

KEMAJUAN SELEKSI DAN PENAMPILAN GALUR GENERASI F2–F4 PADA PERAKITAN KEDELAI BERUMUR GENJAH DAN UKURAN BIJI BESAR

N. Nugrahaeni, G.W.A. Santoso, dan Purwantoro
Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang

ABSTRAK

Persilangan buatan dan pengembangan galur yang bertujuan untuk mendapatkan galur dengan karakteristik potensi hasil tinggi, umur genjah, dan ukuran biji besar dilaksanakan di KP Genteng pada MK1 2010 (F2), di KP Kendalpayak pada MK2 2010 (F3), dan di KP Muneng pada MK1 2011 (F4). Tetua yang digunakan adalah enam varietas unggul yaitu Grobogan, Rajabasa, Baluran, Malabar, Mahameru dan Kaba. Varietas yang digunakan sebagai tetua mempunyai keunggulan pada salah satu karakter (biji besar, potensi hasil tinggi, umur genjah), namun mempunyai kelemahan pada karakter lainnya (umur sedang-dalam, biji sedang) kecuali varietas Grobogan yang memiliki ketiga keunggulan tersebut namun memiliki kelemahan pada daya adaptasi yang terbatas. Seleksi pada generasi F2 dan F3 menggunakan kriteria umur genjah dan ukuran biji, sedangkan pada F4 menggunakan kriteria seleksi hasil biji. Percobaan F4 menggunakan rancangan augmented yang diulang delapan kali dengan empat varietas pembanding (Anjasmoro, Grobogan, Argomulyo, dan Malabar). Ukuran plot 0,4 m x 4,5 m, jarak tanam 40 cm x 15 cm, dua tanaman per rumpun. Pupuk ZA 75 kg+ SP36 100 kg+KCl 75 kg/ha, dan pupuk organik 5 t/ha diberikan seluruhnya pada saat tanam. Hasil percobaan menunjukkan persilangan Grobogan/Malabar yang paling prospektif menghasilkan kedelai berumur genjah, ukuran biji besar, dan potensi hasil tinggi, ditandai oleh kemajuan seleksi yang tinggi. Koefisien keragaman genetik tertinggi didapatkan pada persilangan Baluran/Kaba, namun mempunyai ukuran biji sedang. Kedelai varietas Grobogan paling sesuai berpasangan dengan Malabar dengan indikasi keragaman umur dan ukuran biji pada populasi turunannya paling luas, umur dan ukuran biji sesuai dengan tujuan seleksi.

Kata kunci: *Glycine max*, hasil, ukuran biji, umur masak

ABSTRACT

Selection progress and performance of F2–F3 generation lines of soybean breeding program for high yield and large seed size. Artificial hybridization and line development aim to select high yield potential, early maturity, and large seed size soybean lines were carried out in Genteng Exp. Farm on DS1 2010 (F2 generation), in Kendalpayak Exp. Farm on DS2 2010 (F3 generation), as well as in Muneng Exp. Farm on MK1 2011 (F4 generation). Six varieties, namely, Grobogan, Rajabasa, Baluran, Malabar, Mahameru and Kaba were used to initiate segregating populations. Those parental varieties have one of the characters (large seed, high yield potential, or early maturity), but have weaknesses in other characters (medium to deep maturity, medium seed size) except Grobogan. Selection in F2 and F3 generations using early maturity and large seed size selection criteria, whereas seed yield was used as selection criteria in F4 generation. The experimental design used in F4 generation was augmented design which was repeated 8 times with 4 varieties (Anjasmoro, Grobogan, Argomulyo, and Malabar) as check varieties. Plot size was 0.4 m x 4.5 m. Plant spacing was 40 cm x 15 cm, two plants per hill. ZA 75 kg + 100 kg SP36 + KCl 75 kg per ha, and organic manure 5 t/ha are given entirely at planting time. Research result showed that

cross combination Grobogan/Malabar is the most prospective pair to derive high yield potential, early maturity, and large seed size soybean lines, characterized by high expected selection gain. Highest genetic variability was found within Baluran/Kaba cross combination, but having average seed size of medium size. That figure out the low opportunity to obtain large seed size lines. Malabar was best suited to cross with Grobogan indicated by the widest variability within progeni's seed size and maturity and tha maturity and seed size average values are in accordance with the selection goals.

Key words: *Glycine max*, yield, seed size, maturity

PENDAHULUAN

Varietas unggul merupakan komponen teknologi yang mudah diadopsi petani apabila benihnya tersedia. Umur genjah dan potensi hasil tinggi merupakan karakter penting yang berhubungan dengan pola tanam dan peningkatan pendapatan petani. Sejumlah varietas telah mempunyai karakter unggul, namun masih terdapat beberapa kelemahan, diantaranya adalah umur sedang hingga dalam, ukuran biji kecil hingga sedang, dan potensi hasil rendah. Varietas yang berpotensi hasil tinggi adalah Merubetiri, Argopuro, Mitani, Grobogan, Detam 1, Kipas Merah, Baluran, Rajabasa, Arjasari; varietas dengan ukuran biji besar adalah Mitani, Detam 1, Anjasmoro, Rajabasa, Arjasari, Gumitir, Argomulyo, Burangrang, Mahameru, Baluran, Argopuro, Grobogan, Panderman; dan varietas berumur genjah adalah Lawu, Malabar, Tengger, Meratus, Gepak Kuning, Dieng, Guntur, Lokon, Tidar, Petek, Lumajang Bewok, Gepak ijo, Grobogan, dan Leuser. Varietas Baluran, Grobogan, Mahameru, Malabar, Kaba, dan Rajabasa digunakan sebagai tetua dalam penelitian. Dari persilangan tersebut diharapkan dapat diisolasi galur-galur berpotensi hasil tinggi, berumur genjah, dan berukuran biji besar.

Tersedianya keragaman yang tinggi pada karakter-karakter yang diperbaiki, dan diwariskan pada keturunannya merupakan indikasi keberhasilan program perakitan varietas. Karakter potensi hasil tinggi berkorelasi negatif dengan umur genjah (Nugrahaeni 2010; Sumarno & Zuraida 2006) sehingga tujuan untuk mendapatkan varietas berdaya hasil tinggi dan berumur genjah perlu waktu lama dengan kemajuan seleksi yang rendah. Varietas Grobogan mempunyai potensi hasil tinggi (3,4 t/ha), berukuran biji besar (18 g/100 biji), dan berumur genjah (± 76 hari). Kelemahan varietas Grobogan adalah daya adaptasi yang spesifik pada lingkungan optimal. Keragaman lingkungan produksi kedelai yang sangat luas membatasi pengembangan varietas kedelai yang telah memiliki karakter ideal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan galur kedelai yang berpotensi hasil tinggi, berukuran biji besar, dan berumur genjah yang diharapkan akan menjadi varietas yang beradaptasi luas.

BAHAN DAN METODE

Pengembangan galur diawali dengan pembuatan populasi bersegregasi dengan menggunakan enam varietas sebagai tetua, yaitu Grobogan, Rajabasa, Baluran, Malabar, Mahameru, dan Kaba. Karakteristik varietas yang digunakan sebagai tetua dalam pembentukan populasi bersegregasi dicantumkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik tetua persilangan buatan dalam pengembangan galur kedelai potensi hasil tinggi, umur genjah, dan biji besar.

Varietas	Potensi hasil (t/ha)	Umur panen (hari)	Bobot biji (g/100 biji)	Asal
Kaba	3,25	85	10,4	Silang ganda 16 tetua
Mahameru	2,16	84-95	17,0	Populasi Mansuria
Baluran	3,50	80	16,0	Persilangan AVRDC
Rajabasa	3,90	82-85	15,0	Mutasi pada varietas Guntur
Grobogan	3,40	76	18,0	Pemurnian var lokal Grobogan
Malabar	1,27	70	12,0	Persilangan No. 1592 x Wilis

Baluran, Mahameru, dan Rajabasa adalah varietas berbiji besar, berumur sedang, dan beradaptasi luas. Varietas Kaba berbiji sedang, potensi hasil tinggi, adaptasi luas. Varietas Malabar berumur genjah berukuran biji sedang, dan Grobogan adalah varietas berbiji besar, berumur genjah, dan mempunyai potensi hasil tinggi. Kombinasi persilangan yang dibuat adalah Grobogan/Malabar, Grobogan/Mahameru, Grobogan/Kaba, Rajabasa/Grobogan, Baluran/Mahameru, Baluran/Rajabasa, Baluran/Kaba, dan Malabar/Grobogan. Pengembangan galur hasil persilangan dilakukan di KP Genteng pada MK1 2010 (generasi F2), di KP Kendalpayak pada MK2 2010 (generasi F3), dan di KP Muneng pada MK1 2011 (generasi F4).

Generasi F2

Famili F2 bersama dengan tetua ditanam di KP Genteng pada MK1 2010. Jarak tanam yang digunakan adalah 40 cm x 10 cm, satu tanaman/lubang. Seratus tanaman dari populasi F2 dan 30 tanaman dari setiap tetua diambil secara acak untuk pengamatan tinggi tanaman, ukuran biji dan bobot biji per tanaman. Untuk menilai potensi masing-masing seri persilangan sebagai bahan seleksi dihitung rata-rata, standar deviasi, dan koefisien keragaman untuk masing-masing populasi F2 dan heritabilitas arti luas dugaan yang dihitung mengikuti rumus Mahmud dan Kramer (1951) dalam Fehr (1987), yaitu:

$$h^2 = (\sigma^2_{F2} - \sqrt{(\sigma^2_{P1} \sigma^2_{P2})}) / \sigma^2_{F2}$$

di mana:

h^2 = heritabilitas arti luas

σ^2_{F2} = ragam fenotipe diantara tanaman F₂

σ^2_{P1} = ragam fenotipe diantara tanaman tetua P₁

σ^2_{P2} = ragam fenotipe diantara tanaman tetua P₂

Kemajuan genetik (%) pada intensitas seleksi 10% dihitung mengikuti Falconer (1989) menggunakan formula $KG = i \times H \times \sigma_p$. Koefisien keragaman genetik dihitung dengan rumus $KKG = (\sigma^2_G) / \text{rata-rata} \times 100\%$

Generasi F3

Tanaman F3 terpilih ditanam di KP Kendalpayak pada MK2 2010. Setiap tanaman dari seri persilangan yang sama ditanam pada petak 0,8m x 2m. Jarak tanam 40 cm x 15 cm, satu tanaman per rumpun. Pupuk Urea 50 kg+SP18 200 kg+ KCl 75 kg, dan pupuk kandang 5 t/ha diberikan seluruhnya pada saat tanam. Pengendalian hama, penyakit, dan gulma dilakukan secara intensif. Pengamatan meliputi ukuran biji dan umur panen.

Generasi F4

Sebanyak 836 galur F4 terpilih pada generasi F3 ditanam di KP Muneng pada MK1 2011. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan augmented yang diulang delapan kali untuk MK1 dengan empat varietas (Anjasmoro, Grobogan, Argomulyo, dan Malabar) sebagai pembanding. Ukuran plot 0,4m x 4,5m, jarak tanam 40 cm x 15 cm, dua tanaman per rumpun. Pupuk ZA 75 kg +SP36 100 kg+KCl 75 kg per ha, dan pupuk organik 5 t/ha diberikan seluruhnya pada saat tanam. Pengendalian hama, penyakit dan gulma dilakukan secara intensif. Pengamatan meliputi hasil biji, ukuran biji, dan umur panen. Keunggulan galur dinilai dengan membandingkan nilai tengah galur yang bersangkutan dengan nilai LSI (*least significant increase*) (Peterson 1994).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemajuan Seleksi Harapan Populasi F2

Populasi bahan seleksi ini ditujukan untuk mendapatkan galur-galur kedelai potensi hasil tinggi, umur genjah, dan berukuran biji besar. Varietas Grobogan yang mempunyai umur genjah, ukuran biji besar, dan potensi hasil tinggi diharapkan dapat mewariskan keunggulan karakter-karakter tersebut pada turunan hasil persilangannya. Umur genjah adalah umur panen ≤ 79 hari, ukuran biji besar adalah biji dengan ukuran >13 g/100 biji (Adie & Krisnawati 2009). Namun, pada penelitian ini, Grobogan masak pada umur 88 hari (Tabel 2), lebih panjang dibanding umur masak normalnya yang hanya 76 hari. Grobogan merupakan salah satu varietas unggul yang tergolong tidak stabil, dan pada tahun 2010 curah hujan relatif tinggi sepanjang tahun. Tanaman kedelai tergolong peka terhadap kondisi lingkungan.

Tabel 2. Rata-rata, simpangan baku, koefisien keragaman genetik, heritabilitas, dan kemajuan genetik pada umur masak kedelai. Genteng, 2010.

Persilangan	Umur masak (hari)	Simpangan baku	Koef. keragaman genetik	Heritabilitas	Kemajuan genetik (%)
Baluran/Grobogan	79,5	2,4	5,4	77,8	11,2
Baluran/Kaba	81,1	2,6	5,3	62,0	10,9
Baluran/Rajabasa	81,2	2,7	5,3	58,2	10,8
Grobogan/Kaba	82,1	2,2	4,2	71,6	8,6
Grobogan/Rajabasa	81,3	2,6	6,1	75,4	12,5
Grobogan/Malabar	78,7	2,2	4,8	75,9	9,9
Malabar/Grobogan	78,0	0,6	-0,7	-204,0	-2,6
Grobogan/Mahameru	85,0	1,7	0,25	7,2	0,5
Baluran/Mahameru	81,6	2,5	1,12	14,9	2,3

Nilai rata-rata ukuran biji dan umur masak tetua dan progeni ditampilkan pada Tabel 2 dan 3. Pada populasi yang dievaluasi, keragaman tinggi didapatkan pada karakter ukuran biji, sedangkan keragaman umur masak relatif sempit. Nilai heritabilitas umur masak relatif tinggi, yang menunjukkan adanya perbedaan genetik cukup besar diantara tetua yang digunakan. Hal yang sama didapatkan oleh Arsyad (1988) yang mendapatkan karakter umur masak mempunyai heritabilitas tinggi, 0,7–0,9. Nilai heritabilitas yang tinggi juga didapatkan pada ukuran biji pada beberapa seri persilangan (Tabel 3). Populasi ini menunjukkan adanya peluang untuk memilih genotipe yang mempunyai ukuran biji besar atau berumur genjah pada generasi F2 dan generasi selanjutnya (Borojevic 1990).

Tabel 3. Rata-rata, simpangan baku, koefisien keragaman genetik, heritabilitas, dan kemajuan genetik pada ukuran biji kedelai Genteng, 2010.

Persilangan	Bobot biji (g/100 biji)	Simpangan baku	Koef. Keragaman genetik	Heritabilitas	Kemajuan genetik (%)
Baluran/Rajabasa	12.0	2.7	58.4	21.51	9,8
Baluran/Grobogan	14.0	2.7	50.4	-6.80	-2,6
Baluran/Kaba	10.5	3.7	129.4	88.37	63,8
Grobogan/Kaba	14.8	2.6	21.2	47.22	16,9
Grobogan/Rajabasa	11.2	3.3	-13.6	-14.33	-8,6
Grobogan/Malabar	16.1	4.9	84.6	57.47	35,8
Malabar/Grobogan	15.9	4.8	80.8	56.04	34,7

Kunci keberhasilan seleksi adalah adanya keragaman pada generasi F2. Menurut Cruz dan Carneiro (2003), keberhasilan perbaikan karakter suatu tanaman adalah adanya keragaman karakter dalam populasi yang diseleksi dan mewarisi karakter tetuanya. Oleh karena itu informasi yang didapatkan dari nilai heritabilitas sangat diperlukan oleh pemulia untuk mengelola populasi bersegregasi. Berdasarkan nilai tengah, nilai heritabilitas dan harapan kemajuan genetik, maka enam seri persilangan (Baluran/Rajabasa, Baluran/Grobogan, Baluran/Kaba, Grobogan/Kaba, Grobogan/Malabar, Malabar/Grobogan) dipilih untuk seleksi pedigree dan diteruskan ke generasi F3.

Penampilan Hasil Seleksi F3

Populasi F3 yang ditanam berdasarkan hasil seleksi pada generasi F2 mempunyai ukuran biji besar dan hasil biji per tanaman tinggi dengan keragaman yang cukup luas (Tabel 4). Pada galur-galur berumur genjah (<80 hari), ukuran biji berkorelasi erat dengan hasil biji. Data tersebut menunjukkan tanaman terpilih berukuran biji besar akan mempunyai hasil yang tinggi. Pada seleksi generasi F3 terpilih sebanyak 836 galur F4 yang mempunyai rata-rata umur masak 78 hari (kisaran 77–79 hari), ukuran biji 16 g/100biji (kisaran 13,1–25,6 g/100 biji), dan bobot biji per tanaman 20,3 g (kisaran 6,65–44,7 g/tanaman). Varietas pembanding Grobogan masak pada umur 79 hari, ukuran biji 19,4 g/100biji, dan bobot biji per tanaman 23,9 g (Tabel 5).

Tabel 4. Rata-rata dan kisaran bobot 100 biji dan bobot biji per tanaman pada populasi F3 Kendalpayak, 2010.

Karakter	Rata-rata	Minimum	Maksimum	Simpangan baku
Bobot 100 biji (g)	15,5	15,4	25,6	8,1
Bobot biji/tan (g)	17,7	17,0	39,76	3,22

Tabel 5. Rata-rata bobot 100 biji, bobot biji per tanaman, dan jumlah polong isi per tanaman pada galur-galur genjah terpilih pada generasi F3 Kendalpayak, 2010.

Pedigri	Bobot 100 biji	Bobot biji/tan	Jumlah polong isi/tanaman	Jumlah tan terpilih
Baluran/Grobogan	15.5	21.1	64.8	27
Baluran/Kaba	16.0	18.5	57.8	24
Baluran/Rajabasa	14.1	16.3	56.7	9
Grobogan/Kaba	15.1	18.0	56.3	24
Grobogan/Malabar	16.1	20.9	62.6	425
Malabar/Grobogan	15.9	20.5	63.0	323
Grobogan	19.4	23.9	40.1	-

Penampilan Hasil Seleksi F4

Varietas pembandingan yang digunakan memiliki nilai karakter yang beragam, dan varietas Grobogan unggul dalam hasil biji, sedangkan Argomulyo dan Malabar unggul dalam umur panen (Tabel 6 dan 7). Nilai galat yang didapatkan pada sidik ragam varietas pembandingan digunakan dalam penghitungan nilai LSI untuk menilai keunggulan galur-galur yang diseleksi.

Hasil biji berkorelasi negatif dengan umur masak, yang menunjukkan bahwa hasil tinggi bisa dicapai oleh galur-galur dengan umur lebih genjah pada populasi F4 (Tabel 8). Hal ini berbeda dengan yang didapatkan oleh Arshad dan Ghafoor (2006) serta Malik *et al.* (2007). Karakter umur genjah dari Grobogan dan Baluran yang diikuti oleh karakter potensi hasil tinggi atau tidak menghilangkan karakter hasil tinggi yang telah dimiliki oleh sebagian tetua yang digunakan dalam percobaan.

Tabel 6. Sidik ragam varietas pembandingan pada seleksi galur kedelai potensi hasil tinggi, umur genjah, dan biji besar, Muneng-Probolinggo, 2011.

Sumber keragaman	Kuadrat tengah				
	Umur masak	Hasil biji (g/1.8m ²)	Bobot biji (g/100biji)	∑ Polong isi/tan	Tinggi tanaman
Ulangan	3.125ns	3489ns	0.814ns	79.21ns	99.14ns
Galur	50.708**	30943**	60.0**	220.11*	394.53**
Galat	2.946	2307	1.465	62.02	42.98
KK (%)	2.2	20	9.3	17.6	9.8
Rata-rata	77.2	238.2	12.9	44.7	66.4

Tabel 7. Nilai rata-rata karakter agronomi yang diamati pada kelompok varietas pembandingan, Muneng, 2011.

	Umur masak (hari)	Umur berbunga (hari)	Bobot 100 biji (g)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah polong isi/tan	Hasil biji/plot
Grobogan	79	31	15	62	37	287a
Argomulyo	77	30	11	64	42	192b
Malabar	77	30	9	66	49	191c
Anjasmoro	82	31	13	78	38	138d

Tabel 8. Korelasi antarkarakter diamati pada populasi F4, Muneng, 2011

Karakter	Umur masak (hari)	Bobot biji (g/100 biji)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah polong isi
Bobot biji (g/100 biji)	0.16**			
Tinggi tanaman (cm)	0.03ns	-0.09**		
Jumlah polong isi	-0.17**	-0.20**	0.09**	
Hasil biji (t/ha)	-0.48**	-0.01ns	0.02ns	0.10**

Di antara galur-galur generasi F4 yang diseleksi, 185 galur berumur lebih genjah dibanding varietas pembanding tergenjah, 159 galur diantaranya memberikan hasil biji lebih tinggi dibanding varietas Anjasmoro, 11 galur berdaya hasil lebih tinggi dibanding varietas Argomulyo, 97 galur lebih tinggi dibandingkan varietas Malabar, dan lima galur mempunyai hasil biji lebih tinggi dibanding varietas Grobogan. Empat dari lima galur yang mempunyai hasil lebih tinggi dibanding Grobogan mempunyai umur panen lebih genjah dibanding Grobogan (Tabel 9). Galur-galur yang lebih unggul dibanding Grobogan jumlahnya terbatas, terutama untuk ukuran biji. Hal yang sama juga didapatkan pada persilangan antara Slamet dan Nakhonsawan (Jambornias *et al.* 2007). Grobogan menunjukkan keragaman keragaan di lintas lokasi, sehingga diperlukan pengujian daya hasil di beberapa lokasi untuk menilai potensi hasil galur-galur yang diseleksi dibandingkan dengan Grobogan. Apabila galur-galur yang terpilih mempunyai kelebihan dalam stabilitas hasil dibandingkan Grobogan, berarti merupakan perbaikan karakter daya stabilitas untuk varietas Grobogan. Varietas Grobogan hanya adaptif di lingkungan optimal, lembab namun tidak basah dan tidak toleran terhadap cekaman kekurangan air. Fenomena interaksi genotipe x lingkungan umum terjadi pada tanaman semusim, termasuk kedelai. Fenomena tersebut dapat digunakan untuk menilai daya adaptasi suatu galur, mampu beradaptasi luas atau hanya unggul di lingkungan spesifik (Baihaki dan Wicaksono 2007).

Tabel 9. Karakteristik galur-galur yang lebih unggul dibandingkan varietas pembanding Grobogan, Muneng, 2011.

	Umur masak (hari)	Bobot 100biji (g)	Tinggi tan. (cm)	Jumlah polong isi	Bobot biji/plot (g)
Malabar/Grobogan-6-6	72	13.96	58	64	367
Grobogan/Kaba-1-26	77	13.18	72	65	355
Malabar/Grobogan-4-3	74	14.12	67	50	354
Grobogan/Malabar-4-6	74	16.58	56	49	350
Malabar/Grobogan-10-8	75	13.36	74	55	349
LSI terhadap rata-rata pembanding					56.9

KESIMPULAN

- Persilangan Grobogan/Malabar adalah pasangan yang paling prospektif menghasilkan kedelai berumur genjah, ukuran biji besar, dan berpotensi hasil tinggi, ditandai oleh kemajuan seleksi harapan yang tinggi.
- Koefisien keragaman genetik tertinggi didapatkan pada persilangan Baluran/Kaba, namun mempunyai ukuran biji sedang (ukuran biji Kaba), sehingga peluang untuk mendapatkan galur berbiji besar relatif kecil.
- Kedelai varietas Grobogan paling sesuai berpasangan dengan Malabar dengan indikasi keragaman umur dan ukuran biji pada populasi turunannya paling luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Adie MM, Krisnawati A. 2007. Biologi Tanaman Kedelai. Hal. 43–73. Dalam Sumarno, Suyanto, A. Widjono, Hermanto, H. Kasim. (Penyunting) Kedelai: Teknik Produksi dan Pengembangan. Puslitbangtan, Badan Litbangtan. Kinerja Penelitian Mendukung agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 57–69
- Arshad MN, Ali, Ghafoor A. 2006. Character correlation and path coefficient in soybean *glycine max (l.) Merrill*. Pak. J. Bot., 38(1): 121–130
- Arsyad DM. 1988. Pendugaan parameter dan model genetic sifat umur kedelai. Ringkasan pada <http://Situs online PDII LIPI>, tanggal akses 26 Oktober 2011
- Baihaki A, Wicaksana N. 2007. Interaksi genotip \times lingkungan, adaptabilitas, dan stabilitas hasil, dalam pengembangan tanaman varietas unggul di Indonesia . Zuriat 16:1–8
- Cooper RL. 1971. Influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly productive environments. Agron. J. 63 : 490–493.
- Damardjati DS, Marwoto, Swastika DKS, Arsyad DM, Hilman Y. 2005. Prospek dan arah pengembangan agribisnis kedelai. Badanlitbang Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Hermanto, Dedik Sadikin W, Edi Hikmat . 2009. Deskripsi P Varietas Unggul Palawija: 1918–2009. Puslitbangtan, Badanlitbangtan
- Jambormias E, Sutjahjo SH, Jusuf M, Suharsono. 2007. Keragaan dan Keragaman Genetik Sifat-sifat Kuantitatif Kedelai (*Glycine max L. Merrill*) pada Generasi Seleksi F6 Persilangan Varietas Slamet x Nakhonsawan1. Bul. Agron. 35: 168–175
- Malik MFA, Ashraf M, Qureshi AS, Ghafoor A. 2007. Assessment of genetic variability, correlation, and path analyses for yield and its components in soybean. Pak. J. Bot., 39(2): 405–413.

- Malik MFA, Ashraf M, Qureshi AS, Ghafoor A. 2006. Utilization of diverse germplasm for soybean improvement. *Asian J. Plant Sci.*5:663–667
- Slamet S, Suyamto. 2000. Uji daya hasil pendahuluan kedelai toleran kekeringan. Laporan Teknik Hasil Penelitian Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- Steel RGD, Torrie JH. 1980. Principles and Procedure of Statistics: A Biometrical Approach. 2nd ed. Mac-Graw Hill Inc.
- Suhartina, Nur A. 2005. Evaluasi galur-galur harapan kedelai hitam toleran terhadap kekeringan. Laporan Akhir Tahun: Hasil Penelitian Komponen Teknologi Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Tahun 2005.
- Suhartina, Arsyad DM. 2005. Toleransi galur dan varietas kedelai terhadap cekaman kekeringan. Lokakarya dan Seminar Nasional: Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. Puslitbang Tanaman pangan.