

**PERANAN CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULAR DALAMMENINGKATKAN  
DAYA ADAPTASI BIBIT KELAPA SAWIT TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN  
PADA MEDIA TANAH GAMBUT**

*(The Role of Michorhiza Arbuskular to Improved the Adaptability of Oil Palm Seedling to Drought at Peat Soil)*

**Elis Kartika<sup>1</sup>**

**Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Mendalo Darat**

e-mail : [elisk63@yahoo.com](mailto:elisk63@yahoo.com)

### **ABSTRACT**

In a long dried season, oil palm plant that planted in peat soil will hindered by drought stress. Drought stress is one of the main limiting factors in growth, nutrient uptake and yield of oil palm. One of the alternatives to overcome this drought stress problem on many plants is through inoculation with AMF. This research was conducted to observe the adaptability of oil palm seedling inoculated with AMF on drought stress in peat of used forest soil. The experiment on this soil type was arranged in a Factorial Completely Randomized Design with two factors. The first factor was AMF inoculation ( $M_0$ = without AMF and  $M_1$  = inoculation of AMF) and the second factor was drought stress levels (available water 100%, 75%, 50% and 25%).

Research result indicates that AMF inoculation improved the adaptability of oil palm seedling on every level of drought stress, as shown by the responses of growth and nutrient uptake. The adaptation of non-inoculated seedling on drought stress was solely by tolerance mechanism, either osmoregulation as shown by higher production level of osmoticum components or cell turgor regulation by leaf ABA accumulation. On the inoculated seedlings, however, there were synergism between those two tolerance mechanism and escape mechanism. Two important escape mechanisms were intensifying root system and decreasing transpiration surface of seedlings.

Key words : *oil palm, AMF, drought stress, adaptation mechanism*

### **PENDAHULUAN**

Cekaman kekeringan merupakan penyebab utama penurunan produksi pada tanaman kelapa sawit. Menurut Hutomo *et al.* (1977), taksiran penurunan produksi selama 24 bulan setelah kekeringan pada perkebunan-perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkisar antara 21-65 %. Tanggap paling awal dari tanaman

yang mendapat cekaman kekeringan adalah terjadinya hambatan pembukaan stomata daun (Penny-Packer *et al.* 1990). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa cekaman kekeringan dapat menurunkan konduktansi stomata, fotosintesis dan pertumbuhan (Prevete *et al.* 2000; Delfine *et al.* 2001), sehingga pada akhirnya dapat menurunkan produksi.

Tanaman kelapa sawit yang ditanam pada tanah gambut akan mudah mengalami kekeringan terutama pada musim kemarau panjang. Selain disebabkan oleh perakarannya yang dangkal, juga tanah tersebut mempunyai kemampuan menahan air yang rendah. Tanah gambut bekas hutan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kejenuhan basa yang rendah, derajat kemasaman yang tinggi dengan 3.90, kandungan hara makro dan mikro yang sedang, serta unsur P sulit tersedia bagi tanaman.

Agar tetap dapat bertahan hidup dalam keadaan kekeringan, tanaman harus dapat mengatur status air dalam tubuhnya melalui pengaturan potensial osmotik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanaman mampu beradaptasi terhadap cekaman kekeringan melalui pengaturan osmotik sel, yaitu melalui sintesis dan akumulasi senyawa organik serta dengan cara menjaga turgor sel. Beberapa senyawa yang berperan dalam penyesuaian osmotik sel antara lain gula osmotik (Kobashi *et al.*, 2000; Wijana 2000), glisina-betaina (Makela *et al.* 1999; Wijana 2000) dan prolina (Pangaribuan 2001; Wijana 2000). Selain itu untuk mengatur turgor sel, tanaman menghasilkan ABA (Pastor *et al.* 1999; Kobashi *et al.* 2000; Wijana 2000) serta sudah diketahui bahwa ABA dapat memacu akumulasi prolina (Trotel-Aziz *et al.* 2000).

Salah satu alternatif yang mungkin dapat meningkatkan kemampuan adaptasi terhadap kekeringan pada tanaman kelapa sawit adalah dengan menggunakan mikroorganisme bermanfaat yaitu cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA). CMA pada lahan kekeringan mampu meningkatkan penyerapan hara makro (terutama P) dan hara mikro melalui hifa eksternalnya, selain itu juga mampu memberikan ketahanan terhadap kekeringan (Setiadi 1989). Selain itu, adanya peningkatan serapan P oleh tanaman yang bermikoriza diduga karena adanya peningkatan aktivitas enzim fosfatase akar tanaman.

Hasil penelitian Aboul-Nasr (1998) menunjukkan bahwa inokulasi CMA pada tanaman labu dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa tanaman labu yang diinokulasi *Glomus intraradices* memiliki pertumbuhan yang lebih baik daripada yang tidak diinokulasi. Tanaman yang bermikoriza secara nyata meningkatkan jumlah P dan K pada tajuk tanaman tersebut. Di bawah cekaman kekeringan, tanaman yang bermikoriza memiliki kandungan K tajuk serta N dan P akar yang lebih tinggi daripada tanaman yang tidak bermikoriza. Hasil yang sama diperoleh oleh Al-Karaki & Clark (1999) pada tanaman barley; Syvertsen & Graham (1999) pada *sour orange* dan *sweet oranges*; Hapsoh (2003) pada kedelai; serta Hanum (2004) pada kedelai.

Mekanisme peningkatan adaptasi terhadap cekaman kekeringan akibat adanya CMA, selain karena perbaikan penyerapan P, juga adanya kolonisasi mikoriza menunda dehidrasi jaringan dan memelihara turgor sel tanaman selama kekeringan dengan satu atau lebih mekanisme sebagai berikut; (1) meningkatkan

penyerapan air melalui peningkatan kerapatan akar (Osonubi *et al.*1992), daya hantar hidrolik akar internal (Cui & Nobel 1992), dan/atau transport air dari hifa ke akar (Ruiz-Lozano & Azcon 1995); (2) mengurangi kehilangan air dari tanaman melalui pengurangan luas daun (Osonubi *et al.*1992) atau peningkatan resistensi stomata (Allen & Allen 1986) serta (3) peningkatan penyesuaian osmotik daun (Ruiz-Lozano *et al.* 1995) dan/atau akar (Auge & Stodola 1990). Mikoriza juga meningkatkan kelenturan dinding sel tanaman (Auge *et al.*1987), yang memelihara turgor sel selama kekeringan. Menurut Davies *et al.* (1992) perkembangan hifa ekstraradikal dan agregasi tanah sekeliling akar bermikoriza akan ditingkatkan oleh mikoriza yang mengkolonisasi tanaman terhadap kekeringan, dan perubahan ini memfasilitasi penyerapan air yang cukup.

Pemberian CMA pada keadaan kekeringan dapat mempengaruhi mekanisme adaptasi tanaman dalam memproduksi senyawa organik dan mengatur turgor sel serta dalam penyerapan P seperti pada tanaman labu (Aboul-Nasr, 1998), gandum (Al-Karaki & Clark, 1999), kakao (Sasli 1999), dan kedelai (Hanum 2004).

Sampai sejauh ini, pemanfaatan CMA dalam keadaan kekeringan pada bibit kelapa sawit yang ditanam di lahan gambut dalam mengatur mekanisme adaptasi belum dilaporkan. Dengan pemberian CMA pada bibit kelapa sawit, diharapkan CMA tersebut mampu meningkatkan daya adaptasi bibit terhadap cekaman kekeringan, sehingga jika ditanam di lapangan bibit akan mampu beradaptasi terhadap lingkungan yang beragam.

Penelitian ini bertujuan mengkaji peranan CMA dalam meningkatkan daya adaptasi bibit kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan pada media tanah gambut bekas hutan serta untuk mengkaji mekanisme adaptasi bibit kelapa sawit dalam mengatasi cekaman kekeringan pada keadaan dengan dan tanpa inokulasi CMA pada tanah gambut tersebut.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca dan Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jambi, Laboratorium *Research Group on Crop Improvement* (RGCI) IPB, dan Laboratorium Balai Besar Litbang Pasca Panen Pertanian Bogor.

Percobaan ini merupakan percobaan faktorial dua faktor menggunakan Rancangan Acak Lengkap tiga ulangan. Faktor pertama, mikoriza terdiri dari dua taraf yaitu  $M_0$  (tanpa inokulasi CMA) dan  $M_1$  (dengan inokulasi CMA). Faktor kedua, cekaman kekeringan terdiri atas empat taraf yaitu  $C_1$  (100% air tersedia),  $C_2$  (75% air tersedia),  $C_3$  (50% air tersedia), dan  $C_4$  (25% air tersedia).

Media tanam berupa tanah yang berasal dari tanah gambut bekas hutan, dikering-anginkan, diayak, disterilisasi dan kemudian dimasukkan ke dalam polybag berukuran 40 cm x 45 cm. Kecambah kelapa sawit varietas D x P (Tenera) (panjang radikel maksimum 0.5 cm) ditanam dalam polybag tersebut.

Isolat CMA yang diberikan merupakan isolat CMA yang terbaik pada tanah gambut bekas hutan (isolat campuran inokulum CMA *Glomus* sp-1c,

*Glomus* sp-5c dan *Acaulospora* sp-5c) serta diberikan pada saat penanaman kecambah. Perlakuan cekaman kekeringan mulai dilakukan pada saat bibit berumur 2,5 bulan. Sebelum perlakuan cekaman kekeringan, penyiraman dilakukan setiap hari. Penentuan pemberian air untuk setiap perlakuan dilakukan berdasarkan air tersedia. Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiangan dan pemupukan. Pupuk yang diberikan berupa pupuk urea, rock phosphate, KCl dan kisserite dengan dosis menggunakan rekomendasi PPKS Medan.

Pengamatan dilakukan terhadap peubah tinggi bibit, jumlah daun, jumlah daun pecah lidi, diameter batang, luas daun, bobot kering akar, bobot kering tajuk, efisiensi penggunaan air (EPA), analisis aktivitas enzim fosfatase asam, serapan P, serapan K, analisis prolina, analisis ABA, dan analisis glisina-betaina, serta infeksi akar. Analisis data dilakukan dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji ortogonal polinomial dan regresi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

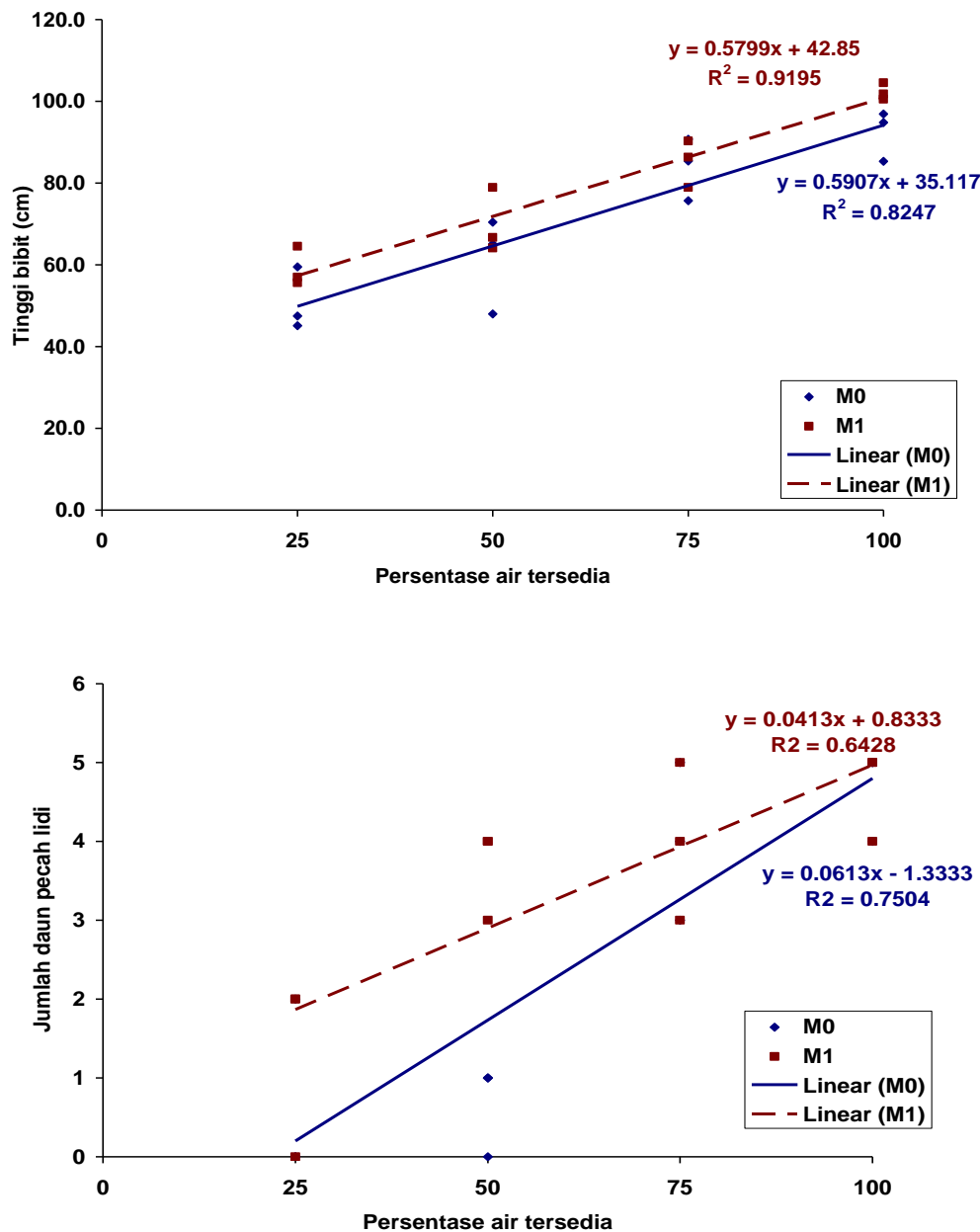
Berdasarkan uji ortogonal polinomial didapatkan persamaan regresi dan grafik dari setiap peubah yang diamati seperti tercantum Gambar 1- 5.

Berdasarkan Gambar 1- 5 diperoleh bahwa dengan semakin bertambah beratnya cekaman kekeringan menyebabkan tanggap morfologi dan fisiologi bibit kelapa sawit semakin menurun baik bibit yang diinokulasi CMA maupun yang tidak, seperti ditunjukkan oleh semua peubah yang diamati kecuali infeksi akar, glisina-betaina, kadar prolina daun dan kadar ABA daun.

Perubahan tanggap morfologi dan fisiologi pada bibit yang diinokulasi CMA lebih lambat daripada bibit tanpa CMA untuk peubah jumlah daun, jumlah daun pecah lidi, bobot kering tajuk, dan glisin. Sebaliknya peubah diameter batang, bobot kering akar, EPA, enzim fosfatase asam di akar, kadar ABA daun, serapan K dan serapan P menunjukkan perubahan tanggap yang lebih lambat pada bibit tanpa CMA. Sementara itu, peubah tinggi tanaman dan luas daun menunjukkan perubahan tanggap yang hampir sama antara bibit yang diinokulasi CMA dan yang tidak.

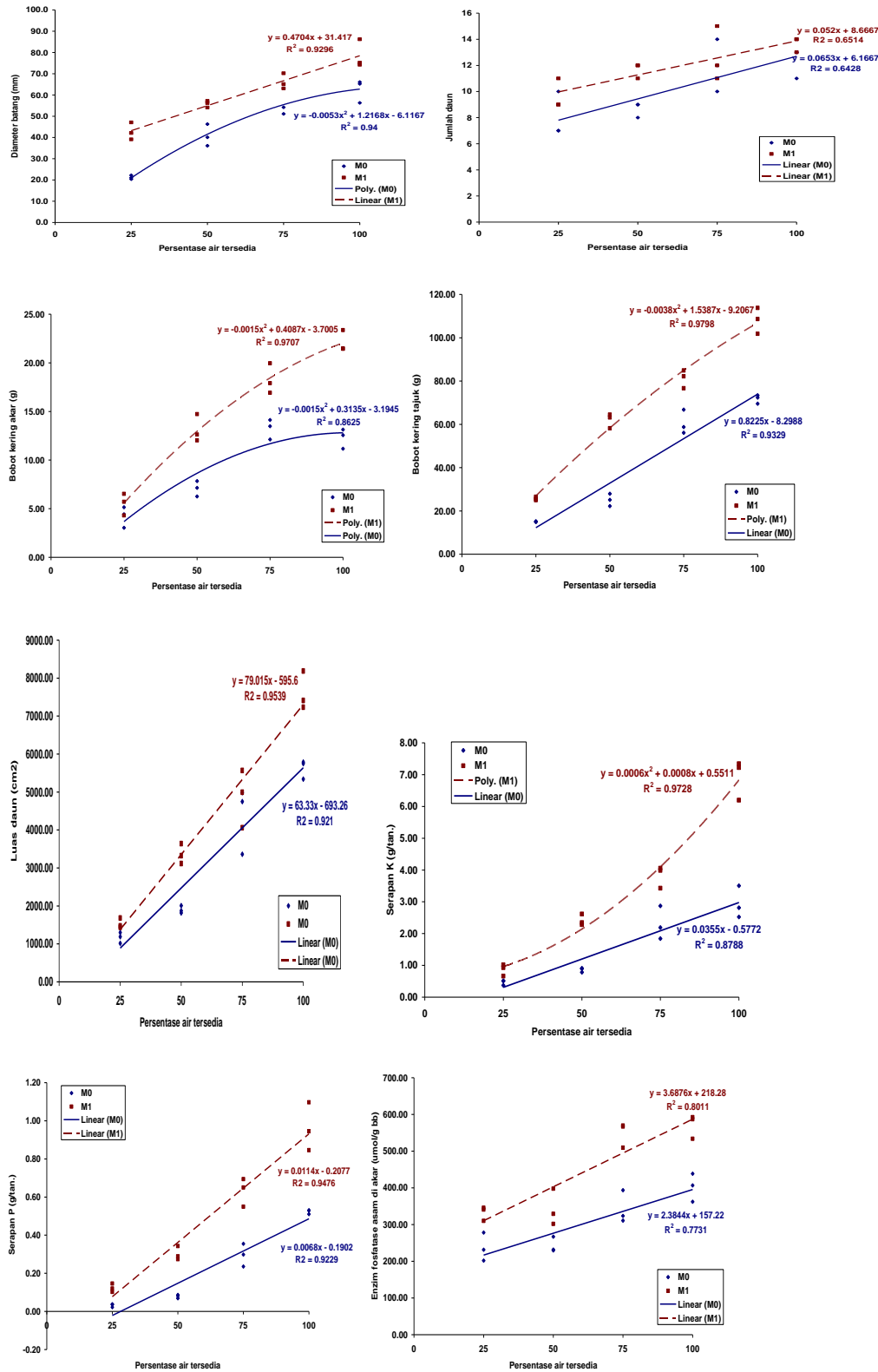
Seperti halnya pada tanah PMK bekas hutan (Kartika, 2009), tanggap morfologi dan fisiologi bibit kelapa sawit semakin menurun dengan semakin meningkatnya cekaman kekeringan seperti ditunjukkan oleh semua peubah yang diamati kecuali glisina-betaina daun, prolina daun, dan kadar ABA daun. Adanya CMA ternyata membantu bibit mengatasi cekaman kekeringan yang terjadi, sehingga bibit yang diinokulasi CMA memperlihatkan tanggap morfologi dan fisiologi yang lebih baik. Peran CMA tersebut mulai terlihat sejak awal terjadi cekaman kekeringan untuk semua peubah yang diamati.

Bibit yang diinokulasi CMA memberikan tanggap tinggi bibit dan jumlah daun pecah lidi yang lebih tinggi dibandingkan bibit tanpa CMA pada setiap cekaman kekeringan. Penurunan tinggi bibit yang diinokulasi CMA mempunyai pola yang sama dengan bibit tanpa CMA, sedangkan pada peubah jumlah daun pecah lidi bibit yang diinokulasi CMA penurunannya lebih lambat (Gambar 1.).



Gambar 1. Tanggap tinggi dan jumlah daun pecah lidi bibit kelapa sawit umur 9 bulan terhadap perlakuan mikoriza dan cekaman kekeringan di tanah gambut bekas hutan

Bibit yang bersimbiosis dengan CMA ternyata lebih mampu mengatasi cekaman kekeringan sehingga nilai peubah morfologi dan fisiologi yang sama bahkan lebih tinggi dapat dicapai oleh bibit yang diinokulasi CMA pada kadar air tanah yang lebih rendah dibandingkan bibit yang tidak diinokulasi CMA. seperti ditunjukkan oleh peubah diameter batang, jumlah daun, bobot kering akar, bobot kering tajuk, luas daun, serapan K, serapan P dan enzim fosfatase asam di akar (Gambar 2.).



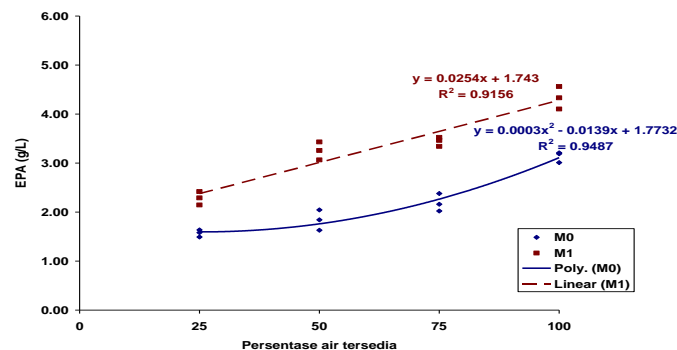
Gambar 2. Tanggapan diameter batang, jumlah daun, bobot kering akar, bobot kering tajuk, luas daun, serapan K, serapan P, serta enzim fosfatase asam di akar bibit kelapa sawit umur 9 bulan terhadap perlakuan mikoriza dan cekaman kekeringan di media tanah gambut bekas hutan

Semakin berat cekaman kekeringan yang diberikan, maka semakin terhambat pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit tersebut. Seperti yang dikemukakan oleh Muller & Whitsitt (1996) dari hasil penelitiannya bahwa cekaman kekeringan menyebabkan tanaman mengalami penurunan pertumbuhan, perubahan akumulasi senyawa osmotik terlarut, perubahan metabolisme karbon dan nitrogen, serta perubahan pada ekspresi gen. Selanjutnya dikemukakan bahwa cekaman kekeringan berpengaruh terhadap tanaman baik pada fase vegetatif maupun reproduktif.

Dengan adanya cekaman kekeringan, secara normal tanaman akan mengurangi pembukaan stomatanya sehingga dapat mengurangi kecepatan kehilangan air. Akibat penutupan sebagian stomata tersebut menyebabkan menurunnya konsentrasi  $\text{CO}_2$  melalui stomata sehingga mengurangi proses fotosintesis. Oleh karena itu bibit kelapa sawit yang mengalami cekaman kekeringan memiliki laju pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan tanpa cekaman kekeringan. Tetapi bibit bermikoriza lebih mampu mengatasi cekaman kekeringan tersebut. Hal ini diduga adanya simbiosis dengan mikoriza dapat membantu proses asimilasi  $\text{CO}_2$  dan alokasi C serta dapat membantu memelihara konsentrasi  $\text{CO}_2$  optimal untuk fotosintesis. Araus *et al.* (1997) mendapatkan bahwa dengan menutupnya sebagian stomata akibat cekaman kekeringan menyebabkan konsentrasi  $\text{CO}_2$  interselular dan fotosintesis bersih menurun, sementara itu rasio  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  meningkat. Tanaman bermikoriza memiliki potensial air, transpirasi, konduktansi stomata dan fotosintesis bersih lebih tinggi daripada tanaman yang tidak bermikoriza.

Pada keadaan tercekam kekeringan, bibit yang bersimbiosis dengan CMA ternyata lebih efisien dalam penggunaan air dibandingkan bibit tanpa CMA sehingga EPA yang sama bahkan lebih tinggi dapat dicapai oleh bibit yang diinokulasi CMA pada kadar air tanah yang lebih rendah dibandingkan bibit yang tidak diinokulasi CMA pada kadar air tanah yang lebih tinggi (Gambar 3.).

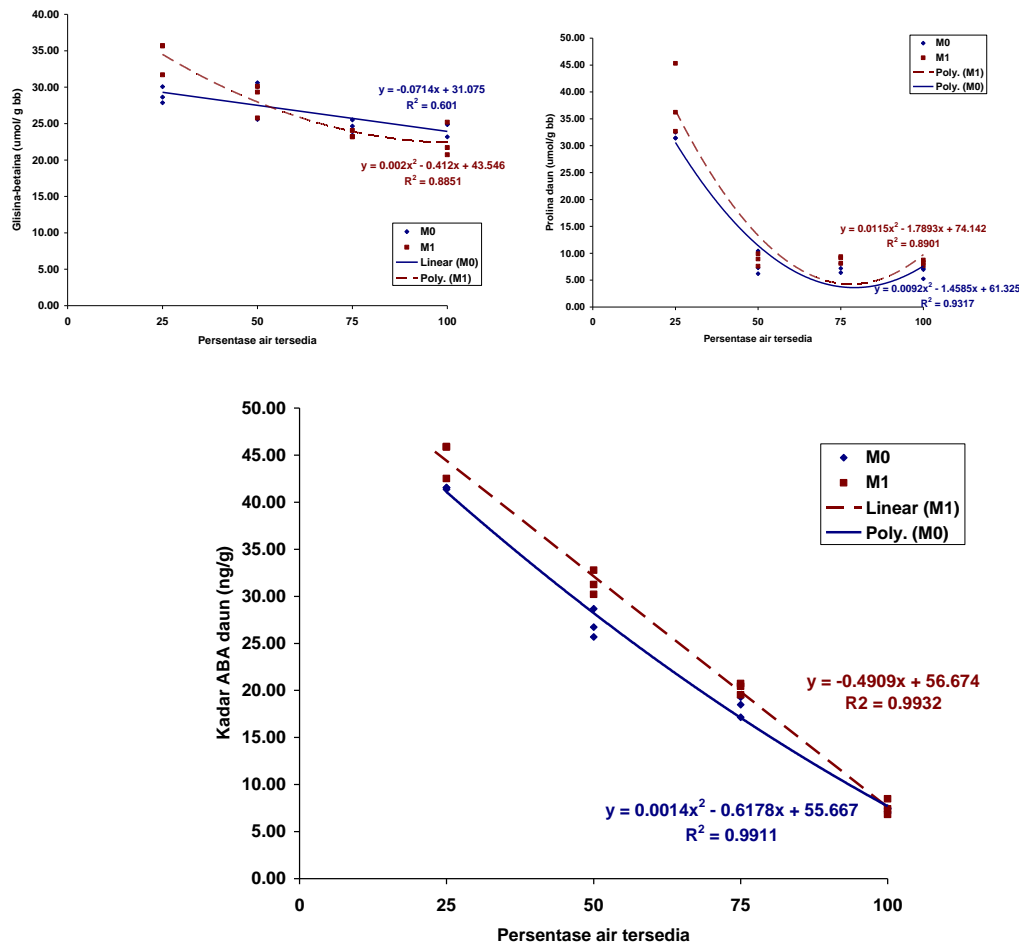
Menurut Ruiz-Lozano *et al.* (2000) tanaman bermikoriza memiliki kecepatan fotosintesis dan EPA yang lebih tinggi daripada yang tidak pada keadaan cekaman kekeringan, sehingga aktivitas fotosintesis meningkat pada tanaman yang bermikoriza. Hasil penelitiannya mendapatkan bahwa kombinasi antara kolonisasi mikoriza dan cekaman kekeringan menurunkan nilai  $\delta^{13}\text{C}$  pada tanaman selada dibandingkan yang tidak bermikoriza.



Gambar 3. Tanggapan EPA bibit kelapa sawit umur 9 bulan terhadap perlakuan mikoriza dan cekaman kekeringan di media tanah gambut bekas hutan

Kandungan kadar glisina-betaina, prolina daun dan ABA daun bibit kelapa sawit semakin meningkat dengan semakin bertambah beratnya cekaman kekeringan. Pada tingkat cekaman kekeringan C<sub>1</sub> (100% air tersedia) dan C<sub>2</sub> (75% air tersedia), kandungan kadar glisina-betaina daun bibit yang diinokulasi CMA lebih rendah dibandingkan bibit tanpa CMA, tetapi ketika cekaman kekeringan semakin berat yaitu pada taraf C<sub>3</sub> (50% air tersedia) dan C<sub>4</sub> (25% air tersedia) kandungan kadar glisina-betaina daun bibit ber-CMA lebih tinggi (Gambar 4).

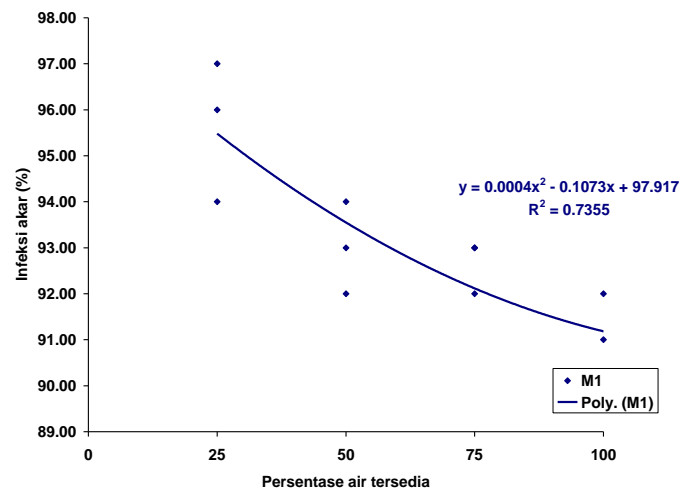
Kandungan prolina daun setelah perlakuan cekaman kekeringan disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa kandungan prolina daun pada tingkat cekaman kekeringan C<sub>2</sub> (75% air tersedia) menurun baik pada bibit yang diinokulasi CMA maupun yang tidak. Selanjutnya mulai tingkat cekaman kekeringan C<sub>3</sub> (50% air tersedia) meningkat secara tajam baik bibit yang bermikoriza maupun tidak. Kandungan prolina daun antara bibit yang diinokulasi CMA dan tanpa CMA tidak menunjukkan perbedaan yang tinggi bahkan hampir tidak berbeda nyata dengan bibit tanpa CMA pada setiap tingkat cekaman kekeringan.



Gambar 4. Tanggap glisina-betaina daun, prolina daun, dan kadar ABA daun bibit kelapa sawit umur 9 bulan terhadap perlakuan mikoriza dan cekaman kekeringan di media tanah gambut bekas hutan



Kandungan kadar ABA daun bibit yang diinokulasi CMA meningkat secara tajam dengan meningkatnya cekaman kekeringan dibandingkan dengan bibit tanpa CMA (Gambar 4.). CMA mulai berperan dalam mengatasi cekaman kekeringan sejak terjadi cekaman kekeringan dengan mulai meningkatnya kandungan kadar ABA daun. Infeksi akar oleh mikoriza semakin meningkat dengan semakin beratnya cekaman kekeringan yang terjadi. Infeksi akar tertinggi diperoleh pada bibit yang mendapat cekaman kekeringan sangat berat (Gambar 5). Secara umum CMA akan berkembang dengan baik pada keadaan yang tidak menguntungkan (sub-optimal). Pada keadaan yang tidak menguntungkan seperti halnya adanya cekaman kekeringan yang sangat berat, CMA akan lebih giat menginfeksi tanaman.



Gambar 5. Tanggapan infeksi akar bibit kelapa sawit umur 9 bulan terhadap perlakuan mikoriza dan cekaman kekeringan di media tanah gambut bekas hutan

## KESIMPULAN

Inokulasi CMA meningkatkan daya adaptasi bibit kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan. Mekanisme adaptasi bibit kelapa sawit yang bersimbiosis dengan CMA terhadap cekaman kekeringan adalah melalui mekanisme penghindaran (perbaikan penyerapan hara (terutama P), peningkatan kemampuan penyerapan air melalui perbaikan sistem perakaran, pengurangan luas permukaan transpirasi, pengaturan penutupan stomata melalui akumulasi kadar ABA daun), dan mekanisme toleransi (osmoregulasi dengan memproduksi senyawa-senyawa osmotikum glisina-betaina dan prolina daun, serta pengaturan turgor sel melalui akumulasi kadar ABA daun). Tanpa CMA, mekanisme adaptasi yang dominan pada bibit kelapa sawit adalah melalui mekanisme toleransi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aboul-Nasr, A. 1998. *Effects of inoculation with glomus intraradices on growth, nutrient uptake and metabolic activities of squash plants under drought stress conditions*. Ann. Agric. Sci. Cairo 1 : 119-133.
- Al-Karaki, G.N., and R.B. Clark. 1999. *Varied rates of mycorrhizal inoculum on growth and nutrient acquisition by barley grown with drought stress*. J. Plant Nutr. 22 : 1775-1784.
- Allen, E.B., and M.F. Allen. 1986. *Water relations of two xeric grasses in the field : Interaction of mycorrhizas and competition*. New Phytol. 104 : 559-571.
- Araus, J.L., A. Febrero, R. Buxo, M.D. Camalich, D. Martin, F. Molina, M.O. Rodriguez-Ariza, I. Romagosa. 1997. *Changes in carbon isotope discrimination in grain cereals from different regions of the western Mediterranean Basin during the past seven millennia. Palaeoenvironmental evidence of a differential change in aridity during the late Holocene*. Glob Change Biol 3: 107-118.
- Auge, R.M., A.J.W. Stodola. 1990. *An apparent increase in symplastic water contributes to greater turgor in mycorrhizal roots of droughted Rosa plants*. New Phytol. 115: 285-295.
- Auge, R.M., K.A. Schekel, R.L. Wample. 1987. *Rose leaf elasticity changes in response to mycorrhizal colonization and drought acclimation*. Physiol. Plant. 70 : 175-182.
- Cui, M., and P.S. Nobel. 1992. *Nutrient status, water uptake and gas exchange for three desert succulents infected with mycorrhizal fungi*. New Phytol. 122: 643-649.
- Davies, F.T., J.R. Jr, Potter, R.G. Linderman. 1992. *Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development of pepper plants independent of plant size and nutrient content*. J. Plant Physiol. 139: 289-294.
- Delfine, S., F. Loreto, A. Alvino. 2001. *Drought-stress effects on physiology, growth and biomass production of rainfed and irrigated bell pepper plants in the Mediterranean region*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126 (3) : 297-304.
- 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. 162 hal.

- Hapsoh. 2003. *Kompatibilitas MVA dan beberapa genotype kedelai pada berbagai tingkat cekaman kekeringan tanah ultisol: Tanggap morfofisiologi dan hasil*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor. 146 hal.
- Hutomo, T., K. Paimin, E. Syamsudin, Y.T. Adiwiganda. 1997. *Upaya penanggulangan dampak kekeringan dan kebakaran pada tanaman kelapa sawit*. Makalah pada Seminar Sehari PPKS dan GAKPI, Medan.
- Kartika, E. 2009. *Peranan cendawan mikoriza arbuskular dalam meningkatkan daya adaptasi bibit kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan pada media tanah PMK bekas hutan*. Prosiding Semirata BKS-PTN Wilayah Barat Bidang Ilmu Pertanian. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Serang Banten 13-16 April 2009.
- Kobashi, K., H. Gemma, S. Iwahori. 2000. *Abcisic acid content and sugar metabolism of peaches grown under water stress*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125 (4) : 425-428.
- Makela, P., M. Kontturi, E. Pehu, S. Somersalo. 1999. *Photosynthetic response of drought- and salt- stressed tomato and turnip rape plants to foliar-applied glycinebetaine*. Physiol. Plant. 105 : 45-50.
- Mullet, J.E., M.S. Whitsitt. 1996. *Plant cellular responses to water deficit*. Plant Growth Reg. 20 : 119-124.
- Osonubi, O., O.N. Bakare, K. Mulongoy. 1992. *Interactions between drought stress and vesicular-arbuscular mycorrhiza on the growth of Faidherbia albida (syn. Acacia albida) and Acacia nilotica in sterile and non-sterile soil*. Biol. Fertil. Soils 14: 159-165.
- Pangaribuan, Y. 2001. *Studi karakter morfofisiologi tanaman kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di pembibitan terhadap cekaman kekeringan*. Tesis. Program Pascasarjana, IPB, Bogor.
- Pastor, A., M. Lopez-Carbonell, L. Alegre. 1999. *Abcisic acid immunolocalization and ultrastructural changes in water-stressed lavender (Lavandula stoechas L.) plants*. Physiol. Plant. 105 : 272-279.
- Pennypacker, B.W., K.T. Leath, W .L.Stout, R.R. Hill Jr. 1990. *Technique for simulating field drought stress in the greenhouse*. Agron. J. 82 : 951-957.
- Prevete, K.J., R.T. Fernandez, W.B. Miller. 2000. *Drought response of three ornamental herbaceous perennials*. J. Amer. Soc. Hort. 125 (3) : 310-317.

- Ruiz-Lozano, J.M., R. Azcon. 1995. *Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by fungal species and water status*. *Physiol. Plant.* 95: 472-478.
- Sasli, I. 1999. *Tanggap karakter morfosiologi bibit kakao terhadap cekaman kekeringan dan aplikasi mikoriza arbuskula*. Thesis. Program Pascasarjana IPB Bogor.
- Setiadi, Y. 1989. *Pemanfaatan mikroorganisme dalam kehutanan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Dirjen Dikti. PAU Bioteknologi, IPB Bogor.
- Syvertsen, J.P., J.H. Graham. 1999. *Phosphorus supply and arbuscular mycorrhizas increase growth and net gas exchange responses of two Citrus spp. grown at elevated [CO<sub>2</sub>]*. *Plant and Soil* 208 : 209-219.
- Trotel-Aziz, P., M.F. Niogret, F. Larher. 2000. *Proline level is partly under the control of abscisic acid in canola leaf disc during recovery from hyper-osmotic stress*. *Physiol. Plant.* 110 : 376-383.
- Wijana, G. 2001. *Analisis fisiologi, biokimia dan molekuler sifat toleran tanaman kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) terhadap cekaman kekeringan*. Disertasi. Program Pascasarjana, IPB. Bogor