

Pertumbuhan dan Produksi Genotipe Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) dengan Aplikasi Jenis Mikoriza di Lahan Kering

Growth and Production of Genotype of Soybean (*Glycine max* L. Merrill) Using Mycorrhiza Type Applications in Dry Land

Bibiana Rini Widiati*, Muh. Izzdin Idrus, A. Adriani Wahditiya

*Email korespondensi: widiatirini@gmail.com

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Kehutanan, Universitas Muslim Maros, Maros.

ABSTRAK

Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi tanaman kedelai di lahan kering yang ramah lingkungan adalah dengan inokulasi mikoriza. Ini akan membantu proses penyerapan air yang terikat cukup kuat pada pori mikro tanah dan penyerapan nutrisi tanaman. Penelitian bertujuan untuk mempelajari pengaruh aplikasi MVA terhadap peningkatan pertumbuhan dan produksi genotipe kedelai pada lahan kering dan menentukan jenis mikoriza yang paling kompatibel terhadap genotipe kedelai pada lahan kering. Tujuan lainnya adalah untuk mengetahui adakah interaksi antara genotipe kedelai dengan jenis mikoriza sehingga adaptif pada lahan kering. Penelitian menggunakan Rancangan Petak Terbagi (RPT), dengan petak utama (PU) terdiri dari 6 genotipe generasi ke 4 (g) yaitu : g1 (gM50Gy); g2 (gO50Gy); g3 (gT50Gy); g4 (gM); g5 (gO); g6 (gT). Anak Petak (AP) adalah jenis mikoriza (M) yaitu kontrol (tanpa mikoriza (m0), *Glomus etunicatum* (m1), *Gigaspora margarita*, (m2), campuran *Glomus etunicatum* + *Gigaspora margarita* (m3). Terdapat 24 kombinasi perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotipe kedelai g1 (gM50Gy); g2 (gO50Gy); dan g3 (gT50Gy) beradaptasi dengan baik pada lahan kering yang ditunjukkan panjang dan lebar stomata, berat kering tajuk dan akar yang lebih tinggi, dan serapan Al yang lebih rendah. Aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum* + *Gigaspora margarita* menunjukkan hasil terbaik pada pengamatan panjang dan jumlah stomata, bobot kering tajuk dan akar, serapan Al akar, jumlah polong berisi, dan bobot biji per petakan. Perlakuan gT50Gy dengan aplikasi mikoriza *Glomus etunicatum* + *Gigaspora margarita* memberikan hasil terbaik pada jumlah stomata dan serapan fosfor.

Kata kunci: mikoriza; adaptasi; genotipe; lahan kering; stomata.

ABSTRACT

One of the efforts to increase the production of soybean plants in a dry land, which is environmentally friendly with mycorrhizal inoculation, will help absorb water tightly bound to soil micropores and absorb plant nutrients. This research aimed to study the effect of MVA application on increasing the growth and production of soybean genotypes on dry land, determining the type of mycorrhizae that is most compatible with soybean genotypes on dry land, is there an interaction between soybean genotypes and mycorrhizal types so that it is adaptive on dry land. Use Divided plot design (RPT), as follows: Main plot (PU) consists of 6 genotypes of the 4th generation (g) viz : g1 (gM50Gy); g2 (gO50Gy); g3 (gT50Gy); g4 (gM); g5 (gO); g6 (gT). Subplot (AP) is kind mycorrhizae (M), namely control (without mycorrhizae (m0), *Glomus etunicatum* (m1), *Gigaspora margarita*, (m2), mixed *Glomus etunicatum* and the *Gigaspora margarita* (m3). Each treatment on the main plot and subplots were combined so that there were 24 treatment combinations. The results showed that the soybean genotype was g1 (gM50Gy); g2 (gO50Gy); g3 (gT50Gy) are well adapted to dry land, which is indicated by stomata length and width, higher canopy and root dry weight, and with lower Al uptake. A mycorrhizal application mix *Glomus etunicatum* and *Gigaspora margarita* showed the best results on observing length and number of stomata, shoot and root dry weight, root Al uptake, number of filled pods, and seed weight per plot. Treatment (gT50Gy) with mycorrhizal

applications mix Glomus etunicatum, and Gigaspora margarita gave the best results on the number of stomata, phosphorus uptake.

Keywords: *mycorrhizae; adaptation; genotype; dry land.*

I. PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan makanan yang kaya gizi. mengandung protein nabati, oligosakarida, serat makanan, fitokimia (terutama isoflavon), dan mineral sehingga berperan penting sebagai sumber protein nabati dalam rangka peningkatan gizi masyarakat. Kedelai aman bagi kesehatan dan murah harganya (Aparicio et al., 2008). Upaya untuk meningkatkan produktivitas kedelai secara berkelanjutan salah satunya adalah mencari dan menyediakan varietas yang mampu beradaptasi dengan baik. Namun pengembangan kedelai terkendala keterbatasan lahan-lahan subur, sehingga usaha perluasan areal lebih diarahkan pada lahan-lahan marginal seperti lahan kering.

Total Luas lahan kering di Indonesia yang mencapai 144,47 juta ha (Ritung et al., 2015), sekitar 82% dari total lahan kering tergolong sebagai lahan kering suboptimal. Lahan kering masam merupakan lahan kering suboptimal yang menempati luasan paling dominan, yaitu sekitar 107,36 juta ha (sekitar 74,3% dari total luas lahan kering), sedangkan sekitar 10.75 juta ha (7,4% dari total luas lahan kering) merupakan lahan kering beriklim kering (Dariah and Heryani, 2014). Kendala pembudidayaan tanaman di lahan kering ialah produktivitas tanaman yang rendah dan keterbatasan air. Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi tanaman di lahan kering yang ramah lingkungan dengan inokulasi mikoriza, akan membantu proses penyerapan air yang terikat cukup kuat pada pori mikro tanah dan penyerapan nutrisi tanaman.

Mikoriza vesicular arbuskular (CMA) akan lebih mudah mengkolonisasi tanaman yang tumbuh pada lahan masam dan kandungan haranya terbatas. Jamur mikoriza arbuskular (AM) membantu penyerapan nutrisi dan dapat memberikan perlindungan terhadap toksisitas aluminium (Postma et al., 2007). Kolonisasi spora jamur dorman AM yang efektif pada lingkungan marjinal. Rasio kolonisasi jamur AM berkorelasi positif dengan perkecambahan spora mikoriza (Wang et al., 2015). Hifa CMA yang masuk dan berkembang dalam sel akar tanaman inang berfungsi sebagai penyerap hara dalam tanah dan membentuk rajutan hifa secara internal di jaringan korteks pada tanaman inang. Sebagian hifa akan memanjang dan menjulur keluar dan masuk ke tanah untuk menyerap air dan unsur hara (Smith and Read, 2008).

Penelitian bertujuan untuk mempelajari pengaruh aplikasi MVA terhadap peningkatan pertumbuhan dan produksi genotipe kedelai pada lahan kering, menentukan jenis mikoriza yang paling kompatibel terhadap genotipe kedelai pada lahan kering. Selain itu untuk melihat adakah interaksi antara genotipe kedelai dengan jenis mikoriza sehingga adaptif pada lahan kering. Hasil penelitian diharapkan memberi kontribusi dalam pengembangan kedelai pada lahan kering.

II. METODE PENELITIAN

1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di lahan kering di Desa Baku kecamatan Tanralili, kabupaten

Maros, Provinsi Sulawesi Selatan.

2. Bahan dan Alat

Bahan benih hasil seleksi tahap III (M_3), mikofer MVA asal Biotrop Bogor, pupuk NPK, kompos, plastik, ember, bahan kimia untuk mengukur infeksi akar oleh mikoriza yaitu glyserin, asam laktat, acid fushin, alkohol 90%, gliserin. Alat yang digunakan di lapangan adalah ember, selang, cangkul, timbangan, dan alat-alat yang digunakan untuk analisis laboratorium : deck glass, penutup deck glass, pipet, pinset, pinset spora, cawan petridish, labu ukur, tabung sentrifugasi, tabung reaksi, sentrifuge heraeus sepatech (max speed 5000 rpm) time range 0-30 min, mikroskope compound Nikon SE, mikroskope kamera Nikon eclipse 80i (magnification 40x–1000x), mikroskope dissecting Olympus sz-51 (magnification : 0,8–4), mikroskope compound Olympus cx-31 (magnification : 40x–1000x).

3. Desain Eksperimen

Penelitian menggunakan Rancangan Petak Terbagi (RPT), sebagai berikut : Petak Utama (PU) terdiri dari 6 genotipe generasi ke 4 (g) yaitu : g_1 (gM50Gy); g_2 (gO50Gy); g_3 (gT50Gy); g_4 (gM); g_5 (gO); g_6 (gT). Anak Petak (AP) adalah jenis mikoriza (M) yaitu control (tanpa mikoriza (m_0), *Glomus etunicatum* (m_1), *Gigaspora margarita*, (m_2), campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* (m_3). Setiap perlakuan pada petak utama, dan anak petak dikombinasikan sehingga terdapat 24 kombinasi perlakuan. Masing-masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga seluruhnya terdapat 72 unit petakan.

4. Inokulasi Mikorizaa Vesikular Arbuskular (MVA) dan Penanaman

Inokulan kultur mikoriza yaitu *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita*, campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* yang digunakan dilapangan mempunyai jumlah 300 spora dalam 30 g pasir. Sebanyak 10-15 gram MVA diinokulasikan sedalam 5-7 cm ke dalam lubang pertanaman yang telah dipersiapkan sesuai perlakuan, kemudian ditutup dengan tanah. Aplikasi mikoriza paling sederhana dilakukan dengan perbanyakan cendawan melalui kultur pot dengan inokulum starter berupa spora dan potongan-potongan akar terinfeksi yang ditanamkan ke dalam substrat di pembibitan (Brundrett, 2002). Aplikasi mikoriza dan penanaman dilakukan pada waktu yang sama dengan penugalan kemudian diletakkan mikoriza dan benih kedelai sebanyak 3 tanaman perlubang dengan jarak tanam 40x30 cm. Setelah berumur 7 hari, tanaman dijarangkan, dengan memilih tanaman yang paling baik pertumbuhannya, sehingga menyisakan 2 tanaman per lubang.

5. Analisis Tanaman

Parameter pengamatan meliputi bobot kering akar ($g.tan^{-1}$), bobot kering tajuk ($g.tan^{-1}$), diamati setelah akar dan tajuk tanaman dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 2X24 jam (Prodi Agroteknologi Universitas Tidar, 2014). Panjang, lebar dan jumlah stomata diukur menggunakan mikroskop compound Nikon SE. Setelah tanaman berumur 75 HST dilakukan analisis jaringan tanaman yang meliputi analisis unsur hara kandungan hara P (%) dan Al Tajuk dan akar diekstrak dengan metode pengabuan basah menggunakan HNO_3 dan

HClO₄. Selanjutnya kadar unsur hara masing-masing diukur dengan spektrofotometer UV-VIS, Spektrofotometer serapan atom (SSA) (BPT, 2009)

6. Akar yang terinfeksi

Perhitungan persentase infeksi akar kedelai oleh mikoriza diawali dengan pewarnaan akar dengan metode Kormanik *et al*; 1980, Wathira *et al*; 2016, yang dimodifikasi. Kemudian pembuatan preparat akar dengan memotong akar yang telah diwarnai sepanjang 1 cm, lalu diletakkan pada gelas preparat dan ditutup dengan *cover glass*. Setiap preparat diletakkan 10 potongan akar. Pengamatan infeksi akar dengan menggunakan mikroskop kamera nikon eclipse 80i(magnification 40x – 1000x), untuk mengamati vesikula, arbuskula, hifa maupun spora. Persentase akar terinfeksi menggunakan rumus (Giovannetti and Moose, 1980) berdasarkan Persamaan 1.

$$\text{Akar terinfeksi(\%)} = \sum \frac{\text{contoh akar terinfeksi}}{\text{contoh seluruh akar yang diamati}} \times 100\% \text{ ----- (1)}$$

7. Analisis Statistik

Pengolahan data secara statistik berdasarkan analisis sidik ragam pada taraf 5%, kemudian uji lanjut menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT) (Gomez, and Gomez, 1995)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Panjang, Lebar dan Jumlah Stomata

Rerata genotipe *g*₂ (*g*O50Gy) memberikan panjang stomata 19,67 mm dan tidak berbeda nyata dengan *g*₃ (*g*T50Gy); *g*₅ (*g*O), namun berbeda nyata dengan *g*₁ (*g*M50Gy); *g*₄ (*g*M); *g*₆ (*g*T). Rerata genotipe *g*₃ (*g*T50Gy) memiliki lebar stomata 2,67 mm tidak berbeda nyata dengan *g*₄ (*g*M); *g*₅ (*g*O), tetapi berbeda nyata dengan *g*₁ (*g*M50Gy); *g*₂ (*g*O50Gy) ; *g*₆ (*g*T). Aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* memberikan rerata panjang stomata 22,56 mm dan lebar stomata 4,89 mm dan berbeda nyata dengan *m*₀, *m*₁, dan *m*₂ (Tabel 1).

Pengaruh defisit air menyebabkan penurunan jumlah dan ukuran stomata sebagai respon tanaman terhadap cekaman kekeringan untuk mengurangi hilangnya air melalui transpirasi dan meningkatkan asimilasi CO₂ (Sasli, 2004; Xu & Zhou, 2008; Suherman *et al.*, 2012). Penutupan stomata untuk mengatur kehilangan air dan pengambilan CO₂ sebagai bahan utama fiksasi CO₂ selama proses fotosintesis merupakan adaptasi tanaman terhadap kondisi air yang terbatas (Taiz L and Zeiger, 2002). Tanaman yang toleran terhadap kekeringan adalah tanaman dengan densitas stomata yang rendah, mampu menekan transpirasi, efisien dalam penggunaan air (Blum, 2005). Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya transpirasi adalah densitas stomata. transpirasi yang dialami tanaman adalah melalui stomata daun lebih dari 90% (Bänziger *et al.*, 2000). Panjang dan lebar stomata genotipe kedelai dengan aplikasi jenis mikoriza pada lahan kering dapat dilihat pada Gambar 1.

Perlakuan *g*T50Gy dengan aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum*+ *Gigaspora margarita* (*g*3*m*3) memberikan 13 stomata.mm⁻¹ dan tidak berbeda dengan *g*4*m*3, *g*1*m*3, *g*3*m*1, namun berbeda dengan *g*2*m*3, *g*5*m*3 (Tabel 2). Sejalan dengan penelitian Huang *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa mikoriza *G. etunicatum* yang

diaplikasikan pada tanaman jagung memberikan pengaruh pertumbuhan yang signifikan dibandingkan tanaman kontrol. Tanaman yang diaplikasi cendawan MVA dapat menggunakan berbagai mekanisme perlindungan untuk mengatasi stress kekeringan diantaranya yaitu aktif dalam serapan P , meningkatkan penyerapan air (Rapparini and Penuelas , 2014).

Tabel 1. Rerata panjang dan lebar stomata genotipe kedelai yang diaplikasi mikoriza pada lahan kering.

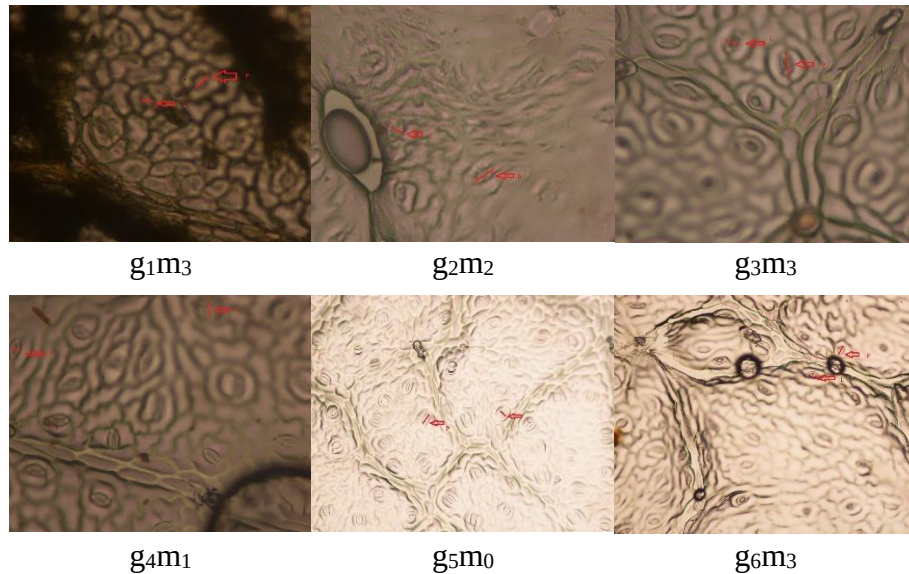
Perlakuan	Panjang stomata	Lebar stomata
Genotipe kedelai		
g1	16,67 <i>b</i>	1,67 <i>b</i>
g2	19,00 <i>a</i>	1,67 <i>b</i>
g3	19,67 <i>a</i>	2,67 <i>a</i>
g4	16,00 <i>b</i>	2,17 <i>ab</i>
g5	20,67 <i>a</i>	2,50 <i>a</i>
g6	17,00 <i>b</i>	1,83 <i>b</i>
Nilai BNT	1,87	0,60
Mikoriza		
m0	13,67 <i>x</i>	1,33 <i>y</i>
m1	20,67 <i>x</i>	2,92 <i>x</i>
m2	20,17 <i>y</i>	2,00 <i>x</i>
m3	22,56 <i>w</i>	4,89 <i>w</i>
Nilai BNT	1,57	0,47

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama (a dan b) pada kolom pada perlakuan genotipe (g) dan (w, x, y, dan z) pada kolom pada perlakuan mikoriza (m) yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$.

Tabel 2. Rerata jumlah stomata (mm^{-1}) genotipe kedelai yang diaplikasi mikoriza pada lahan kering.

Genotipe kedelai	Jenis mikoriza			
	m0	m1	m2	m3
g1	8 ^a _y	10 ^b _x	10 ^a _x	12 ^{ab} _w
g2	6 ^{bc} _y	8 ^{cd} _x	8 ^b _x	10 ^{cd} _w
g3	5 ^c _y	12 ^a _w	9 ^{ab} _x	13 ^a _w
g4	7 ^{ab} _y	9 ^{bc} _x	10 ^a _x	12 ^{ab} _w
g5	6 ^{bc} _y	7 ^d _y	9 ^{ab} _x	11 ^{bc} _w
g6	7 ^{ab} _x	9 ^{bc} _z	8 ^b _{wx}	9 ^d _w
NPBNT (g)		1,801		
NPBNT (m)		1,789		

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama (a dan b) pada kolom dan (x,y, dan z) pada baris yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$.



Gambar 1. Panjang (P) dan lebar (L) stomata perlakuan genotipe perbesaran 40 (g_1m_3 , g_2m_2 , g_3m_3), perbesaran 20 (g_4m_1 , g_5m_0 , g_6m_3) pada aplikasi mikoriza di lahan kering.

2. Bobot Kering Tajuk dan Akar

Tabel 3 menunjukkan bahwa genotipe g_3 (gT50Gy) memberikan rerata bobot kering tajuk $89,48 \text{ g.tan}^{-1}$ dan tidak berbeda nyata dengan g_5 (gO), namun berbeda nyata dengan g_1 (gM50Gy); g_2 (gO50Gy); g_4 (gM); g_6 (gT). Genotipe g_2 (gO50Gy) memiliki rerata bobot kering akar $97,13 \text{ g.tan}^{-1}$ tidak berbeda nyata dengan g_1 (gM50Gy); g_2 (gO50Gy); g_4 (gM); g_5 (gO); g_6 (gT) tetapi berbeda nyata dengan g_3 (gT50Gy).

Tabel 3. Rerata bobot kering tajuk dan akar (g.tan^{-1}) genotipe kedelai yang diaplikasi mikoriza pada lahan kering.

Perlakuan	BK Tajuk	BK Akar
Genotipe kedelai		
g_1	46,98 <i>d</i>	93,39 <i>a</i>
g_2	42,88 <i>d</i>	97,13 <i>a</i>
g_3	89,48 <i>ab</i>	84,30 <i>b</i>
g_4	72,48 <i>c</i>	91,59 <i>a</i>
g_5	98,42 <i>a</i>	96,39 <i>a</i>
g_6	81,93 <i>bc</i>	96,47 <i>a</i>
Nilai BNT	9,96	6,36
Mikoriza		
m_0	46,07 <i>z</i>	78,68 <i>z</i>
m_1	94,66 <i>x</i>	104,82 <i>x</i>
m_2	75,36 <i>y</i>	96,13 <i>y</i>
m_3	122,54 <i>w</i>	117,52 <i>w</i>
Nilai BNT	5,12	5,72

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama (a dan b) pada kolom pada perlakuan genotipe (g) dan (w, x, y, dan z) pada kolom pada perlakuan mikoriza (m) yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$.

Pertumbuhan panjang akar primer dan akumulasi bobot kering kedelai secara signifikan menurun dengan meningkatnya kadar aluminium (Ojo and Ayuba, 2012). Menekan pertumbuhan tajuk untuk mengurangi transpirasi dan mendorong pertumbuhan akar sehingga dapat mengabsorpsi air dengan jangkauan yang lebih dalam merupakan bentuk adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan (Wu and Cosgrove, 2000).

Aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* memberikan rerata bobot kering tajuk 122,54 g.tan⁻¹ dan bobot kering akar 117,52 g.tan⁻¹ dan berbeda nyata dengan m0, m1, dan m2 (Tabel 3). Kandungan bobot kering tanaman, nitrogen dan kalsium lebih banyak terdapat pada daun tanaman tomat yang diaplikasi mikoriza dibandingkan tanpa mikoriza (Michałojć et al., 2015). Mikoriza arbuscular (*Glomus claroideum*) meningkatkan toleransi stress kekeringan pada tanaman gandum. Berat kering total, konsentrasi klorofil daun, protein dan kandungan air relatif secara signifikan lebih tinggi dibandingkan tanaman non-mikoriza pada stress kekeringan (Beltrano & Ronco, 2008).

3. Serapan Al Tajuk dan Akar

Rerata genotipe g₁ (gM50Gy) memiliki serapan Al tajuk yang lebih rendah dengan nilai 72,08ppm tidak berbeda nyata dengan g₆ (gT), namun berbeda nyata dengan g₂ (gO50Gy); g₃ (gT50Gy); g₄ (gM); g₅ (gO). Rerata genotipe g₁ (gM50Gy) memiliki serapan Al akar yang lebih rendah nilai 6,13ppm dan tidak berbeda nyata dengan g₂ (gO50Gy); g₃ (gT50Gy); g₅ (gO); g₆ (gT) tetapi berbeda nyata dengan g₄ (gM). Al pada konsentrasi rendah di dalam tanah membantu pertumbuhan, namun bila konsentrasi aluminium konsentrasi tinggi menyebabkan penurunan klorofil, penurunan laju fotosintesis (Zhang et al., 2007). Kemampuan pertumbuhan tanaman pada tanah dengan kandungan Al tinggi adalah dengan menghasilkan eksudat akar (dalam bentuk anion-anion asam organik, gula, vitamin, asam amino, purin, nukleotida, ion-ion anorganik, dan sebagainya). Senyawa-senyawa ini membantu perakaran tanaman terhindar dari akibat buruk ion Al, sehingga akar sebagai fungsi penyerap hara dan air dapat menjalankan fungsinya (Dakora & Phillips, 2002). Chen, Qi, Smith, & Liu, 2005 menyatakan meningkatnya kandungan Al pada akar dan daun menyebabkan konsentrasi Mg pada kedua organ tersebut menurun, sebagai akibatnya *photosyntetic active radiation* (PAR) juga menurun. Al berkontribusi terhadap penurunan asimilasi CO₂ pada beberapa jenis tanaman seperti jeruk (Jiang, Chen, Zheng, Han, & Smith, 2008). Chen et al., (2005) menyatakan bahwa meningkatnya kandungan Al pada akar dan daun menyebabkan konsentrasi Mg pada kedua organ tersebut menurun, sebagai akibatnya *photosyntetic active radiation* (PAR) juga menurun.

Aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* memberikan rerata serapan Al tajuk 71,99ppm dan berbeda dengan m0, m1, m2. Pada serapan Al akar m3 lebih rendah dengan nilai 6,17 ppm yang tidak berbeda nyata dengan m1 dan m2, tetapi berbeda nyata dengan tanpa mikoriza (Tabel 4). Toksisitas aluminium (Al) dari seluruh kendala yang ada adalah merupakan faktor pembatas utama bagi produktivitas tanaman (Kertész et al., 2002). Fungi mikoriza vesikular arbuskular menurunkan serapan Al yang ditranslokasi pada tanaman inang, berpotensi menurunkan ketersediaan Al anorganik di rhizosfer tanaman *Andropogon virginicus* L. yang di inokulasi

mikoriza (Cumming & Ning, 2003). Mikoriza mampu membantu mempertahankan stabilitas pertumbuhan tanaman pada kondisi tercemar (Khan, 2005). Mikoriza mengurangi konsentrasi Al dan meningkatkan pH rizosfer. Mengurangi interaksi antara Al dan Ca, Mg, P. Biomassa dan konsentrasi P jaringan *Liriodendron tulipifera* L. (tulip-poplar) yang diinokulasi mikoriza berbeda secara significant dengan non-mikoriza (Lux & Cumming, 2001).

Tabel 4. Rerata serapan Al tajuk dan akar (ppm) genotipe kedelai yang diaplikasi mikoriza pada lahan kering.

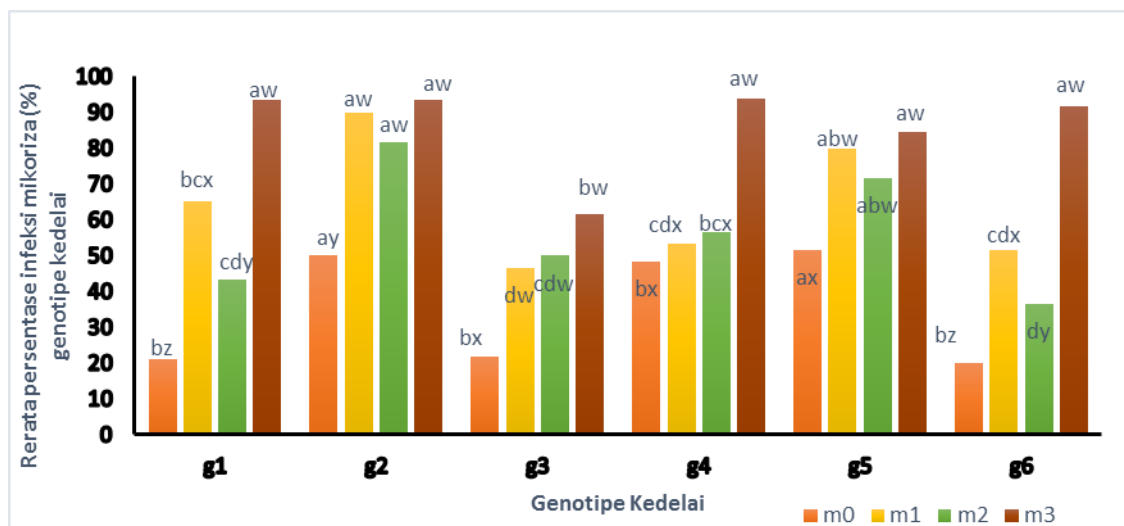
Perlakuan	Al Tajuk	Al Akar
Genotipe kedelai		
g1	72,08 <i>b</i>	6,13 <i>b</i>
g2	78,08 <i>a</i>	6,17 <i>b</i>
g3	79,83 <i>a</i>	6,31 <i>b</i>
g4	79,88 <i>a</i>	6,90 <i>a</i>
g5	77,60 <i>a</i>	6,43 <i>b</i>
g6	74,28 <i>b</i>	6,27 <i>b</i>
Nilai BNT	3,00	0,37
Mikoriza		
m0	81,92 <i>w</i>	6,61 <i>w</i>
m1	74,74 <i>x</i>	6,23 <i>x</i>
m2	74,21 <i>x</i>	6,27 <i>x</i>
m3	71,99 <i>y</i>	6,17 <i>x</i>
Nilai BNT	1,61	0,19

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama (a dan b) pada kolom pada perlakuan genotipe (g) dan (w, x,y, dan z) pada kolom pada perlakuan mikoriza (m) yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$.

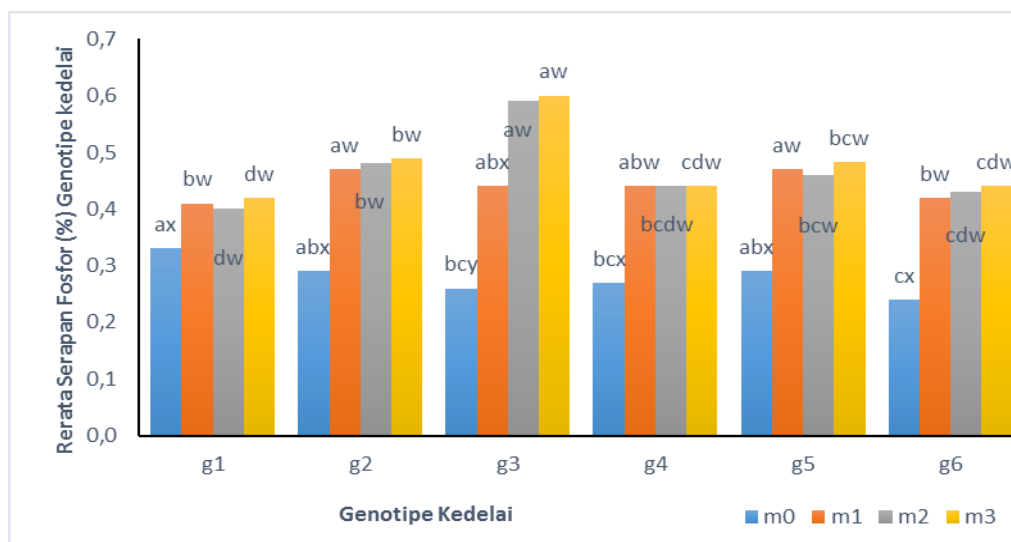
4. Persentase Infeksi Mikoriza dan Serapan Fosfor

Genotipe (gM) dengan aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* (g4m3) memberikan 93,89 % infeksi mikoriza dan tidak berbeda dengan g1m3, g2m3, g5m3, g6m3 namun berbeda dengan g3m3 (Gambar 2). Populasi mikoriza berubah secara dinamis dari waktu ke waktu dan dipengaruhi oleh jumlah mikroba tanah pada media tanam (Monther & Kamaruzaman, 2012).

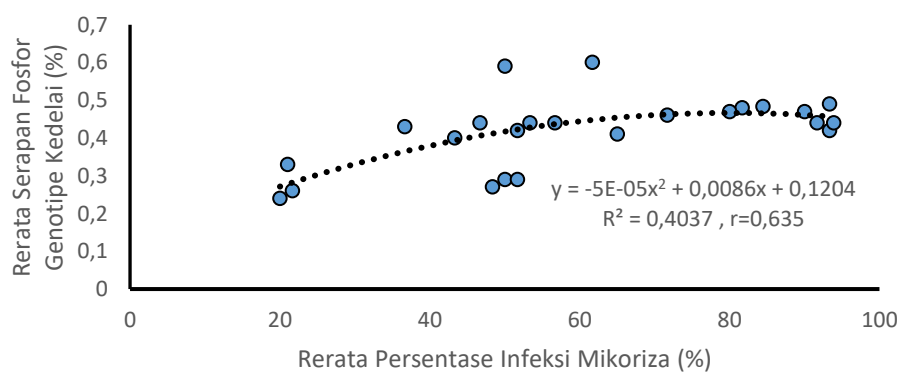
Genotipe gT50Gy dengan aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum* + *Gigaspora margarita* (g3m3) memiliki rerata serapan Fosfor 0,60% dan tidak berbeda dengan g3m2, tetapi berbeda dengan g1m3, g2m3, g4m3, g5m3, g6m3, g3m0, g3m1 (Gambar 3). Kolonisasi oleh lebih dari satu spesies jamur menguntungkan untuk tanaman inang, untuk serapan Fosfor dan Nitrogen (Jansa et al., 2008). Status keberadaan infeksi mikoriza pada akar genotipe kedelai yang diamati dengan mikroskop compound olympus cx-31 (magnification : 40x _ 1000x) memperlihatkan bahwa adanya struktur cendawan mikoriza (CMA) berupa hifa (H), arbuskula (A) dan vesikula (V) pada perlakuan mikoriza dan biochar Gambar 5.



Gambar 2. Rerata persentase infeksi akar genotipe kedelai yang diaplikasi mikoriza pada lahan kering.

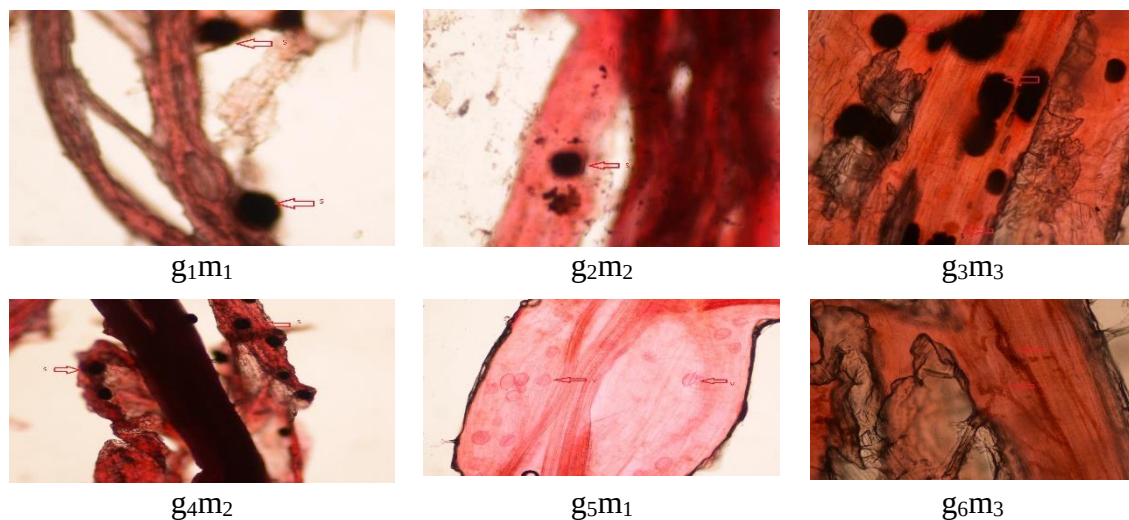


Gambar 3. Rerata serapan Fosfor (%) genotipe kedelai yang diaplikasi mikoriza pada lahan kering.



Gambar 4. Hubungan korelasi antara rerata persentase infeksi mikoriza dan serapan Fosfor genotipe kedelai.

Peningkatan presentase infeksi mikoriza secara signifikan meningkatkan serapan Fosfor genotipe kedelai ($r=0,635$), koefisien determinasi serapan fosfor $R^2 = 0,4037$ (Gambar 4). Hal ini berarti serapan Fosfor pada tanaman cabai 40,37% ditentukan oleh persentase infeksi mikoriza, sisanya 59,63% ditentukan oleh faktor yang lain. Secara signifikan AMF memberikan pengaruh positif, seperti meningkatkan adaptasi tanaman terhadap lingkungannya, meningkatkan pertumbuhan dan nutrisi, meningkat struktur dan kualitas tanah (Diagne et al., 2020). Sejalan dengan hasil penelitian (Meghvansi et al., 2008) bahwa kolonisasi AMF secara signifikan berkorelasi positif dengan serapan P pada jaringan tajuk kedelai. Hasil korelasi antara inokulasi mikoriza dan total serapan P mempunyai nilai koefisien determinasi ($P < 0,001$, $R^2 = 0,6389$) (Thioub et al., 2019b).



Gambar 5. Status keberadaan infeksi mikoriza vesikular arbuskular pada akar genotipe kedelai : Hifa eksternal (H), vesikula (V), dan spora (S) pada perlakuan g_1m_1 , g_2m_2 , g_3m_3 , g_4m_2 , g_5m_1 (perbesaran 10x) dan g_6m_3 dengan perbesaran 20x.

5. Produksi

Perlakuan g_5 (gO) memiliki jumlah polong berisi 128,11 polong.tan⁻¹ dan berbeda nyata dengan g_1 (gM50Gy); g_2 (gO50Gy) ; g_3 (gT50Gy) ; g_4 (gM); g_6 (gT). Rerata genotipe g_3 (gT50Gy) memberikan bobot biji 319,03 g.petakan⁻¹ dan berbeda dengan g_1 (gM50Gy); g_2 (gO50Gy); g_4 (gM); g_5 (gO); g_6 (gT). Aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* (m3) memberikan rerata 143 polong berisi.tan⁻¹ dan bobot biji 461,33 g.petakan⁻¹ keduanya berbeda dengan m0, m1, m2 (Tabel 5). Mikoriza berperan dalam peningkatan perluasan permukaan akar, sehingga memaksimalkan penyerapan P, mengeksplorasi tanah secara lebih luas, dan meningkatkan fotosintesis (Ba'rzana et al., 2012). Mikoriza meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tingkat kesuburan tanah yang rendah, lahan terdegradasi, meningkatkan luas permukaan kontak dengan tanah dalam memperoleh nutrisi, meningkatkan laju transfer nutrisi di akar tanaman inang, dan meningkatkan ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik (Khan, 2005). Setiap Jenis MVA berbeda dalam keefektifannya untuk meningkatkan serapan air dari tanah. Kemampuan ini terkait dengan jumlah miselium eksternal yang diproduksi oleh masing-

masing jamur AM dan keaktifan kolonisasi mikoriza pada akar tanaman inangnya (Marulanda et al., 2003).

Tabel 5. Jumlah polong berisi (polong.tan⁻¹) dan bobot biji per petakan (g.petakan⁻¹) genotipe kedelai.

Perlakuan	Jumlah polong berisi	Bobot biji per petakan
Genotipe kedelai		
g1	88,56 <i>b</i>	209,99 <i>c</i>
g2	99,44 <i>b</i>	207,72 <i>c</i>
g3	99,67 <i>b</i>	319,03 <i>a</i>
g4	96,22 <i>b</i>	273,39 <i>b</i>
g5	128,11 <i>a</i>	264,35 <i>b</i>
g6	100,00 <i>b</i>	261,02 <i>b</i>
Nilai BNT	14,04	21,86
Mikoriza		
m0	72,50 <i>z</i>	160,78 <i>z</i>
m1	126,06 <i>x</i>	323,71 <i>x</i>
Zxcvbnm,./m213456	107,44 <i>y</i>	283,26 <i>y</i>
m3	143,00 <i>w</i>	461,33 <i>w</i>
Nilai BNT	14,53	18,27

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama (a dan b) pada kolom pada perlakuan genotipe (g) dan (w, x,y, dan z) pada kolom pada perlakuan mikoriza (m) yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT $\alpha = 0,05$.

IV. KESIMPULAN

Genotipe kedelai g₁ (gM50Gy); g₂ (gO50Gy); g₃ (gT50Gy) beradaptasi dengan baik pada lahan kering yang ditunjukkan panjang dan lebar stomata, berat kering tajuk dan akar yang lebih tinggi, dan dengan serapan Al yang lebih rendah. Aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* menunjukkan hasil terbaik pada pengamatan panjang dan jumlah stomata, bobot kering tajuk dan akar, serapan Al akar, dan jumlah polong berisi dan bobot biji per petakan. Perlakuan (gT50Gy) dengan aplikasi mikoriza campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* memberikan hasil terbaik pada jumlah stomata, dan serapan fosfor.

Berdasarkan hasil penelitian disarankan untuk mengaplikasikan mikoriza campuran *Glomus etunicatum* dan *Gigaspora margarita* untuk meningkatkan kesuburan pada lahan kering.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muslim Maros (UMMA), dan Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan yang telah memberikan dukungan, tempat, dan fasilitas penelitian.

REFERENSI

Aparicio I. M., Cuenca, A. ., Villanueva-Suárez, M. J., & Zapata-Revilla, M. A. (2008).

- Soybean, a promising health source. *Nutricion Hospitalaria*, 23(4), 305–312.
- Ba'rzana G, Ricardo Aroca¹, Jose' Antonio Paz, Francois Chaumont, M. C. M.-B., & Ruiz-Lozano, M. C. and J. M. (2012). *Arbuscular mycorrhizal symbiosis increases relative apoplastic water flow in roots of the host plant under both well-watered and drought stress conditions*. 1009–1017. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs007>
- Beltrano, J., & Ronco, M. G. (2008). Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20(1), 29–37. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202008000100004>
- Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential - Are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(11), 1159–1168. <https://doi.org/10.1071/AR05069>
- BPT. (2009). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk* (ke 2). Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian Bogor.
- Brundrett, M. C. (2002). Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist*, 154(2), 275–304. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00397.x>
- Chen, L. S., Qi, Y. P., Smith, B. R., & Liu, X. H. (2005). Aluminum-induced decrease in CO₂ assimilation in citrus seedlings is unaccompanied by decreased activities of key enzymes involved in CO₂ assimilation. *Tree Physiology*, 25(3), 317–324. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.3.317>
- Cumming, J. R., & Ning, J. (2003). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance aluminium resistance of broomsedge (*Andropogon virginicus* L.). *Journal of Experimental Botany*, 54(386), 1447–1459. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg149>
- Dakora, F. D., & Phillips, D. A. (2002). Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Plant and Soil* 245: 35–47, 2002., 245, 35–47.
- Dariah A. dan Heryani N. (2014). Pemberdayaan Lahan Kering Suboptimal untuk Mendukung Kebijakan Diversifikasi dan Ketahanan Pangan. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus, Desember 2014; 1-16, Edisi Khusus*, 1–16.
- Diagne, N., Ngom, M., Djighaly, P. I., Fall, D., Hoher, V., & Svistoonoff, S. (2020). Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plant Growth and Performance: Importance in Biotic and Abiotic Stressed Regulation. *Diversity*, 12(10), 370. <https://doi.org/10.3390/d12100370>
- Giovannetti, M., and M. B. (1980). An Evaluation of Techniques For Measuring Vesikular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *The New Phytologist*, 1980, (84), 489–500. Retrieved from <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111>
- Gomez, K. A., Gomez, A. A., Baharsjah, J. S., & Nasution, H. (1995). *Prosedur statistik untuk penelitian pertanian*. 1995.
- Jansa, J., Smith, F. A., & Smith, S. E. (2008). Are there benefits of simultaneous root colonization by different arbuscular mycorrhizal fungi? *New Phytologist*, 177(3), 779–789. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02294.x>
- Jiang, H., Chen, L., Zheng, J., Han, S., & Smith, B. R. (2008). *Aluminum-induced effects on Photosystem II photochemistry in Citrus leaves assessed by the chlorophyll a fluorescence transient*. 1863–1871.

- Kertész, S., Fábíán, A., Zsoldos, F., Vashegyi, Á., Labádi, I., & Bona, L. (2002). Changes in glutamine synthetase activity in presence of aluminium complexes. *Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology, 2002*, 46(mM), 103–104.
- Khan Abdullah G. (2005). Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18 (2005) 355–364, 18, 355–364. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2005.02.006>
- Kormanik, P. P., Bryan, W. C., & Schultz, R. C. (1980). Procedures and equipment for staining large numbers of plant root samples for endomycorrhizal assay. *Canadian Journal of Microbiology*, 26(4), 536–538. <https://doi.org/10.1139/m80-090>
- Lux, H. B., & Cumming, J. R. (2001). *Mycorrhizae confer aluminum resistance to tulip-poplar seedlings*. 702, 694–702. <https://doi.org/10.1139/cjfr-31-4-694>
- M. Bänziger, G.O. Edmeades, D. Beck, and M. B. (2000). From Theory to Practice Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize From Theory to Practice. In ISBN: 970-648-46-3 AGROVOC descriptors.
- Marulanda, A., Azcón, R., & Ruiz-Lozano, J. M. (2003). Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. *Physiologia Plantarum*, 119(4), 526–533. <https://doi.org/10.1046/j.1399-3054.2003.00196.x>
- Meghvansi, M. K., Prasad, K., Harwani, D., & Mahna, S. K. (2008). Response of soybean cultivars toward inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* in the alluvial soil. *European Journal of Soil Biology*, 44(3), 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.03.003>
- Michałojć, Z., Jarosz, Z., Pitura, K., & Dzida, K. (2015). Effect of mycorrhizal colonization and nutrient solutions concentration on the yielding and chemical composition of tomato grown in rockwool and straw medium. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 14(6), 15–27.
- Monther, M. T., & Kamaruzaman, S. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi and plant root exudates bio-communications in the rhizosphere. *African Journal of Microbiology Research*, 6(46), 7295–7301. <https://doi.org/10.5897/ajmr12.2250>
- Ojo, G. O. S., & Ayuba, S. A. (2012). Screening of tropically adapted genotypes of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) for aluminium stress tolerance in short-term hydroponics. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 14(2), 1921–1930. Retrieved from <http://www.m.elewa.org/JAPS>;
- Postma, J. W. M., Olsson, P. A., & Falkengren-Grerup, U. (2007). Root colonisation by arbuscular mycorrhizal, fine endophytic and dark septate fungi across a pH gradient in acid beech forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(2), 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.08.007>
- Rapparini, and P. (2014). Chapter 2 Mycorrhizal Fungi to Alleviate Drought Stress on Plant Growth. *Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses, Volume 1*, 1, 1–162. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9466-9>

- Ritung, S., Suryani, E., Subardja, D., Sukarman, Nugroho, K., Suparto, ... Supriatna, W. (2015). *Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan*.
- Sasli, I. 2004. Peranan Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA) Dalam Peningkatan Resistensi Tanaman Terhadap Cekaman Kekeringan. *Makalah Pribadi pengantar ke Falsafah Sains*. Sekolah Pasca Sarjana, IPB.
- Suherman, S., Rahim, I., & Akib, A. (2012). Aplikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merrill). *Jurnal Galung Tropika*, 1(1).
- Taiz L and Zeiger. (2002). *Plant Physiology*, 3rd ed. In *Publisher: Sinauer Associates*; 3 edition (Aug 30 2002).
- Thioub, M., Ewusi-mensah, N., Sarkodie-addo, J., & Adjei-gyapong, T. (2019). *Soil & Tillage Research Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation enhances phosphorus use efficiency and soybean productivity on a Haplic Acrisol*. 192(October 2018), 174–186. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.001>
- Prodi Agroteknologi Universitas Tidar. (2014). *Petunjuk Praktikum Agroekologi*. <https://faperta.untidar.ac.id/berita/beasiswa-dan-prestasi/pedoman-praktikum-semester-gasal/>
- Wang, Y., Tang, S., & Jin, H. (2015). Effect of glucose, root exudates and N forms in mycorrhizal symbiosis using *Rhizophagus intraradices*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(3), 726–736. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162015005000049>
- Wathira N.L. Peter W. Sheila O. (2016). Enhancement of Colonisation of Soybean Roots by Arbuscular Mycorrhizal Fungi Using Vermicompost and Biochar. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 5(3), 71. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20160503.17>
- Wu, Y., & Cosgrove, D. J. (2000). Adaptation of roots to low water potentials by changes in cell wall extensibility and cell wall proteins. *Journal of Experimental Botany*, 51(350), 1543–1553. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.350.1543>
- Xu, Z., & Zhou, G. (2008). Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany*, 59(12), 3317–3325. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern185>
- Zhang, X., Liu, P., Yang, Y. S., & Xu, G. (2007). *Effect of Al in soil on photosynthesis and related morphological and physiological characteristics of two soybean genotypes*. 435–444.