

VARIABILITAS DAN KORELASI KARAKTER BIJI DENGAN KARAKTER MORFOLOGI DAN KOMPONEN HASIL 23 GENOTIP SORGUM DI JATINANGOR

Zenny Shafina¹, Neni Rostini², dan Anas²

¹Program Sarjana Program Studi Pemuliaan Tanaman UNPAD

²Program Studi Pemuliaan Tanaman UNPAD

Korespondensi: anasyayak@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk memperoleh informasi tentang variabilitas karakter biji dan korelasinya dengan karakter morfologi, dan komponen hasil 23 genotip sorgum di Jatinangor. Percobaan lapangan telah dilakukan pada bulan April sampai Agustus 2012 di Kebun Percobaan Universitas Padjadjaran Jatinangor. Percobaan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok dengan 23 genotip sebagai perlakuan yang diulang dua kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabilitas genotipik dan fenotipik yang luas pada karakter biji, karakter morfologi, dan komponen hasil kecuali pada karakter jumlah daun. Korelasi genotipik dan fenotipik positif ditunjukkan oleh karakter panjang dan lebar biji dengan bobot 1.000 biji. Karakter tebal kulit biji berkorelasi genotipik positif dengan karakter tinggi tanaman. Korelasi fenotipik karakter tebal kulit biji dengan umur panen searah dengan korelasi genotipiknya. Dari hasil penelitian ini karakter lebar biji dan panjang biji dapat digunakan untuk mengestimasi ukuran biji. Karakter tinggi tanaman yang pendek dapat digunakan untuk menyeleksi warna biji terang (putih/krem).

Kata kunci: Biji, korelasi genotipik, morfologi, sorgum, variabilitas, komponen hasil.

ABSTRACT

Variability and Genotypic Correlations of Seed Characters to Morphology and Yield Component of 23 Sorghum Genotypes in Jatinangor. The objectives of this experiment were to study variability of seed characters and its correlation to morphology and yield component characters of 23 genotypes sorghum. The experiment was carried out in field experimental station, Padjadjaran University, Jatinangor from April to August 2012. The experiment was arranged in a randomized complete block design with 23 genotypes as treatment in two replications. Result of experiment showed that genotypic and phenotypic variability of seed characters, morphological characters and yield component were high except leaf number character. Positive genotypic and phenotypic correlation was showed between seed size and weight of 1.000 seeds. Negative phenotypic correlation was showed between width of seed coat and plant height. Negative phenotypic correlation between width of seed coat and harvest time was in line with genotypic correlation. Based on this research, character of seed length and seed width could be used to estimate seed size. White color of seed was genetically correlated with short of plant height character.

Key words: Genotypic correlation, sorghum, seed, morphology, variability, yield component.

PENDAHULUAN

Sorghum termasuk tanaman pangan utama yang dibudidayakan di Asia, Afrika, dan Amerika. Negara produsen utama sorgum adalah Amerika (8.773.440 t), India (6.980.000 t), Nigeria (4.784.100 t), Argentina, Ethiopia, dan Sudan (FAO, 2010). Di benua Amerika sorgum ditanam untuk bahan makanan ternak. Di Indonesia sorgum termasuk jenis tanaman bahan pangan lokal dan makanan ternak. Tanaman ini banyak dibudidayakan di Jawa Tengah dan Jawa Timur (Anas dan Meddy, 2006).

Sorgum merupakan bahan pangan alternatif pengganti karbohidrat. Kandungan karbohidrat mencapai (74,63 g 100/g bahan) lebih tinggi daripada gandum (71,97 g 100/g bahan) dan peringkat ketiga setelah padi (79,15 g 100/g bahan), dan jagung (76,85 g 100/g bahan) (USDA, 2011). Selain berpotensi sebagai sumber karbohidrat, tanaman sorgum mempunyai keunggulan dibandingkan tanaman lain, yaitu lebih tahan terhadap kekeringan, dapat tumbuh hampir disetiap jenis tanah, mempunyai daya adaptasi yang luas serta dapat diratun (Nurmala dan Aep, 2007).

Meskipun tanaman sorgum banyak tersebar di Indonesia tanaman ini tidak pernah berperan secara efektif dan meluas dalam penyediaan pangan di Indonesia. Salah satu penyebabnya adalah karena adanya pengolahan yang lebih rumit untuk menghilangkan tanin yang terkandung dalam biji sorgum. Kandungan tanin ini cukup tinggi jika digunakan sebagai bahan pangan. Tanin dapat mengurangi daya cerna protein yang terkandung dalam biji sorgum (Sujatmiko *et al.*, 2009). Kandungan tanin yang tinggi ini biasanya di tampakkan dengan warna biji coklat (Porter, 2011).

Hasil dan kualitas biji ditentukan oleh pertumbuhan suatu tanaman. Pertumbuhan ini selain dipengaruhi oleh gen dan hormon juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti sinar matahari, air, maupun unsur hara (Goldsworthy dan Fisher, 1992). Faktor lingkungan tersebut diproses pada daun. Daun merupakan organ tanaman yang mampu melakukan proses fotosintesis. Hasil dari fotosintesis (fotosintat) ini dipergunakan sebagai sumber energi untuk tubuh tanaman (akar, batang, daun) serta diakumulasikan dalam buah, biji atau organ penimbun yang lain (Nugroho *et al.*, 2006).

Penelitian tentang karakter biji, morfologi, dan hasil sorgum perlu diketahui untuk membantu dalam seleksi sorgum sebagai bahan pangan. Seleksi ini akan efektif apabila populasi tanaman yang diseleksi memiliki variabilitas yang luas (Hermiati, 2004). Variabilitas dapat diukur melalui karakter yang tampak. Karakter tersebut seringkali berhubungan satu dengan yang lainnya, sehingga seleksi suatu karakter dapat dilakukan secara tidak langsung melalui karakter-karakter lain yang memiliki hubungan erat (Khoirunnisa, 2011). Salah satu cara mengefektifkan seleksi adalah melalui seleksi tidak langsung berdasarkan beberapa karakter yang berkorelasi dengan komponen hasil sorgum.

Korelasi antar karakter termasuk hal yang penting dalam program seleksi, karena untuk memiliki suatu bahan tanaman unggul diperlukan seleksi dua atau tiga karakter secara bersama-sama. Oleh karena itu untuk mendapatkan sorgum sebagai bahan pangan dengan potensi hasil dan kualitas biji terbaik maka pengetahuan tentang karakter biji genotip sorgum perlu diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai variabilitas dan korelasi karakter biji dengan beberapa karakter morfologi, dan hasil.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Ciparanje Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Percobaan dilakukan pada bulan April-Agustus 2011. Penelitian ini menggunakan 23 genotip sorgum generasi lanjut yang merupakan koleksi dari Laboratorium Pemuliaan Tanaman Universitas Padjadjaran yang berasal dari berbagai wilayah diantaranya Indonesia: Unpad 1,1A; Unpad 1,1B; Unpad 1,3; 10,1; 10,2; 1,34; 2,1; 2,2; 2,24; B-100; Batari; Numbu; UPCA-S1; 4,183; Kawali; 1090; ICR3; dan Cantel; dari Jepang: Super Sorgo, Big Super Sugar, Taomitsu; dan dari Afrika: Keller, Wray. Sebagian dari genotip ini telah memiliki karakter toleran terhadap aluminium dan termasuk dalam genotip elit (Anas dan Yoshida, 2004).

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) terdiri atas 23 perlakuan dan diulang sebanyak dua kali. Dua puluh tiga genotip ditanam menjadi 23 plot percobaan dengan masing-masing perlakuan terdiri atas 60 tanaman. Ukuran plot percobaan, yaitu 4,5 m x 1,5 m dengan jarak tanam 75 cm x 15 cm dan jarak antar plot 1 m. Sampel diambil 12 tanaman yang diambil secara acak dari setiap perlakuan.

Penentuan luas atau sempitnya variabilitas karakter yang diamati dilakukan dengan membandingkan varians genetik dan fenotip dengan dua kali standar deviasi varians genetik dan fenotip (Wahdah, 1996). Standar deviasi varians genetik diperoleh menggunakan persamaan Anderson dan Bancroft (1952) dalam Pinaria *et al.* (1995) sebagai berikut:

$$\sigma_{\sigma_i^2} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left[\left(\frac{KTg^2}{db_g + 2} \right) + \left(\frac{KTe^2}{db_e + 2} \right) \right]}$$

Standar deviasi varians fenotip menurut Anderson dan Bancroft (1952) dikutip Wahdah (1996) :

$$\sigma_{\sigma_j} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left(\frac{KTg^2}{db_g + 2} \right)}$$

Perhitungan nilai kovarians dan koefisien korelasi antara karakter menggunakan persamaan seperti yang dikemukakan oleh Singh dan Chaudary (1979).

$$Kov_{g_{x_1x_2}} = \frac{(\sigma_{\bar{e}_1\bar{e}_2} + r\sigma_{\bar{e}_1\bar{e}_2}) - (\sigma_{\bar{e}_1\bar{e}_2})}{r} r(x_1, x_2) = \frac{kov.x_1x_2}{(\sigma^2x_1.\sigma^2x_2)^{0,5}}$$

Pengujian signifikansi kolerasi menggunakan uji t menurut Sudjana (2005). Pengamatan karakter biji meliputi warna sekam, warna biji, lebar biji, panjang biji, dan tebal kulit biji. Pengamatan warna dilakukan pada saat panen dengan *colour chart* Royal Horticultural Society (RHS). *Colour chart* hasil pengamatan discan menggunakan mesin *scanner* HP Deskjet F380. Hasil scan kemudian dianalisis nilai rata-rata *red green blue* (rgb) dengan menggunakan *software* Image J.

Perhitungan tebal kulit biji (mm) dilakukan pada biji yang telah dipotong secara vertikal. Potongan biji difoto dalam wadah khusus dengan prinsip cahaya stabil dan intensitas sama serta jarak lensa kamera dengan objek sama (19.8 cm). Kamera yang dipakai adalah kamera Nikon D40X, shutter speed 1/25 second, focal length = 55 mm, iso 200, diafragma f/5,6. Hasil pemotretan diperbesar 400% dari ukuran sebenarnya menggunakan *software* Adobe Photoshop. Hasil pembesaran dipotong (*cropping*) sehingga tersisa bagian kulit biji. Lebar kulit biji dihitung berdasarkan dimensi hasil *cropping* tersebut. Karakter morfologi yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, umur panen, waktu antesis. Karakter komponen hasil meliputi bobot 1.000 biji dan bobot biji per malai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan analisis varian terhadap karakter biji, karakter morfologi, dan karakter komponen hasil pada umumnya menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 1). Adanya perbedaan nyata penampilan genotip-genotip yang diuji membuka peluang untuk dilakukannya seleksi. Nilai kv yang tidak terlalu besar memperlihatkan bahwa perbedaan penampilan yang ada lebih disebabkan karena faktor genotip sedangkan pengaruh lingkungan relatif kecil (Anas *et al.*, 2007). Menurut Gaspersz (1995) nilai kv yang tidak melebihi 20% menunjukkan bahwa galat percobaan relatif kecil.

Berdasarkan hasil analisis varians dapat diketahui bahwa hampir semua karakter yang diamati menunjukkan nilai variabilitas yang luas baik secara genetik maupun fenotip kecuali karakter jumlah daun (Tabel 2). Luasnya variabilitas genotipik dikarenakan dua puluh tiga genotip yang digunakan dalam percobaan mempunyai latar belakang genotip yang beragam. Keberagaman tersebut meliputi jenis sorgum (sorgum manis dan sorgum biji), bentuk biji sorgum (ras bicolor, guinea, kafir, durra, feterita), maupun asal tanaman (Indonesia, Afrika, Jepang). Remafitriani dan Anas (2007) melaporkan bahwa terdapat variabilitas genotipik dan fenotipik yang luas pada karakter tinggi tanaman, jumlah daun, umur panen, dan bobot biji per malai pada genotip sorgum introduksi di Arjasari.

Karakter warna sekam bervariasi dari mulai warna putih, krem, coklat, sampai coklat kehitaman. Karakter warna biji menunjukkan variasi warna putih, krem, abu-abu, coklat, sampai coklat kehitaman. Warna terang dalam pengamatan menunjukkan nilai rata-rata rgb besar, sedangkan

Tabel 1. Nilai minimum, maksimum, rata-rata, F hitung, dan koevisien varians (kv) karakter yang diamati.

No.	Karakter	Minimum	Maksimum	Rata-rata	F-hitung	KV%
1.	WS	11,91	237,44	76,19	40,77 **	16,87
2.	WB	80,54	250,99	196,62	1681,49 **	1,23
3.	PB	3,71	4,94	4,16	13,15 **	2,92
4.	LB	3,10	4,57	3,86	23,68 **	2,97
5.	TKB	0,29	0,51	0,38	4,11 **	10,82
6.	TT	124,12	285,81	191,11	23,93 **	6,59
7.	JD	11,50	14,50	13,20	2,47 *	5,22
8.	DB	1,10	1,97	1,49	2,83 **	11,32
9.	UP	91,00	122,50	109,72	24,79 **	1,95
10.	WA	54,00	83,50	65,83	9,78 **	4,96
11.	BSB	18,74	39,76	26,71	13,11 **	9,22
12.	BBpM	20,40	59,60	39,40	3,93 **	18,28

WS = Warna sekam (rgb), WB = Warna biji (rgb), PB = Panjang biji (mm), LB = Lebar biji (mm), TKB = Tebal kulit biji (mm), TT = Tinggi tanaman (cm), JD = Jumlah daun (lembar), DB = Diameter batang (cm) UP = Umur panen (hst), WA = Waktu antesis (hst), BSB = Bobot 1.000 biji (g), BBpM = Bobot biji per malai (g).

Tabel 2. Variabilitas karakter yang diamati.

No.	Karakter	σ_g^2	$2\sigma_g^2$	Kriteria	σ_f^2	$2\sigma_f^2$	Kriteria
1.	WS	3286,63	1985,83	Luas	3451,89	1945,24	Luas
2.	WB	4924,18	2844,67	Luas	4930,04	2844,67	Luas
3.	PB	0,09	0,06	Luas	0,10	0,06	Luas
4.	LB	0,15	0,09	Luas	0,16	0,09	Luas
5.	TKB	0,003	0,002	Luas	0,004	0,002	Luas
6.	TT	1819,07	1096,98	Luas	1977,67	1096,03	Luas
7.	JD	0,35	0,36	Sempit	0,82	0,34	Luas
8.	DB	0,03	0,02	Luas	0,05	0,02	Luas
9.	UP	54,78	32,98	Luas	59,39	32,96	Luas
10.	WA	46,84	30,28	Luas	57,51	30,12	Luas
11.	BSB	36,71	23,01	Luas	42,77	22,94	Luas
12.	BBpM	76,07	60,77	Luas	127,96	50,89	Luas

WS = Warna sekam (rgb), WB = Warna biji (rgb), PB = Panjang biji (mm), LB = Lebar biji (mm), TKB = Tebal kulit biji (mm), TT = Tinggi tanaman (cm), JD = Jumlah daun (lembar), DB = Diameter batang (cm) UP = Umur panen (hst), WA = Waktu antesis (hst), BSB = Bobot 1.000 biji (g), BBpM = Bobot biji per malai (g). σ_g^2 = varians genetik, $2\sigma_g^2$ = 2x standar deviasi varians genetik, σ_f^2 = varians fenotif, $2\sigma_f^2$ = 2x standar deviasi varians fenotif.

warna gelap menunjukkan nilai rgb kecil. Genotip yang memperlihatkan warna biji putih adalah genotip 10,1; 2,1; 2,24; 10,90; ICR3; Numbu; Unpad 1,1A; Unpad 1,1B; Unpad 1,3; dan UPCA-S1. Genotip tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pangan karena menurut Porter (2011) warna gelap biji sorgum mempunyai kandungan tanin yang cukup tinggi.

Menurut Crowder (1997), variabilitas genotipik yang luas akan memberikan variabilitas fenotipik yang luas pula jika interaksi genetik dan lingkungan cukup tinggi. Apabila nilai variabilitas genetik sempit, maka kegiatan seleksi pada karakter yang diamati tidak akan efektif karena sifat genetik suatu individu dalam populasi relatif seragam (Allard, 1998). Sama halnya dengan karakter jumlah daun yang memiliki variabilitas genotipik sempit maka jika dilakukan seleksi tidak akan efektif meskipun variabilitas fenotipiknya luas, karena pada dasarnya perbedaan fenotip yang ada disebabkan oleh pengaruh lingkungan (Hermiati, 2004). Berdasarkan pemahaman diatas, seleksi akan efektif dilakukan terhadap semua karakter biji, karakter morfologi, dan karakter komponen hasil yang diamati kecuali jumlah daun.

Hasil analisis kovarians didapatkan beberapa karakter yang berkorelasi (Tabel 3). Karakter warna sekam berkorelasi genotipik negatif dengan bobot biji per malai. Karakter warna biji berkorelasi genotipik negatif dengan tinggi tanaman. Korelasi negatif menandakan bahwa apabila nilai suatu variabel bertambah besar maka nilai variabel yang berkorelasi akan semakin kecil (Gaspersz, 1995). Hal ini dapat diartikan bahwa semakin pendek tanaman maka warna biji akan semakin terang (putih/krem). Korelasi genotipik karakter warna biji searah dengan korelasi fenotipiknya (Tabel 3). Menurut Aryana (2009) koefisien korelasi genotipik yang searah dengan koefisien korelasi fenotipik memudahkan dalam menentukan suatu karakter yang akan diseleksi berdasarkan karakter morfologi (fenotipnya).

Tabel 3. Koefisien korelasi karakter yang diamati.

Karakter	Koefisien korelasi genotipik				
	WS	WB	PB	LB	TKB
TT	0.04	-0.48*	0.31	-0.01	0.48*
JD	-0.10	0.23	-0.28	-0.08	-0.60*
DB	-0.11	-0.33	0.11	-0.27	-0.74*
UP	-0.00	-0.03	-0.26	-0.41	-0.54*
WA	-0.11	-0.16	-0.37	-0.51*	-0.57*
BSB	0.33	0.17	0.64*	0.68*	0.24
BBpM	-0.50	-0.01	0.07	-0.13	-0.40

Karakter	Koefisien korelasi fenotipik				
	WS	WB	PB	LB	TKB
TT	0.04	-0.46*	0.26	-0.01	0.37
JD	-0.04	0.23	-0.09	0.01	-0.39
DB	-0.02	-0.23	-0.01	-0.20	-0.23
UP	-0.02	-0.03	-0.24	-0.38	-0.45*
WA	-0.10	-0.15	-0.28	-0.45*	-0.38
BSB	0.34	0.15	0.50*	0.60*	0.20
BBpM	-0.38	-0.01	0.01	-0.10	-0.24

WS = Warna sekam (rgb), WB = Warna biji (rgb), PB = Panjang biji (mm), LB = Lebar biji (mm), TKB = Tebal kulit biji (mm), TT = Tinggi tanaman (cm), JD = Jumlah daun (lembar), DB = Diameter batang (cm) UP = Umur panen (hst), WA = Waktu antesis (hst), BSB = Bobot 1.000 biji (g), BBpM = Bobot biji per malai (g). * = Signifikan pada taraf 5% pada derajat bebas 21.

Karakter panjang biji dan lebar biji berkorelasi genotipik positif dengan bobot 1.000 biji. Sementara karakter lebar biji berkorelasi genotipik negatif dengan waktu antesis. Adanya korelasi genotipik positif antara panjang biji dan lebar biji dengan bobot 1.000 biji menandakan bahwa semakin besar ukuran biji maka bobot 1.000 biji akan semakin besar. Korelasi positif dapat diartikan bahwa jika nilai suatu variabel bertambah besar maka nilai variabel yang berkorelasi pun akan semakin besar (Gaspersz, 1995). Adanya korelasi genotipik negatif antara lebar biji dengan waktu antesis menandakan bahwa semakin cepat waktu antesis maka ukuran lebar biji akan semakin besar. Korelasi genotipik karakter panjang biji dan lebar biji searah dengan korelasi fenotipiknya (Tabel 3).

Karakter tebal kulit biji berkorelasi genotipik positif dengan karakter tinggi tanaman dan berkorelasi genotipik negatif dengan karakter jumlah daun, diameter batang, umur panen, dan waktu antesis. Korelasi genotipik positif kulit biji dengan tinggi tanaman menunjukkan bahwa semakin pendek tanaman maka kulit biji akan semakin tipis. Korelasi negatif yang diperlihatkan oleh tebal kulit biji menandakan bahwa semakin tipis kulit biji maka jumlah daun semakin banyak, diameter batang semakin besar, umur panen dan waktu antesis semakin panjang.

Karakter tebal kulit biji ini menjadi penting karena didalamnya terdapat lapisan yang mengandung tanin. Artschwager dan McGuire (1949) dalam Kuo-Chu (1975) melaporkan bahwa terdapat lapisan sel pada kulit biji sorgum yang berwarna kuning atau coklat. Kuo-Chu (1975) melaporkan bahwa lapisan sel pada kulit biji sorgum kultivar Georgia 615 menunjukkan warna oranye yang mengandung tanin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa terdapat variabilitas genetik yang luas pada karakter biji, morfologi, dan komponen hasil pada 23 genotip sorgum yang ditanam kecuali karakter jumlah daun. Korelasi genotipik dan fenotipik positif ditunjukkan oleh karakter panjang dan lebar biji dengan bobot 1.000 biji. Karakter tebal kulit biji berkorelasi genotipik positif dengan karakter tinggi tanaman. Korelasi fenotipik karakter tebal kulit biji dengan umur panen searah dengan korelasi genotipiknya. Dari hasil penelitian ini karakter lebar biji dan panjang biji dapat digunakan untuk mengestimasi hasil sorgum. Karakter tinggi tanaman yang pendek dapat digunakan untuk menyeleksi warna biji terang (putih/krem).

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami sampaikan ke Universitas Padjadjaran yang telah menyediakan dana penelitian melalui Dana DIPA BLU Universitas Padjadjaran dengan SK Rektor Nomor: 1039/UN6.RKT/KP/2012

DAFTAR PUSTAKA

- Allard, R.W. 1960. *Principles of Plant Breeding*. John Wiley & Sons. Inc. New York, London.
- Anas dan M. Rachmadi, 2006. Makalah Seminar Pertemuan Teknologi Gandum/Sorghum, Dinas Pertanian Tanaman Pangan, Provinsi Jawa Barat, Garut 25 Juli 2006.
- Anas dan T. Yoshida. 2004. *Heritability and Genetic Correlation of Al-Tolerance with Several Agronomic Characters in Sorghum Assessed by Hematoxylin Staining*. Plant Prod. Sci. 7(3):280-282.

- Anas dan T. Yoshida. 2004. *Screening of AL-Tolerant Sorghum by Hematoxylin Staining and Growth Response*. Plant Prod. Sci. 3(3):246-253.
- Anas Sumadi, dan A.W. Irwan. 2007. Variabilitas Genetik dan Heritabilitas Beberapa Karakter Penting 19 Genotip Elit Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pada Pertanaman Musim Kering. Prosiding Simposium, Seminar dan Kongres IX PERAGI
- Aryana dan IGP Muliarta. 2009. Korelasi fenotipik, genotipik dan sidik lintas serta implikasinya pada seleksi padi beras merah. Crop Agro Vol. 2. No. 1.
- Crowder, L.V. 1997. Genetika Tumbuhan. Terjemahan Lilik Kusdiarti dan Sutarso. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Remafitriani, Ema, dan Anas. 2007. Penampilan dan Variabilitas Beberapa Karakter Sembilan Genotip Sorgum Introduksi di arjasari. Prosiding Simposium, Seminar dan Kongres IX PERAGI.
- FAO. 2010. *Food and Agricultural Commodities Production*. (online). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. (Diakses 15 Mei 2012)
- Gasperz, V. 1995. Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan. Jilid Kedua. Tarsito. Bandung.
- Goldsworthy, P.R. dan N.M. Fisher. 1992. Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik. Diterjemahkan oleh Tohari. Gadjah Mada University Press.
- Hermiati dan Nani. 2004. Dasar Pemuliaan Tanaman. Fakultas Pertanian UNPAD.
- House dan R. Leland. 1985. *A Guide To Sorghum Breeding*. ICRISAT Patancheru P.O. Andhra Pradesh, India.
- Herdiana dan Dani. 2011. Penampilan dan Variabilitas Kandungan Gula dalam Enam Periode Panen Lima Kultivar Sorghum Manis (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench). Universitas Padjadjaran.
- Khoirunnisa, L. 2011. Kriteria Seleksi Sorghum Manis (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) Berkadar Gula Tinggi Berdasarkan Korelasi Genotip dan Analisis Lintas. Skripsi pada Program Studi Pemuliaan Universitas Padjadjaran. Sumedang.
- Kuo-Chu, Eric, dan B.S. MA. 1975. *Morphological And Anatomical Development of Sorghum Seed*. Thesis in Crop Science of Texas Tech University. Texas.
- Nugroho, L. Hartanto, Purnomo, dan I. Sumardi. 2006. Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nurmala, T. dan W.I. Aep. 2007. Pangan Alternatif Berbasis Serealia Minor. Giratuna. Bandung.
- Pinaria, A., A. Baihaki, R. Setia Miharja, dan A.A Daradjat. 1995. Variabilitas Genetik dan Heritabilitas Karakter Biomassa 53 Genotip kedelai. Zuriat 6(2):88-92.
- Porter and Kay. 2011. *Sorghum Grain Color-Relationship to Grain marketability or Feed Value*. Pioneer Hi-Bred. (online) <https://www.pioneer.com>. Diakses 2 Mei 2012.
- Rostini, N., A. Baihaki, R. Setiamiharja, dan G. Suryatmana. 2003. Korelasi Kandungan Klorofil dan Beberapa Karakter Daun dengan Hasil pada Tanaman Kedelai. Zuriat 14(2):47-52.
- Sudjana. 2005. Metoda Statistika. Tarsito. Bandung
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia sebagai Komoditas Alternatif Untuk Pangan, Pakan dan Industri. Jurnal Litbang Pertanian 22(4):133-140.
- Singh, R. and K. Chaudhary. 1979. *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publisher. New Delhi
- Sujatmiko, Bagus, A. Sutrisno, dan E.M. Sofia. 2009. Degradasi Senyawa Tanin, Asam Fitat, Antitripsin dan Peningkatan Daya Cerna Protein Secara *In Vitro* pada Sorgum Cokelat (*Sorghum bicolor* L. Moench) dengan Metode Fermentasi Ampok. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wahdah, R., A. Baihaki, R. Setiamihardja, dan G. Suryatmana. 1996. Variabilitas dan Heritabilitas Laju akumulasi Bahan Kering pada Biji Kedelai. Zuriat 7 (2):92-97
- USDA. 2011. *Food List-Cereal Grains and Pasta*. Nutrient Data Laboratory-USDA. (online). <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/list>. (Diakses 15 Mei 201).