

**WARNA DAN LAMA PENGUSANGAN CEPAT TERHADAP VIABILITAS
DAN VIGOR BENIH KACANG PANJANG DAN KACANG TUNGGAK**

***COLOR AND ACCELERATED AGING ON SEED VIABILITY AND VIGOR OF
BEAN AND COWPEA***

Meksy Dianawati^{*)}

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat

ABSTRACT

Seed quality includes four qualities i.e. physical, physiological, genetical, and pathological quality. In terms of physical quality of seed, color can be used as indicators of quality of seed physiology, because color is very easily observed visually by the seed users. The goal of this study was to determine the effect of seed color and accelerated aging on viability and seed vigor of bean and cowpea. This research was conducted in November 2010 at the Seed Technology Laboratory and Physics Laboratory, Bogor Agricultural University. This study used split plot design with a randomized completed block design which the main plot was seed color and the subplot was accelerated aging. The main plot consisted of two seed color treatments on bean and three on cowpea, while the subplot consists of three accelerated aging levels i.e. 2 days, 1 day, and 0 day. Each treatment consisted of three replications and each replication was taken 25 seeds samples. The results showed that accelerated aging could detect viability and vigor bright bean seeds early. Dark cowpea seeds have lower germination rate and maximum growth potential lower than medium and light seeds. The longer accelerated aging, the lower viability and vigor seed on cowpea.

Key-words: bean, cowpea, seed

INTISARI

Mutu benih mencakup empat mutu, yaitu mutu fisik, fisiologis, genetik, dan patologi. Dalam hal mutu fisik benih, warna dapat dijadikan indikator mutu fisiologi benih, karena visual warna sangat mudah diamati oleh pengguna benih. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh warna benih dan lama pengusangan cepat terhadap viabilitas dan vigor benih kacang panjang dan kacang tunggak. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2010 di Laboratorium Teknologi Benih dan Laboratorium Fisika, Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini menggunakan metode rancangan split plot dengan Rancangan Acak Kelompok, dalam hal ini petak utama adalah warna benih dan anak petak adalah lama pengusangan cepat. Petak utama warna benih terdiri dari dua perlakuan pada kacang panjang dan tiga perlakuan pada kacang tunggak, sedangkan anak petak lama pengusangan terdiri dari tiga taraf perlakuan, yaitu dua hari, satu hari, dan nol hari. Setiap perlakuan terdiri dari tiga ulangan dan setiap ulangan diambil 25 sampel benih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengusangan fisik cepat dapat mendeteksi viabilitas dan vigor secara dini pada benih kacang panjang warna terang. Benih kacang tunggak warna gelap nyata memiliki daya kecambah dan potensi maksimum lebih rendah daripada benih warna sedang dan terang. Semakin lama diusangkan, viabilitas dan vigor benih kacang tunggak menurun.

Kata kunci: kacang panjang, kacang tunggak, benih

^{*)} Alamat penulis untuk korespondensi: Meksy Dianawati. BPTP Jawa Barat. Jln. Kayuambon 80, Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat. E-mail: meksyd@yahoo.com

PENDAHULUAN

Ketidakterhasilan produksi tanaman seringkali sebagai akibat penggunaan benih bermutu yang rendah. Oleh karena itu benih merupakan salah satu faktor utama penentu keberhasilan kegiatan budidaya tanaman. Benih bermutu sendiri sangat ditentukan oleh kondisi tanaman pada waktu di lapangan, pengolahan, penyimpanan, dan distribusi benih. Produksi dan pengolahan benih yang baik akan mempertahankan mutu benih.

Mutu benih mencakup empat mutu, yaitu mutu fisik, fisiologis, genetis, dan patologi. Karakter biofisik dapat menjadi informasi viabilitas dan vigor benih yang bersifat langsung karena mudah diamati secara visual. Salah satu karakter biofisik benih yang penting adalah warna benih. Penentuan waktu panen berdasarkan warna kulit buah di tingkat petani merupakan cara termudah, sehingga penentuan waktu panen sering dilakukan berdasarkan warna buah (Adikadarsih & Hartono 2006).

Warna sering dihubungkan dengan tingkat kemasakan atau dalam hal benih, dihubungkan dengan waktu masak fisiologis. Panen yang dilakukan sebelum masak fisiologis dapat menurunkan mutu benih. Namun bila pemanenan ditangguhkan, maka sebagian hasil panen akan hilang, rontok, dimakan serangga, dan benih yang tersisa akan mudah mundur viabilitasnya karena deraan cuaca. Oleh karena itu pemanenan pada saat yang tepat, yaitu saat masak fisiologis, adalah sangat penting dalam mendapatkan mutu benih yang tinggi dan mutu daya simpan yang panjang. Menurut Wirawan & Wahyuni (2004), panen yang dilakukan sebelum masak fisiologis akan menghasilkan benih yang kurang berkualitas. Delouche (1983)

menyatakan bahwa saat masak fisiologis benih merupakan saat panen yang tepat karena pada saat tersebut, bobot kering dan vigor benih dalam keadaan maksimum.

Kemasakan sendiri merupakan kombinasi pemutusan klorofil dan pembentukan karotenoid hingga antosianin, sehingga kandungan kimiawi seperti klorofil dan karoten dapat menjadi penduga tingkat kemasakan benih (Suhartanto 1994). Suhartanto (2003) melaporkan bahwa kandungan klorofil benih tomat berkorelasi negatif dengan daya kecambahnya. Prasetyaningsih (2006) melaporkan bahwa karoten total karoten benih cabe rawit berkorelasi positif dengan mutu benih.

Beberapa hasil penelitian pengaruh warna benih terhadap viabilitas dan vigor benih telah dilakukan. Menurut Krisna *et al.* (2005), warna benih memengaruhi indeks vigor, bobot kering, dan basah kecambah. Benih terang memiliki perkecambahan yang paling tinggi karena memiliki nisbah shoot/root yang paling baik. Saedi & Mirik (2006) melaporkan bahwa benih *Linum usitatissimum* warna terang justru memiliki vigor yang rendah karena benih gelap lebih tahan terhadap mikroorganisme tular tanah karena kandungan tannin yang dimilikinya. Mugnisyah (1991) menyatakan bahwa varietas kedelai ukuran kecil atau sedang umumnya memiliki warna gelap, tingkat permeabilitas rendah, dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kondisi penyimpanan yang kurang baik dibandingkan varietas berukuran besar dan berwarna terang.

Kemunduran benih merupakan proses penurunan mutu secara berangsur-angsur dan kumulatif serta tidak dapat balik akibat perubahan fisiologis yang

disebabkan oleh faktor dalam dan luar benih. Untuk menguji viabilitas dan vigor benih lebih dini, dapat digunakan Metode Pengusangan Cepat (MPC), baik secara fisik maupun kimia. MPC merupakan sistem pengujian viabilitas benih dalam dimensi waktu untuk mensimulasi viabilitas benih melalui proses devigorasi yang dimultiplikasi. Penurunan viabilitas benih dapat diindikasikan lebih dini dengan menggunakan uji MPC. Reinita (1993) melaporkan bahwa MPC dapat mendeteksi penurunan vigor benih akibat kelembaban tinggi, guncangan, dan interaksinya. Marwanto (2003) melaporkan bahwa benih kedelai hitam lebih tahan derasan cuaca daripada benih kuning. Sukarman & Rahardjo (2000) melaporkan bahwa kedelai berbiji kecil dan berwarna gelap lebih tahan dalam derasan fisik suhu 42°C dan kelembaban 100 persen dibandingkan varietas berukuran biji besar dan berwarna terang. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari pengaruh warna benih (K_{ij}) lama pengusangan cepat fisik terhadap viabilitas dan vigor benih kacang panjang dan kacang tunggak.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2010 di Laboratorium Teknologi Benih dan Laboratorium Fisika, Institut Pertanian Bogor. Benih yang digunakan adalah benih kacang panjang dan kacang tunggak yang berasal dari kios pertanian.

Metode. Penelitian menggunakan metode rancangan split plot dengan rancangan acak kelompok, di sini petak utama adalah warna benih dan anak petak adalah lama pengusangan cepat. Petak utama warna benih terdiri dari dua taraf perlakuan pada kacang panjang dan tiga taraf perlakuan

pada kacang tunggak. Anak petak lama pengusangan terdiri dari tiga taraf perlakuan, yaitu dua hari, satu hari, dan nol hari. Setiap perlakuan terdiri dari tiga ulangan dan setiap ulangan diambil 25 sampel benih, sehingga diperoleh 450 benih kacang panjang dan 675 benih kacang tunggak. Model rancangan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + \delta_{ij} + K_j + (PK)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Di sini: $i = 1, 2$, pada kacang panjang dan $1, 2, 3$ pada kacang tunggak

$j = 1, 2, 3$

$k = 1, 2, 3$

Y_{ijk} = Pengamatan pada perlakuan warna benih ke- i , lama pengusangan cepat ke- j dan ulangan ke- k

μ = Rataan umum

P_i = pengaruh warna benih pada taraf ke- i

δ_{ij} = Pengaruh galat pada perlakuan warna benih ke- i dan ulangan ke- k

K_j = pengaruh perlakuan lama pengusangan cepat pada taraf ke- j

$(PK)_{ij}$ = pengaruh interaksi antara perlakuan warna benih pada taraf ke- i dan lama pengusangan cepat ke- j

ϵ_{ijk} = pengaruh galat pada perlakuan warna benih pada taraf ke- i dan lama pengusangan cepat taraf ke- j dan ulangan ke- k .

Prosedur Pelaksanaan. Perlakuan warna benih. Benih dikelompokkan menjadi dua lot benih warna (gelap dan terang) untuk kacang panjang dan tiga lot benih warna (gelap, sedang, dan terang). Pembagian warna ini berdasarkan visualisasi kulit warna benih yang tampak secara manual.

Deteksi kandungan klorofil a, klorofil b, karotenoid, dan antosianin dilakukan secara non destruktif dengan menggunakan metode LIF (*Laser Induced Fluorescence*) dan kromatografi

spektrofotometer. Benih diukur nilai absorbansinya dengan panjang gelombang 663 nm, 647 nm, 537 nm, dan 470 nm. Penentuan kandungan klorofil a, klorofil b, karotenoid, dan antosianin dilakukan menurut metode Sims & Gamon (2002) dengan rumus:

$$\text{Klorofil a (g mol}^{-1}\text{)} = 0,01373 * A_{663} - 0,000897 * A_{537} - 0,003046 * A_{647}$$

$$\text{Klorofil b (g mol}^{-1}\text{)} = 0,02405 * A_{647} - 0,004305 * A_{537} - 0,005507 * A_{663}$$

$$\text{Antosianin (g mol}^{-1}\text{)} = 0,08173 * A_{537} - 0,00697 * A_{647} - 0,002228 * A_{663}$$

$$\text{Karotenoid (g mol}^{-1}\text{)} = \frac{\{(A_{470} - (17,1 * (\text{Chl a} + \text{Chl b}) - 9,497 * \text{Antosianin})\}}{119,26}$$

Perlakuan lama pengusangan cepat. Benih dikemas dengan kantong strimin dan direndam dalam larutan *sodium hipoklorit* 0,5 persen selama satu menit, lalu ditiriskan. Benih kemudian didera dengan suhu 40°C di dalam Alat Pengusangan Cepat MPC IPB 88-1A (yang sudah disterilisasi dengan etanol 95 persen) sesuai waktu perlakuan untuk kemudian diuji viabilitas dan vigornya.

Uji viabilitas dan vigor benih. Uji viabilitas dan vigor benih dilakukan dengan metode uji di atas pasir, yaitu dengan mengecambahkan benih dalam media pasir pada tray. Media pasir steril digunakan sebagai media tanam. Setiap lubang tray ditanam satu benih dengan kedalaman yang dangkal ($\pm 0,5$ cm) dan kemudian ditutup kembali dengan pasir. Penyiraman dilakukan apabila media tanam kering.

Tabel 1. Kandungan klorofil a, klorofil b, karotenoid, dan antosianin pada berbagai warna benih kacang panjang

Perlakuan	Klorofil a ($\times 10^{-3}$ g mol ⁻¹)	Klorofil b ($\times 10^{-3}$ g mol ⁻¹)	Antosianin ($\times 10^{-2}$ g mol ⁻¹)	Karotenoid ($\times 10^{-4}$ g mol ⁻¹)
Gelap	6,35 a	9,43 a	9,11 a	9,28 a
Terang	6,04 a	8,81 a	8,46 a	10,87 a

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada ANOVA dan uji Tukey taraf kepercayaan 5%

Pengamatan dilakukan terhadap kecambah normal, kecambah abnormal, dan yang mati pada hari ketujuh (hitungan pertama) dan ke-14 (hitungan terakhir). Benih dikatakan berkecambah bila benih tersebut sudah muncul plumula atau radikula dari embrio. Persentase daya berkecambah (DB) benih digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{DB} = \frac{\text{Jumlah benih berkecambah normal}}{\text{Jumlah benih yang diuji}} \times 100\%$$

Potensi Tumbuh Maksimum (PTM) dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{PTM} = \frac{\text{kecambah yang tumbuh sampai hari ke-14}}{\text{Jumlah benih yang diuji}} \times 100\%$$

Analisis data. Data diuji secara statistik dengan Anova pada tingkat kepercayaan 95 persen. Bila beda nyata, dilakukan uji lanjut Tukey untuk membandingkan dua perlakuan dan uji Duncan untuk membandingkan tiga perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbedaan warna benih diduga disebabkan karena perbedaan pigmen dalam benih. Oleh karena itu benih diuji kandungan klorofil a, klorofil b, karotenoid, dan antosianin sebelum dilakukan pengusangan. Ternyata tidak ada perbedaan nyata kandungan keempat pigmen pada benih kacang panjang (Tabel 1) ataupun kacang tunggak (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan warna secara visual tidak memengaruhi pigmen warna yang terkandung dalam benih.

Tabel 2. Kandungan klorofil a, klorofil b, karotenoid, dan antosianin pada berbagai warna benih kacang tunggak

Perlakuan	Klorofil a ($\times 10^{-3}$ g mol ⁻¹)	Klorofil b ($\times 10^{-3}$ g mol ⁻¹)	Antosianin ($\times 10^{-2}$ g mol ⁻¹)	Karotenoid ($\times 10^{-4}$ g mol ⁻¹)
Gelap	6,37 a	8,92 a	8,29 a	11,33 a
Sedang	7,49 a	17,8 a	8,48 a	24,62 a
Terang	5,65 a	7,59 a	6,19 a	21,15 a

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada ANOVA dan uji DMRT taraf kepercayaan 5%

Kandungan antosianin mendominasi pigmen benih diikuti klorofil b, klorofil a, dan karotenoid. Benih kacang panjang warna gelap memiliki kandungan klorofil a, klorofil b, dan antosianin secara tidak nyata lebih tinggi, tetapi kandungan karotenoidnya lebih rendah daripada benih terang. Kandungan pigmen tertinggi pada benih kacang tunggak, baik klorofil a, klorofil b, antosianin, maupun karotenoid secara tidak nyata terdapat pada benih yang berwarna sedang.

Kacang Panjang. Interaksi warna benih dan lama pengusangan cepat memengaruhi daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum benih kacang panjang (Tabel 3). Daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum tertinggi terdapat pada perlakuan interaksi benih terang tanpa pengusangan. Dengan adanya pengusangan, daya

berkecambah dan potensi tumbuh maksimum benih terang menjadi lebih rendah secara nyata. Hal ini menunjukkan bahwa pengusangan pada benih terang menurunkan kemampuan benih untuk berkecambah atau dengan kata lain benih terang sangat peka dengan adanya pengusangan. Dengan demikian pengusangan fisik cepat dapat mendeteksi viabilitas dan vigor secara dini pada benih kacang panjang terang.

Benih kacang panjang tergolong benih kacang-kacangan. Benih kacang-kacangan terkadang mengandung lignin, di sini lignin bersifat impermeabel (Dassou & Kueneman 1984). Pada penelitian benih kacang panjang ini, benih warna terang diduga mengandung sedikit lignin sehingga lebih permeabel dan deraan fisik berupa pengusangan cepat fisik lebih memengaruhi

Tabel 3. Daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum benih kacang panjang pada berbagai warna benih dan lama pengusangan cepat

Warna benih	Lama pengusangan cepat (hari)	DB (%)	PTM (%)
Gelap	0	26,67 b	33,33 ab
	1	25,33 b	34,67 ab
	2	26,67 b	36,00 ab
Terang	0	53,33 a	56,00 a
	1	18,67 bc	26,67 bc
	2	6,67 c	8,00 c

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada ANOVA dan uji DMRT taraf kepercayaan 5%

viabilitas dan vigor benih daripada benih gelap. Kepekaan benih terang terhadap pengusangan sangat terlihat dengan tingginya persentase kecambah abnormal pada benih terang yang diusangkan. Marwanto (2003) menyatakan bahwa benih terang tidak tahan deraan cuaca.

Perbedaan lama pengusangan cepat tidak memengaruhi daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum pada benih gelap. Kandungan lignin pada benih gelap yang diduga tinggi menyebabkan benih yang tidak permeabel, menjadi tidak mudah berkecambah, sehingga meskipun tidak diusangkan pun, benih gelap memiliki daya berkecambah yang rendah dibandingkan benih terang. Benih yang impermeabel dapat menyulitkan proses imbibisi, sehingga perkecambahannya rendah. Menurut Sutopo (2002), tahap pertama suatu perkecambahan benih dimulai dengan proses penyerapan air oleh benih, melunaknya kulit benih, dan hidrasi dari protoplasma.

Sifat impermeabel benih gelap ini terbukti dengan adanya perlakuan pengusangan tidak memengaruhi perkecambahan benih gelap yang tetap rendah. Dassou & Kueneman (1984) menyatakan bahwa permeabilitas kulit benih berperan penting dalam ketahanan deraan cuaca, termasuk perlakuan pengusangan fisik. Hasil penelitian Sukarman & Rahardjo (2000) menunjukkan bahwa kedelai berbiji

kecil dan berwarna gelap lebih tahan dalam deraan fisik suhu 42°C dan kelembaban 100 persen dibandingkan varietas berukuran biji besar dan berwarna terang.

Kacang Tunggak. Perlakuan warna benih dan lama pengusangan cepat berpengaruh secara terpisah terhadap daya kecambah dan potensi tumbuh maksimum kacang tunggak (Tabel 4 dan 5).

Benih gelap nyata memiliki daya kecambah dan potensi maksimum lebih rendah daripada benih warna sedang dan terang (Tabel 4 dan 5). Terjadi penurunan daya kecambah dan potensi tumbuh maksimum secara gradual dengan semakin gelapnya benih. Pada benih kacang-kacangan, testa pada bijinya terkadang mengandung lignin. Menurut Dassou & Kueneman (1984), kandungan lignin pada benih gelap menyebabkan benih menjadi impermeabel. Kondisi demikian diduga menyebabkan benih gelap kacang tunggak menjadi agak sulit menyerap air untuk proses imbibisi sebelum berkecambah dibandingkan benih terang. Seperti yang disampaikan Sutopo (2002) bahwa benih membutuhkan air dalam proses imbibisi perkecambahan. Rendahnya daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum benih gelap ini diperkuat dengan tingginya kecambah abnormal. Mavi (2010)

Tabel 4. Daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum benih pada berbagai warna benih kacang tunggak

Warna benih	DB (%)	PTM (%)
Gelap	16,89 p	23,11 p
Sedang	28,89 q	37,33 q
Terang	60,44 r	63,56 r

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada ANOVA dan uji DMRT taraf kepercayaan 5%

Tabel 5. Daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum benih kacang tunggak pada berbagai lama pengusangan cepat

Lama pengusangan cepat (hari)	DB (%)	PTM (%)
0	58,22 a	69,33 a
1	27,11 b	31,56 b
2	20,89 b	23,11 b

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada ANOVA dan uji DMRT taraf kepercayaan 5%

menyatakan bahwa perbedaan perkecambahan benih akibat perbedaan warna benih disebabkan perbedaan tekstur warna benih memengaruhi serapan air. Atis *et al.* (2011) melaporkan bahwa warna kuning dari benih Red Clover memiliki vigor lebih tinggi daripada warna benih ungu dan coklat. Warna kuning benih Red Clover bersifat genetik karena terjadi bila gen bersifat homozigot (Bortnem & Boe 2003). Namun demikian hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian Saeidi & Mirik (2006) bahwa pada benih *Linum usitatissimum* yang berwarna kuning memiliki vigor lebih rendah daripada benih gelap, karena benih gelap lebih tahan terhadap mikroorganisme tular tanah karena kandungan tannin yang dimilikinya.

Benih yang diusangkan baik satu hari maupun dua hari memiliki daya kecambah dan potensi tumbuh maksimum nyata lebih rendah daripada yang idak diusangkan (Tabel 4 dan 5). Dengan demikian benih tunggak sangat peka dengan perlakuan pengusangan. Dalam satu hari saja, benih kacang tunggak dengan pengusangan cepat fisik sudah menunjukkan penurunan viabilitas. Pengusangan cepat secara fisik dengan menempatkan benih dalam kondisi sub optimum, yaitu suhu 41 hingga 45°C dan kelembaban nisbi udara 100 persen menyebabkan benih melakukan

respirasi yang mengakibatkan berkurangnya energi benih untuk tumbuh. Kecambah abnormal pada benih yang diusangkan hanya sedikit. Dengan demikian benih yang diusangkan memang hanya memiliki kemampuan berkecambah yang rendah.

KESIMPULAN

1. Pengusangan fisik cepat dapat mendeteksi viabilitas dan vigor secara dini pada benih kacang panjang yang terang.
2. Benih gelap kacang tunggak nyata memiliki daya kecambah dan potensi maksimum lebih rendah daripada benih warna sedang dan terang. Semakin lama diusangkan, viabilitas dan vigor benih kacang tunggak menurun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ir. Melati, MSi, Kartika SP, MSi, Naekbaho SP, MSi, Simao, SP, MSi, dan Dr. Tanto atas bantuannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adikadarsih & Hartono. 2006. Pengaruh Kemasakan Buah Terhadap Mutu Benih Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L.). Prosiding

- Lokakarya Jarak Pagar II. <http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/?p=publikasi.3.9.64>
- Atis, I., M. Atak, E. Can, K. Mavi. 2003. Seed coat color effects on seed quality and salt tolerance of Red Clover (*Trifolium pratense*). *International Journal of Agriculture & Biology*. 13: 363–368.
- Bortnem, R. & A. Boe. 2003. Color index for Red Clover seed. *Crop Science*. 43: 2279–2283.
- Dassou, S. & E. A. Kueneman. 1984. Screening methodology for resistance to field weathering of soybean seed. *Crop Science*. 24: 774-779
- Delouche JC. 1983. Seed maturation. In JC. Delouche and AH Boyd (eds). *References seed operation workshop secondary food crop seed*. Seed Tech. Lab. Mississippi. 12p.
- Krishna. A, Ganiger B. S., Ramesh Rathod. 2005. Effect of seed weight and seed coat colour on germination and vigour of forest tree *Erythrina indica* (Lam). *Karnataka Journal of Agriculture Science*. 18 (1): 208-209.
- Marwanto. 2003. Genotype differences in soybeans seeds for resistance to field deterioration: II. The role of seed characteristic. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*. 5 (2) : 58-63
- Mavi K. 2010. The relationship between seed coat color and seed quality in watermelon Crimson sweet. *Horticulture Science*. 37: 62–69
- Mugnisyah WQ. 1991. Strategi teknologi produksi benih kedelai untuk mengatasi deraan cuaca lapang. Makalah penunjang Seminar Nasional Teknologi Benih III. Unpad. Bandung. 10p
- Prasetyaningsih, G. N. 2006. Kemungkinan karotenoid sebagai indikator tingkat masak fisiologi benih jagung (*Zea mays*). Skripsi. Jurusan Budidaya Pertanian. Faperta IPB. Bogor.
- Reinita, V. 1993. Sistem multiplikasi devigorasi untuk menduga vigor genetic kedelai (*Glycine mac* (L) Merr.) terhadap factor kelembaban ekstrim dan guncangan pada periode konservasi pratanam. Skripsi. Jurusan Budidaya Pertanian. Faperta IPB. Bogor. 67p
- Saedi, G. & M. Mirik. 2006. Fungicide seed treatment and seed colour effect on seed vigour and emergence in flax. *International Journal of Agriculture and Biology*. 8(6): 732-735
- Sims, D. A. & J. A. Gamon. 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectant across a wide range of species, leaf structure and development stages. *Remote sensing of environment*. 81: 337-354
- Suhartanto, M. R. 1994. Studi sistem multiplikasi devigorasi secara fisik dan kimia pada kasus kemunduran viabilitas benih kedelai (*Glycine max* (L) Merr.) akibat guncangan. Thesis. Program Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Suhartanto, M. R. 2003. Fluoresen klorofil benih: parameter baru dalam penentuan mutu benih. *Bulletin Agronomi*. 31 (1): 26-30

Sukarman & M. Rahardjo. 2000. Karakter fisik, kimia dan fisiologis benih beberapa varietas kedelai. *Buletin Plasma Nutfah*. 6 (2): 31-36.

Sutopo, L. 2002. *Teknologi Benih*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Wirawan B & S. Wahyuni. 2004. *Memproduksi Benih Bersertifikat: Padi, Jagung, Kacang Tanah, Kacang Hijau*. Penebar Swadaya. Jakarta. 120p.