

Volume 2 Nomor 1, Juni 2015

Studi Variasi Tingkat Keanekaragaman Jenis Burung Pada Berbagai Tipe Habitat Di Areal Konservasi Perkebunan Sawit PT. MSM, Wilmar Plantation, Kalteng <i>Belinda Hastari dan M. Arief Soendjoto</i>	1-11
Analisis Pola Agroforestri Pada Kebun Petani <i>Fahruni</i>	12-25
Kajian Ekspansi Akasia DI Taman Wisata Alam Bukit Tangkiling <i>Siti Maimunah</i>	26-34
Respon Pertumbuhan Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.) Terhadap Cekaman Kekeringan <i>Pienyani Rosawanti</i>	35-44
Analisis Kepuasan Petani Terhadap Kegiatan Penyuluhan Pertanian di Kelurahan Kalamangan, Kota Palangka Raya Kalimantan Tengah <i>Berkat dan Revi Sunaryati</i>	45-53
Pemanfaatan Abu Boiler Kelapa Sawit Terhadap Pertumbuhan Tajuk Tanaman Tomat <i>Nurul Hidayati dan Asro' Laelani Indrayanti</i>	54-65
Analisis Usaha Tani Jagung (<i>Zea mays</i>) di Desa Kuwolu Kecamatan Bululawang Kabupaten Malang <i>Sulistiani</i>	66-74

RESPON PERTUMBUHANKEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr.) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN

(*Growth responses of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) to drought stress*)

Pienyani Rosawanti

Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Muhammadiyah
Palangkaraya

e-mail: pienyani@yahoo.com

Abstract

Crop responses to drought stress depend on their genotypes. The purpose of this research was to study the effect of drought stress the growth characters of soybean. research was conducted in the Cikabayan greenhouse-IPB using three genotypes of soybean (Slamet, Tanggamus and Wilis) and PEG (0%, 20%). The drought stress was applied only at a vegetative phase. The result showed that the interaction between genotype and PEG, significant. effect on root-shoot length ratio. Drought stress with PEG simulation caused the changes in the growth characters of soybean i.e. on shoot length, root-length, root-shoot length ratio, leaf dry weight and root dry weight.

Key words :genotype, PEG, vegetative phase

Abstrak

Respon tanaman pada kondisi kekeringan tergantung pada genotipe. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui respon pertumbuhan tanaman kedelai terhadap kondisi cekaman kekeringan. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Cikabayan-JPB menggunakan tiga genotipe kedelai (Slamet, Tanggamus dan Wilis) dan PEG (0%, 20%). Cekaman kekeringan hanya diberikan pada fase vegetatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan genotipe dan PEG berpengaruh nyata terhadap rasio panjang akar-tajuk. Cekaman kekeringan dengan simulasi PEG menyebabkan perubahan karakter pertumbuhan tanaman kedelai yaitu padat tinggi tajuk, panjang akar, rasio panjang akar-tajuk, bobot kering daun dan bobot kering akar.

Kata kunci: fase vegetatif, genotipe, PEG

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang penting dalam mendukung ketahanan pangan di Indonesia. Permintaan kedelai meningkat pesat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk

dan meningkatnya kesadaran pentingnya nilai gizi bagi kesehatan. Tahun 2012-2014, rata-rata kebutuhan kedelai nasional sebesar 2.59 juta ton per tahun sedangkan rata-rata produksi dan produktivitas nasional per tahun, berturut-turut hanya sebesar 800.00 ton/ha dan 1.5 ton/ha

(Bappenas 2014). Hal ini berarti terdapat kesenjangan antara produksi dengan kebutuhan. Kondisi tersebut mendorong pemerintah untuk meningkatkan produksi kedelai dalam negeri melalui strategi peningkatan produktivitas dan perluasan areal tanam terutama melalui pemanfaatan lahan-lahan marginal antara lain pada lahan kering. Pemanfaatan lahan-lahan marginal di Indonesia terutama lahan kering perlu ditingkatkan untuk pemenuhan kebutuhan bahan pangan terutama kedelai. Permasalahan yang terjadi pada pemanfaatan lahan kering ini adalah ketersediaan air yang bisa menyebabkan kondisi kekeringan atau cekaman kekeringan.

Cekaman kekeringan pada tanaman disebabkan karena kurangnya suplai air di daerah perakaran atau permintaan air yang berlebihan oleh daun karena laju evapotranspirasi melebihi laju absorpsi air oleh akar tanaman, walaupun air tanah dalam keadaan cukup (Levitt 1980). Ketersediaan air yang cukup sangat diperlukan untuk semua proses metabolisme dalam tanaman. Pertumbuhan dan perkembangan sel-sel tanaman sangat ditentukan oleh ketersediaan air (Fitter dan Hay 1981; Gardner *et al.* 1991; Taiz dan Zeiger 2002). Dikemukakan oleh Kozlowski 1968, bahwa ketersediaan air dalam tanah merupakan faktor yang sangat

penting dalam proses-proses fisiologi pada tumbuhan seperti perkecambahan benih, penyerapan dan translokasi unsur hara dan asimilat, transpirasi serta fotosintesis. Rendahnya kandungan air tanah dapat membatasi penyerapan unsur hara oleh akar tanaman (Marschner 1995). Cekaman kekeringan pada tanaman dapat menyebabkan turunnya potensial air dan rendahnya tekanan turgor. Pertumbuhan sel, fotosintesis dan produktivitas tanaman sangat dipengaruhi oleh potensial air (Taiz dan Zeiger 2002). Tekanan turgor yang tinggi dibutuhkan untuk pemanjangan sel, sehingga adanya cekaman air akan menghambat pertumbuhan dan perkembangan sel tanaman. Laju pertumbuhan sel-sel tanaman dan efisiensi proses fisiologisnya mencapai tingkat tertinggi bila sel-sel berada pada turgor maksimum (Fitter dan Hay 1981). Kemampuan tanaman untuk beradaptasi terhadap cekaman kekeringan tergantung pada intensitas dan periode cekaman, fase pertumbuhan dan genotipe tanaman (Kalefetoglu dan Ekmekci 2005). Respon tanaman terhadap cekaman kekeringan berbeda-beda tergantung pada lama, intensitas cekaman, spesies tanaman dan tahap pertumbuhan tanaman (Kusvuran 2012).

Simulasi lingkungan yang mengalami cekaman kekeringan dapat

dilakukan dengan perlakuan pemberian PEG (*poly-ethylene glycol*). Penggunaan PEG yang dilarutkan dalam air dapat digunakan untuk meniru besarnya potensial air (Michel dan Kaufmann 1973). Beberapa percobaan dengan menggunakan PEG pada beberapa genotipe kedelai telah banyak dilakukan (Sunaryo 2002), juga pada tanaman lain seperti pada beberapa genotipe kacang tanah (Susilawati 2003). Tujuan percobaan ini adalah untuk melihat respon pertumbuhan beberapa genotipe kedelai yang mengalami cekaman kekeringan pada fase vegetatif.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan adalah 3 genotipe kedelai yaitu: Slamet, Tanggamus dan Wilis, PEG6000, *aquadest*, pupuk urea, pupuk SP 18 dan pupuk KCl, pasir dan tanah. Sedangkan alat yang digunakan adalah polibag, meteran, timbangan analitik, gelas ukur dan oven. Penelitian ini dilakukan di Rumah Kaca Cikabayan IPB dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang disusun secara faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah 3 genotipe kedelai yaitu Slamet, Tanggamus dan Wilis. Faktor kedua adalah konsentrasi PEG yang terdiri dari 0% dan 20% yang masing-masing setara dengan potensial osmotik 0 Mpa dan

-0,67 Mpa (Mexasal 1975). Perlakuan diulang sebanyak lima kali.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan polibag berdiameter 20 cm yang diisi campuran tanah dan pasir dengan perbandingan 2 : 1 sebanyak 8 kg. Setiap polibag ditanam 2 benih kedelai dan pada umur 3 minggu dilakukan penjarangan dengan meninggalkan satu tanaman per polibag yang pertumbuhannya paling baik. Sebelum penanaman dilakukan pemupukan dasar dengan menggunakan Urea, SP-18 dan KCl. Pemupukan kedua dilakukan setelah tanaman berumur 3 minggu. Penyiangan dilakukan secara berkala dengan mencabut tanaman pengganggu yang tumbuh di dalam polibag. Pemeliharaan dilakukan terus menerus hingga tanaman dipanen.

Pemberian Perlakuan Cekaman Kekeringan

Larutan PEG dibuat dengan melarutkan kristal PEG 6000 sesuai konsentrasi perlakuan dengan air sampai volume mencapai 1 liter. Larutan PEG diberikan pada tanaman sejak tanaman memiliki daun trifoliat yang telah berkembang sempurna sebanyak 20 ml setiap 2 hari sekali sampai tanaman mulai memasuki fase reproduktif (\pm umur 30 hari).

Pengamatan (dilakukan pada umur 31 HST/setelah pemberian perlakuan cekaman kekeringan)

- 1 Tinggi tajuk (cm). Diukur dari pangkal batang sampai pucuk tanaman.
- 2 Panjang akar (cm). Diukur dari pangkal akar sampai ujung akar dengan cara meluruskan akar yang bergulung.
- 3 Bobot kering daun (g). Daun dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 70⁰C selama 48 jam sampai beratnya konstan, lalu ditimbang dengan timbangan analitik.
- 4 Bobot kering akar (g). Akar dipisahkan dari tajuknya kemudian dicuci sampai bersih dan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 70⁰C selama 48 jam sampai beratnya konstan, lalu ditimbang dengan timbangan analitik.

- 5 Rasio bobot kering akar dan daun. Dihitung dengan rumus sebagai berikut: rasio bobot kering akar-daun = bobot kering akar/bobot keringdaun.
- 6 Rasio panjang akar dan panjang tajuk. Dihitung dengan rumus sebagai berikut: rasio panjang akar-tajuk = panjang akar/panjang tajuk.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan analisis ragam, apabila berpengaruh nyata akan dilakukan analisis lanjutan dengan uji jarak berganda atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa PEG berpengaruh terhadap karakter panjang tajuk, panjang akar primer, bobot kering daun dan bobot kering akar..Interaksi terdapat pada karakter rasio panjang akar-tajuk (Tabel 1).

Tabel 1 Rekapitulasi sidik ragam karakter3genotipekedelai terhadap perlakuan PEG

Karakter	Genotipe (G)	PEG (P)	Interaksi (GxP)
Panjang tajuk (cm)	tn	*	tn
Panjang akar primer (cm)	tn	**	tn
Rasio panjang akar-tajuk	tn	tn	**
Bobot kering daun (g)	tn	*	tn
Bobot kering akar (g)	tn	*	tn
Rasio bobot kering akar-daun	tn	tn	tn

Keterangan: tn: tidak berbeda nyata pada taraf 5%, ** : berbeda nyata pada taraf 5%, *: berbeda nyata pada taraf 1%.

Panjang Tajuk, Panjang Akar Primer dan Rasio Panjang Akar-Tajuk

Cekaman kekeringan menyebabkan penghambatan pembelahan, pembesaran dan pemanjangan sel akibat rendahnya kadar air yang tersedia. Cekaman kekeringan menyebabkan menurunnya potensial air tanaman akibat berkurangnya difusi air dari larutan tanah kedalam tanaman sehingga menurunkan turgor sel. Menurunnya tekan turgor sel tanaman juga menyebabkan terhambatnya proses pembelahan dan pembesaran sel (Taiz dan Zeiger 2002) sehingga tanaman menjadi pendek. Beberapa penelitian dengan konsentrasi PEG yang bervariasi menunjukkan respon penurunan tajuk yang berbeda-beda (Ashri 2000; Sunaryo 2002; Widoretno 2002) pada genotipe kedelai yang peka cekaman kekeringan. Hasil penelitian lain yang menunjukkan respon penurunan tinggi tajuk akibat cekaman

kekeringan ditunjukkan oleh tanaman kacang *moth* (Soni *et al.* 2011), rumput Raja (Sinaga 2005) dan kacang tanah (Riduan *et al.* 2005; Susilawati 2003). Cekaman kekeringan juga dapat menghambat proses pembelahan dan pembesaran sel pada akar, akibatnya pertumbuhan akar menjadi terhambat.

Tiap genotipe memiliki respon panjang tajuk dan panjang akar primer yang berbeda ketika menghadapi perlakuan cekaman kekeringan (Tabel 2). PEG 0% mempunyai respon tinggi tajuk tertinggi (96.044 cm) dan berbeda nyata dengan PEG 20%, tajuk mengalami penurunan terhadap kontrol sebesar 25.08%. Pada panjang akar primer, PEG 0% mempunyai respon tertinggi (15.156 cm) dan berbeda nyata dengan PEG 20%. Akar primer mengalami penurunan terhadap kontrol sebesar 40.90%.

Tabel 2 Pengaruh konsentrasi PEG 6000 terhadap peubah rasio panjang tajuk (cm) dan panjang akar primer (cm)

Perlakuan	Panjang tajuk (cm)		Panjang akar primer (cm)	
PEG 0%	96.044	a	15.156	a
PEG 20%	71.956	b	8.956	b
Penurunan relatif terhadap kontrol (%)	25.08		40.90	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada taraf uji 5 % (DMRT).

Akar merupakan organ penting pada tanaman terutama untuk menyerap air dan unsur hara pada media tanam. Pada saat

kekeringan dapat terjadi perubahan anatomi dan fisiologi pada tanaman terutama pada akar (Fenta *et al.* 2014).

Tanaman lebih banyak mengembangkan sistem perakaran dalam menanggapi kekurangan unsur hara dan kekeringan (Lynch dan Brown 2012). Rasio panjang akar-tajuk dipengaruhi secara nyata oleh genotipe dan PEG. Pada saat cekaman kekeringan, penurunan rasio panjang akar-tajuk terjadi pada genotipe Tanggamus dan Wilis yang mengalami penurunan masing-masing sebesar 49.61%, dan 26.56%, kecuali pada Slamet yang mengalami peningkatan rasio panjang akar-tajuk sebesar 37.70% (Tabel

3). Hal ini mengindikasikan bahwa genotipe Slamet mengalami perubahan respon terhadap cekaman kekeringan dengan memperpanjang akar dibandingkan dengan tajuk. Perubahan fisiologi tersebut dikarenakan akar terus berkembang untuk memperluas daerah penyerapan air. Hasil pada penelitian lain menunjukkan adanya peningkatan rasio akar-tajuk pada kedelai (Makbul *et al.* 2011) dan genotipe kacang tanah yang toleran terhadap cekaman kekeringan (Susilawati 2003).

Tabel 3 Interaksi genotipe dan konsentrasi PEG terhadap rasio panjang akar-tajuk kedelai

Genotipe	PEG (%)		Penurunan relatif terhadap kontrol (%)
	0	20	
Slamet	0.12 aA	0.17 aA	37.70 +
Tanggamus	0.19 aA	0.10 aA	49.61
Wilis	0.16 aA	0.12 aA	26.56

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil pada kolom yang sama dan huruf besar pada baris yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada $\alpha = 5\%$; tanda (+) menunjukkan adanya peningkatan.

Bobot Kering Daun, Bobot Kering Akar dan Rasio Bobot Kering Akar-Daun

Bobot kering merupakan hasil akumulasi fotosintesis tumbuhan selama pertumbuhannya (Levitt 1980). Cekaman kekeringan pada percobaan ini menyebabkan penurunan bobot kering daun sebesar 72.33% (Tabel 4). Bobot kering daun dipengaruhi secara nyata oleh genotipe dan PEG. Penurunan bobot kering daun diduga terkait dengan penurunan laju fotosintesis selama

cekaman kekeringan. Hasil pada penelitian lain menunjukkan penurunan bobot kering daun pada genotipe kedelai yang mengalami cekaman kekeringan (Ashri 2000; Sunaryo 2002), kacang tanah (Susilawati 2003) dan kacang hijau (Ranawake *et al.* 2011).

Cekaman kekeringan pada percobaan ini menyebabkan penurunan bobot kering akar sebesar 72.11% (Tabel 4). Penurunan bobot kering akar diduga terkait dengan penurunan laju fotosintesis selama

cekaman kekeringan. Hasil pada penelitian lain menunjukkan penurunan bobot kering akar pada kedelai yang mengalami cekaman kekeringan (Ashri 2000; Sunaryo 2003) dan kacang hijau (Ranawake *et al.* 2011).

Tanaman kedelai yang mengalami kekeringan pada fase vegetatif mengalami penurunan pertumbuhan dan perkembangan yang sangat besar (Aboyami 2008), seperti dengan adanya penurunan tinggi tanaman, jumlah nodus, panjang akar, bobot kering akar dan tajuk (Riduan 2005). Ini merupakan strategi konservatif untuk mempertahankan penggunaan energi, dimana tanaman akan

mengembangkan respon yang lebih kompleks untuk perbaikan toleransi terhadap periode kekurangan air lebih lanjut (Kron *etal.* 2008). Pada saat terjadi cekaman kekeringan, tanaman lebih banyak mengembangkan sistem perakaran (Lynch 2007). Sel-sel akar mengalami perubahan antara lain dengan meningkatkan atau mengurangi jumlah maupun ukuran dalam menghadapi cekaman kekeringan. Kekeringan pada fase vegetatif menyebabkan terjadinya penurunan hasil produksi tanaman kedelai (Kisman 2010), sehingga diperlukan genotipe kedelai yang toleran kekeringan dan mempunyai daya hasil yang tinggi.

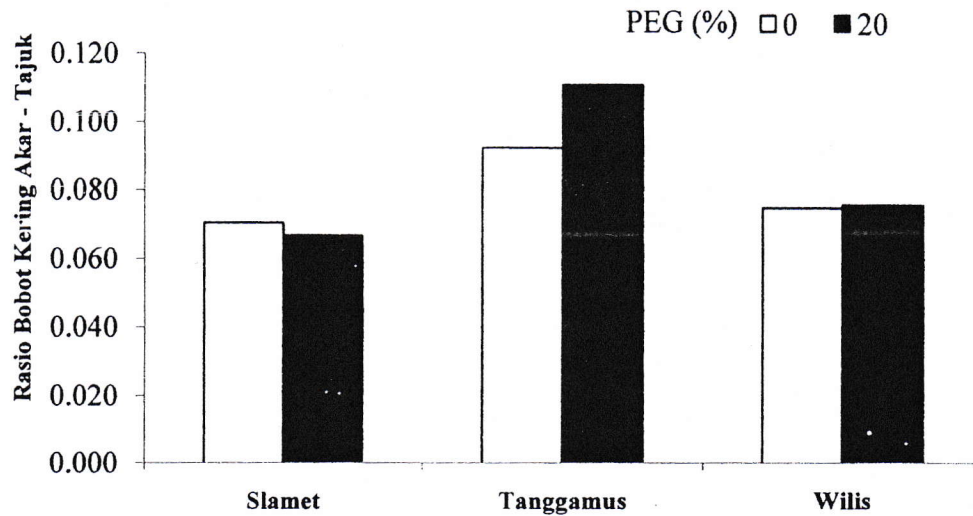
Tabel 4 Pengaruh konsentrasi PEG 6000 terhadap peubah bobot kering tajuk (g), bobot kering akar (g) dan rasio bobot kering akar-tajuk

Perlakuan	Bobot kering daun (g)		Bobot kering akar (g)		Rasio bobot kering akar-daun	
PEG 0%	1.312	a	0.104	a	0.079	tn
PEG 20%	0.363	b	0.029	b	0.085	tn
Penurunan relatif terhadap kontrol (%)	72.33		72.11		7.59	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada taraf uji 5 % (DMRT).

Pada rasio bobot kering akar-daun, perlakuan genotipe dan PEG tidak berbeda nyata tetapi cenderung terjadi peningkatan rasio bobot kering akar-daun sebesar 7.59% (Tabel 4). Pada

gambar 1 terdapat pola respon yang cenderung meningkat pada genotipe Tanggamus dan Wilis kecuali pada genotipe Slamet yang mempunyai respon cenderung menurun.



Gambar 1 Rasio bobot kering akar-tajuk pada perlakuan PEG 0% dan 20%.

Tiap genotipe memiliki respon rasio bobot kering akar-daun yang berbeda ketika menghadapi cekaman kekeringan. Peningkatan rasio bobot akar-daun pada genotipe Tanggamus dan Wilis menunjukkan bahwa tanaman melakukan mekanisme toleransi dengan cara meningkatkan perkembangan dan pertumbuhan akar dibandingkan dengan pertumbuhan dan perkembangan daun. Sistem perakaran ditingkatkan agar lebih efisien dan efektif dalam memperbaiki serapan air. Hasil pada penelitian lain menunjukkan adanya peningkatan rasio bobot kering akar-daun pada genotipe kedelai yang mengalami cekaman kekeringan (Sunaryo 2002; Hanum *et al.* 2007; Makbul *et al.* 2011) dan tanaman kacang *moth* (Soni *etal.* 2011), jagung (Farsiani dan Ghobadi 2009) dan rumput Raja (Sinaga 2005).

SIMPULAN

Interaksi antara perlakuan genotipe dan PEG berpengaruh nyata terhadap rasio panjang akar-tajuk. Cekaman kekeringan dengan simulasi PEG menyebabkan perubahan karakter pertumbuhan tanaman kedelai yaitu pada tinggi tajuk, panjang akar, rasio panjang akar-tajuk, bobot kering daun dan bobot kering akar.

Genotipe Tanggamus dan Wilis mempunyai respon yang sama dalam menghadapi cekaman kekeringan terutama pada karakter rasio panjang akar-tajuk dan rasio bobot kering akar-daun.

DAFTAR PUSTAKA

- AboyamiYA. 2008. Comparative growth and grain yield responses of early and late soybean maturity group to induced soil moisture stress at different growth stages. *World J Agric Sci.* 4(1):71-78.
- Ashri K. 2006. Akumulasi enzim antioksidan dan prolin pada beberapa varietas kedelai toleran dan peka cekaman kekeringan [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [Bappenas] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2014. Rencana pembangunan jangka menengah nasional (RPJMN) bidang pangan dan pertanian 2015-2019. Direktorat Pangan dan Pertanian, Bappenas. [Internet]. 413 hlm; [diunduh 2014 September 22]. Tersedia pada: http://www.bappenas.go.id/files/3713/9346/9271/RPJMN_Bidang_Pangan_dan_Pertanian_2015-2019.pdf.
- Farsiani A, Ghobadi ME (2009). Effects of PEG and NaCl stress on two cultivars of corn (*Zea mays* L.) at germination and early seedling stages. *World Acad. Sci. Eng. Tech.* 57: 382-385.
- Fenta BA, Beebe SE, Kunert KJ, Burrige JD, Barlow KM, Lynch JP, Foyer CH. 2014. Field phenotyping of soybean roots for drought stress tolerance. *Agronomy.* 4:418-435. doi:10.3390/agronomy4030418.
- Fitter AH, Hay RKM. 1981. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Andayani S, Purbayanti ED, penerjemah; Srigandono B, editor. Yogyakarta (ID): UGM PR. Terjemahan dari: *Environmental Physiology of Plants*.
- Gardner FP, Pearce RB and Mitchell RL. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Susilo H, Subiyanto, penerjemah. Jakarta (ID): UI Pr. Terjemahan dari: *Physiology of Crop Plants*.
- Hanum C, Mugnisjah WQ, Yahya S, Sopandy D, Idris K, Sahar A. 2007. Pertumbuhan akar kedelai pada cekaman aluminium, kekeringan dan cekaman ganda aluminium dan kekeringan. *Agritrop.* 26(1):13-18.
- Kalefetoglu T, Ekmekci Y. 2005. The effects of drought on plants and tolerant mechanisms. *J Sci.* 18(4):723-740.
- Kisman. 2010. Karakter morfologi sebagai penciri adaptasi kedelai terhadap cekaman kekeringan. *Agroteksos.* 20(1):23-29.
- Kozlowski. 1968. *Water Deficits and Plant Growth*. Ed ke-3. New York(US): Academic Pr.
- Kron AP, Souza GM, Ribeiro RV. 2008. Water deficiency at different developmental stages of *glycine max* can improve drought tolerance. *Bragantia Campinas.* 1(67):43-49.
- Kubis, Wiczone JF, Jelonek MA. 2014. Polyamines induce adaptive responses in water deficit stressed cucumber roots. *J Plant Res.* 127:151-158.
- Kusvuran, S. 2012. Influence of drought stress on growth, ion accumulation and anti-oxidative enzymes in okra genotypes. *International J Agric Biol.* 14: 401-406.
- Lestari EG. 2005. Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada somaklon padi Gajahmungkur, Towuti dan IR 64. *Biodiversitas.* 7(1):44-48.
- Levitt J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Ed ke-2. New York (US): Academic Pr.
- Lynch JP, Brown KM. 2012. New roots for agriculture: exploiting the root phenome. *Phil Trans R Soc B.* 367: 1598-1604.
- Makbul S, Guler NS, Durmus N, Guven S. 2011. Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress. *Turk J Bot.* 35:369-377.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Ed ke-2. London (GB): Academic Pr.

- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2002. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab..* Bogor (ID): IPB Pr.
- Mexal J, Fisher JT, Osteryoung J, Reid CPP. 1975. Oxygen availability in *polyethylene glycol* solution and its implications in plant-water relation. *Plant Physiol.* 55:20-24.
- Michel BE, Kaufmann MR. 1973. The osmotic potential of *polyethylene glycol* 6000. *Plant Physiol.* 51:914-916.
- Ranawake AL, Amarasingha UGS, Rodrigo WDRJ, Rodrigo UTD, Dahanayaka N. 2011. Effect of water stress on growth and yield of mung bean (*Vigna radiate* L). *Trop Agric Res Extension.* 14(4): 76-79
- Riduan A, Aswidinnoor H, Koswara J, Sudarsono. 2005. Toleransi sejumlah kultivar kacang tanah terhadap cekaman kekeringan. *Hayati.* 12(1): 28-34.
- Sinaga R. 2005. Tanggap morfologi, anatomi dan fisiologi rumput gajah dan rumput raja akibat penurunan ketersediaan air tanah [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Soni P, Rizwan M, Bhatt KV, Mohapatra T, Singh G. 2011. *In vitro* response of *Vigna aconitifolia* to drought stress induced by PEG 6000. *J Stress Physiol Biochem.* 7(3):108-121.
- Sunaryo W. 2002. Regenerasi dan evaluasi variasi somaklonal kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) hasil kultur jaringan serta seleksi terhadap cekaman kekeringan menggunakan simulasi *Poly Ethylene Glycol* (PEG) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Susilawati PN. 2003. Respon 16 kultivar kacang tanah unggul nasional (*Arachis hypogaea* L.) terhadap kondisi stress kekeringan akibat perlakuan penyiraman PEG 6000 dan evaluasi daya regenerasi embrio somatiknya secara *in vitro* [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant Physiology. Third Edition.* Massachusetts (US): Sinaue Associates Inc. Publisher.
- Widoretno W, Guhardja E, Ilyas S, Sudarsono. 2002. Efektivitas *polyethylene glycol* untuk mengevaluasi tanggapan grnotipe kedelai terhadap cekaman kekeringan pada fase perkecambahan. *Hayati.* 9(2):33-36.