

KERAGAMAN GENETIK DAN HERITABILITAS KARAKTER TINGGI TANAMAN DAN JUMLAH DAUN BEBERAPA GENOTIPE SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)

GENETIC VARIATION AND HERITABILITY PLANT HEIGHT AND NUMBER OF LEAVES SEVERAL GENOTYPES SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Ribka Munthe¹, Ardian^{1*}, Kukuh Setiawan², Nyimas Sa'diyah¹

¹ Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

² Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

* Corresponding Author. E-mail address: ardian.1962@fp.unila.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 18 Juni 2023

Direvisi: 28 Juli 2023

Disetujui: 2 September 2023

KEYWORDS:

Heritability, genetic variation, phenotype variation

KATA KUNCI:

Heritabilitas, ragam genetik, ragam fenotipe

ABSTRACT

Sorghum is one of cereal plant that almost all of its parts can be utilized. The stems and leaves can be used as bioethanol and also animal feed. Sorghum plant height is diverse and this genetic diversity is an important asset in plant breeding programs. Tall sorghum plants are expected to be able to produce high stem weights so that they produce more volume of sap as raw material for bioethanol. This research was conducted to determine the genetic variation and heritability values of the vegetative characters of several sorghum genotypes. This research was conducted at Lab. Lapang Terpadu, Faculty of Agriculture, University of Lampung, in February to May 2019. The treatments were arranged in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 4 treatments which were replicated 6 times and each replication consisted of 12 plants. Data analysis was carried out using the variance method (α 5%), while the analysis process was carried out using SAS 9.0 software. The results showed that the genetic diversity in plant height was wide, while it was narrow in the number of leaves. The results of the heritability value estimation showed that the plant height was included in the high category ($>0,5$), meanwhile the estimated heritability value for the number of leaves was low to moderate ($> 0,2; 0,2 \leq 0,5$).

ABSTRAK

Sorghum merupakan salah satu tanaman serealia yang hampir seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan. Batang dan daun sorgum dapat digunakan menjadi bioetanol dan pakan ternak. Tinggi tanaman sorgum beragam dan keragaman genetik merupakan modal penting dalam program pemuliaan tanaman. Tanaman sorgum yang tinggi diharapkan mampu menghasilkan bobot batang yang tinggi sehingga lebih banyak menghasilkan volume nira sebagai bahan baku bioetanol. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keragaman genetik dan nilai heritabilitas pada karakter vegetatif beberapa genotipe sorgum. Penelitian ini dilakukan di Lab. Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, pada bulan Februari sampai dengan Mei 2019. Perlakuan disusun dengan Rancangan Acak Lengkap Berblok (RCBD) dengan 4 perlakuan yang diulang sebanyak 6 kali dan setiap ulangan terdiri dari 12 tanaman. Analisis data dilakukan dengan analisis ragam (α 5%), adapun proses analisis dilakukan menggunakan *software* SAS 9.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keragaman genetik pada sifat tinggi tanaman tergolong luas, sementara itu tergolong sempit pada sifat jumlah daun. Hasil taksiran nilai heritabilitas menunjukkan bahwa sifat tinggi tanaman termasuk dalam kategori tinggi ($>0,5$), sementara itu taksiran nilai heritabilitas sifat jumlah daun tergolong rendah sampai moderat ($>0,2; 0,2 \leq 0,5$).

1. PENDAHULUAN

Hijauan sebagai pakan ternak ruminansia dibutuhkan hingga 10% dari bobot ternak (Sugeng, 2004). Standar kebutuhan hijauan pakan berdasarkan satuan ternak menurut Subdit PH (2013) yaitu, ternak dewasa (1 ST) memerlukan hijauan pakan sebanyak 30 kg/ekor/hari, ternak muda (0,50 ST) memerlukan hijauan pakan sebanyak 15 - 17,5 kg/ekor/hari, dan anakan (0,25 ST) memerlukan hijauan pakan sebanyak 7,5- 9 kg/ekor/hari.

Sorgum dikategorikan satu family dengan tanaman serealia lainnya seperti, padi, jagung, dan gandum. Beberapa manfaat tanaman ini antara lain mempunyai potensi sebagai sumber karbohidrat bahan pangan, pakan, bahan baku industri, dan komoditi ekspor. Tanaman ini dapat tumbuh di hampir semua jenis tanah dan dapat bertoleransi pada tanah yang mengandung kadar garam tinggi atau disebut tanah salin. Sorgum lebih tahan terhadap kekeringan bila dibandingkan dengan tanaman palawija lainnya, namun sorgum tidak tahan tumbuh pada tanah masam (pH<5) yang mengandung Al tinggi (Anas & Yoshida, 2000).

Keunggulan sorgum terletak pada daya adaptasinya yang luas, toleran terhadap kekeringan, produktivitas tinggi, dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya. Selain budi daya yang mudah, sorgum mempunyai manfaat yang luas, antara lain untuk pakan, pangan, dan bahan industri (Yulita & Risda, 2006).

Menurut Sirappa (2003), sorgum merupakan tanaman penghasil pakan hijauan sekitar 15-20 ton/ha/th dan pada kondisi optimum dapat mencapai 30-45 ton/ha/th dalam bentuk bahan segar. Jika dimanfaatkan daunnya saja, potensi sorgum sebagai pakan adalah 14-16% dari total biomassa. Soebarinoto & Hermanto (1996) melaporkan bahwa sorgum dapat menghasilkan jerami 2,62 + 0,53 t/ha bahan kering. Potensi daun sorgum manis sekitar 14-16% dari bobot segar batang atau sekitar 3 t daun segar/ha dari total produksi 20 t/ha.

Batang sorgum terutama sorgum manis memiliki kandungan nira yang dapat digunakan sebagai bahan baku gula dan bioethanol dan ampas batang dan daunnya dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak, terutama sapi. Di Australia, batang dan daun sorgum telah dikembangkan menjadi forage sorgum dan sweet sorgum untuk pakan (Irawan, 2011).

Melonjaknya harga minyak dunia yang disertai juga dengan meningkatnya kebutuhan akan pangan dan pakan telah mendorong berbagai kalangan untuk mengembangkan sorgum sebagai sumber energi terbarukan. Misalnya Filipina, telah mencanangkan pengembangan nira pada sorgum manis untuk pembuatan bioetanol dan dijadikan pakan ternak (Sumarno *et al.*, 2013). Bioetanol dari sorgum manis diharapkan dapat mensubstitusi sebagian bahan bakar negara lain yang sepenuhnya tergantung dari impor.

Besaran jumlah bioetanol sorgum dipengaruhi dengan tinggi tanaman dan banyaknya jumlah daun (Pabendon *et al.*, 2012). Tinggi tanaman merupakan karakter yang penting karena berkaitan dengan produksi biji dan bioetanol. Tanaman sorgum yang tinggi diharapkan mampu menghasilkan bobot batang yang tinggi sehingga lebih banyak menghasilkan volume nira batang sebagai bahan baku bioetanol. Tinggi tanaman sorgum beragam dan keragaman setiap tanaman dapat diperoleh melalui pemuliaan tanaman. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan guna untuk mengetahui variasi genetik dan taksiran nilai heritabilitas beberapa genotipe sorgum.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Lab. Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, pada bulan Februari sampai dengan Mei 2019. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih sorgum genotipe Super 2, GH 7, GH 13, P/F5-193-C, pupuk makro berupa Urea, SP-36, dan KCl. Sementara itu, alat-alat yang digunakan yaitu cangkul, polibag, timbangan, label, kertas buram, tali, kamera.

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan genotipe sorgum yang diulang sebanyak 6 kali dan dalam setiap ulangan terdapat 4 polibag, sehingga didapat 96 satuan percobaan. Analisis data hasil pengamatan dilakukan dengan metode sidik ragam berdasarkan uji F pada taraf 5%, proses analisis ragam dilakukan menggunakan *software* SAS 9.0. Analisis data meliputi ragam fenotipe (σ^2f), ragam lingkungan (σ^2e), dan ragam genetik (σ^2g). Data dianalisis dengan analisis ragam, menggunakan model linear sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \pi_j + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Keterangan: Y_{ij} : Respon yang diukur pada kelompok i , perlakuan ke j , μ : Rata-rata umum atau rata-rata sebenarnya, β_i : Pengaruh respon dari kelompok ke- i dari perlakuan ke- j , π_j : Pengaruh perlakuan ke- j terhadap respon dari kelompok ke- j , ϵ_{ij} : Galat dari unit eksperimen dalam kelompok ke- i karena perlakuan ke- j

$$\text{Ragam fenotipe } (\sigma^2f) = \sigma^2g + \sigma^2e \quad (2)$$

$$\text{ragam lingkungan } (\sigma^2e) = M_1 \quad (3)$$

$$\text{Ragam genetik } (\sigma^2g) = (M_2 - M_1)/r \quad (4)$$

Menghitung penduga nilai heritabilitas dalam arti luas (h^2) dilakukan dengan cara:

$$H = \sigma^2g / (\sigma^2f) \quad (5)$$

Adapun kriteria nilai heritabilitas menurut Stansfield (1988), yaitu tinggi jika $h^2 > 0,5$; sedang jika $0,2 \leq h^2 \leq 0,5$, dan rendah jika $h^2 \leq 0,2$.

Variabilitas suatu karakter ditentukan dengan membandingkan nilai ragam genetik dengan nilai simpangan baku ragam genetik, yang dihitung menurut cara Anderson & Bancroft (1952) sebagai berikut:

$$\sigma_{\sigma^2g} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left\{ \frac{(M_2)^2}{db \text{ genotipe}} + \frac{(M_2)^2}{2 db \text{ galat}} + 2 \right\}} \quad (6)$$

Menurut Pineria *et al.*, (1995) suatu karakter tergolong mempunyai variabilitas genetik yang luas jika ragam genetik lebih besar dari dua kali simpangan baku ragam genetiknya ($\sigma^2g > 2\sigma_{\sigma^2g}$) dan tergolong sempit jika ragam genetik lebih kecil atau sama dengan dua kali simpangan baku ragam genetiknya ($\sigma^2g \leq 2\sigma_{\sigma^2g}$). Variabilitas fenotipe yang luas jika $\sigma^2g > 2\sigma_{\sigma^2g}$ dan tergolong sempit jika ragam genetik lebih kecil atau sama dengan dua kali simpangan baku ragam genetiknya ($\sigma^2g \leq 2\sigma_{\sigma^2g}$).

Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk Urea, TSP, KCl dengan dosis masing-masing yaitu 200 kg/ha, 100 kg/ha, dan 100 kg/ha. Pemupukan dilakukan sebanyak dua kali yaitu awal pada saat awal tanam dengan pemberian $\frac{1}{2}$ dosis urea dan $\frac{1}{2}$ dosis KCl dan seluruh dosis TSP. Pemupukan kedua dilakukan pada saat tanaman berumur 3 MST dengan $\frac{1}{2}$ dosis Urea dan $\frac{1}{2}$ dosis KCl. Pengamatan meliputi variabel vegetatif tanaman yaitu tinggi tanaman (TT) dan jumlah daun (JD) pada 2 - 6 minggu setelah tanam.

Tabel 1. Sumber variasi, derajat bebas, kuadrat tengah, nilai harapan

Sumber Variasi	(Db)	(KT)	(KTH)
Kelompok	r-1	M_3	
Genotipe	g-1	M_2	$\sigma^2e + r \sigma^2g$
Galat	$(r-1)(g-1)$	M_1	σ^2e

Keterangan: Db : Derajat bebas, KT : Kuadrat Tengah, KTH : Kuadrat Tengah Harapan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Genotipe sorgum yang ditanam pada penelitian ini yaitu Super 2, GH-7, GH-13, P/F5-193-C dengan tiap genotipe 72 tanaman. Keragaman Genetik dan fenotip memiliki dua kriteria yaitu luas dan sempit, disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Nilai ragam genetik tertinggi sebesar 515.52 untuk variabel tinggi tanaman pada 6 MST. Keragaman genetik variabel tinggi tanaman pada pengamatan 2 MST termasuk dalam kriteria sempit. Kriteria ragam genetik pada masa pertumbuhan 2 MST setiap genotipe sorgum belum menunjukkan keragaman. Kriteria ragam genetik variabel tinggi tanaman pada 3, 4, 5, dan 6 MST termasuk dalam kriteria luas ($\sigma^2_g > 2 \sigma^2_g$). Berbeda dengan tinggi tanaman, ragam genetik jumlah daun pada seluruh pengamatan (Tabel 2) menunjukkan nilainya lebih kecil daripada dua kali galatnya, artinya termasuk ke dalam kategori sempit.

Variabel tinggi tanaman menunjukkan variasi genetik yang luas, Kondisi ini mampu menghasilkan nilai penduga heritabilitas arti luas yang tinggi yaitu mulai 3-6 MST. Hal ini menunjukkan bahwa variabel tinggi tanaman bisa digunakan sebagai kriteria seleksi. Hasil ini didukung

Tabel 2. Kriteria ragam genetik

Parameter pengamatan	(σ^2_g)	$(\sigma \sigma^2_g)$	$(2\sigma \sigma^2_g)$	Kriteria
*2 MST				
Tinggi tanaman	7,40	5,06	10,12	Sempit
Jumlah daun	0,002	0,003	0,01	Sempit
*3 MST				
Tinggi tanaman	29,56	10,54	21,07	Luas
Jumlah daun	0,002	0,00	0,01	Sempit
*4 MST				
Tinggi tanaman	101,12	35,35	70,70	Luas
Jumlah daun	0,03	0,02	0,03	Sempit
*5 MST				
Tinggi tanaman	223,31	77,64	155,27	Luas
Jumlah daun	0,12	0,06	0,12	Sempit
*6 MST				
Tinggi tanaman	515,52	179,58	359,15	Luas
Jumlah daun	0,03	0,02	0,04	Sempit

Tabel 3. Kriteria heritabilitas

Variabel pengamatan	Sumber keragaman			Heritabilitas (h^2)	Kriteria
	Ragam genetik (σ^2_g)	Ragam fenotip (σ^2_e)	Ragam lingkungan (σ^2_f)		
*2 MST					
Tinggi tanaman	7,40	3,58	10,98	0,67	Tinggi
Jumlah daun	0,00	0,05	0,05	0,04	Rendah
*3 MST					
Tinggi tanaman	29,56	6,82	36,38	0,81	Tinggi
Jumlah daun	0,00	0,05	0,05	0,04	Rendah
*4 MST					
Tinggi tanaman	101,12	11,55	112,67	0,90	Tinggi
Jumlah daun	0,03	0,10	0,13	0,24	Sedang
*5 MST					
Tinggi tanaman	223,31	18,10	241,41	0,93	Tinggi
Jumlah daun	0,12	0,29	0,40	0,29	Sedang
*6 MST					
Tinggi tanaman	515,52	47,81	563,33	0,92	Tinggi
Jumlah daun	0,03	0,31	0,34	0,08	Rendah

oleh penelitian yang dilakukan oleh Sulistyowati *et al.*, (2016) yang menunjukkan bahwa karakter tinggi tanaman memiliki nilai penduga heritabilitas yang tinggi yaitu sebesar 0,6. Karakter tinggi tanaman memiliki variasi genetik yang luas sehingga karakter tersebut bisa digunakan sebagai kriteria seleksi (Sugianto *et al.*, 2015).

Keberhasilan program pemuliaan tanaman sangat bergantung pada ketersediaan keragaman genetik dan nilai duga heritabilitas. Semakin tinggi keragaman genetik yang dimiliki akan semakin besar peluang keberhasilan bagi program pemuliaan tanaman.

Hasil pengamatan pada beberapa sifat genotipe sorgum diketahui bahwa koefisien keragaman genetik pada sifat tinggi tanaman tergolong tinggi, sementara pada sifat jumlah daun tergolong rendah. Keragaman genetik yang tinggi menunjukkan keefektifan seleksi atau keberhasilan suatu kegiatan pemuliaan tanaman (Jalata *et al.*, 2011). Keragaman genetik yang tinggi pada karakter tinggi tanaman maka peluang untuk mendapatkan genotipe dengan sifat karakter yang lebih baik melalui seleksi semakin besar (Tabel 2). Sebaliknya, nilai koefisien keragaman genetik yang kecil menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan lebih besar terhadap karakter tersebut. Ini artinya, peluang untuk mendapatkan genotipe dengan sifat karakter yang lebih baik melalui seleksi semakin kecil.

Menurut Lubis *et al.* (2014) suatu karakter memiliki variabilitas genetik yang luas apabila nilai Koefisien keragaman genetik (KKG) >20%, sedang apabila nilai KKG 10-20%, dan sempit apabila KKG 0-10%. Menurut Haq *et al.* (2008) keragaman genetik dengan kriteria sempit mengindikasikan individu dalam populasi relatif seragam sehingga seleksi berdasarkan karakter tersebut kurang efektif. Apabila keragaman genetik luas maka keberhasilan seleksi akan semakin besar dalam meningkatkan frekuensi gen yang diinginkan.

Heritabilitas merupakan suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar proporsi genetik mempengaruhi kinerja pertumbuhan tanaman dibandingkan faktor lingkungan atau interaksi antara genetik dan lingkungannya. Semakin besar nilai heritabilitas suatu sifat, semakin besar sifat itu dikendalikan oleh faktor genetik. Heritabilitas diartikan sebagai perbandingan antara besarnya varians genetik dengan varians total di dalam suatu populasi, dimana varians total adalah penjumlahan antara varians genetik dengan varians lingkungan (Fins *et al.*, 1991). Rendahnya heritabilitas pada Tabel 3 mengindikasikan bahwa rendahnya keragaman genetik untuk sifat jumlah daun. Nilai heritabilitas individu dapat digunakan sebagai acuan seleksi untuk memilih individu yang baik. Hallauer *et al.* (1988) dalam Martono (2004) menjelaskan bahwa respon seleksi berbanding lurus dengan keragaman genetik. Sehingga dalam hal ini, seleksi genetik yang selanjutnya direkomendasikan mengacu pada karakter tinggi tanaman.

Stansfield (1991) menyatakan bahwa nilai heritabilitas (h^2) terbagi menjadi tiga kategori yaitu $\leq 0,2$ (rendah); $0,2 - 0,5$ (moderat/sedang) dan $> 0,5$ (tinggi). Hasil yang ditampilkan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa taksiran heritabilitas sifat tinggi tanaman termasuk dalam kategori tinggi, sehingga ada peluang untuk melakukan kegiatan seleksi dalam memilih individu-individu yang unggul. Sementara itu taksiran heritabilitas sifat jumlah daun termasuk dalam kategori rendah, ini artinya kecil kesempatan untuk melakukan kegiatan seleksi.

Suatu karakter tanaman mempunyai nilai koefisien keragaman genetik yang tinggi belum tentu mempunyai nilai heritabilitas yang tinggi dan sebaliknya. Tabel 2, tinggi tanaman dan jumlah daun di semua umur memiliki nilai KKG yang tergolong rendah (>12%) namun memiliki nilai heritabilitas yang tinggi (> 0,5). Hal ini mengindikasikan bahwa faktor lingkungan turut serta dalam mempengaruhi nilai KKG.

Keragaman genetik tinggi tanaman 2 MST tergolong sempit namun pada pengamatan 3 MST hingga 6 MST tergolong tinggi (Tabel 2). Pertumbuhan pada saat 2 MST keempat genotipe sorgum (Super 2, GH-7, GH-13, P/F5-193-C) yang diamati tergolong sempit karena pada fase awal pertumbuhan keempat genotipe sorgum masih memiliki daya serap akar yang sama, dan cenderung

dipengaruhi oleh lingkungan sehingga tidak memunculkan perbedaan tinggi tanaman atau keragaman tinggi tanaman setiap genotipe belum terlihat. Setiap genotipe memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda, pada masa pertumbuhan 3 MST keempat genotipe sorgum mulai mengekspresikan sifat genetik pada setiap individu tanaman, hal ini membuat adanya perbedaan tinggi tanaman setiap genotipe dan menyebabkan adanya keragaman tinggi tanaman yang tinggi.

Pada pengamatan yang dilakukan, heritabilitas tinggi tanaman 2, 3, 4, 5 dan 6 MST masuk dalam kategori tinggi, sedangkan pada variabel jumlah daun terjadi fruktuasi nilai heritabilitas (Tabel 3). Jumlah daun saat 4 MST dan 5 MST mulai menunjukkan perbedaan jumlah daun namun adanya serangan hama dan penyakit mengakibatkan nilai heritabilitas pada saat 6 MST kembali rendah. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan faktor genetik lebih berperan dalam mengendalikan suatu sifat tanaman tersebut dibandingkan faktor lingkungan, sehingga pada saat dilakukan penanaman genotipe yang sama di wilayah atau daerah dengan kondisi lingkungan berbeda maka tanaman tidak akan mengalami perubahan. Namun apabila heritabilitas rendah maka pada saat dilakukan penanam dengan kondisi lingkungan berbeda maka tanaman akan memunculkan sifat yang berbeda dengan sebelumnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan yaitu keragaman genetik pada sifat tinggi tanaman tergolong luas, sementara itu tergolong sempit pada sifat jumlah daun. Hasil taksiran nilai heritabilitas menunjukkan bahwa sifat tinggi tanaman termasuk dalam kategori tinggi (0,67-0,93), sementara itu taksiran nilai heritabilitas sifat jumlah daun tergolong rendah sampai sedang (0,002-0,12).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari skripsi program sarjana jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anas & T. Yoshida. 2000. Screening of al-tolerant sorgum by hematoxylin staining and growth response. *Plant Prod. Sci.* 3 (3): 246–253.
- Fins, L., S.T. Friedman, & J.V. Brotschol. 1991. *Handbook of Quantitative Forest Genetics*. Kluwer, London.
- Haq, U.W., M.F. Malik, M. Rashid, M. Munir, & Z. Akram. 2008. Evaluation and estimation of heritability and genetic advancement for yield related attributes in wheat lines. *Pakistan Journal of Botany.* 40 (4): 1699–1702.
- Irawan, B. & N. Sutrisna. 2011. Prospek pengembangan sorgum di jawa barat mendukung diversifikasi pangan. *Forum Agro Ekonomi.* 29 (2): 99–113
- Jalata, Z.A. Ayana & J. Zeleke. 2011. Variabilit, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in Ethiopian Barley 53 (*Hordeum vulgare* L.) landraces and crosses. *Int. J. Plant Breed Genet.* 5(1): 44–52
- Lubis, K., S.H. Sutjahjo, M. Syukur, & Trikoesoemaningtyas. 2014. Pendugaan parameter genetik dan seleksi karakter morfofisiologi galur jagung introduksi di lingkungan tanah masam. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 33(2): 122–128.
- Martono, B. 2004. Keragaman Genetik dan Heritabilitas Karakter Ubi Bengkuang (*Pchyrhizus erosus* (L.) Urban). Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri. Sukabumi.

- Pabendon, M. B., M. Aqil, & S. Mas'ud. 2012. *Kajian Sumber Bahan Bakar Nabati Berbasis Sorgum Manis, Sorgum Manis Sumber Bioetanol*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Sulawesi Selatan.
- Pineria, A. R. Baihaki, Setiamihardja & A. Darajad. 1995. Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter biomass 53 gen kedelai. *Zuriat*. 6(2): 88–92.
- Sirappa, M.P. 2003. Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia sebagai Komoditas Alternatif untuk Pangan, Pakan, dan Industri. *Jurnal Litbang Pertanian*. 22 (4): 133–140.
- Soebarinoto & Hermanto. 1996. *Potensi jerami sorgum sebagai pakan ternak ruminansia*. Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri, 17-18 Januari 1995. Edisi Khusus Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Hal. 217–221.
- Stansfield, D. 1991. *Theory and Problem of Genetics. The Third Edition*. Schaum's Outline Series. Mc Graw-Hill Inc. Singapore.
- Subdit, P.H. 2013. *Pedoman pelaksanaan optimalisasi sumber bibit/benih HPT di kelompok tahun 2014*. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian.
- Sugeng, Y.B. 2004. *Sapi Potong*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sugianto, Nurbaiti, & Deviona. 2015. Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter agronomis beberapa genotipe sorgum manis (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) koleksi batan. *Jurnal Fakultas Pertanian*. 2(1): 64–73.
- Sulistyowati, Y., Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie, S.W. Ardie, & S. Nugroho. 2016. Parameter Genetik dan Seleksi Sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Populasi F4 Hasil Single Seed Descent (SSD). *Jurnal Biologi Indonesia*. 12(2): 175–184.
- Sumarno, D. S. Damardjati, M. Syam, & Hermanto. 2013. *Sorgum : Inovasi teknologi dan pengembangan*. IAARD Press. Jakarta. 291 hlm.
- Yulita, R. & Risda. 2006. *Pengembangan sorgum di Indonesia*. Direktorat Budi daya Serealia. Ditjen Tanaman Pangan, Jakarta.