

Efektivitas Mikoriza Vesikular Arbuskular dan 5-aminolevulinic Acid terhadap Pertumbuhan Jagung Varietas Lokal Madura pada Cekaman Kekeringan

Ruly Hamida¹ dan Kumala Dewi²

¹Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jalan Raya Karangploso 199 Malang, Jawa Timur
Email: h_mee_da@yahoo.com

²Fakultas Biologi, Universitas Gajahmada
Jl. Teknika Selatan, Sekip Utara, Yogyakarta

Naskah diterima 21 November 2013 dan disetujui diterbitkan 4 Agustus 2014

ABSTRACT. *Effectiveness of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza and 5-Aminolevulinic Acid on the Growth of Local Madura Variety Maize to Drought Stress.* The local Madura maize variety planted on drought stress area suffered retarded plant growth and reduced grain yield. Research was conducted to alleviate the stress on crop plants, to survive under drought condition. The aim of this study was to investigate the effects of MVA and ALA on the growth of Guluk-guluk local maize variety planted under difference drought stresses. The experiment was conducted using split-split plot design with three factors in six replications. The first factor was variation of MVA application, i.e., without inoculation (M0) and with inoculation of mycorrhiza (M1). The second factor was ALA treatment which consisted of 3 levels, namely 0% (P0), 0.05% (P1) and 0.1% (P2). Third factor was plant watering intensity, i.e., watered once every 2 days (K0), watered once every 4 days (K1) and watered once every 6 days (K2) reaching field capacity, respectively. Data were analyzed by two-way ANOVA and Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The results suggested that MVA and ALA treatments gave significant effects in increasing the percentage of mycorrhiza infection, total leaf P content, total chlorophyll content, plant height, fresh and dry weight of shoot and root and shoot/root ratio. It showed a significant effect in decreasing ABA content in maize plant subjected to drought stress. The ABA content was 1.7 ppm in plants watered once every 2 days, where control plant had ABA content of 5.8 ppm. The best treatment was found on plants treated with mycorrhiza inoculation and 0.05% ALA and watered once every 4 days.

Keywords: MVA, 5-ALA, local maize variety, drought stress.

ABSTRAK. *Pertumbuhan jagung lokal pada daerah yang tercekam kekeringan terhambat dan hasil menurun. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengadaptasikan tanaman jagung agar dapat bertahan pada kondisi cekaman kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi mikoriza vesikular arbuskular (MVA) dan 5-aminolevulinic acid (ALA) terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman jagung lokal madura varietas Guluk-guluk pada kondisi cekaman kekeringan berbeda. Penelitian menggunakan rancangan acak-acak terpisah dengan tiga faktor perlakuan dan enam ulangan. Faktor pertama adalah variasi inokulasi mikoriza, yaitu tanpa inokulasi (M0) dan dengan inokulasi mikoriza (M1). Faktor kedua adalah aplikasi ALA dengan konsentrasi 0% (P0), 0,05% (P1) dan 0,1% (P2). Faktor ketiga adalah intensitas penyiraman, yaitu setiap dua hari sekali (K0), empat hari sekali*

(K1), dan enam hari sekali (K2) sampai kapasitas lapang. Inokulasi mikoriza dilakukan pada saat penanaman benih, sedangkan penyemprotan ALA pada saat tanam berumur 2 minggu setelah tanam. Pengukuran parameter dilakukan pada umur 45 HST. Data dianalisis dengan ANOVA dua arah dan dilanjutkan dengan uji DMRT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan MVA dan ALA berpengaruh nyata terhadap peningkatan infeksi mikoriza, kadar P total daun, kadar klorofil total, tinggi tanaman, bobot basah dan bobot kering pucuk-akar dan rasio pucuk/akar serta penurunan kadar hormon asam absisat (ABA). Kadar ABA tanaman jagung yang mendapat perlakuan penyiraman dua hari sekali turun hingga 1,7 ppm, lebih rendah dari perlakuan kontrol (5,8 ppm). Perlakuan terbaik ditunjukkan oleh kombinasi inokulasi mikoriza dan penyemprotan ALA 0,05% pada intensitas penyiraman setiap empat hari sekali (K1M1P1).

Kata kunci: Mikoriza Vesikular Arbuskular, 5-aminolevulinic acid, jagung lokal madura, cekaman kekeringan.

Produksi jagung nasional sebagian berasal dari Kabupaten Madura. Jagung lokal Madura varietas Guluk-guluk berumur 65-75 hari, lebih genjah dibandingkan dengan jagung varietas unggul nasional (85 hari). Umur panen jagung menjadi pertimbangan utama bagi petani Madura, karena berhubungan dengan pergiliran tanaman dan ketersediaan air tanah dan curah hujan (Roesmarkam *et al.* 2006). Jagung lokal Madura memiliki kandungan lemak dan protein cukup tinggi, masing-masing 7,68% dan 19,04%, sementara kandungan lemak dan protein jagung hibrida masing-masing hanya 4,55% dan 14,12%. Jagung lokal Madura juga tahan terhadap virus mosaik (BPTP Jatim 2007).

Kekeringan merupakan kendala bagi petani dalam budi daya jagung di lahan kering. Cekaman kekeringan pada tanaman mengakibatkan dehidrasi dan menurunkan tekanan turgor sel, sehingga merangsang penutupan stomata, menghambat difusi CO₂ dan fotosintesis (Mafakheri *et al.* 2010). Akar tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan membentuk

asam absisat lebih banyak dan menutup stomata dengan cara menghambat pompa proton yang bergantung pada ATP dan membran plasma sel penjaga (Yordanov *et al.* 2003, Ren *et al.* 2007).

Ancaman kekeringan umumnya diatasi dengan menanam jagung pada awal musim hujan, tanpa memperhitungkan kemungkinan kekurangan air pada pertumbuhan selanjutnya. Kenyataannya, tanaman sering mengalami kekurangan air pada fase pertumbuhan akhir, yang menyebabkan hasil jagung rendah.

Salah satu usaha agar tanaman jagung dapat bertahan dari cekaman kekeringan adalah memacu simbiosis perakaran tanaman dengan mikoriza vesikular arbuskular (MVA) seperti *Glomus etunicatum*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan mikoriza arbuskular dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman jagung, antara lain meningkatkan efisiensi penggunaan air dan toleransi tanaman terhadap kekeringan (Boomsma and Vyn 2008). Simbiosis mikoriza arbuskular dengan bakteri tanah sangat penting bagi tanaman dalam meningkatkan pertumbuhan (Miransari 2010).

Akhir-akhir ini telah dilakukan penelitian senyawa sintetik, terutama *5-aminolevulinic acid* (ALA) yang berkaitan dengan pemacuan biosintesis klorofil tanaman. Jika diberikan dalam jumlah kecil, senyawa ini dapat berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan, tetapi jika diaplikasikan lebih dari 40 mM (pada barley) akan berfungsi sebagai herbisida (Nishikawa and Murooka 2011). Hasil penelitian pada tanaman mentimun dengan perlakuan 10% polyethylene glycol (PEG) 6000 menunjukkan bahwa aktivitas ALA 3 μ M meningkatkan aktivitas antioksidan glutathion reduktase (GR), dehydroaskorbat reduktase (DHAR), dan glutathion peroksidase (GSH-Px) sebesar 83,3% (Dong-Mei Li *et al.* 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh inokulasi MVA dan penyemprotan ALA pada tanaman jagung varietas Guluk-guluk yang mengalami cekaman kekeringan terhadap infeksi mikoriza pada akar, kandungan P klorofil, dan kadar asam absisat pada daun, dan pertumbuhan tanaman.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Biologi UGM, Yogyakarta, pada Oktober 2009-Februari 2010. Bahan yang digunakan adalah benih jagung lokal

Madura varietas Guluk-guluk, jamur MVA spesies *Glomus etunicatum* (berasal dari bank inokulum Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Pertanian, UGM), larutan *5-aminolevulinic acid* (ALA), formaldehid 2%, fungisida (mankozeb 64%), kompos, dan tanah kebun (regosol). Bahan yang digunakan untuk *clearing* dan pewarnaan jaringan tanaman antara lain akuades, larutan KOH 10%, HCl 1N, trypan blue laktofenol 0,05% dan laktofenol. Bahan untuk analisis kadar hormon asam absisat (ABA) antara lain larutan standar ABA, methanol 80%, etil asetat, NaHCO₃, aceto nitril 26%, NaOH dan HCl pekat.

Penelitian menggunakan rancangan acak-acak terpisah. Sebagai petak utama adalah inokulasi mikoriza dengan dua perlakuan, yaitu tanpa inokulasi (M₀) dan dengan inokulasi mikoriza (M₁). Sebagai anak petak adalah perlakuan ALA dengan tiga konsentrasi, yaitu 0% (P₀), 0,05% (P₁), dan 0,1% (P₂). Anak-anak petak adalah intensitas penyiraman tanaman, yaitu setiap dua hari sekali (K₀), empat hari sekali (K₁), dan enam hari sekali (K₂) sampai kapasitas lapang.

Benih jagung ditanam pada *polybag* berisi 10 kg campuran tanah regosol dan kompos (perbandingan 3:1) yang telah disterilisasi selama 5 hari menggunakan formaldehid 2% (300ml/polybag) dan fungstop (100 g/ 50 kg kompos). Kemudian diinokulasi mikoriza sebanyak 10 g (jumlah spora 110-200 tiap *polybag*), yaitu inokulum mikoriza berupa granul langsung ditanamkan ke dalam tanah (\pm 3cm) dan di atasnya diberi benih jagung. ALA disemprotkan pada daun, masing-masing 15 ml/tanaman, saat tanaman berumur tiga minggu setelah tanam dan dilakukan pada pagi hari saat stomata masih membuka.

Pengamatan tanaman dilakukan setelah masa vegetatif maksimal (45 HST) dengan cara mendestruksi seluruh bagian tanaman. Parameter yang diamati meliputi 1) infeksi mikoriza (%) dengan prosedur pengecatan *Clearing* dan *Staining* pada jaringan akar tanaman (Brundrett 2008), 2) kadar P total daun (mg/g bobot kering) dengan metode Molibdat-vanadat (Sulaeman *et al.* 2005), 3) kadar klorofil daun (mg/g bobot basah) dengan spektrofotometer Spectronic 21 (Mafakheri *et al.* 2010), 4) kadar ABA (ppm) dengan metode HPLC yang dimodifikasi (Kelen *et al.* 2004), dan 5) pertumbuhan tanaman yang meliputi tinggi tanaman, biomassa tajuk, biomassa akar, dan rasio tajuk/akar.

Data dianalisis menggunakan Anova dua arah untuk mengetahui pengaruh mikoriza dan penambahan ALA dengan intensitas penyiraman yang berbeda, kemudian dilanjutkan dengan uji DMRT dengan taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Infeksi Mikoriza dan Kadar P Total Daun

Data infeksi mikoriza pada akar dan kadar P total daun tanaman jagung disajikan pada Tabel 1.

Tingkat kolonisasi yang tinggi menunjukkan *Glomus etunicatum* mampu beradaptasi dengan baik pada kondisi tanah dengan berbagai intensitas kekeringan. Dengan penambahan mikoriza dan penyiraman dua hari sekali, tingkat infeksi tertinggi mencapai 88% (Tabel 1). Pada perlakuan yang tidak diinokulasi mikoriza masih terdapat infeksi pada akar tanaman jagung, walaupun relatif kecil dan tidak nyata. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sterilisasi tanah yang dipakai pada penelitian ini, yaitu menggunakan formaldehid 2% dan penambahan fungstop, masih memungkinkan terjadinya infeksi mikoriza pada akar tanaman jagung.

Kombinasi ketiga perlakuan yang menyebabkan tingkat infeksi mikoriza tertinggi terdapat pada tanaman yang diinokulasi mikoriza dengan penyemprotan ALA 0,05% dan penyiraman empat hari sekali. Kapasitas air tanah dengan waktu penyiraman, empat hari sekali cukup efektif terjadinya infeksi pada akar tanaman dan hifa mikoriza beradaptasi dengan tanaman inang. Pada kombinasi perlakuan tersebut, tampak yang lebih berpengaruh adalah perlakuan intensitas penyiraman, karena tanpa maupun dengan aplikasi ALA tidak berpengaruh terhadap peningkatan infeksi mikoriza. Hal ini menunjukkan terbatasnya ketersediaan air

Tabel 1. Pengaruh MVA dan ALA terhadap infeksi mikoriza dan kadar fosfat total daun tanaman jagung pada umur 45 HST.

Parameter	Perlakuan		K ₀	K ₁	K ₂
Infeksi mikoriza (%)	M ₀	P ₀	10,0 ^a	12,0 ^a	7,0 ^a
		P ₁	13,0 ^a	16,0 ^a	9,0 ^a
		P ₂	8,0 ^a	15,0 ^a	6,0 ^a
	M ₁	P ₀	58,0 ^b	82,0 ^{cd}	57,0 ^b
		P ₁	86,0 ^{cd}	88,0 ^d	64,0 ^b
		P ₂	65,0 ^b	76,0 ^c	60,0 ^b
Kadar P total daun (mg/g berat kering)	M ₀	P ₀	2,65 ^{abc}	3,47 ^{abc}	2,47 ^a
		P ₁	3,18 ^{abc}	3,74 ^{cd}	2,65 ^{abc}
		P ₂	3,44 ^{abc}	3,64 ^{bcd}	2,59 ^{ab}
	M ₁	P ₀	6,86 ^g	8,33 ^h	4,61 ^{de}
		P ₁	7,19 ^g	11,29 ⁱ	5,45 ^{ef}
		P ₂	6,28 ^{fg}	8,47 ^h	5,01 ^e

M₀ (tanpa inokulasi mikoriza), M₁ (dengan inokulasi mikoriza); P₀ (tanpa pemberian ALA), P₁ (ALA 0,05%), P₂ (ALA 0,1%); K₀ (penyiraman 2 hari sekali), K₁ (penyiraman 4 hari sekali), K₂ (penyiraman 6 hari sekali).

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, baik dalam baris maupun kolom, pada masing-masing kombinasi perlakuan tidak berbeda nyata pada uji DMRT ($\alpha=0,05$).

membatasi proses fotosintesis sehingga suplai karbon ke akar terbatas dan tidak mampu memacu perkembangan spora mikoriza *indigenous*.

Dengan meningkatnya infeksi mikoriza pada akar, kadar P total daun juga meningkat. Diduga terjadi peningkatan serapan fosfat oleh tanaman bermikoriza, karena hifa eksternal mikoriza mempermudah hara terserap oleh akar tanaman. Meningkatnya fosfat pada hifa mikoriza adalah akibat meningkatnya ketersediaan ion fosfat dan turunnya batas ambang konsentrasi fosfat yang mudah diserap. Adanya mikoriza, walaupun ketersediaan fosfat dalam tanah rendah, P masih dapat diserap tanaman. Hal ini didukung oleh Song (2005) bahwa mikoriza mampu meningkatkan serapan fosfat, karena hifa mikoriza mampu mengubah sifat-sifat hara secara enzimatis sehingga penyerapan hara ke dalam akar tanaman lebih mudah, yaitu dengan cara membebaskan senyawa organik, seperti asam sitrat, asam oksalat, dan enzim-enzim fosfatase yang melarutkan fosfat dalam tanah.

Kadar Klorofil Total Daun

Kadar klorofil daun jagung pada saat tanaman berumur 40 HST yang diberi perlakuan kombinasi mikoriza, penyemprotan ALA, dan penyiraman disajikan pada Tabel 2.

Peningkatan kadar klorofil daun disebabkan oleh adanya mikoriza yang mampu meningkatkan serapan air dan hara, tidak hanya P tetapi juga N dan Mg. Hara tersebut dibutuhkan untuk biosintesis klorofil. Besarnya N dan Mg yang terserap akar dapat menyebabkan terpacunya pembentukan klorofil, yang berarti proses fotosintesis akan meningkat dan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Mafakheri *et al.* (2010) menyebutkan pula bahwa pemberian mikoriza dapat meningkatkan

Tabel 2. Pengaruh mikoriza dan ALA terhadap kadar klorofil total (mg/g bobot segar) daun tanaman jagung yang mendapat penyiraman pada umur 40 HST.

Perlakuan		K ₀	K ₁	K ₂
M ₀	P ₀	7,5 ^{ab}	8,4 ^{abc}	6,5 ^a
	P ₁	10,8 ^{cd}	12,5 ^d	9,6 ^{bc}
	P ₂	12,5 ^d	15,2 ^e	12,1 ^d
M ₁	P ₀	8,6 ^{abc}	10,9 ^{cd}	9,7 ^{bc}
	P ₁	17,6 ^{efg}	19,6 ^g	16,6 ^{ef}
	P ₂	18,7 ^{fg}	16,1 ^e	16,5 ^{ef}

M₀ (tanpa inokulasi mikoriza), M₁ (dengan inokulasi mikoriza); P₀ (tanpa pemberian ALA), P₁ (ALA 0,05%), P₂ (ALA 0,1%); K₀ (penyiraman 2 hari sekali), K₁ (penyiraman 4 hari sekali), K₂ (penyiraman 6 hari sekali).

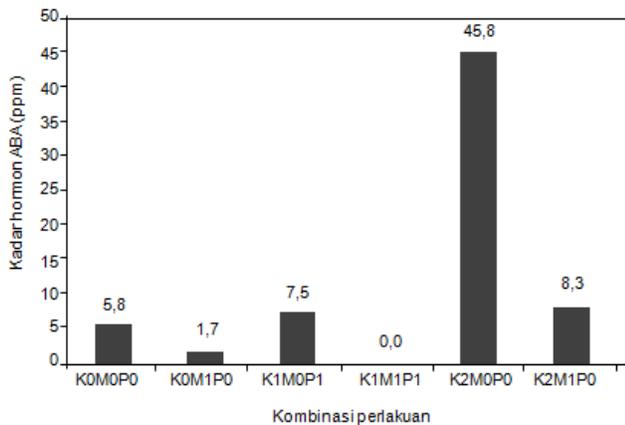
Angka-angka yang diikuti dengan huruf sama baik dalam baris maupun kolom pada masing-masing kombinasi perlakuan, tidak berbeda nyata pada uji DMRT ($\alpha=0,05$).

kadar klorofil pada tiga kultivar *chickpea* yang mengalami kekeringan hingga 63% dibanding kontrol.

Perlakuan aplikasi ALA (0,05% dan 0,1%) dengan kombinasi inokulasi mikoriza tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kadar klorofil total daun. Hasil ini sesuai dengan pendapat Dong-Mei Li *et al.* (2011) dimana ALA hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil dan pada konsentrasi tinggi justru akan menghambat pertumbuhan dan berfungsi sebagai herbisida.

Tanaman jagung dengan intensitas penyiraman setiap empat hari sekali (K_1) memiliki kandungan klorofil yang lebih tinggi, karena suplai air cukup bagi tanaman. Sebaliknya, pada tanaman yang mendapat penyiraman setiap enam hari sekali, kadar klorofil terendah karena ketersediaan air pada daerah perakaran sangat rendah, sehingga mengganggu proses pengangkutan hara yang dibutuhkan tanaman. Selain itu, kekurangan air juga menyebabkan kenaikan temperatur dan transpirasi yang menyebabkan disintegrasi klorofil.

Tanaman dengan intensitas penyiraman dua hari sekali terpapar oleh kadar air yang tinggi dalam media tanam. Kondisi tersebut tidak sesuai bagi tanaman karena aerasi tidak optimal. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan hara utama (N, Mg, Fe) yang terangkut ke daun, yang dibutuhkan untuk biosintesis sehingga klorofil yang terbentuk pada daun menjadi berkurang.



Gambar 1. Histogram kandungan ABA pada daun tanaman jagung varietas Guluk-guluk yang tercekam kekeringan umur 45 HST. $K_0M_0P_0$ (penyiraman 2 hari, tanpa inokulasi mikoriza, tanpa ALA), $K_0M_1P_0$ (penyiraman 2 hari, dengan mikoriza, tanpa ALA); $K_1M_0P_1$ (penyiraman 4 hari, tanpa mikoriza, dengan ALA), $K_1M_1P_1$ (penyiraman 4 hari, dengan mikoriza dan ALA), $K_2M_0P_0$ (penyiraman 6 hari, tanpa mikoriza, tanpa ALA); $K_2M_1P_0$ (penyiraman 6 hari, dengan mikoriza, tanpa ALA).

Kadar Hormon Asam Absisat (ABA)

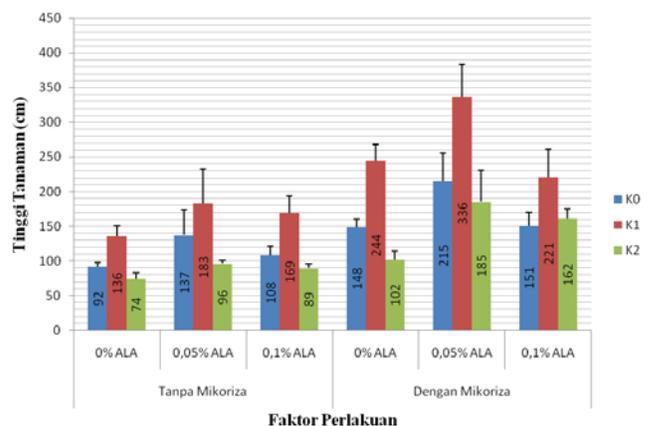
Kandungan hormon ABA pada daun jagung umur 45 HST yang diberi perlakuan kombinasi mikoriza, penyemprotan ALA dan penyiraman disajikan pada Gambar 1. Puncak (*peak area*) tertinggi kandungan ABA terdapat pada daun jagung dengan perlakuan penyiraman enam hari sekali, tanpa pemberian mikoriza dan tanpa penyemprotan ALA ($K_2M_0P_0$), Intensitas penyiraman setiap enam hari sekali mengakibatkan kondisi tanaman sangat kekurangan air. Hal ini merangsang peningkatan sintesis ABA, di mana hormon ini membantu mempertahankan stomata tetap tertutup dengan cara bekerja pada membran sel penjaga. ABA membatasi masuknya ion-ion K^+ ke dalam sel penutup dan menyebabkan pembukaan saluran (*channel*) ion K^+ , sehingga memungkinkan pengeluaran ion K^+ dari sel penutup. Akibatnya, stomata kehilangan turgor dan menutup (Schachtman and Goodger 2008). Namun inokulasi mikoriza menyebabkan kadar ABA menurun drastis.

Sampel daun tanaman dari perlakuan kombinasi MVA dan ALA 0,05% pada penyiraman setiap empat hari sekali ($K_1M_1P_1$) tidak menunjukkan adanya hormon ABA. Pada kombinasi perlakuan tersebut, infeksi mikoriza pada akar paling besar sehingga penyerapan air akan lebih banyak dan sintesis hormon ABA sangat sedikit atau tidak terjadi.

Pertumbuhan Tanaman

Tinggi Tanaman

Data tinggi tanaman jagung pada umur 45 hari dengan perlakuan kombinasi mikoriza, penyemprotan ALA, dan penyiraman disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh mikoriza dan ALA terhadap tinggi tanaman jagung var. Guluk-guluk yang mendapat penyiraman dengan interval waktu berbeda. K_0 (penyiraman 2 hari sekali), K_1 (penyiraman 4 hari sekali), K_2 (penyiraman 6 hari sekali).

Inokulasi mikoriza nyata meningkatkan tinggi tanaman jagung. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian mikoriza dapat membantu penyediaan hara maupun air bagi tanaman. Selain itu, mikoriza mampu meningkatkan kandungan giberelin, yang memacu pemanjangan batang melalui peningkatan pembelahan sel (Gosling *et al.* 2006). Peningkatan jumlah sel menyebabkan pertumbuhan batang lebih cepat, sehingga postur tanaman yang diinokulasi mikoriza lebih tinggi dibanding kontrol.

Interaksi ketiga perlakuan ditunjukkan oleh kombinasi penambahan mikoriza dan aplikasi ALA 0,05% pada intensitas penyiraman setiap empat hari sekali (K₁M₁P₁), rata-rata 336 cm. Perlakuan inokulasi mikoriza nyata meningkatkan pertumbuhan jagung. Dalam hal ini mikoriza kemungkinan besar berperan dalam penyediaan air dan hara terutama N dan P bagi tanaman, ditunjang oleh kondisi tanah yang memberikan aerasi optimal untuk suplai dan penyerapan hara. Kandowanko *et al.* (2009) melaporkan bahwa tanaman jagung yang mendapat inokulasi mikoriza memiliki postur yang lebih tinggi dibandingkan tanpa inokulasi. Selain itu, aplikasi ALA sebagai senyawa prekursor klorofil mampu meningkatkan proses fotosintesis.

Bobot Tajuk dan Bobot Akar

Bobot tajuk dan bobot akar tanaman jagung pada umur 45 hari yang diberi perlakuan kombinasi mikoriza, penyemprotan ALA, dan penyiraman disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Bobot kering pucuk tanaman jagung yang mendapat perlakuan inokulasi mikoriza nyata meningkat dibanding

perlakuan tanpa inokulasi. Hal ini membuktikan mikoriza mampu meningkatkan penyerapan hara tanaman melalui kemampuannya mengubah secara kimia dan enzimatis kandungan hara di tanah, yaitu dengan meningkatkan produksi asam organik seperti asam sitrat dan asam oksalat serta adanya enzim fosfatase yang berperan melarutkan P terikat menjadi P tersedia yang memudahkan penyerapan unsur hara tersebut (Harrison 2005). Semakin besar hara yang terserap tanaman semakin besar kemungkinan metabolisme meningkat, sehingga bahan organik yang terkandung dalam tanaman juga semakin besar.

Pada perlakuan penyiraman dengan intensitas enam hari sekali, bobot kering tanaman lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang mendapat suplai air cukup, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan penyiraman dua hari sekali (K₀). Hal ini disebabkan oleh rendahnya kandungan air dan O₂ di sekitar akar, sehingga terbatasnya air yang masuk menuju akar, batang, dan daun. Rendahnya ketersediaan air menyebabkan penutupan stomata, sehingga masuknya CO₂ juga terhambat. Terhambatnya CO₂ dan kurangnya suplai air pada daun menyebabkan fotosintesis terhambat, karena kedua unsur ini berperan penting bagi berlangsungnya proses fotosintesis. Akibatnya, akumulasi fotosintat yang terbentuk pada organ-organ tanaman menjadi rendah.

Untuk tanaman yang diberi dan tidak diberi inokulasi mikoriza, bobot kering pucuk tertinggi terdapat pada perlakuan 0,05% ALA dengan intensitas penyiraman empat hari sekali. Semakin tinggi konsentrasi ALA (0,1%) dan semakin lama intensitas penyiraman (enam hari sekali) cenderung menghasilkan bobot kering pucuk yang tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Tabel 3. Pengaruh mikoriza dan ALA terhadap bobot kering (g) tajuk tanaman jagung varietas Guluk-guluk yang mendapat penyiraman dengan interval waktu berbeda pada umur 45 HST.

Perlakuan		K ₀	K ₁	K ₂
M ₀	P ₀	25,6 ^{abc}	28,8 ^{abcd}	16,1 ^a
	P ₁	28,7 ^{abcd}	33,4 ^{bcd}	26,2 ^{abc}
	P ₂	25,7 ^{abc}	30,2 ^{bcd}	22,2 ^{ab}
M ₁	P ₀	24,9 ^{abc}	41,0 ^{def}	36,8 ^{cde}
	P ₁	47,8 ^{ef}	63,4 ^g	33,9 ^{bcd}
	P ₂	33,7 ^{bcd}	52,4 ^{fg}	29,6 ^{bcd}

M₀ (tanpa inokulasi mikoriza), M₁ (dengan inokulasi mikoriza); P₀ (tanpa pemberian ALA), P₁ (ALA 0,05%), P₂ (ALA 0,1%); K₀ (penyiraman 2 hari sekali), K₁ (penyiraman 4 hari sekali), K₂ (penyiraman 6 hari sekali). Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama baik dalam baris maupun kolom pada masing-masing kombinasi perlakuan, tidak berbeda nyata pada uji DMRT (α=0,05).

Tabel 4. Pengaruh mikoriza dan ALA terhadap bobot kering (g) akar tanaman jagung varietas Guluk-guluk yang mendapat penyiraman dengan interval waktu berbeda pada umur 45 HST.

Perlakuan		K ₀	K ₁	K ₂
M ₀	P ₀	6,8 ^a	10,4 ^{ab}	13,1 ^{abc}
	P ₁	13,4 ^{abc}	11,4 ^{abc}	9,3 ^{ab}
	P ₂	14,1 ^{abcd}	13,4 ^{abc}	12,2 ^{abc}
M ₁	P ₀	16,7 ^{bcd}	27,3 ^f	15,5 ^{bcd}
	P ₁	15,6 ^{bcd}	21,4 ^{def}	17,4 ^{bcd}
	P ₂	14,6 ^{abcd}	18,5 ^{cde}	22,8 ^{ef}

M₀ (tanpa inokulasi mikoriza), M₁ (dengan inokulasi mikoriza); P₀ (tanpa pemberian ALA), P₁ (ALA 0,05%), P₂ (ALA 0,1%); K₀ (penyiraman 2 hari sekali), K₁ (penyiraman 4 hari sekali), K₂ (penyiraman 6 hari sekali). Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama baik dalam baris maupun kolom pada masing-masing kombinasi perlakuan, tidak berbeda nyata pada uji DMRT (α=0,05).



Gambar 3. Penampilan morfologi akar tanaman jagung varietas Guluk-guluk dengan (M) dan tanpa (M0) penambahan mikoriza pada tiga interval waktu penyiraman.

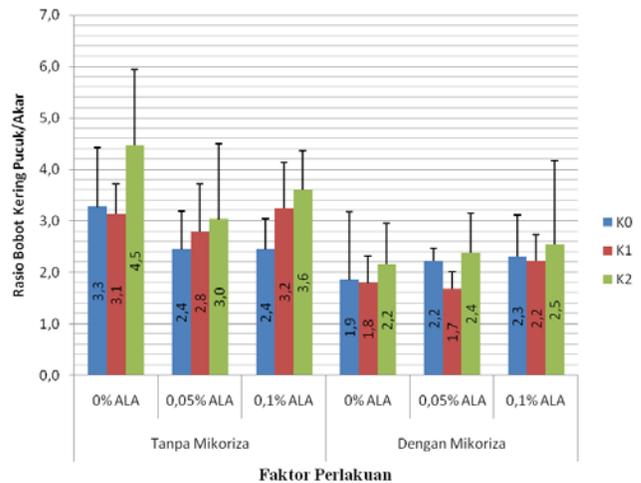
Bobot kering akar tanaman jagung nyata meningkat dengan inokulasi mikoriza. Pemberian mikoriza mampu membentuk cabang akar lebih banyak untuk mengimbangi peningkatan pertumbuhan pucuk (Gambar 3).

Berdasarkan analisis varian, aplikasi ALA pada tanaman jagung yang mendapatkan intensitas penyiraman berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar, terutama pada tanaman yang tidak mendapat inokulasi mikoriza. Hal ini sesuai dengan pendapat Yordanov *et al.* (2003), bahwa penurunan kadar air tanah lebih berpengaruh terhadap pertumbuhan pucuk dibanding pertumbuhan akar.

Bobot kering akar tertinggi (27,3 g) terdapat pada kombinasi perlakuan mikoriza, tanpa penyemprotan ALA, dan intensitas penyiraman dua hari sekali ($K_1M_1P_0$). Perlakuan ini juga tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan yang sama tetapi dengan aplikasi 0,05% ALA ($K_1M_1P_1$). Bobot kering akar untuk kombinasi perlakuan yang lain juga tidak berbeda nyata antara tanaman yang tidak diinokulasi dengan tanaman yang diinokulasi mikoriza. Hal ini diduga karena adanya kompetisi untuk mendapatkan fotosintat antara MVA dan akar tanaman. Marschner (1995) menyatakan bahwa 15-30% karbohidrat yang dialokasikan ke akar digunakan oleh mikoriza. Dalam proporsi yang sama, karbohidrat juga digunakan untuk pertumbuhan mikrobia lain yang ada dalam tanah.

Rasio Bobot Tajuk/Akar

Data rasio bobot tajuk/akar tanaman jagung umur 45 hari yang diberi perlakuan kombinasi mikoriza,



Gambar 4. Pengaruh perlakuan mikoriza dan ALA terhadap rasio bobot tajuk/akar tanaman jagung var. Guluk-guluk yang mendapat variasi penyiraman dengan interval waktu berbeda. K_0 (penyiraman 2 hari sekali), K_1 (penyiraman 4 hari sekali), K_2 (penyiraman 6 hari sekali).

penyemprotan ALA, dan penyiraman disajikan pada Gambar 4.

Perlakuan inokulasi mikoriza berpengaruh nyata terhadap penurunan rasio bobot kering tajuk/akar dibanding perlakuan tanpa inokulasi mikoriza. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan akar dengan inokulasi mikoriza lebih tinggi dibanding perlakuan tanpa inokulasi. Marschner (1995) menjelaskan bahwa pemanjangan akar pada kondisi cekaman kekeringan dimungkinkan karena tanaman memiliki mekanisme

pengaturan pertumbuhan tajuk akar (*root and shoot ratio*). Pada kondisi cekaman kekeringan, tanaman akan menahan laju pertumbuhan tajuk sehingga memperbesar laju pertumbuhan akar. Mekanisme ini bertujuan untuk mencegah kehilangan air dari tanaman, karena perpanjangan akar memerlukan lebih sedikit air dibandingkan dengan pemanjangan pucuk yang akan memperbesar proses respirasi dengan pembentukan daun. Pemanjangan akar juga dapat menjangkau lapisan tanah yang lebih dalam sehingga banyak menyerap air.

Aplikasi ALA tidak nyata mempengaruhi rasio tajuk/akar, kemungkinan karena fotosintat lebih banyak digunakan untuk pertumbuhan bagian tajuk. Begitu juga perlakuan variasi tingkat kekeringan, yang tidak nyata mempengaruhi rasio tajuk/akar. Rasio tajuk dan akar meningkat pada tanaman yang tidak diinokulasi mikoriza dan semakin tinggi seiring dengan semakin meningkatnya lama waktu penyiraman.

KESIMPULAN

1. Pemberian MVA pada tanaman jagung varietas Guluk-guluk meningkatkan infeksi mikoriza 70%, kadar P total daun sebesar 87%, kadar klorofil 42%, dan tinggi tanaman tanaman jagung 83%.
2. Pemberian MVA nyata menurunkan kadar hormon ABA pada daun tanaman jagung hingga 100% .
3. Penambahan ALA meningkatkan kadar klorofil daun hingga 75% sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung.
4. Kombinasi mikoriza dan penyemprotan ALA 0,05% pada interval penyiraman empat hari sekali ($K_1M_1P_1$) merupakan perlakuan terbaik untuk meningkatkan infeksi mikoriza pada akar, kadar fosfat tanaman, dan menurunkan hormon asam absisat pada daun luar jagung.

DAFTAR PUSTAKA

Boomsma, C.R. and T.J. Vyn. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis? *Field Crops Research* 108(1):14-31.

BPTP Jatim. 2007. Keragaman hayati plasma nutfah jagung Jawa Timur. Malang, Jawa Timur. <http://bptpjatim.go.id/2007/plasmanutfah/jagung>.

Brundrett, M. 2008. Mycorrhizal associations: the web resource, methods for identifying mycorrhizas. <http://mycorrhizas.info/method.html>.

Dong-Mei, Li, Jing Zhang, Wei-Juan Sun, Qian Li, Ai-Hua Dai, and Ji-Gang Bai. 2011. 5-Aminolevulinic acid pretreatment mitigates drought stress of cucumber leaves through altering antioxidant enzyme activity. *Scientia Horti*. 130(4):820-828.

Gosling, P., A. Hodge, G. Goodlass, and G.D. Bending. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *J. Agric. Ecosyst. Environ.* 113(4):17-35.

Harrison, M.J. 2005. Signaling in the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Annu Rev. Microbiol.* 59:19-42.

Kandowangko, N.Y., G. Suryatmana, N. Nurlaeny, and R.D.M. Simanungkalit. 2009. Proline and abscisic acid content in droughted corn plant inoculated with *Azospirillum* sp. and arbuscular mycorrhizae fungi. *Hayati J. Biosci.* 16(1):15-20.

Kelen, M., E.C. Demiralay, S. Sen, and G. Oskan. 2004. Separation of abscisic acid, indole-3-acetic acid, gibberellic acid in 99 R (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) and rose oil (*Rosa damascena* Mill.) by reversed phase liquid chromatography. *Turk. J. Chem.* 28(5): 603-610.

Mafakheri, A., A. Siosemardeh, B. Bahramnejad, P.C. Struik, and Y. Sohrabi. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *AJCS* 4(8):580-585.

Marschner. H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Toronto.

Miransari, M. 2010. Arbuscular mycorrhiza dan soil microbes: *In: Biotechnology Mycorrhizal*. Science Publishers. An Imprint of Edenbridge Ltd., British Channel Islands Enfield, New Hampshire, USA.

Nishikawa, S. and Y. Murooka. 2001. 5-Aminolevulinic acid: production by fermentation and agricultural and biomedical applications. *Biotech. and Genet. Eng. Rev.* 18(7):149-170.

Ren, H., Z. Gao, L. Chen, K. Wei, J. Liu, Y. Fan, W.J. Davies, W. Jia, and J. Zhang. 2007. Dynamic analysis of ABA accumulation in relation to the rate of ABA catabolism in maize tissues under water deficit. *jeb(Online)*. 58(2):211-219. (<http://jxb.oxfordjournals.org>).

Roesmarkam, S., F. Arifin, S.Z. Sa'adah, Abu, dan Robi'in. 2006. Usulan pemuliaan varietas lokal jagung Madura Manding, Talango, dan Guluk-guluk. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur, Malang.

Schachtman, D.P. and J.Q.D. Goodger. 2008. Chemical root to shoot signaling under drought. *Trends in Plant Sci.* 13(6):281-287.

Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its Mechanisms. *Electr. J. Biol.* 1(3):44-48.

Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk. Edisi Pertama. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. pp.47-55.

Yordanov, I., V. Velikova, and T. Tsonev. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. *Bulg. J. plant physiol. Special issue.* 187-206. (www.bio21.bas.bg/ipp/gapfiles/essa-03/03_essa_187-206).