

Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Dan Cendawan Mikoriza Arbuskula Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bawang Merah Lokal Palu

Sri Sudewi¹, Lisa Indriani B.¹

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang pengaruh pemberian jenis pupuk kandang dan CAM terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah lokal Palu. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi pedoman di tingkat petani mengenai kelayakan penggunaan pupuk kandang dan CAM sebagai pembenah kualitas tanah guna meningkatkan daya dukung produktivitas lahan secara berkelanjutan. Perlakuan disusun dalam rancangan petak terbagi dengan dua faktor. faktor pertama adalah dua taraf jenis pupuk kandang terdiri dari (P₁) pupuk kandang kambing, (P₂) pupuk kandang ayam. Faktor kedua merupakan kombinasi sterilitas media dan pemberian pupuk mikoriza sehingga terdapat empat taraf yaitu (M₁) Media non-steril tanpa penambahan CAM; (M₂) Media non-steril dengan penambahan CAM; (M₃) Media steril tanpa penambahan CAM; dan (M₄) Media steril dengan penambahan CAM. Variabel pertumbuhan yang di amati meliputi tinggi daun, jumlah daun dan jumlah anakan tiap rumpun, bobot segar dan bobot kering tanaman dan hasil biji bawang merah. Hasil analisis varian yang berbeda nyata di uji lanjut dengan uji beda nyata jujur. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian pupuk kandang kambing memberikan pengaruh terbaik terhadap seluruh parameter pertumbuhan tanaman bawang merah. Media non – steril yang diberi perlakuan mikoriza memberikan pengaruh terbaik terhadap seluruh parameter pertumbuhan tanaman bawang merah, namun tidak memberikan pengaruh nyata terhadap produk hasil umbi.

Keywords : *Bawang merah, pupuk kandang, mikoriza.*

PENDAHULUAN

Bawang merah lokal palu adalah bawang merah varietas lokal yang banyak budidayakan oleh masyarakat di Lembah Palu Sulawesi Tengah dan merupakan bahan baku industri pengolahan bawang goreng yang menjadi brand local Palu. Bawang ini memiliki tekstur yang padat sehingga menghasilkan bawang garing yang

renyah dan gurih serta memiliki aroma yang tidak berubah meskipun disimpan lama dalam wadah tertutup.

Kebutuhan bahan baku bawang merah lokal Palu terus meningkat karena industri bawang goreng semakin berkembang seperti tumbuhnya industri bawang goreng baru yang saat ini berjumlah 36 industri yang tersebar di Kota Palu dan sekitarnya mengolah bawang

merah lokal Palu menjadi bawang goreng (Alam et al., 2014). Industri bawang goreng dilaporkan sempat mengalami penurunan produksi karena kurangnya suplai bahan baku, seperti yang dialami salah satu industri Bawang goreng Sal-Han pada tahun 2011 yang berdampak pada menurunnya penerimaan (Fitriani *et al*, 2013).

Luas areal bawang merah tahun 2013 di Kota palu sebesar 247 ha dengan total produksi 1.534,4 ton atau produktivitas 3,36 ton ha⁻¹ (BPS Kota Palu, 2014). Hasil ini bisa ditingkatkan dengan memaksimalkan teknologi budidaya hingga 11 ton ha⁻¹ (Maskar *et al*. 2001 citted Limbongan dan Maskar, 2003). Potensi lahan untuk pengembangn produksi bawang merah lokal Palu juga masih cukup luas (2.608 ha) yang tersebar di tiga kabupaten kota yang ada di Lembah Palu yaitu Kota Palu, Kabupaten Sigi dan dan Kabupaten Donggal (BPPT Sul-Teng, 2009), sehingga perluasan areal penanaman untuk mengatasi masalah kurangnya bahan baku bisa dilakukan. Persediaan lahan yang belum diolah

sebagian besar lahan kering berbukit tanpa fasilitas pengairan.

Kondisi iklim di lembah Palu pada tahun 2009 – 2013 menunjukkan curah hujan rendah (500–900 mm/tahun), dan suhu udara rata-rata bulanan 27°C dengan suhu udara maksimal pada siang hari biasa mencapai 35°C, kelembaban udara rendah dibawah 75% (BPS Sulteng, 2015). Kondisi iklim tersebut berpengaruh terhadap persediaan air tanah terutama di areal yang berbukit yang dapat menyebabkan potensi cekaman kekeringan terhadap tanaman budidaya. Peranan iklim sangat penting dalam pertanian karena menjadi faktor pembatas dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman disetiap daerah.

Cekaman kekeringan merupakan salah satu faktor utama yang menghambat pertumbuhan tanaman dan mempengaruhi produksi tanaman pangan dan hortikultura di seluruh dunia. Tanaman yang mengalami stres air biasanya menunjukkan penurunan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, menurunkan potensi air daun dan turgor (Tahi *et al*. 2007)

dan laju transpirasi (Ozenc, 2008). Banyak fungsi sel tanaman seperti sintesis protein, metabolisme nitrogen dan fungsi membran sel terganggu dalam kondisi kekurangan air yang berkepanjangan (Saneoka, *et al.* 2004).

Persediaan air merupakan syarat penting untuk mendapatkan hasil pertumbuhan dan produk yang optimal. Pemberian pupuk organik seperti pupuk kandang ayam atau kompos dapat meningkatkan ketersediaan air tanah dan serapan hara oleh tanaman sedangkan pemberian cendawan mikoriza arbuskula dilaporkan mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kondisi kekurangan air. Jaringan hifa mikoriza yang sangat halus pada bulu-bulu akar memungkinkan hifa dapat menyusup ke pori-pori tanah yang paling halus sehingga hifa menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah (Kilham, 1994).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang pengaruh pemberian jenis pupuk kandang dan CAM terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah lokal Palu. Hasil penelitian ini

diharapkan menjadi pedoman di tingkat petani mengenai kelayakan penggunaan pupuk kandang dan CAM sebagai pembenah kualitas tanah guna meningkatkan daya dukung produktivitas lahan secara berkelanjutan

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Tanamodindi Kota Palu, Propinsi Sulawesi tengah. Dilaksanakan pada bulan Februari sampai bulan september 2016. Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi (*Split Plot Design*). Perlakuan terdiri dari dua faktor, faktor pertama adalah jenis pupuk kandang terdiri dari 2 taraf yaitu (P₁) pupuk kandang kambing, (P₂) pupuk kandang ayam. Faktor kedua adalah kombinasi sterilitas media dan aplikasi pupuk mikoriza yang terdiri dari empat taraf yaitu (M₁) Media non-steril tanpa penambahan CAM; (M₂) Media non-steril dengan penambahan CAM; (M₃) Media steril tanpa penambahan CAM; dan (M₄) Media steril dengan penambahan CMA. Variabel pertumbuhan yang di amati meliputi tinggi daun, jumlah daun dan jumlah anakan tiap rumpun, bobot segar

dan bobot kering tanaman dan hasil biji bawang merah. Hasil analisis varian yang berbeda nyata di uji lanjut dengan uji beda nyata jujur.

HASIL

Hasil perlakuan pupuk kandang kambing menghasilkan jumlah daun bawang merah terbanyak dibanding perlakuan

pupuk kandang ayam. Tanaman bawang merah yang ditumbuhkan pada media non-steril menghasilkan jumlah daun terbanyak nyata lebih banyak dengan jumlah daun yang dihasilkan pada media steril. Penambahan mikoriza tidak menimbulkan pengaruh yang nyata terhadap parameter jumlah daun tanaman bawang merah (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah daun bawang merah pada perlakuan jenis pupuk kandang dan CAM.

Perlakuan	Pengamatan Minggu Ke -					
	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST
Pupuk kandang						
Kambing	10.35b	13.17b	15.65b	16.90b	16.66b	16.17a
Ayam	4.41a	4.84a	6.69a	8.92a	9.60a	10.58a
Sterilisasi+CAM						
Media Non-steril	8.27b	10.35c	12.58 b	16.28b	15.38b	15.14b
Media Non-steril + CAM	8.21b	9.63bc	13.04 b	14.67b	14.83b	15.76b
Media steril	6.31a	7.67a	10.14 ab	11.11a	10.84a	11.94a
Media steril + CAM	6.73a	8.38ab	8.92 a	9.58a	11.47a	10.67a
Interaksi	tn	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan : Angka rerata diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak beda nyata uji BJK pada taraf 5 %.

Hasil jumlah daun bawang merah yang diberi perlakuan pupuk kandang kambing pada media non-steril dengan atau tanpa mikoriza menghasilkan jumlah daun nyata lebih tinggi dibanding dengan media steril, sedangkan hasil jumlah daun pada tanaman bawang merah yang diberi perlakuan pupuk kandang ayam yang dikombinasikan dengan

media non-steril baik dengan atau tanpa pemberian mikoriza maupun media steril dengan atau tanpa pemberian mikoriza menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (Tabel 2). Perbedaan yang terjadi semata-mata disebabkan oleh adanya perlakuan steril pada media. Metode sterilisasi dengan cara pengukusan media pada suhu tinggi

diduga menyebabkan kehilangan berefek pada penurunan beberapa unsur hara tertentu, yang pertumbuhan tanaman.

Tabel 2. Rata-rata tinggi daun bawang merah pada perlakuan jenis pupuk kandang dan CAM.

Perlakuan	Pengamatan Minggu Ke -					
	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST
Pupuk kandang						
Kambing	13.42b	17.63b	18.65b	21.02b	23.16b	22.76a
Ayam	1.97a	2.57a	4.15a	7.21a	9.42a	11.51a
Sterilisasi+CAM						
Media Non-steril	9.41b	11.89b	13.87b	18.41b	19.71b	20.21b
Media Non-steril + Mikorizah	8.46ab	11.96b	15.12b	18.88b	21.30b	22.90b
Media steril	6.06a	7.65a	8.43a	9.86a	11.91a	13.11a
Media steril + Mikorizah	6.86ab	8.91a	8.18a	9.32a	12.25a	12.32a
Interaksi	tn	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan : Angka rerata diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak beda nyata uji BNJ pada taraf 5 %.

Tinggi tanaman merupakan salah satu variabel pengamatan yang menggambarkan pertumbuhan tanam-an yang dapat diamati secara visual untuk melihat pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan mulai umur dua minggu setelah tanam dan dilakukan setiap minggu selama tujuh minggu untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman.

Kombinasi perlakuan jenis pupuk kandang dengan CAM tidak menunjukkan adanya interaksi terhadap tinggi tanaman bawang

merah. Pengaruh nyata hanya terlihat pada perlakuan tunggal pupuk kandang, dimana pupuk kandang kambing memberikan hasil tinggi tanaman bawang merah lebih tinggi dibanding perlakuan pupuk kandang ayam.

Kombinasi perlakuan sterilisasi media dengan CAM juga menunjukkan pengaruh nyata, dimana media non steril baik dengan atau tanpa CAM memberikan hasil tinggi tanaman lebih tinggi dibanding media steril baik dengan atau tanpa pemberian CAM.

Bobot kering dapat dijadikan sebagai suatu parameter per-

tumbuhan karena bobot kering tanaman merupakan hasil penimbunan asimilat yang dihasilkan pada proses fotosintesis. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa semakin

banyak asimilat yang dihasilkan oleh tanaman pada proses fotosintesis maka semakin berat bahan kering yang dihasilkannya oleh tanaman.

Tabel 3. Rata-rata bobot kering bawang merah pada perlakuan jenis Pupuk kandang dan CAM.

Perlakuan	Bobot Segar Minggu Ke -					
	Daun		Akar		Total	
	4 MST	6 MST	4 MST	6 MST	4 MST	6 MST
Pupuk kandang						
Kambing	1.35b	2.16b	0.80a	0.81a	1.39b	1.63b
Ayam	0.60a	0.71a	0.72a	0.76a	1.04a	1.11a
Sterilisasi+CAM						
Media Non-steril	1.14	2.19	0.78	0.79	1.30	1.58b
Media Non-steril + Mikorizah	0.80	1.04	0.73	0.83	1.13	1.54b
Media steril	0.93	1.02	0.77	0.76	1.22	1.23a
Media steril + Mikorizah	1.05	0.80	0.74	0.77	1.23	1.14a
Interaksi	tn	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan : Angka diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak beda nyata uji BNJ pada taraf 5 %.

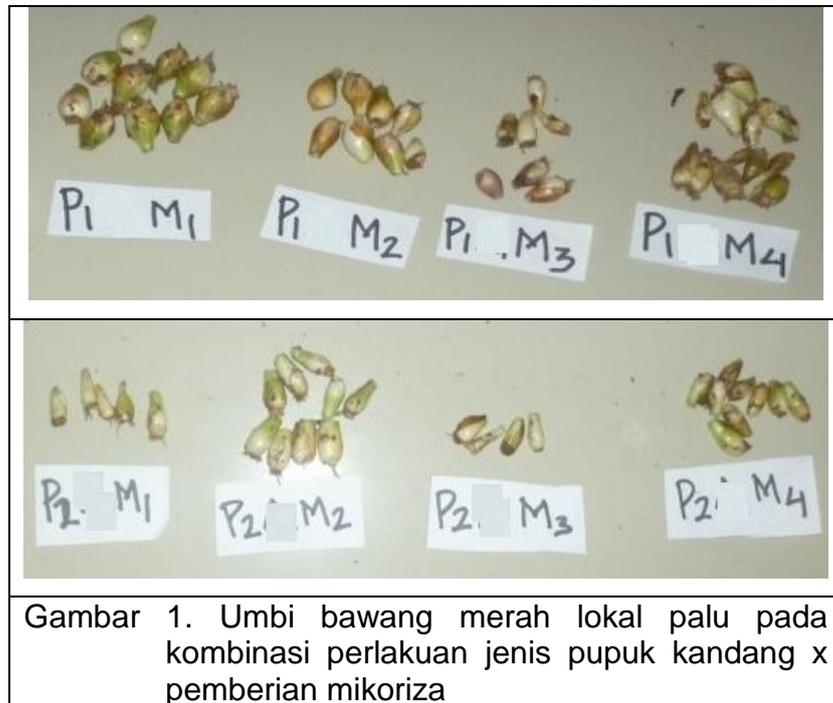
Bobot kering batang atau daun tanaman bawang merah yang diberi perlakuan pupuk kandang kambing nyata lebih tinggi dibanding bobot kering tanaman yang diberi perlakuan pupuk kandang ayam pada pengamatan umur 4 MST, sedangkan pengaruh jenis pupuk kandang terhadap variabel bobot kering akar tidak menunjukkan pengaruh nyata. Pada variabel

pengamatan bobot kering total, perlakuan pupuk kandang kambing nyata lebih tinggi dibanding perlakuan pupuk kandang ayam (Tabel 3).

Bobot Umbi

Tidak terdapat interaksi antara perlakuan jenis pupuk kandang, intensitas penyiraman dan mikoriza terhadap berat umbi bawang merah. Masing-masing

perlakuan tunggal juga tidak nyata terhadap bobot segar umbi menunjukkan perbedaan yang saat panen.



Perlakuan pupuk kandang kambing menghasilkan umbi bawang merah berukuran yang lebih besar dibanding dengan perlakuan pupuk kandang ayam. Penambahan mikoriza pada media tumbuh tidak memberikan hasil yang nyata terhadap bobot segar umbi bawang merah (Gambar 1).

PEMBAHASAN

Pemberian mikoriza pada media non-steril dan pupuk kandang kambing secara signifikan mempengaruhi jumlah daun tanaman bawang merah lebih tinggi dibanding

media steril baik tanpa ataupun dengan mikorizah (Tabel 1 dan 2). Rendahnya jumlah daun yang diperoleh dari media steril, kemungkinan disebabkan oleh hilangnya unsur hara makro terutama hara N saat proses sterilisasi dengan metode pemanasan. Pemanasan media menyebabkan unsur N menguap ke udara sehingga ketersediaannya dalam media menjadi berkurang.

Pertumbuhan dan perkembangan daun sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dalam tanah, terutama nitrogen. Nitrogen diperlukan oleh tanaman

untuk melakukan proses metabolisme, terutama pada masa vegetatif. Pupuk kandang kambing merupakan pupuk organik yang mengandung unsur hara makro, di antaranya adalah unsur N. Pupuk kandang berperan dalam meningkatkan porositas tanah sehingga memberikan ruang tumbuh yang optimal bagi mikroba tanah seperti mikoriza.

Keberadaan mikoriza dalam media meningkatkan penyerapan unsur hara N oleh akar tanaman (Xie *et al.*, 2014). Oleh karena itu, pemberian mikoriza pada tanaman yang medianya mengandung pupuk kandang kambing akan meningkatkan jumlah daun bawang merah. Hal tersebut dikarenakan unsur hara N yang tersedia pada media tanam diserap secara optimal oleh akar tanaman yang mengandung populasi mikoriza.

Pertumbuhan tanaman bawang merah varietas Palu dipengaruhi oleh unsur hara yang dapat diserap oleh akar tanaman. Pemberian pupuk kandang kambing memungkinkan tana-man bawang merah dapat memperoleh unsur hara yang cukup, sehingga

pertumbuhan tinggi tanaman meningkat (Tabel 3). Penambahan mikoriza mampu meningkatkan penyerapan unsur hara, terutama fosfat dan beberapa unsur hara lainnya seperti Cu dan Zn (Nurhayati, 2012). Unsur Cu berperan dalam transport elektron pada proses fotosintesis, sedangkan Zn dibutuhkan dalam proses metabolisme dan sebagai kofaktor dalam proses fosfo-diesterase (Sheng, 2007; Alloway, 2009). Unsur hara tersebut digunakan oleh tanaman untuk membentuk karbohidrat dalam proses fotosintesis yang nantinya akan bersenyawa dengan bahan-bahan anorganik membentuk protoplasma pada titik tumbuh batang (jaringan meristem), sehingga tanaman akan bertambah tinggi.

Fungsi unsur nitrogen dalam tanaman di antaranya adalah untuk sintesis protein yang digunakan dalam pembelahan dan pembesaran sel. Apabila proses tersebut berjalan baik karena tidak terhambat oleh kekurangan unsur N, maka terjadi pembentukan jaringan vegetatif (daun) dan peningkatan ukuran sel sehingga pertumbuhan

tanaman dan jumlah daun meningkat (Fitriana, *et al.*, 2012). Banyaknya jumlah daun akan meningkatkan proses metabolisme, terutama fotosintesis, sehingga fotosintat yang diedarkan ke seluruh bagian tanaman juga meningkat. Hal ini berkaitan dengan intersepsi cahaya yang diterima oleh daun. Proses fotosintesis yang berlangsung baik, akan memacu pembentukan karbohidrat dan protein dalam tubuh tanaman sehingga menyebabkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman menjadi lebih baik.

Pupuk kandang kambing meningkatkan ketersediaan dan penyerapan unsur hara sehingga menyebabkan bobot kering meningkat (Tabel 5). Hal tersebut selanjutnya akan memengaruhi proses pembentukan dan perkembangan organ tanaman (daun, batang, dan akar). Proses tersebut berhubungan dengan perkembangan sel tanaman, yaitu terbentuknya selulosa dan penebalan dinding sel yang menyebabkan sel tanaman menjadi lebih besar. Hal ini selanjutnya akan memengaruhi berat kering total

tanaman yang merupakan hasil pertumbuhan yang diperoleh dari hasil fotosintesis

Pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun yang baik akan menghasilkan biomassa tanaman yang lebih baik pula (Andrade *et al.*, 2015). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman yang diberi pupuk kandang kambing mempunyai bobot kering yang lebih baik dibanding tanaman yang diberi pupuk kandang ayam (Tabel 5). Biomassa menunjukkan kemampuan tanaman dalam mengambil unsur hara dari media tanam untuk menunjang pertumbuhannya (Karepesina, 2007). Meningkatnya biomassa tanaman berkaitan dengan metabolisme tanaman atau adanya kondisi pertumbuhan tanaman yang lebih baik bagi berlangsungnya aktivitas metabolisme tanaman seperti fotosintesis (Turjaman *et al.*, 2003). Semakin tinggi laju fotosintesis, maka biomassa juga akan semakin tinggi. Biomassa merupakan suatu indikator untuk menentukan kualitas pertumbuhan tanaman karena biomassa mencerminkan status

nutrisi tanaman, laju fotosintesis, dan respirasi tanaman.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian pupuk kandang kambing memberikan pengaruh terbaik terhadap seluruh parameter pertumbuhan tanaman bawang merah. Media non – steril yang diberi perlakuan mikoriza memberikan pengaruh terbaik terhadap seluruh parameter pertumbuhan tanaman bawang merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, N., Rostiati, dan Muhandi, 2014. Sifat fisik-kimia dan organoleptik bawang goreng palu pada berbagai frekuensi pemakaian minyak goreng. *Agritech, Vol. 34 (4)*.
- Alloway, B.J., (2009). Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environ (Abstr). Geochem. Health, 31(5)*, 537 - 548.
- Andrade, F.R., F.A. Petter, B.H. Marimon Junior, L.G. Goncalves, T.R. Schossler, J.C.A. Nobrega. (2015). Formulation of Alternative Substrate in The Initial Formation of *Ingazeiro* Seedlings. *Sceintia Agraria Paranaensis, 14(4)*, 234 – 239.
- BPPT SulTeng, 2009. Kajian Peningkatan Kualitas Bawang Merah Palu. www.sulteng.litbang.pertanian.go.id
- BPS KOTA PALU. Luas Panen, Produksi, dan Hasil per Hektar Sayur-sayuran menurut Kabupaten/Kota dan Jenisnya, 2011-2013. <http://sulteng.bps.go.id/frontend/linkTabelStatis/view/id/63>
- BPS Sulteng, 2015. Rata-Rata Suhu Udara, Kelembaban, Tekanan Udara, Arah Angin, Kecepatan Angin, Curah Hujan dan Penyinaran Matahari, 2009-2013
- Fitrianah, L., Siti F dan Yunin H. 2012. Pengaruh Komposisi Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Saponin pada Dua Varietas Tanaman Gendola (*Basella* sp). *Agrovigor 5 (1)* : 34-46
- Fitriani, Saharia Kassa, Sulaeman. 2013. Rentabilitas Usaha Pada Industri Bawang Goreng Sal-Han Di Kota Palu Sulawesi Tengah. *e-J. Agrotekbis 1 (3)* : 288-294
- Karepesina, S. (2007). Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula dari Bawah Tegakan Jati Ambon (*Tectona grandis* Linn.f.) dan Potensi Pemanfaatannya. (Tesis). Bogor: Institut Pertanian. (Tidak dipublikasikan).
- Kilham, K. 1994. Soil Ecology. Cambridge University Press.

- Limbongan, J. dan Maskar. 2003. Potensi Pengembangan dan Ketersediaan Teknologi Bawang Merah Palu Di Sulawesi Tengah. *J. Litbang Pertanian* 22 (3): 103- 108.
- Nurhayati. (2012). Infektivitas Mikoriza pada Berbagai Jenis Tanaman Inang dan Beberapa Jenis Sumber Inokulum. *Jurnal Floratek*, 7(1), 25 – 31.
- Ozenc D.B., 2008. Growth and transpiration of tomato seedlings grown in Hazelnut Husk compost under water-deficit stress. *Compost Science and Utilization*, 16: 125–131.
- Sheng, K. (2007). Effects of Copper on The Photosynthesis and Oxidative Metabolism of *Amaranthus tricolor* Seedling. *Agricultural Sciences in China*, 6(10), 1182 – 1192.
- Saneoka H., Moghaieb R.E.A., Premachandra G.S., Fujita K., 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relation in *Agrostis palustris* Huds. *Environmental and Experiment Botany*, 52: 131–138.
- Tahi H., Wahbi S., Wakrim R., Aganchich B., Serraj R., Centritto M., 200). Water relations, photosynthesis, growth and water-use efficiency in tomato plants subjected to partial rootzone drying and regulated deficit irrigation. *Plant Biosystems*, 141: 265–274.
- Turjaman, M.,R.S.B. Iriyanto, I.R. Sitepu, E. Widyanti, E.Santoso dan A. Mas'ud. (2003). Aplikasi Bioteknologi Cendawan Mikoriza Arbuskula *Glomus manihotis* dan *Glomus ageratum* sebagai Pemacu Pertumbuhan Semai Jati (*Tectona grandis* Linn.f) Asal Jatirogo di Persemaian. Dalam: *Prosiding Nasional Jati*. 29 Mei 2003. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Hutan Tanaman.
- Xie, X., B. Weng, B. Cai, Y. Dong dan C. Yan. (2014). Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus supply on the growth and nutrient uptake of *Kandelia obovata* (Sheue, Liu &Yong) seedlings in autoclaved soil. *Applied Soil Ecology*, 75, 162 – 171.