

Tanggap Pertumbuhan dan Hasil Cabai (*Capsicum annuum* L.) terhadap Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Tanah Ultisol

The Growth and Yield Response of Chili (*Capsicum annuum* L.) to Arbuscular Mycorrhizal Fungus Inoculation in Ultisol

**D. Wasgito Purnomo^{1*}, Bambang Sapta Purwoko², Sudirman Yahya²,
Sriani Sujiprihati², Irdika Mansur³ dan Amisnaipa⁴**

Diterima 12 Juni 2008/Disetujui 5 November 2008

ABSTRACT

*The aim of this research was to test the utilization of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) to improve adaptation ability of chili to aluminum (Al) stress based on growth and yield response in four genotypes of chili (*Capsicum annuum* L.). The research was carried out at University Farm of IPB in Cikabayan from September 2006 to Maret 2007. The media was Ultisol from Gajrug (Lebak, Banten) in polybag. Four genotypes of chili, PBC 619 and Jatilaba (Al tolerant genotypes), and Cilibangi 3 and Helm (Al sensitive genotypes) were treated with and without inoculation of *Gigaspora margarita*, and planted further in media without Al stress (Al saturation 0.77%) and Al stress (Al saturation 60.85%). Variables observed were degree of AMF infection, root length, plant height, shoot dry weight, number of harvested fruits, fruit length, fruit weight and weight of harvested fruits. The results showed that inoculation of *G. margarita* effectively decreased negative influence of Al stress by increasing plant height, shoot dry weight, number of harvested fruit, fruit length, weight per fruit and weight of harvested fruits. Inoculation of *G. margarita* to Al sensitive genotypes was more advantageous than to tolerant genotypes. The Al sensitive genotypes were adapted to Al stress if they were inoculated with *G. margarita*. In Al stress condition, inoculation of *G. margarita* to Al sensitive genotypes increased weight of harvested fruits up to 94.49% in Cilibangi 3 and 80.37% in Helm.*

*Key words: Adaptation, aluminum stress, arbuscular mycorrhizal fungus, *Capsicum annuum* L., Ultisol*

PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan cabai dalam negeri yang mencapai 790 ribu ton per tahun (Departemen Pertanian, 2007), tidak dapat sepenuhnya mengandalkan produksi dari Pulau Jawa karena lahan produktif banyak dikonversi untuk keperluan lainnya sehingga peningkatan produksi melalui perluasan areal menjadi terbatas. Lahan kering yang tersebar luas di luar Pulau Jawa mencapai 132.88 juta hektar cukup potensial dimanfaatkan untuk perluasan areal pertanaman cabai. Namun, 33.58% dari luas lahan tersebut atau seluas 44.62 juta ha merupakan jenis tanah Ultisol yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Papua, Sulawesi dan Maluku (Hidayat dan Mulyani, 2002).

Adanya kelarutan aluminium yang tinggi pada tanah Ultisol merupakan kendala utama yang sering membatasi pertumbuhan tanaman pada tanah tersebut (Marschner, 1995). Pada tanah Ultisol dengan pH kurang dari 5.0, oksida-oksida aluminium akan

memfiksasi ion-ion fosfat (P) sehingga menurunkan ketersediaan hara P (Ralalage *et al.*, 1995; Baligar *et al.*, 1997). Selain itu, kelarutan Al pada pH kurang dari 4.5 banyak didominasi bentuk Al^{3+} yang dapat menghambat pertumbuhan akar sehingga menurunkan kemampuan akar dalam menyerap hara mineral dan air (Matsumoto *et al.*, 1996; Samuel *et al.*, 1997).

Tanaman yang tercekam Al akan mengalami kerusakan ujung akar sehingga pemanjangan akar terhambat, akar terlihat pendek dan gemuk (Watanabe & Okada, 2005; Bakhtiar *et al.*, 2007). Kerusakan akar karena cekaman Al menyebabkan tanaman mengalami kekahatan hara dan cekaman kekeringan (Marschner, 1995) sehingga pada akhirnya akan menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman pada tanah Ultisol. Cabai yang ditanam pada tanah Ultisol dengan kejenuhan Al 60.85% dapat mengalami penurunan hasil hingga 53.61% (Purnomo *et al.*, 2007).

Pemanfaatan simbiosis dengan fungi mikoriza arbuskula (FMA) dapat dijadikan alternatif untuk

¹ Staf Pengajar Jurusan Budidaya Pertanian, Fapertek Universitas Negeri Papua, Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat, E-mail: was_pur@yahoo.com (*Penulis untuk korespondensi).

² Staf Pengajar Departemen Agronomi dan Hortikultura, Faperta IPB, Bogor

³ Staf Pengajar Departemen Silvikultur, Fahutan IPB, Bogor

⁴ Peneliti BPTP Papua Barat, Manokwari

mengatasi masalah pada tanaman yang mengalami cekaman Al. Adanya hifa eksternal dari FMA yang tumbuh ekspansif sampai ke lapisan subsoil dapat membantu fungsi akar dalam penyerapan hara dan air (Cruz *et al.*, 2004). Kemampuan adaptasi tanaman terhadap cekaman Al dapat ditingkatkan dengan inokulasi FMA. Simbiosis FMA dan tanaman terbukti mampu meningkatkan serapan hara, terutama P (Widiastuti *et al.*, 2003) dan ketahanan terhadap kekeringan (Hanum, 2004) serta mereduksi akumulasi unsur Al yang menjadi masalah pada tanah Ultisol (Cumming dan Ning, 2003). Dengan adanya simbiosis FMA, tanaman diharapkan tumbuh lebih baik pada tanah Ultisol.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji keefektifan inokulasi fungi mikoriza arbuskula dalam meningkatkan hasil dan kemampuan adaptasi genotipe cabai yang mengalami cekaman Al.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Cikabayan, University Farm, IPB, dan berlangsung pada bulan September 2006 sampai Maret 2007. Genotipe cabai yang digunakan berasal dari koleksi *Research Group on Crop Improvement* (RGCI), IPB, yaitu: PBC 619 dan Jatilaba sebagai genotipe toleran, serta Cilibangi 3 dan Helm sebagai genotipe peka berdasarkan hasil percobaan penapisan dan evaluasi sebelumnya (Purnomo *et al.*, 2007). Jenis FMA yang digunakan adalah *Gigaspora margarita* yang mempunyai kemampuan koloni terbaik pada cabai hasil percobaan kompatibilitas (Purnomo, 2008), isolat *G. margarita* merupakan koleksi dari Laboratorium Silviculture SEAMEO-BIOTROP, Bogor. Media tumbuh yang digunakan adalah tanah mineral masam jenis Ultisol ber-pH 4.2, Al-dd 30.08 me/ 100 g tanah dan kejenuhan Al 83.81% yang diambil dari Gajrug, Lebak, Banten. Bahan lain yang digunakan antara lain kapur CaCO₃, pupuk urea, SP36, KCl, pestisida dan bahan kimia untuk analisis akar terinfeksi FMA.

Penelitian ini merupakan penelitian 3 faktor dan disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah genotipe cabai, yaitu genotipe PBC 619 (toleran 1), genotipe Jatilaba (toleran 2), genotipe Cilibangi 3 (peka 1), dan genotipe Helm (peka 2). Faktor kedua adalah kondisi media tanah Ultisol, yaitu kondisi tanpa cekaman Al (kejenuhan Al 0.77%) dan kondisi tercekam Al (kejenuhan Al 60.85%). Faktor ketiga adalah inokulasi FMA, yaitu tanpa inokulasi FMA (-FMA), dan inokulasi *G. margarita* (+FMA). Penelitian ini terdiri atas 48 satuan percobaan (4x2x2x3) dan setiap satuan percobaan terdiri atas 4 polibag.

Tanah dari lapangan dibersihkan dari sisa-sisa tanaman dan kotoran, kemudian digemburkan dan

dikeringinkan selama satu minggu. Tanah yang telah kering diayak dengan ukuran 2 mm, kemudian ditimbang sebanyak 10 kg per polibag. Untuk memperoleh kejenuhan Al 0.77% (kondisi tanpa cekaman Al) dan 60.85% (kondisi tercekam Al), tanah Ultisol diinkubasi selama 1 bulan dengan pemberian kapur CaCO₃ masing-masing sebanyak 18.33 g/kg tanah dan 4.58 g/kg tanah (Purnomo *et al.*, 2007).

Pembibitan cabai dilakukan di tray persemaian yang mempunyai 72 lubang yang berisi media campuran tanah dan pupuk kascing (organik) dengan perbandingan 1:1. Inokulasi FMA diberikan sebanyak 10 g propagul/lubang tanam ke dalam media pembibitan secara berlapis, yaitu media-inokulan-media.

Bibit yang telah berumur 4 minggu ditanam sebanyak 1 bibit per polibag. Pemeliharaan meliputi pemupukan, penyiraman, serta pengendalian hama dan penyakit. Pupuk diberikan dengan dosis 250 kg N/ha, 150 kg P₂O₅/ha dan 200 kg K₂O/ha atau setara dengan 2.72 g urea/polibag, 2.08 g SP36/polibag dan 1.67 g KCl/polibag. Aplikasi pupuk dilakukan sebanyak tiga kali dengan cara disebar dalam alur melingkar. Pemupukan pertama dilakukan sehari sebelum bibit ditanam dengan nisbah N (1/3)+P(1)+K(1/3), sedangkan pemupukan kedua dilakukan 4 minggu setelah bibit ditanam dengan nisbah N (1/3)+P(0)+K(1/3), dan pemupukan ketiga dilakukan 8 minggu setelah bibit ditanam dengan nisbah N (1/3)+P(0)+K(1/3). Penyiraman untuk mencapai kapasitas lapang dilakukan setiap pagi hari jam 08.00. Kebutuhan air untuk mencapai kapasitas lapangan ditentukan dengan rumus:

$$(KA_{kl} - KA_{ku}) \times B_{km}$$

dimana,

KA_{kl} = kadar air tanah kapasitas lapang

KA_{ku} = kadar air tanah kering udara

B_{km} = bobot tanah kering mutlak

Diketahui kadar air kapasitas lapangan sebesar 35.25%, kadar air kering udara sebesar 13.64%, dan bobot tanah kering mutlak seberat 8.80 kg, maka kebutuhan air adalah 1901.7 ml atau disetarakan menjadi 1900 ml/polibag.

Untuk mengendalikan hama ulat daun (*Spodoptera litura*) dan trip (*Thrips parvispinus*) dilakukan penyemprotan insektisida berbahan aktif Deltamethrin dengan konsentrasi 50 mg/l air. Sementara untuk melindungi cabai dari serangan penyakit busuk daun (*Phytophthora infestans*) dan busuk buah (*Colletotrichum* sp.) dilakukan penyemprotan fungisida berbahan aktif Mankozeb dengan konsentrasi 1.6 g/l air (Haryantini dan Santoso, 2001).

Pengamatan derajat infeksi FMA dilakukan pada panen terakhir (20 minggu setelah bibit ditanam). Contoh potongan akar yang telah diwarnai dengan larutan trypan blue 0.05%, diambil 10 potong dan disebar pada cawan petri yang di permukaan bawahnya

telah dibuat kisi-kisi bujur sangkar dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Contoh akar diamati menggunakan mikroskop stereo dan dicatat jumlah akar terinfeksi FMA pada setiap kisi. Akar terinfeksi ditandai dengan adanya minimal salah satu dari struktur internal FMA, yaitu hifa internal, arbuskula atau vesikula. Kuantifikasi derajat infeksi FMA dihitung dengan rumus (Doud *et.al.*, 2005):

$$\text{Derajat infeksi (\%)} = \frac{\sum Y_n}{\sum X_n} \times 100\%$$

Y_n = jumlah akar yang terinfeksi pada kisi ke- n

X_n = jumlah akar yang diamati pada kisi ke- n

n = banyaknya kisi-kisi

Panjang akar diukur pada saat panen terakhir. Akar dibersihkan dari tanah menggunakan air mengalir dan diukur dari pangkal hingga ujung akar. Peubah tinggi tanaman diukur pada umur 14 minggu setelah bibit ditanam. Pengukuran dilakukan dari permukaan tanah sampai pucuk dari cabang tertinggi.

Pemanenan dilakukan apabila 50% dari permukaan buah telah mengalami perubahan warna menjadi merah. Jumlah buah panen per tanaman dihitung secara kumulatif sampai panen terakhir. Panjang buah diukur dari pangkal sampai ujung buah. Bobot buah panen per tanaman dilakukan dengan menimbang semua buah

yang dipanen. Bobot per buah dihitung berdasarkan rumus :

$$\frac{\text{Bobot buah yang dipanen}}{\text{Jumlah buah panen}}$$

Data yang diperoleh diuji secara statistik dengan analisis ragam dan jika menunjukkan pengaruh perlakuan yang nyata, maka selanjutnya dilakukan uji beda nyata jujur (uji Tukey) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat Infeksi FMA

Kemampuan *G. margarita* menginfeksi akar terlihat berbeda antar genotipe cabai pada kondisi tercekam Al (Tabel 1). Pada kondisi tercekam Al, derajat infeksi FMA tertinggi terdapat pada genotipe toleran dan berbeda nyata dengan genotipe peka. Sebaliknya, pada kondisi tanpa cekaman Al derajat infeksi FMA tidak berbeda di antara kedua genotipe cabai. Secara umum kemampuan *G. margarita* menginfeksi akar pada percobaan ini termasuk kriteria tinggi, karena derajat infeksi terendah yang diperoleh sebesar 68.86%. Kriteria derajat infeksi FMA yang tergolong tinggi jika persen akar terinfeksi > 30% (O'Connor *et al.*, 2001).

Tabel 1. Pengaruh cekaman Al terhadap derajat infeksi *G. margarita* pada beberapa genotipe cabai

Genotipe cabai	Derajat infeksi FMA pada kondisi :		Penurunan derajat infeksi FMA (%)
	Tanpa cekaman Al	Tercekam Al	
	----- % -----		
PBC 619	88.52 ^a	80.36 ^b	9.22
Jatilaba	89.05 ^a	79.08 ^b	11.19
Cilibangi 3	89.72 ^a	68.86 ^c	23.24
Helm	88.74 ^a	69.00 ^c	22.25

Keterangan: Angka pada baris dan kolom yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%

Adanya cekaman Al menurunkan derajat infeksi FMA pada akar kedua genotipe. Penurunan derajat infeksi FMA pada genotipe peka terlihat lebih tinggi dibandingkan genotipe toleran. Pada genotipe peka penurunannya sebesar 23.24% pada Cilibangi 3 (turun dari 89.79% menjadi 68.86%) dan 22.25% pada Helm (turun dari 88.74% menjadi 69.00%). Sementara pada genotipe toleran penurunan derajat infeksi FMA hanya sebesar 9.22% pada PBC 619 (turun dari 88.52% menjadi 80.36%) dan 11.19% pada Jatilaba (turun dari 89.05% menjadi 79.08%). Penurunan derajat infeksi berkaitan dengan pertumbuhan tanaman inangnya. Pertumbuhan tanaman akan menurun jika terkena cekaman Al, sehingga pada akhirnya akan menurunkan asimilat sebagai sumber energi bagi FMA. Perkembangan FMA dan produksi spora membutuhkan energi

yang diperoleh melalui penyerapan C organik dari tanaman inang (Smith dan Read, 1997).

Tanggap Beberapa Genotipe Cabai Terhadap Cekaman Al

Hasil analisis ragam memperlihatkan adanya interaksi antara genotipe cabai dan kondisi tanah Ultisol pada semua karakter yang diamati. Interaksi tersebut mengindikasikan bahwa respons genotipe cabai pada kondisi tanpa cekaman Al akan berbeda dengan kondisi tercekam Al pada karakter panjang akar, tinggi tanaman, jumlah buah panen, panjang buah, bobot per buah dan bobot buah panen.

Pada kondisi tanpa cekaman Al, panjang akar antar genotipe tidak berbeda nyata (Tabel 2). Perbedaan

terlihat nyata pada kondisi tercekam Al, dimana pertumbuhan akar pada genotipe toleran (PBC 619 dan

Jatilaba) lebih panjang dibandingkan genotipe peka (Cilibangi 3 dan Helm).

Tabel 2. Penurunan beberapa komponen pertumbuhan dan hasil cabai akibat cekaman Al pada media tanah Ultisol

Genotipe cabai	Kondisi media tanah	Panjang akar (cm)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah buah panen	Panjang buah (cm)	Bobot per buah (g)	Bobot buah panen (g/tanaman)
PBC 619	Tanpa cekaman Al	31.6 ^a	67.9 ^a	51.5 ^a	12.2 ^a	7.09 ^a	315.76 ^a
	Tercekam Al	24.4 ^{ab}	58.0 ^b	42.5 ^c	11.0 ^{ab}	6.65 ^a	282.19 ^a
	% penurunan	22.8	14.6	17.5	9.8	6.11	10.63
Jatilaba	Tanpa cekaman Al	29.6 ^a	69.7 ^a	50.7 ^{ab}	12.1 ^{ab}	7.04 ^a	308.34 ^a
	Tercekam Al	22.7 ^b	58.2 ^b	39.7 ^c	10.5 ^b	6.66 ^a	277.88 ^a
	% penurunan	23.3	16.5	21.7	13.2	5.35	9.88
Cilibangi 3	Tanpa cekaman Al	30.7 ^a	64.1 ^{ab}	45.0 ^{bc}	11.8 ^{ab}	6.93 ^a	290.53 ^a
	Tercekam Al	14.9 ^c	38.7 ^c	22.3 ^d	8.0 ^c	4.65 ^b	190.59 ^b
	% penurunan	51.5	39.6	50.4	32.2	32.88	34.40
Helm	Tanpa cekaman Al	31.5 ^a	61.9 ^{ab}	43.8 ^c	12.1 ^{ab}	6.79 ^a	284.30 ^a
	Tercekam Al	15.7 ^c	36.9 ^c	21.8 ^d	8.1 ^c	4.68 ^b	183.85 ^b
	% penurunan	50.2	40.4	50.2	33.1	31.05	35.33

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama, menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%

Cekaman Al menurunkan panjang akar secara nyata, kecuali pada genotipe PBC 619. Penurunan panjang akar pada genotipe toleran lebih rendah dibandingkan genotipe peka. Pada genotipe toleran terjadi penurunan panjang akar sebesar 22.8% (dari 31.6 cm turun menjadi 24.4 cm) untuk PBC 619 dan 23.3% (dari 29.6 cm turun menjadi 22.7 cm) untuk Jatilaba. Pada genotipe peka terjadi penurunan panjang akar sebesar 51.5% (dari 30.7 cm turun menjadi 14.9 cm) untuk Cilibangi 3 dan 50.2% (dari 31.5 cm turun menjadi 15.7 cm) untuk Helm.

Perakaran tanaman merupakan target utama yang mengalami kerusakan bila tanaman keracunan Al. Oleh karena itu peubah panjang akar menjadi indikator penting untuk melihat kemampuan tanaman beradaptasi pada tanah ultisol yang mempunyai kandungan Al tinggi. Pada penelitian ini genotipe PBC 619 dan Jatilaba mengalami penurunan panjang akar yang lebih kecil dibandingkan genotipe Cilibangi 3 dan Helm. Penurunan panjang akar yang lebih kecil menunjukkan genotipe PBC 619 dan Jatilaba mempunyai daya adaptasi terhadap cekaman Al yang lebih baik dibandingkan genotipe Cilibangi 3 dan Helm. Hasil penelitian lain pada jagung (Pellet *et al.*, 1995), gandum (Samuel *et al.*, 1997), kedelai (Sopandie *et al.*, 2003; Spehar dan Sauza, 2006) dan padi gogo (Sutaryo *et al.*, 2005; Bakhtiar *et al.*, 2007) memperlihatkan hal yang sama, dimana pada kondisi tercekam Al pertumbuhan perakaran tanaman toleran lebih panjang dibandingkan tanaman yang peka. Genotipe dengan sistem perakaran yang lebih panjang dan lebat pada kondisi tercekam Al, akan lebih mampu untuk beradaptasi pada tanah mineral masam (Matsumoto *et al.*, 1996; Bushamuka dan Zobel, 1998).

Genotipe Cilibangi 3 dan Helm yang ditanam pada kondisi tercekam Al menghasilkan tinggi tanaman, jumlah buah panen, panjang buah, bobot per buah dan bobot buah panen yang lebih rendah dibandingkan genotipe PBC 619 dan Jatilaba (Tabel 2). Rendahnya tinggi tanaman dan beberapa komponen hasil tersebut sejalan dengan pertumbuhan akar genotipe Cilibangi 3 dan Helm yang lebih pendek dibandingkan genotipe PBC 619 dan Jatilaba. Fakta tersebut menunjukkan bahwa terhambatnya pertumbuhan akar akibat cekaman Al berdampak buruk terhadap tinggi tanaman dan beberapa komponen hasil yang diamati. Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa panjang akar berkorelasi positif dan sangat nyata dengan bobot buah panen (Purnomo *et al.*, 2007).

Pengaruh Inokulasi FMA Terhadap Perbaikan Hasil dan Daya Adaptasi

Hasil analisis ragam memperlihatkan adanya interaksi antara genotipe cabai, kondisi cekaman Al dan inokulasi FMA pada jumlah buah panen dan bobot buah panen. Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi FMA dapat mempengaruhi tanggap genotipe cabai terhadap cekaman Al pada jumlah buah panen dan bobot buah panen.

Kondisi tercekam Al menyebabkan jumlah buah panen menurun pada semua genotipe cabai, namun inokulasi FMA dapat memperkecil penurunan tersebut. Efektivitas FMA untuk mengurangi pengaruh buruk Al dapat dilihat dari adanya peningkatan jumlah buah panen oleh inokulasi FMA. Pada kondisi tercekam Al, inokulasi FMA dapat menghasilkan jumlah buah panen yang lebih banyak dibandingkan tanpa FMA, kecuali pada genotipe Helm (Tabel 3). Pengaruh buruk Al

dapat dikurangi oleh inokulasi *G. margarita* melalui peningkatan jumlah buah panen sebesar 52.2% pada

genotipe PBC 619, 64.3 % pada Jatilaba, 57.8% pada Cilibangi 3 dan 38.3% pada Helm.

Tabel 3. Tanggapan jumlah buah panen akibat inokulasi *G. margarita* pada genotipe cabai yang tercekam AI

Genotipe cabai	Jumlah buah panen pada kondisi :					
	Tanpa cekaman AI; FMA (kontrol)	- Tercekam AI;	-FMA	Tercekam AI; +FMA		
PBC 619	49.7 ^{ab}	33.7 ^{cde}	(-32.2)	51.3 ^a	(3.2)	[52.2]
Jatilaba	49.0 ^{ab}	30.0 ^{de}	(-38.8)	49.3 ^{ab}	(0.6)	[64.3]
Cilibangi 3	40.3 ^{bc}	17.3 ^g	(-57.1)	27.3 ^{ef}	(-32.3)	[57.8]
Helm	37.3 ^{cd}	18.3 ^{fg}	(-50.9)	25.3 ^{efg}	(-32.2)	[38.3]

Keterangan: Angka pada baris dan kolom yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%.

Angka dalam () merupakan % perubahan terhadap kontrol

Angka dalam [] merupakan % keefektifan FMA pada kondisi tercekam AI

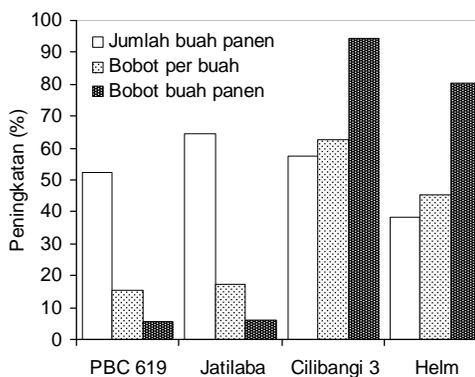
Cekaman AI juga menyebabkan bobot buah panen menurun, namun penurunannya terlihat berbeda antar genotipe. Penurunan bobot buah panen akibat cekaman AI pada genotipe toleran (PBC 619 dan Jatilaba) terlihat tidak berbeda nyata dengan kontrol. Sebaliknya, penurunan pada genotipe peka (Cilibangi 3 dan Helm) terlihat berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 4). Pada genotipe toleran, penurunan bobot buah panen akibat cekaman AI kurang dari 10%, sedangkan pada genotipe peka penurunannya lebih dari 50%. Penurunan bobot buah yang lebih tinggi pada genotipe peka berkaitan dengan terhambatnya pertumbuhan akar akibat cekaman AI sehingga ketersediaan hara untuk pertumbuhan tidak optimum dan akhirnya akan menurunkan hasil tanaman.

Penurunan bobot buah panen akibat tercekam AI dapat dikurangi melalui peningkatan bobot buah panen oleh FMA. Pada kondisi tercekam AI, bobot buah panen dapat ditingkatkan secara nyata oleh inokulasi *G. margarita*, terutama pada genotipe peka. Adanya peningkatan tersebut menyebabkan persentase penurunan bobot buah panen akibat cekaman AI menjadi lebih rendah dibandingkan tanpa FMA. Hal ini berarti bahwa inokulasi *G. margarita* efektif mengurangi kehilangan hasil akibat pengaruh buruk AI.

Efektivitas FMA untuk mengurangi kehilangan hasil terlihat lebih tinggi pada genotipe peka dibandingkan genotipe toleran. Pada kondisi tercekam AI, inokulasi *G. margarita* pada genotipe peka dapat meningkatkan bobot buah panen sebesar 94.49% pada Cilibangi 3 dan 80.37% pada Helm. Sebaliknya pada genotipe toleran, peningkatan bobot buah panen hanya sebesar 5.78% pada genotipe PBC 619 dan 6.30% pada Jatilaba.

Tanggapan genotipe toleran terhadap inokulasi *G. margarita* pada peningkatan bobot buah panen terlihat tidak nyata, sebaliknya pada peningkatan jumlah buah panen terlihat nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah buah panen tidak selalu meningkatkan bobot buah panen. Perbedaan tanggapan pada kedua karakter tersebut disebabkan karena

peningkatan jumlah buah panen pada genotipe PBC 619 dan Jatilaba tidak disertai dengan peningkatan bobot per buah yang tinggi sehingga peningkatan bobot buahnya menjadi rendah. Sementara itu, peningkatan jumlah buah pada genotipe Cilibangi 3 dan Helm disertai dengan peningkatan bobot per buah yang tinggi sehingga peningkatan bobot buah panennya menjadi tinggi (Gambar 1). Peningkatan yang konsisten tersebut menunjukkan bahwa manfaat inokulasi *G. margarita* untuk memperbaiki hasil pada cabai yang mengalami cekaman AI lebih terlihat pada genotipe peka dibandingkan pada genotipe toleran.



Gambar 1. Peningkatan jumlah buah panen, bobot per buah dan bobot buah panen karena inokulasi *G. margarita* pada genotipe cabai yang mengalami cekaman AI

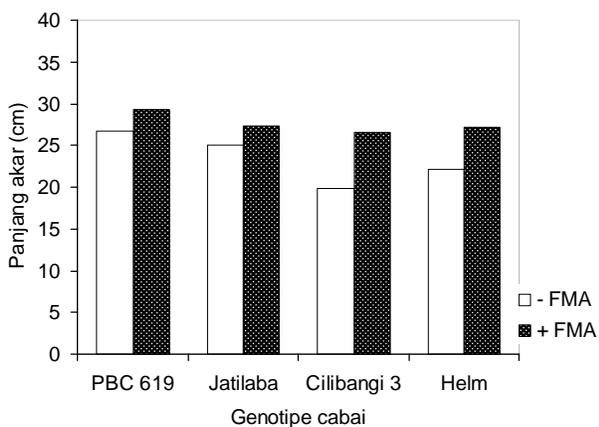
Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa inokulasi *G. margarita* dapat memperbaiki daya adaptasi tanaman cabai terhadap cekaman AI, terutama pada genotipe peka AI. Perbaikan daya adaptasi ditunjukkan oleh adanya peningkatan bobot buah panen yang nyata oleh inokulasi *G. margarita* pada genotipe Cilibangi 3 dan Helm, sehingga bobot buah panen yang dihasilkan tidak berbeda nyata baik dengan kontrol maupun dengan genotipe toleran (Tabel 4).

Tabel 4. Tanggapan bobot buah panen akibat inokulasi *G. margarita* pada genotipe cabai yang tercekam Al

Genotipe cabai	Bobot buah panen pada kondisi :					
	Tanpa cekaman Al; FMA (kontrol)	- Tercekam Al; -FMA	Tercekam Al; +FMA			
	----- g/tanaman -----					
PBC 619	303.99 ^a	274.27 ^{ab}	(-9.78)	290.11 ^{ab}	(-4.57)	[5.78]
Jatilaba	296.05 ^a	269.40 ^{ab}	(-9.00)	286.36 ^{ab}	(-3.27)	[6.30]
Cilibangi 3	285.13 ^{ab}	129.43 ^c	(-54.61)	251.74 ^{ab}	(-11.71)	[94.49]
Helm	268.57 ^{ab}	131.15 ^c	(-51.17)	236.54 ^{ab}	(-11.93)	[80.37]

Keterangan: Angka pada baris dan kolom yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%.
 Angka dalam () merupakan % perubahan terhadap kontrol
 Angka dalam [] merupakan % keefektifan FMA pada kondisi tercekam Al

Perbaikan kemampuan adaptasi oleh FMA pada genotipe peka berkaitan dengan peningkatan panjang akar pada genotipe peka. Peningkatan panjang akar pada genotipe peka yang bersimbiosis dengan *G. margarita* lebih tinggi dibandingkan genotipe peka (Gambar 2). Pertumbuhan akar yang panjang akan meningkatkan serapan hara. Selain itu, adanya hifa eksternal dari FMA dapat membantu meningkatkan serapan hara. Fungi mikoriza arbuskula yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inang akan memproduksi jalinan hifa eksternal yang dapat tumbuh secara ekspansif, sehingga meningkatkan kapasitas akar dalam penyerapan hara, terutama P dan N (Cruz *et al.*, 2004).



Gambar 2. Panjang akar beberapa genotipe cabai yang bersimbiosis dengan *G. margarita*

Berkaitan dengan keefektifan FMA yang dapat meningkatkan hasil dan daya adaptasi pada genotipe peka membuat banyak pilihan genotipe cabai yang dapat diusahakan pada tanah Ultisol. Ketergantungan terhadap genotipe toleran menjadi berkurang, karena genotipe peka dapat menjadi pilihan dengan memanfaatkan simbiosis dengan FMA, terutama jenis *G. margarita*.

KESIMPULAN

Pengaruh positif FMA lebih besar pada genotipe peka dibandingkan genotipe toleran. Inokulasi *G. margarita* efektif mengurangi pengaruh buruk akibat cekaman Al melalui peningkatan panjang akar, tinggi tanaman, bobot kering tajuk, jumlah buah panen, panjang buah, bobot per buah dan bobot buah panen.

Simbiosis dengan *G. margarita* meningkatkan daya adaptasi cabai terhadap cekaman Al pada genotipe peka melalui peningkatan bobot buah panen. Pada kondisi tercekam Al, inokulasi *G. margarita* dapat meningkatkan bobot buah panen sebesar 94.49% pada Cilibangi 3 dan 80.37% pada Helm.

DAFTAR PUSTAKA

Bakhtiar, B.S. Purwoko, Trikoesoemaningtyas, M.A. Chozin, I. Dewi, M. Amir. 2007. Penapisan galur haploid ganda padi gogo hasil kultur antera untuk toleransi terhadap cekaman aluminium. *Bul Agron.* 35(1):8-14.

Baligar, V.C., G.V.E. Pitta, E.E.G. Gama, E.E. Shaffer, R.B. Clark. 1997. Soil acidity effects on nutrient use efficiency in exotic maize genotypes. *Plant Soil* 192: 9-13.

Bushamuka, V. N., R. W. Zobel. 1998. Maize and soybean top, basal, and lateral root responses to stratified acid, aluminum toxic soil. *Crop Sci.* 38:416-421.

Cruz, C., J.J. Green, C.A. Watson, F. Wilson, M.A. Martin-Luca. 2004. Functional aspects of root architecture and mycorrhizal inoculation with respect to nutrient uptake capacity. *Mycorrhiza* 14: 177-184.

Cumming, J.R., J. Ning. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi enhanced aluminum resistance of broomsedge (*Andropogon virginicus*, L.). *J. Exp Bot.* 54: 1447-1459.

- Departemen Pertanian. 2007. Statistik Pertanian 2006. Pusat Data dan Informasi Departemen Pertanian. Jakarta.
- Doud, D.D.Jr., G. Nagahashi, W.M. Kayser. 2005. On-farm production and utilization of arbuscular mycorrhizal fungus inoculum. *Can. J. Plant Sci.* 85:15-21.
- Hanum, C. 2004. Penapisan beberapa galur kedelai (*Glycine max* L. Merr.) toleran cekaman aluminium dan kekeringan serta tanggap terhadap mikoriza vesikular arbuskular. (Disertasi). Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Haryantini, B.A., M. Santoso. 2001. Pertumbuhan dan hasil cabai merah pada andisol yang diberi mikoriza, pupuk fosfor dan zat pengatur tumbuh. *Biosain* 1(3): 50-57.
- Hidayat, A., A. Mulyani. 2002. Lahan kering untuk pertanian. *Dalam*: Adimihardja, A., Mappaona, A. Saleh (eds.). *Teknologi Pengelolaan Lahan Kering*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor. hal. 1-34.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Ed. Academic Press. San Diego. 565 p.
- Matsumoto, H., Y. Senoo, M. Kasai, M. Maeshima. 1996. Response of the plant root to aluminum stress: analysis of the inhibition of the root elongation and changes in membrane function. *J. Plant Res.* 109: 99-105.
- O'Connor, P.J., S.E. Smith, F.A. Smith. 2001. Arbuscular mycorrhizal associations in the southern Simpson Desert. *Aust. J. Bot.* 49:493-499.
- Pellet, D.M., D.L. Grunes, L.V. Kochian. 1995. Organic acid exudation as an aluminum-tolerance mechanisms in maize (*Zea mays* L.). *Planta* 196: 788-795.
- Purnomo, D.W. 2008. Keefektifan fungsi mikoriza arbuskula dalam meningkatkan hasil dan adaptasi cabai (*Capsicum annum* L.) pada tanah bercekaman aluminium. (Disertasi). Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Purnomo, D.W., B.S. Purwoko, S. Yahya, S. Sujiprihati, I. Mansur. 2007. Evaluasi pertumbuhan dan hasil beberapa genotipe cabai (*Capsicum annum* L.) untuk toleransi terhadap aluminium. *Bul. Agron.* 35(3): 183-190.
- Ralalage, D., R. Malkanthi, M. Moritsugu, K. Yokohama. 1995. Effect of low pH and Al on absorption and translocation of some essential nutrient in excised barley roots. *Soil Sci. Plant Nutr.* 41: 253-262.
- Samuel, T., K. Kucukakyuz, K. Zachary. 1997. Al partitioning pattern and root growth as related to Al sensitivity and Al tolerance in wheat. *Plant Physiol.* 133: 527-534.
- Smith, S.E., D.J. Read. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press Hacourt Brace & Company Publisher. London. 605 p.
- Sopandie, D., I. Marzuki, M. Jusuf. 2003. Aluminum tolerance in soybean: protein profiles and accumulation of Al in roots. *Hayati* 10(1): 30-33.
- Spehar, C.R., L.A.C. Sauza. 2006. Selection for aluminum tolerance in tropical soybeans. *Pesquisa Agropecuaria Tropical* 36:1-6.
- Sutaryo, B., A. Purwantoro, Nasrullah. 2005. Seleksi beberapa kombinasi persilangan padi untuk ketahanan terhadap keracunan aluminium. *Ilmu Pertanian* 12(1):20-31.
- Watanabe, T., K. Okada. 2005. Interactive effects of Al, Ca and other cations on root elongation of rice cultivars under low pH. *Ann. Bot.* 95:379-385.
- Widiastuti, H, E. Guhardja, N. Sukarno, L.K. Darusman, D.H. Goenadi, S.E. Smith. 2003. Arsitektur akar bibit kelapa sawit yang diinokulasi beberapa cendawan mikoriza arbuskula. *Menara Perkebunan* 71(1): 28-43.