

Karakter Morfologi Galur Kedelai Generasi F₂ untuk Seleksi Toleran Kekeringan

N. Nugrahaeni^{1*}, Purwantoro¹, dan Suhartina¹

¹Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Jl. Raya Kendalpayak Km 8 Kotak Pos 66 Malang

*e-mail: nnugrahaeni@gmail.com

ABSTRAK

Toleransi terhadap kekeringan menjadi kunci adaptasi tanaman kedelai pada kondisi lingkungan yang diramalkan akan semakin kering. Cekaman kekeringan berpengaruh terhadap keragaan morfologi, fisiologi, maupun agronomi tanaman. Kepadatan trikoma dan warna daun merupakan karakter morfologi yang berasosiasi dengan toleransi terhadap kekeringan. Persilangan sebanyak lima seri bertujuan untuk mendapatkan zuriat yang mempunyai daun dengan trikoma padat dan berwarna hijau tua, berumur genjah, dan berukuran biji besar. G100H digunakan sebagai standar trikoma padat, Dering 1 varietas unggul toleran kekeringan, sebagai standar warna daun, varietas Grobogan digunakan sebagai pembanding berumur genjah, Anjasmoro sebagai pembanding ukuran biji besar. Generasi F₂ dari kelima seri persilangan tersebut ditanam di KP Kendalpayak, Malang pada MK1 2014. Setiap populasi ditanam dengan jarak tanam 40 x 15 cm, dua tanaman per lubang, panjang baris 2,5 m, jumlah baris bergantung padajumlah famili per populasi. Setiap populasi diambil sampel 300 tanaman secara acak dan diamati kepadatan trikoma daun dan intensitas hijau daun (skor skala 1–3) dan karakter agronomi. Proporsi tanaman dengan kriteria skor kerapatan trikoma 3 atau padat berkisar antara 11,0–26,3%. Karakteristik agronomi dari kelompok tanaman tersebut adalah umur masak 73–81 hari dengan rata-rata 76 hari, dan ukuran biji rata-rata 18,6 g/100biji dengan kisaran 10,5–26,9 g/100biji. Proporsi tanaman dengan kriteria skor warna hijau 3 (warna daun lebih tua dari warna daun varietas Dering 1) berkisar antara 64,7–83,3%, dengan umur masak rata-rata 75 hari (kisaran 72–78 hari), dan ukuran biji rata-rata 18,4 g/100 biji (kisaran 11,4–26 g/100 biji). Profil populasi tersebut menunjukkan potensi populasi sebagai bahan seleksi galur kedelai toleran kekeringan, berukuran biji besar, dan berumur genjah.

Kata kunci: *Glycine max*, kekeringan, morfologi

ABSTRACT

Morphological Characetrns used for Drought Stress Tolerance Selection on Soybean F₂ Generation. Drought tolerance would be an important trait for soybean plant to be adapted under environment which is predicted to become drier. Drought stress effect affects on the performance of morphology, physiology, and agronomic crops. Trichomes density and leaf color are morphological characters associated with drought tolerance. Five series crosses aims to get obtain zuriat which have leaves with dense trichomes and dark green, early maturity short duration, and large seed size. G100H was used as a standard dense trichome cultivar, Dering 1 the drought-tolerant variety cultivar as the standard green leaf color, Grobogan as the short durationearly maturity standard variety, and Anjasmoro was used as large seed standard variety. F₂ generation of the five crosses were planted in KP Kendalpayak, Malang in 2014. Each population planted with a spacing of 40 x 15 cm, two plants per hole, line length 2.5 m, lines number depend on the number of families per population. Three hundred plants taken at random from each cross and observed for trichomes density, leaf green intensity (score scale of 1–3) and agronomic characters. The proportion of plants with score 3 or dense trichomes

ranged from 11.0 to 26.3%. Agronomic characteristics of the group were 73–81 days maturity, with an average of 76 days, and an average seed size of 18.6 g/100 seeds with a range between 10.5 to 26.9 g/100 seeds. While the proportion of plants with green criteria score 3 (leaf color is older than the color of the leaves Dering 1) ranged from 64.7 to 83.3%, with an average 75 days maturity (ranging 72–78 days), and the average seed size of 18.4 g/100 seeds (ranging 11.4 to 26 g/100 seeds). The population profile indicates the potential of the population as material selection drought tolerant soybean lines, large seed size, and early maturity.

Keywords: *Glycine max*, drought, morphology

PENDAHULUAN

Air mempunyai fungsi vital bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Noggle dan Fritz, 1983). Kedelai dengan umur panen 80–90 hari memerlukan air 360–405 mm atau setara dengan curah hujan 120–135 mm per bulan (Sumarno dan Ghazi 2007). Cekaman kekeringan menurunkan hasil hingga 45% dibandingkan dengan hasil yang diperoleh pada kondisi optimal (Sincik *et al.* 2008). Penurunan hasil lebih besar dilaporkan oleh Suhartina (2007) pada lima varietas unggul kedelai yang diberi perlakuan cekaman kekeringan pada 50% air tersedia, yaitu varietas Cikuray, Panderman, Burangrang, Tidar, dan Wilis masing-masing sebesar 62,6%, 52,8%, 41,7%, 64,0%, dan 47,6%. Terdapat dua fase pertumbuhan kedelai yang mensyaratkan kecukupan air untuk pertumbuhan dan perkembangan optimal, yaitu pada saat tanam dan selama fase reproduktif yang dimulai pada pembungaan hingga pengisian biji. Cekaman kekeringan berpengaruh terhadap morfologi, fisiologi, maupun agronomi tanaman (Kisman 2010). Di antara kedua fase tersebut, fase paling kritis terhadap cekaman kekeringan pada kedelai adalah fase reproduktif (Souza *et al.* 2013). Cekaman kekeringan juga menyebabkan penurunan kandungan klorofil pada kedelai. Pigmen pada klorofil peka terhadap cekaman lingkungan (Ladjal *et al.* 2000; Younis *et al.* 2000).

Cekaman kekeringan menjadi kendala abiotik utama yang mengganggu produksi tanaman (Sharma dan Lavanya 2002). Oleh karena itu, toleransi terhadap kekeringan menjadi kunci adaptasi tanaman pada kondisi lingkungan yang diramalkan semakin kering. Seleksi terhadap cekaman kekeringan biasanya berdasarkan hasil pada lingkungan target, sehingga seleksi dilakukan pada generasi akhir. Hasil penelitian yang menunjukkan kepadatan trikoma dan warna daun berasosiasi dengan toleransi terhadap kekeringan (Due *et al.* 2009; Garay dan Wilhelm 1983; Ladjal *et al.* 2000; Younis *et al.* 2000) memberikan peluang untuk melakukan seleksi pada tahap awal.

Trikoma diduga merupakan mekanisme yang dapat memberikan ketahanan terhadap hama dan toleran kekeringan. Kepadatan bulu pada daun adalah komponen penting adaptasi kedelai pada lingkungan kekeringan (Due *et al.* 2009). Pada umumnya, kepadatan trikoma daun meningkatkan pemantulan dari daun yang menyebabkan suhu lebih rendah pada kondisi radiasi tinggi. Trikoma daun yang padat dapat meningkatkan vigor vegetatif, kepadatan akar, dan perakaran yang lebih dalam (Garay dan Wilhelm 1983), menurunkan suhu daun, menekan kehilangan air transpirasi, dan meningkatkan fotosintesis (Naydenova dan Georgiev 2013; Specht dan Williams *et al.* 1985). Kepadatan bulu daun pada kedelai dikendalikan oleh dua gen aditif (Pfeiffer dan Pilcher 2006), sehingga memudahkan dalam pemuliaan perbaikan kepadatan bulu daun. Namun pemanfaatan kepadatan bulu daun dalam peningkatan toleransi terhadap cekaman kekeringan perlu memperhatikan *linkage* antara kepadatan bulu dan hasil biji. Pfeiffer *et al.*

(2003) melaporkan bahwa alel Pd1 dan Pd2 yang mengendalikan kepadatan bulu mempunyai pengaruh positif dan negatif terhadap karakter agronomi. Alel tersebut berperan menurunkan hasil biji, memperpanjang umur, dan meningkatkan tinggi tanaman sehingga berisiko roboh (Specht *et al.* 1985).

Perakitan varietas yang bertujuan untuk mendapatkan galur dengan trikoma daun padat, mempunyai warna daun hijau tua, dan berukuran biji besar telah dimulai melalui persilangan buatan pada tahun 2013. Tetua yang digunakan adalah galur-galur homozigot yang mempunyai trikoma bulu padat. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan galur-galur kedelai dengan trikoma padat, umur genjah, dan mempunyai hasil tinggi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian awal seleksi kekeringan dilaksanakan di KP Kendalpayak, Malang, pada MK1 2014. Bahan seleksi adalah generasi F2 lima seri persilangan yaitu G1(IAC100/Kaba-G-80 x Mitra-6/IAC100-649), G2(IAC100/Kaba-G-67 x Mitra-6/IAC100-649), G3(IAC100/Burr-P-94x G100H/9305//IAC100-76), G4(IAC100/Burr-P-95 x Mitra-6/IAC100-649), dan G5(IAC100/Kaba-G-47 x Mitra-6/IAC100-649). Varietas Dering 1 digunakan sebagai pembanding toleran kekeringan, berumur sedang, varietas Grobogan digunakan sebagai pembanding berumur genjah, Anjasmoro sebagai pembanding ukuran biji besar, dan G100H sebagai pembanding trikoma padat.

Seluruh famili ditanam pada kondisi optimal, perlakuan cekaman kekeringan baru akan diberikan mulai generasi F4. Setiap seri ditanam pada baris sepanjang 2 m, jumlah baris bergantung pada jumlah biji pada masing-masing seri. Jarak tanam 40 cm x 15 cm, satu tanaman per rumpun. Pupuk 250 kg Phonska/ha + 100 kg SP36 dan pupuk kandang 5 t/ha diberikan seluruhnya pada saat tanam. Pengendalian hama, penyakit dan gulma dilakukan secara intensif. Pemilihan galur berdasarkan metode seleksi silsilah. Pengamatan secara visual meliputi kerapatan trikoma daun dengan standar kerapatan G100H, lebar polong dengan standar lebar polong varietas Anjasmoro, dan warna daun dengan standar warna hijau pada daun varietas Dering 1. Kerapatan trikoma menggunakan skor, yaitu skor 3 = padat (kerapatan trikoma G100H), skor 2= agak padat, skor 1=agak jarang-jarang. Lebar polong, skor 2 lebar polong \geq lebar polong Anjasmoro dan skor 1 < lebar polong Anjasmoro. Warna hijau daun setara warna hijau daun Dering 1 diberi skor 2, lebih muda skor 1, dan lebih tua skor 3. Pengamatan karakteristik agronomi (tinggi tanaman, bobot 100 biji, berat biji per tanaman, dan jumlah polong) dilakukan pada galur terpilih berdasarkan kriteria seleksi yang ditetapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman, baik tetua (P1 dan P2) maupun generasi F2 dari kelima populasi tumbuh baik. Kelima tetua betina yaitu IAC100/Kaba-G-80, IAC100/Kaba-G-67, IAC100/Burr-P-94,, IAC100/Burr-P-95, dan IAC100/Kaba-G-47 mempunyai postur tanaman lebih rendah dan ukuran biji lebih kecil dibandingkan dengan tetua jantan, Mitra-6/IAC100-649 dan G100H/9305//IAC100-76 (Tabel 1). Tetua betina dan tetua jantan pada masing-masing seri persilangan/populasi berbeda untuk semua karakter yang diamati (Tabel 2). Kelima tetua betina mempunyai trikoma padat dan ukuran biji sedang. Melalui persilangan diharapkan didapatkan zuriat dengan kepadatan trikoma setara namun mempunyai ukuran biji lebih besar dan habitus tanaman yang lebih tinggi. Nampaknya peluang itu cukup besar

berdasarkan keragaan tanaman generasi F2, yang meskipun mempunyai keragaman sempit namun rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan tetua tertinggi (Tabel 3).

Tabel 1. Karakteristik agronomi tetua persilangan kedelai. Malang, MK1 2014.

Genotipe	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah polong isi/tan	Bobot 100 biji (g)
IAC100/Kaba-G-80	38,6	48,8	11,52
IAC100/Kaba-G-67	35,3	35,7	14,55
IAC100/Burr-P-94	30,7	38,6	12,51
IAC100/Burr-P-95	38,6	47,2	11,51
IAC100/Kaba-G-	38,6	49,4	11,76
Mitra-6/IAC100-649	48,7	25,8	14,57
G100H/9305/IAC100-76	47,3	32,7	13,82

Tabel 2. Hasil uji beda nilai tengah antara rata-rata karakter kuantitatif pada tetua P1 dan P2 pada lima populasi generasi F2 kedelai. Malang, MK1 2014.

Pasangan tetua 1 (P1) dan tetua 2 (P2)	Beda rata-rata tinggi tanaman antara P1 dan P2	Beda rata-rata jumlah polong isi antara P1 dan P2	Beda rata-rata bobot 100 biji antara P1 dan P2
IAC100/Kaba-G-80 dan Mitra-6/IAC100-649	-12,2**	23,0**	-3,05**
IAC100/Kaba-G-67 dan Mitra-6/IAC100-649,	-13,4**	9,9**	-0,02ns
G3(IAC100/Burr-P-94 dan G100H/9305/IAC100-76	-16,6**	12,8**	-1,30ns
IAC100/Burr-P-95 dan Mitra-6/IAC100-649	-10,1**	21,4**	-3,06**
IAC100/Kaba-G-47 dan Mitra-6/IAC100-649	-10,1**	23,6**	-2,81**

Keterangan/Note: ns= tidak nyata pada P 0,05.

Biji besar pada kedelai merupakan karakteristik varietas yang semakin diminati. Seleksi ukuran biji besar lebih mudah dilakukan pada generasi awal pemuliaan yang masih berhadapan dengan populasi besar apabila terdapat karakter yang mudah diamati. Lebar polong pada fase R6 (berbiji penuh) dapat digunakan sebagai kriteria seleksi (Bravo *et al.* 1979). Lebar polong lebih mudah diamati dan tidak dipengaruhi oleh jumlah biji per polong (Frank dan Fehr 1980). Lebar polong berkorelasi erat dengan bobot 100 biji (Tabel 4). Hal ini menunjukkan efektivitas lebar polong pada fase R6 sebagai kriteria seleksi ukuran biji besar. Pengamatan lebar polong dapat disederhanakan dengan menggunakan skor menggunakan standar varietas yang telah diketahui mempunyai ukuran biji besar. Pada populasi ini, famili dengan ukuran polong lebar relatif dibandingkan dengan ukuran polong varietas Anjasmoro, berpeluang mendapatkan galur dengan potensi hasil tinggi. Ukuran polong pada populasi ini berkorelasi erat dengan ukuran biji, ukuran biji berkorelasi erat dengan jumlah polong isi dan bobot biji per tanaman (Tabel 4 dan 5). Pada populasi G2 dan G3, semua famili yang pada populasi ini berukuran polong lebar berpeluang besar merupakan famili dengan ukuran biji besar, jumlah polong isi banyak,

dan bobot biji per tanaman tinggi. Jumlah polong per tanaman, bobot biji, dan ukuran biji merupakan komponen hasil yang berkontribusi terhadap hasil biji tinggi.

Tabel 3. Rata-rata dan kisaran karakter kuantitatif tanaman generasi F₂ lima seri persilangan, G1, G2, G3, G4, dan G5 kedelai. Malang, MK1 2014.

Seri persilangan/Karakter	Rata-rata	KKF (%)	Keterangan ¹⁾
G1(IAC100/Kaba-G-80 x Mitra-6/IAC100-649)			
Tinggi tanaman (cm)	49,0	14,8	Rendah
Jumlah polong isi/tan	28,7	25,2	Agak rendah
Bobot 100 biji (g)	16,5	18,7	Rendah
G2(IAC100/Kaba-G-67 x Mitra-6/IAC100-649)			
Tinggi tanaman (cm)	47,5	10,8	Rendah
Jumlah polong isi/tan	29,2	27,0	Agak rendah
Bobot 100 biji (g)	19,3	15,5	Rendah
G3(IAC100/Burr-P-94 x G100H/9305//IAC100-76)			
Tinggi tanaman (cm)	53,7	13,5	Rendah
Jumlah polong isi/tan	26,8	27,0	Agak rendah
Bobot 100 biji (g)	19,5	15,9	Rendah
G4(IAC100/Burr-P-95 dan Mitra-6/IAC100-649)			
Tinggi tanaman (cm)	52,8	13,7	Rendah
Jumlah polong isi/tan	27,2	26,6	Agak rendah
Bobot 100 biji (g)	18,6	16,6	Rendah
G5(IAC100/Kaba-G-47 dan Mitra-6/IAC100-649)			
Tinggi tanaman (cm)	50,2	14,4	Rendah
Jumlah polong isi/tan	26,3	27,5	Agak rendah
Bobot 100 biji (g)	18,6	16,6	Rendah

Kriteria nilai KKF didalam Sari *et al* (2014): rendah = 0% ≤ 25%, agak rendah = 25% ≤ 50%, cukup tinggi = 50% ≤ 75%, dan tinggi = 75% ≤ 100%.

Tabel 4. Korelasi antara lebar polong dengan ukuran biji, jumlah polong isi, dan hasil biji per tanaman lima populasi kedelai generasi F₂. Malang, MK 2014.

Populasi	Bobot 100 biji	Jumlah polong isi	Hasil biji/tan
G1(IAC100/Kaba-G-80 x Mitra-6/IAC100-649)	0,37**	-0,19**	0,07ns
G2(IAC100/Kaba-G-67 x Mitra-6/IAC100-649),	0,45**	-0,12*	0,06ns
G3(IAC100/Burr-P-94x G100H/9305//IAC100-76)	0,49**	0,01ns	0,17**
G4(IAC100/Burr-P-95 x Mitra-6/IAC100-649)	0,31**	-0,13**	0,06ns
G5(IAC100/Kaba-G-47 x Mitra-6/IAC100-649)	0,44**	-0,02ns	0,13*

Proporsi tanaman dengan kriteria skor kerapatan trikoma 3 atau padat berkisar antara 11,0–26,3% (Tabel 6). Karakteristik agronomi dari kelompok tanaman tersebut adalah umur masak berkisar antara 73–81 hari dengan rata-rata 76 hari, dan ukuran biji rata-rata 18,6 g/100 biji dengan kisaran antara 10,5–26,9 g/100 biji. Proporsi tanaman dengan kriteria skor warna hijau 3 (warna daun lebih tua dari warna daun varietas Dering 1) berkisar antara 64,7–83,3%, dengan umur masak rata-rata 75 hari (kisaran 72–78 hari),

dan ukuran biji rata-rata 18,4 g/100 biji (kisaran 11,4–26 g/100 biji). Profil populasi tersebut menunjukkan potensi populasi sebagai bahan seleksi galur kedelai toleran kekeringan, berumur genjah, dan berukuran biji besar.

Tabel 5. Korelasi antara ukuran biji dengan jumlah polong isi dan hasil biji per tanaman lima populasi kedelai generasi F2. Malang, MK 2014.

Populasi	Jumlah polong isi	Bobot biji/tan
G1(IAC100/Kaba-G-80 x Mitra-6/IAC100-649)	-0,28**	0,08ns
G2(IAC100/Kaba-G-67 x Mitra-6/IAC100-649),	-0,13**	0,18**
G3(IAC100/Burr-P-94x G100H/9305//IAC100-76)	0,49**	-0,15**
G4(IAC100/Burr-P-95 x Mitra-6/IAC100-649)	-0,09ns	0,18**
G5(IAC100/Kaba-G-47 x Mitra-6/IAC100-649)	-0,26**	-0,04ns

Tabel 6. Proporsi tanaman kedelai pada skor kerapatan trikoma, lebar polong dan warna hijau daun. Malang, MK1 2014.

Populasi	Jumlah tan pada skor trikoma (%)			Jumlah tan pada skor lebar polong (%)		Jumlah tan pada skor intensitas hijau daun (%)		
	1	2	3	1	2	1	2	3
	G1(IAC100/Kaba-G-80x Mitra-6/IAC100-649)	3,3	85,7	11,0	17,3	82,7	0,0	25,7
G2(IAC100/Kaba-G-67x Mitra-6/IAC100-649)	0,3	73,3	26,3	20,7	79,3	0,0	23,0	77,0
G3(IAC100/Burr-P-94x G100H/9305//IAC100-76)	0,0	77,0	23,0	13,0	87,0	0,0	22,3	77,7
G4(IAC100/Burr-P-95x Mitra-6/IAC100-649)	0,3	76,0	23,7	25,7	74,3	0,0	35,3	64,7
G5(IAC100/Kaba-G-47x Mitra-6/IAC100-649)	0,0	88,7	11,3	5,7	94,3	0,0	16,7	83,3

Skor kerapatan trikoma: skor 1=agak jarang-jarang skor, 2= agak padat, 3 = padat (kerapatan trikoma G100H); Lebar polong, skor 2 lebar polong \geq lebar polong Anjasmoro, skor 1 lebar polong < lebar polong Anjasmoro. Warna hijau daun setara warna hijau daun Dering 1= skor 2, lebih muda skor 1, dan lebih tua skor 3.

KESIMPULAN

Zuriat hasil persilangan mempunyai keragaman karakter morfologi pendukung toleransi terhadap kekeringan, yaitu kepadatan bulu dan warna daun. Proporsi tanaman dengan kriteria skor kerapatan trikoma 3 atau padat berkisar antara 11,0–26,3%. Karakteristik agronomi dari kelompok tanaman tersebut adalah umur masak, berkisar antara 73–81 hari dengan rata-rata 76 hari, dan ukuran biji rata-rata 18,6 g/100 biji dengan kisaran antara 10,5–26,9 g/100 biji. Proporsi tanaman dengan kriteria skor warna hijau 3 (warna daun lebih tua dari warna daun varietas Dering 1) berkisar antara 64,7–83,3% dengan umur masak rata-rata 75 hari (kisaran 72–78 hari), dan ukuran biji rata-rata 18,4 g/100 biji (kisaran 11,4–26 g/100 biji). Profil populasi tersebut menunjukkan potensi populasi ini sebagai bahan seleksi galur kedelai toleran kekeringan, berumur genjah, dan berukuran biji besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui DIPA 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Bravo, J. A. , W. R. Fehr and S. Rodriguez de Cianzio. 1979. Use of Pod Width for Indirect Selection of Seed Weight in Soybeans. *Crop Scie.* 20(4): 507–510.
- Due, W.J., S.X. Fu, and D.J. Yu. 2009. Genetic analysis of leaf pubescence density and water status traits in soybean (*Glycine max* (L) Merr). *Plant Breeding* 128:259–265.
- Frank , S. J. and W. R. Fehr. 1980. Associations Among Pod Dimensions and Seed Weight in Soybeans. *Crop Scie.* 21(4): 547–550.
- Garay, A.F. and Wilhelm, W.W. 1983. Root system characteristics of two soybean isolines undergoing water stress conditions. *Agron. J.* 75: 973–977.
- Kisman. 2010. Karakter Morfologi Sebagai Penciri Adaptasi Kedelai Terhadap Cekaman Kekeringan. *Agroteksos* 20(1): 23–29
- Ladjal et al 2000 Ladjal M, Epron D, Ducrey M. Effects of drought preconditioning on thermo tolerance of photosystem II and susceptibility of photosynthesis to heat stress cedar seedlings. *Tree Physiol* 2000;20:1235–41.
- Naydenova G.K. and G.I. Georgiev. 2013. Physiological Function of Non-Glandular Trichomes in Red Clover (*Trifolium pratense* L.) . *Journal of Agricultural Sciences* 58(3): 217–222.
- Noggle, G.R. and G.J. Fritz, 1983. *Introductory Plant Physiology*. Prentice Hall. 627p.
- Pfeiffer, T.W., Peyyala, R., Ren, Q. and Ghabrial, S.A. 2003. Increased soybean pubescence density yield and soybean mosaic virus resistance effects. *Crop Sci.* 43: 2071–2076.
- Pfeiffer, T.W. and D.I. Pilcher. 2006. Registration of KY98-2047 and KY98-2932 extra dense pubescence soybean germplasm. *Crop Sci.* 46:480.
- Sharma, K.K. and M. Lavanya. 2002. Recent developments in transgenics for abiotic stress in legumes of the semi-arid tropics. *JIRCAS Working Report No. 23:* 61–73.
- Sincik, M., B.M. Candogan, C. Demirtas, H. Buyukcangaz, S. Yazgan, and A.T. Goksoy. 2008. Deficit irrigation of soya bean (*Glycine max* (L) Merr) in sub-humid climate. *J. of Agron. And Crop Sci.* 194: 200–205.
- Souza G.M., T.A. Catuchi, S.C. Bertolli and R.P. Soratto. 2013. Soybean Under Water Deficit: Physiological and Yield Responses. <http://dx.doi.org/10.5772/54269>. Tanggal akses 5 Oktober 2016.
- Specht, J.E., Williams, J.H. and Pearson, D.R. 1985. Near-isogenic analyses of soybean pubescence genes. *Crop Sci.* 25: 92–96.
- Suhartina. 2007. Evaluasi galur harapan kedelai hitam toleran kekeringan dan berdaya hasil tinggi. Hlm 153–161. *Dalam* D. Harnowo *et al.* (penyunting). *Prosiding Seminar Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan*. Puslitbangtan, Bogor. 628 hlm.
- Sumarno dan A.G. Manshuri. 2007. Persyaratan tumbuh dan wilayah produksi kedelai di Indonesia. Hlm. 74–103. *In* .Sumarno, Suyamto, A. Widjiono, Hermanto dan H. Kasim (Penyunting). *Kedelai.. Teknik Produksi dan Pengembangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. Hlm. 74–103.
- Younis, M.E. El-Shahaby, O.A. Abo-Hamed, S.A. and Ibrahim, A.H., 2000. Effects of water stress on growth, pigments and ¹⁴CO₂ assimilation in three sorghum cultivars. *Agron. Crop Sci.* 185(2): 73–82.