

## Heritabilitas dan Harapan Kemajuan Genetik Beberapa Karakter Kuantitatif Populasi Galur F<sub>4</sub> Kedelai Hasil Persilangan

Lukman Hakim<sup>1</sup> dan Suyamto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

Jl. Merdeka 147, Bogor 16111

Email: hadiwijayalukman@yahoo.com

<sup>2</sup>Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian

Jl. Kendaluyak, Km 66, Malang

---

Naskah diterima 2 Agustus 2011 dan disetujui diterbitkan 10 Januari 2012

---

### **ABSTRACT. Heritability and Expected Genetic Advances of Quantitative Traits in F<sub>4</sub> Progenies of Soybean Crosses.**

The F<sub>4</sub> soybean progenies derived from two cross combinations and their three parent varieties were evaluated for their heritability and expected genetic advances of quantitative traits, at Ngale Experimental Station, Ngawi, East Java during the dry season of 2009. The experiment was arranged in a randomized block design with three replications. Seeds of each F<sub>4</sub> progenies and their parents were sown in two rows of 4.5 m length of plots with a 40 cm x 15 cm plant spacing, two plants/hill. Plant population of each F<sub>4</sub> progenies and their parents were 120 plants in each replication. Among the characters observed, seed yield per plant, number of pods per plant, and days to maturity had the highest coefficient of variability, with the means of 50.4%, 47.4% and 43.9%, respectively. Number of branches, number of nodes per plant and days to flowering had the lowest coefficient of variability, and the means were 14.0%, 14.3% and 17.2%, respectively. The heritability estimates of the 8 quantitative characters ranged from 19.4% to 55.9%. Plant height, number of pods per plant, and days to maturity had the highest heritability estimates for the two crosses, namely 55.9%, 51.5% and 41.2%, respectively. The mean heritability estimate for seed yield per plant and number of nodes per plant were the lowest, namely 19.7% and 19.4%, respectively. Based on the F<sub>4</sub> data, selection on the number of pods per plant had the highest expected genetic advances of 41.8%, followed by the days to maturity (40.7%) and the plant height (38.0%). The mean of expected genetic advances for the number of branches and the number of nodes per plant were the lowest, namely 13.7% and 13.5%, respectively. In relation to the grain yield, the mean heritability estimate for seed yield per plant was low (19.7%). However, considerable genetic variability (50.4%) and genetic advances (35.8%) was present on the seed yield per plant.

*Key words: Soybean, heritability, genetic advance.*

**ABSTRAK.** Populasi galur F<sub>4</sub> keturunan dari dua kombinasi persilangan dan tiga varietas tetua kedelai dievaluasi heritabilitas dan harapan kemajuan genetik beberapa karakter kuantitatifnya di Kebun Percobaan Ngale, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur, pada MK 2009. Setiap galur F<sub>4</sub> dan varietas kedelai tetuanya ditanam dalam petak dua baris dengan panjang 4,5 m serta jarak tanam 15 cm dalam baris dan 40 cm antar baris. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Populasi setiap galur F<sub>4</sub> dan varietas tetua pada tiap petak masing-masing 120 tanaman untuk setiap ulangan. Dari delapan karakter kuantitatif yang diamati, hasil biji per tanaman, jumlah polong per tanaman dan umur polong masak menunjukkan koefisien keragaman genetik paling tinggi, masing-masing 50,4%, 47,4%, dan 43,9%. Jumlah cabang, jumlah

buku subur per tanaman, dan umur berbunga mempunyai koefisien keragaman paling rendah, rata-rata 14,0%, 14,3%, dan 17,2%. Rata-rata dugaan heritabilitas delapan karakter kuantitatif yang diamati berkisar antara 19,4%-55,9%. Tinggi tanaman, jumlah polong per tanaman, dan umur polong masak mempunyai nilai dugaan heritabilitas paling tinggi, rata-rata 55,9%, 51,5%, dan 41,2%. Nilai dugaan heritabilitas paling rendah ditunjukkan oleh hasil biji per tanaman dan jumlah buku subur, masing-masing 19,7% dan 19,4%. Berdasarkan data pada galur F<sub>4</sub>, seleksi pada jumlah polong per tanaman mempunyai nilai dugaan kemajuan genetik paling tinggi (41,8%), kemudian diikuti oleh umur polong masak (40,7%), dan tinggi tanaman (38,0%). Jumlah cabang dan jumlah buku subur per tanaman mempunyai nilai dugaan kemajuan genetik paling rendah, masing-masing hanya 13,7% dan 13,5%. Dalam hubungannya dengan hasil, hasil biji per tanaman mempunyai nilai dugaan heritabilitas rendah (19,7%), namun mempunyai keragaman genetik yang tinggi (50,4%) dan harapan kemajuan genetik cukup tinggi (35,8%).

Kata kunci: kedelai, heritabilitas, kemajuan genetik

**T**eknik pemuliaan kedelai pada umumnya memanfaatkan ketersediaan keragaman genetik tanaman pada populasi dari persilangan dua atau lebih tetua dan diikuti oleh seleksi individu tanaman. Kang (1994) melaporkan bahwa tersedianya ragam aditif dari sifat yang akan diseleksi mempermudah memperoleh genotipe yang diinginkan sesuai kriteria seleksi. Ragam aditif dari populasi dicerminkan oleh besarnya heritabilitas sifat yang diamati. Menurut Brim (1983), pengetahuan tentang heritabilitas dari setiap karakter kuantitatif dan hubungan antarkarakter sangat penting dalam program seleksi untuk perbaikan hasil kedelai.

Jansen (1983) melaporkan bahwa seleksi pada suatu populasi bersegregasi berdasarkan komponen hasil merupakan salah satu cara yang paling efisien untuk memperoleh galur atau varietas kedelai berdaya hasil tinggi. Menurut Fehr (1987), seleksi untuk tujuan hasil tinggi kurang efektif apabila karakter yang digunakan sebagai dasar kriteria seleksi tidak memiliki sifat mudah diwariskan walaupun berkorelasi positif dengan hasil biji. Pada tanaman padi, Gravois dan McNew (1993)

melaporkan bahwa seleksi untuk perbaikan hasil gabah melalui perbaikan komponen hasil akan lebih efektif apabila komponen hasil tersebut mudah diwariskan, independen secara genetik, dan berkorelasi positif dengan hasil.

Akhter dan Sneller (1996) melaporkan, pada galur  $F_3$  hasil persilangan antara dua varietas kedelai, hasil biji mempunyai dugaan heritabilitas 39,4%, tinggi tanaman 63%, dan umur polong masak 67%. Kang *et al.* (1983) melaporkan pada populasi galur  $F_3$ , rata-rata dugaan heritabilitas umur berbunga, umur polong masak, tinggi tanaman masing-masing 56,0%, 71,1% dan 70,2%. Dugaan heritabilitas untuk hasil biji relatif kecil, hanya 27,4%.

Program perbaikan varietas kedelai termasuk kedelai hitam yang banyak dimanfaatkan oleh industri kecap terus dilakukan. Salah satu varietas unggul kedelai hitam yang sudah dilepas adalah Cikuray. Hasil biji varietas Cikuray tergolong sedang (1,7 t/ha), cukup genjah (85 hari), dan mempunyai ukuran biji sedang (11-12 g/100 biji). Oleh karena itu, varietas Cikuray perlu diperbaiki hasilnya melalui program persilangan. Agar seleksi pada galur-galur hasil persilangan tersebut efektif, maka beberapa parameter genetik seperti variabilitas genetik, heritabilitas, dan kemajuan genetik yang erat hubungannya dengan hasil perlu dipelajari.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari dugaan heritabilitas dan kemajuan genetik beberapa karakter kuantitatif pada galur  $F_4$  keturunan dari dua kombinasi persilangan antara varietas kedelai berbiji kuning (Kaba dan SHR-W60) dengan kedelai hitam (Cikuray).

## BAHAN DAN METODE

Persilangan kedelai berbiji kuning (varietas Kaba dan galur SHR-W60) dengan kedelai hitam (Cikuray) dilakukan pada tahun 2004 di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang. Tujuan persilangan adalah untuk mendapatkan galur atau varietas kedelai hitam berdaya hasil tinggi (>2,5 t/ha) dan berumur genjah (<80 hari). Tanaman  $F_1$  dan galur  $F_2$  sampai  $F_3$  ditanam di Kebun Percobaan Kendalpayak, Malang. Populasi galur  $F_2$  dan  $F_3$  diseleksi dengan metode pedigree, yaitu memilih

tanaman yang berpolong banyak, umur genjah (<80 hari), dan warna biji hitam.

Populasi galur  $F_4$  keturunan dari dua kombinasi persilangan (SHR-W60 x Cikuray dan Kaba x Cikuray) dan tiga varietas tetua dievaluasi di Kebun Percobaan Ngale, Kabupaten Ngawi, pada MK 2009. Setiap populasi galur  $F_4$  dan varietas tetua ditanam dua baris dengan panjang barisan 4,5 m. Jarak tanam 40 cm x 15 cm, dua tanaman per rumpun. Rancangan percobaan acak kelompok, tiga ulangan. Populasi tanaman setiap galur  $F_4$  dan varietas tetua masing-masing 120 tanaman per petak untuk setiap ulangan.

Variabilitas antara tanaman  $F_4$  dari setiap kombinasi persilangan digunakan untuk mengukur varian genetik, sedangkan rata-rata variabilitas varietas tetua digunakan untuk menduga varian lingkungan. Pemupukan dilakukan pada saat tanam dengan dosis 50 kg urea, 100 kg SP36, dan 75 kg KCl/ha. Pemeliharaan tanaman meliputi pengairan, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara optimal sesuai kebutuhan. Data yang diamati untuk setiap individu tanaman ditentukan 10% dari populasi, yakni 12 tanaman per ulangan. Peubah yang diamati meliputi umur berbunga, umur polong masak, tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah buku subur, jumlah polong, ukuran biji (g/100 biji), dan hasil biji.

Untuk menduga heritabilitas (H) semua karakter yang diamati pada tanaman  $F_4$  dihitung dengan rumus Empig *et al.* (1970):

$$H = \frac{VF_4 - [(VP_1)(VP_2)]^{1/2}}{VP_2} \times 100$$

di mana :  $VF_4$  = varian antar tanaman  $F_4$

$VP_1$  = varian varietas tetua betina

$VP_2$  = varian varietas tetua jantan

Dugaan kemajuan genetik (GA) dihitung dengan rumus Empig *et al.* (1970), yaitu  $GA = K (VF_4)^{1/2} \times H/\bar{X}$ . Apabila intensitas seleksi 10%, maka  $K = 2,06$ ,  $VF_4$  = varian antartanaman  $F_4$ ,  $H$  = heritabilitas,  $\bar{X}$  = rata-rata populasi tanaman  $F_4$ .

Untuk menduga koefisien keragaman genetik digunakan rumus Empig *et al.* (1970), yaitu  $(VG/\bar{X}) \times 100$  di mana  $VG = VF_4 - [(VP_1)(VP_2)]^{1/2}$ .

Karakteristik varietas tetua SHR-W60, Kaba dan Cikuray yang digunakan dalam persilangan tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakter varietas tetua kedelai yang digunakan dalam persilangan.

Varietas	Umur berbunga (hari)	Umur polong masak (hari)	Tinggi tanaman (cm)	Ukuran biji (g/100 biji)	Rata-rata hasil (t/ha)	Warna biji
SHR-W60	36	78	58	11,7	2,3	kuning
Kaba	35	85	67	10,4	2,1	kuning
Cikuray	35	85	65	12,0	1,7	hitam

Sumber: Deskripsi varietas unggul kedelai dan laporan uji multilokasi galur harapan kedelai. Balitkabi, Malang.

Tabel 2. Koefisien keragaman genetik karakter kuantitatif galur F<sub>4</sub> pada dua kombinasi persilangan kedelai.

Karakter	Keragaman genetik (%)		Rata-rata (%)
	1	2	
Umur bunga (hari)	18,6	15,8	17,2
Umur polong masak (hari)	47,9	39,8	43,9
Tinggi tanaman (cm)	27,5	39,7	33,6
Jumlah cabang/tanaman	12,4	15,6	14,0
Jumlah buku subur/tanaman	15,1	13,4	14,3
Jumlah polong/tanaman	46,3	48,5	47,4
Ukuran biji (g/100 biji)	19,2	27,8	23,5
Hasil biji/tanaman (g)	56,3	44,5	50,4

1 dan 2 masing-masing adalah populasi galur F<sub>4</sub> dari dua kombinasi persilangan No. 1 (SHR-W60 x Cikuray) dan No. 2 (Kaba x Cikuray)

Tabel 3. Dugaan heritabilitas karakter kuantitatif galur F<sub>4</sub> pada dua kombinasi persilangan kedelai.

Karakter	Nilai dugaan heritabilitas (%)		Heritabilitas rata-rata (%)
	1	2	
Umur bunga (hari)	30,3	36,1	33,2
Umur polong masak (hari)	39,8	42,6	41,2
Tinggi tanaman (cm)	53,7	58,2	55,9
Jumlah cabang/tanaman	33,5	26,7	30,1
Jumlah buku subur/tanaman	20,6	18,3	19,4
Jumlah polong/tanaman	55,4	47,6	51,5
Ukuran biji (g/100 biji)	33,6	29,0	31,3
Hasil biji/tanaman (g)	18,3	21,1	19,7

1 dan 2 masing-masing adalah populasi galur F<sub>4</sub> dari dua kombinasi persilangan No. 1 (SHR-W60 x Cikuray) dan No. 2 (Kaba x Cikuray)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Keragaman Genetik

Keragaman genetik dari delapan karakter kuantitatif yang diamati disajikan pada Tabel 2. Rata-rata koefisien keragaman genetik galur F<sub>4</sub> dari dua kombinasi persilangan berkisar antara 14-50,4%. Karakter yang mempunyai koefisien keragaman genetik paling tinggi adalah hasil biji per tanaman (50,4%), jumlah polong per tanaman (47,4%), dan umur polong masak (43,9%). Karakter yang mempunyai rata-rata koefisien keragaman genetik paling rendah adalah jumlah cabang (14,0%), jumlah buku subur (14,3%) dan umur berbunga (17,2%). Tinggi tanaman mempunyai rata-rata koefisien keragaman genetik dengan nilai sedang (33,6%) dan ukuran biji mempunyai koefisien keragaman genetik relatif kecil (23,5%). Kecilnya keragaman genetik ukuran biji mungkin disebabkan ketiga tetua yang digunakan dalam persilangan mempunyai ukuran biji yang tidak jauh berbeda (Tabel 1).

Pada penelitian ini, hasil biji per tanaman, jumlah polong per tanaman, dan umur polong masak menunjukkan keragaman genetik yang cukup tinggi pada kedua kombinasi persilangan. Hal ini mengindikasikan bahwa seleksi untuk memperoleh

genotipe kedelai yang berdaya hasil tinggi atau berumur genjah mempunyai peluang cukup besar.

Pada kombinasi persilangan No.1 (SHR-W60 x Cikuray), umur polong masak dan hasil biji per tanaman menunjukkan keragaman genetik lebih tinggi daripada persilangan No. 2 (Kaba x Cikuray). Pada kombinasi persilangan No. 2, keragaman tinggi tanaman dan ukuran biji lebih tinggi daripada persilangan No.1. Pada dua kombinasi persilangan tersebut, keragaman umur berbunga, jumlah cabang, jumlah buku subur dan jumlah polong per tanaman relatif sama (Tabel 2).

### Heritabilitas dan Kemajuan Genetik

Dugaan heritabilitas delapan karakter kuantitatif yang diamati pada galur F<sub>4</sub> dari dua kombinasi persilangan berkisar antara 19,4-55,9%. Tinggi tanaman, jumlah polong per tanaman, dan umur polong masak mempunyai rata-rata dugaan heritabilitas paling tinggi, masing-masing 55,9%, 51,5%, dan 41,2% (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan bahwa pewarisan sifat ke tiga karakter tersebut pada generasi selanjutnya (F<sub>5</sub>) cukup besar, dan seleksi untuk memperoleh genotipe kedelai yang berbatang tinggi, berpolong banyak atau berumur genjah relatif mudah didapat. Hal yang sama dilaporkan oleh Ertl dan Fehr (1985), bahwa tinggi tanaman, jumlah

polong per tanaman, dan umur polong masak memiliki sifat *heritable* atau mudah diwariskan. Parida dan Singh (1984) melaporkan dugaan heritabilitas tinggi tanaman, jumlah polong per tanaman, dan umur polong masak kacang hijau juga cukup tinggi, masing-masing 56,6%, 65,9%, dan 43,1%.

Karakter lainnya yaitu umur berbunga, ukuran biji, dan jumlah cabang per tanaman mempunyai dugaan heritabilitas dengan nilai sedang, masing-masing 33,2%, 31,3%, dan 30,1%. Data tersebut memberikan petunjuk bahwa pewarisan sifat umur berbunga, ukuran biji, dan jumlah cabang pada generasi selanjutnya tidak begitu besar.

Pada penelitian ini, hasil biji per tanaman dan jumlah buku subur menunjukkan dugaan heritabilitas paling rendah, masing-masing hanya 19,7% dan 19,4% (Tabel 3). Hal yang sama dilaporkan oleh Board *et al.* (1999) bahwa dugaan heritabilitas hasil biji per tanaman dan buku subur juga kecil, hanya 27,8% dan 16,6%. Hal ini mengindikasikan pewarisan sifat hasil biji per tanaman dan buku subur pada generasi berikutnya relatif kecil. Imrie *et al.* (1985) melaporkan dugaan heritabilitas hasil biji per tanaman sebesar 21,1%. Mereka menyarankan seleksi untuk tujuan hasil tinggi berdasarkan kriteria hasil biji per tanaman perlu mempertimbangkan jumlah polong isi per tanaman dan ukuran biji.

Dugaan kemajuan genetik dari seleksi terhadap delapan karakter kuantitatif yang diamati pada galur  $F_4$  dengan intensitas 10% berkisar antara 13,5-41,8% (Tabel 4). Rata-rata kemajuan genetik paling tinggi ditunjukkan oleh jumlah polong per tanaman, umur polong masak, dan tinggi tanaman, masing-masing 41,8%, 40,7%, dan 38%. Hasil biji per tanaman dan umur berbunga mempunyai rata-rata harapan kemajuan genetik dengan nilai sedang, yaitu 35,8% dan 27,4%. Rata-rata harapan kemajuan genetik paling rendah ditunjukkan oleh jumlah cabang (13,7%) dan jumlah buku subur (13,5%).

Pada penelitian ini, harapan kemajuan genetik ukuran biji relatif kecil, rata-rata 19,3% (Tabel 4). Hal ini memberikan petunjuk bahwa kemajuan genetik yang dapat diperoleh dalam seleksi untuk satu generasi dari karakter tersebut diperkirakan hanya 19,3%. Ukuran biji mempunyai dugaan heritabilitas sedang (31,3%), dengan keragaman genetik relatif kecil (23,5%). Oleh karena itu, seleksi untuk meningkatkan hasil biji kedelai melalui perbaikan ukuran biji relatif sulit. Pandey dan Torrie (1983) melaporkan bahwa ukuran biji berkorelasi tidak langsung dengan hasil kedelai. Seleksi untuk perbaikan hasil kedelai melalui peningkatan ukuran biji perlu mempertimbangkan jumlah polong per tanaman.

Umur polong masak mempunyai dugaan heritabilitas yang tinggi (rata-rata 41,2%), dengan keragaman genetik dan harapan kemajuan genetik cukup tinggi (Tabel 2

Tabel 4. Dugaan kemajuan genetik dari seleksi terhadap karakter kuantitatif galur  $F_4$  dengan intensitas seleksi 10% pada dua kombinasi persilangan kedelai.

Karakter	Nilai kemajuan genetik (%)		Kemajuan genetik rata-rata (%)
	1	2	
Umur bunga (hari)	25,1	29,6	27,4
Umur polong masak (hari)	37,9	43,5	40,7
Tinggi tanaman (cm)	35,7	40,3	38,0
Jumlah cabang/tanaman	11,5	15,8	13,7
Jumlah buku subur/tanaman	16,3	10,7	13,5
Jumlah polong/tanaman	39,6	44,1	41,8
Ukuran biji (g/100 biji)	17,6	21,0	19,3
Hasil biji/tanaman (g)	38,4	33,2	35,8

1 dan 2 masing-masing adalah populasi galur  $F_4$  dari dua kombinasi persilangan No. 1 (SHR-W60 x Cikuray) dan No. 2 (Kaba x Cikuray)

dan 4). Weber dan Moorthy (1952) melaporkan dugaan heritabilitas umur polong masak pada galur  $F_2$  dari tiga kombinasi persilangan kedelai rata-rata 75,3%. Mereka menyatakan bahwa umur polong masak mudah diwariskan.

Dalam hubungannya dengan hasil, jumlah polong per tanaman mempunyai dugaan heritabilitas dan kemajuan genetik yang tinggi (51,5% dan 41,8%), dengan keragaman genetik yang cukup tinggi (47,4%). Menurut Sumarno dan Zuraida (2006), jumlah polong per tanaman berkorelasi positif sangat nyata dan berpengaruh langsung terhadap hasil biji. Oleh karena itu, perbaikan hasil kedelai hitam melalui peningkatan jumlah polong per tanaman sangat memungkinkan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

1. Populasi galur  $F_4$  hasil persilangan tiga tetua varietas kedelai berbiji hitam dan kuning menunjukkan umur polong masak, dan jumlah polong per tanaman mempunyai dugaan heritabilitas dan harapan kemajuan genetik yang tinggi. Dengan demikian, seleksi untuk memilih genotipe kedelai berbiji hitam yang berumur genjah atau berpolong banyak pada generasi selanjutnya relatif mudah diperoleh.
2. Jumlah polong per tanaman mempunyai koefisien keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik yang tinggi. Karena itu, perbaikan hasil kedelai hitam melalui peningkatan jumlah polong per tanaman sangat memungkinkan.
3. Ukuran biji mempunyai keragaman genetik relatif kecil, dengan dugaan heritabilitas sedang, dan

harapan kemajuan genetik relatif kecil. Dengan demikian, seleksi untuk perbaikan hasil biji kedelai melalui peningkatan ukuran biji relatif sulit.

4. Hasil biji per tanaman mempunyai rata-rata dugaan heritabilitas rendah, namun karakter tersebut mempunyai rata-rata keragaman genetik yang tinggi dan harapan kemajuan genetik cukup tinggi. Dengan demikian, studi pewarisan sifat (*inheritance*) hasil biji per tanaman perlu dilakukan guna menentukan karakter tersebut sebagai indikasi dalam seleksi untuk mendapatkan genotipe kedelai berdaya hasil tinggi.
5. Seleksi untuk mendapatkan galur kedelai hitam yang berpotensi hasil tinggi dan berumur genjah dengan cara memilih genotipe yang berpolong banyak dan umur polong masak genjah relatif mudah diperoleh karena kedua karakter tersebut mempunyai keragaman genetik, dugaan heritabilitas dan kemajuan genetik cukup tinggi, sehingga kedua sifat tersebut mudah diwariskan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akhter, M. and C.H. Sneller. 1996. Yield and yield components of early maturing soybean genotypes in the Mid-South. *Crop Science* 36:877-882.
- Board, J.E., M.S. Kang, and B.G. Hartville. 1999. Path analyses of the yield formation process for late-planted soybean. *Agronomy Journal* 91(1):128-135.
- Brim, C.A. 1983. Quantitative genetics and breeding. p. 155-186. In: J.R. Wilcox (Ed.). *Soybean improvement, production, and uses*. Second Edition. ASA Wisconsin No. 16.
- Empig L.T., R.M. Lantican, and P.B. Escuro. 1970. Heritability estimates of quantitative characters in mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.). *Crop Science* 10: 240-241.
- Ertl, D.S. and W.R. Fehr. 1985. Agronomic performance of soybean genotypes from *Glicine max* x *Glicine soya* crosses. *Crop science* 25: 589-592.
- Fehr, W.R. 1987. Breeding methods for cultivar development. p. 249-294. In: J.R. Wilcox (Ed.). *Soybean improvement production and uses*. ASA Wisconsin, USA.
- Gravois, K.A and R.W. Mc New. 1993. Genetic relationships among and selection for rice yield and yield components. *Crop Science* 33(2):249-251.
- Imrie, B.C. Ahmed Z.U. and J.P.J. Eerens. 1985. Heritability of seed weight in mungbean. *SABRAO Journal* 17:173-175.
- Jansen, N.F. 1983. Crop breeding as a design science. P21-30. In: D.R. Wood (Eds.) *Crop Breeding*. ASA-CSSA, Wisconsin.
- Kang, M.S., J.D. Miller, and Tai, Y.P.T. 1983. Genetic and phenotypic path analyses and heritability in soybean. *Crop Science* 23:643-647.
- Pandey, J.P. and J.H. Torrie. 1973. Path coefficient analysis of seed yield components in soybean. *Crop Science* 13:505-507.
- Parida D. and Singh D.P. 1984. Association, heritability and genetic advance in the F<sub>2</sub> generation of wide and varietal crosses of green gram. *Madras Agricultural Journal* 71:351-356.
- Sumarno dan Zuraida. 2006. Hubungan korelatif dan kausatif antara komponen hasil dengan hasil biji kedelai. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 25(1):38-43.