsis thaliana*, J. Plant Physiol. 169:1382–1391.
- Kizilkaya, R. 2009. *Nitrogen fixation capacity of Azotobacter spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils*. J Environ Biol. 30(1):73-82.
- Kumar, K. K. Kumar, P. Kumar, R. Maurya, S. Prasad and S. K. Singh. 2014. *Production of indole acetic acid by Azotobacter strains associated with mungbean*. Plant Archives. 14(1): 41-42.
- Mali G.V. and M.G Bodhankar Antifungal and Phytohormone Production Potential of *Azotobacter chroococcum* Isolates from Groundnut (*Arachis hypogea* L.) Rhizosphere, Asian J. Exp. Sci., 23: 293-297
- Mano, Y. and K. Nemoto. 2012. *The pathway of auxin biosynthesis in plants*, J. Exp. Bot. 63:2853–2872.
- Miller M.B and B.L. Bassler . 2001. *Quorum sensing in bacteria (Abstract)*. Annual Review Microbiol. 55:165-99.
- Mrkovic̃ki, N and V. Milic. 2001. *Use of Azotobacter chroococcum as potentially useful in agricultural application*. Annals of Microbiology, 51:145-158.
- Robertson, G.P. and P. M. Groffman. 2007. Nitrogen Transformations in Paul, E.A. (Ed). *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry 3rd Edition*. Elsevier. Oxford, UK.
- Robertson, G.P. and P. M. Groffman. 2007. Nitrogen Transformations in Paul, E.A. (Ed). *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry 3rd Edition*. Elsevier. Oxford, UK.
- Setiawati, M.R., B. Joy, dan R.Hindersah. 2011. *Penggunaan Azotobacter sebagai pupuk hayati pada tanaman padi sawah, jagung dan kedelai*. Laporan Penelitian Kerjasama Unpad-PT Pusti.
- Tilak, K. V. B. R., N. Ranganayaki1, K. K. Pal, R. De, A. K. Saxena, C. Shekhar Nautiyal, Shilpi Mittal, A. K. Tripathi, and B. N. Johri. 2005. *Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria*. Current Science, 89(1): 16-150.

Yamaguchi, S. 2008. *Gibberellin metabolism and its regulation*, *Annu. Rev. Plant Physiol.* 59: 225–251.
