

**Pemanfaatan Alat Deteksi Bunyi untuk Menduga Kadar Air dan Viabilitas Benih Kedelai (*Glycine max* L. Merrill)**

*The Utilization of Sound Detector to Predict Seed Moisture Content and Viability of Soybean (*Glycine max* L. Merrill)*

**Nurul Rostami Dewi<sup>1\*</sup>, M.R Suhartanto<sup>1</sup>, Akhiruddin Maddu<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia  
Telp.&Faks. 62-251-8629353 e-mail [agronipb@indo.net.i](mailto:agronipb@indo.net.i)

<sup>2</sup> Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Jl. Lingkar Kampus, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia  
\*email penulis untuk korespondensi: [nurulrostami@yahoo.com](mailto:nurulrostami@yahoo.com)

Disetujui 24 Desember 2013/ *Published Online* 10 Januari 2014

**ABSTRACT**

*Rapid detection of moisture content and seed viability is very important in seed technology. The use of sound that produced by seed if that seed reflected with another material is one method that haven't yet researched. This research is of use sound detection to determine moisture content and viability of soybean seeds by looking the sound waves frequency produced. This research consisted of two experiment, the first experiment the effect size of seed and moisture content of the sound frequency of sound that produced by reflected seed. The second experiment the effect size of seed and viability of the frequency of the sound that produced by reflected seed. This research was arranged in the randomized completely design was used with two factors is size of seed + moisture content and size of seed + viability. The result showed that in the first experiment there were interaction between size of seed and moisture content. Medium size of seed had a positive correlation between size of seeds and moisture content of the frequency and value of correlation (r) 0.96 approach 1 ( $\approx 1$ ), it means the moisture content rise increasingly, the reflected frequencies will be rise increasingly too. The second experiment showed there was not interaction between size of seeds and viability. Medium size of seed had the highest frequency value is 482.36 Hz.*

*Keywords: rapid detection, seed technology, Anjasmoro soybean varieties*

**ABSTRAK**

*Deteksi cepat kadar air dan viabilitas benih sangat penting dalam teknologi benih. Pemanfaatan bunyi yang dihasilkan benih bila dipantulkan dengan benda lain adalah salah satu cara yang belum diteliti. Penelitian ini bertujuan mempelajari pemanfaatan alat deteksi bunyi untuk menduga kadar air dan viabilitas benih kedelai (*Glycine max* L. Merrill) dengan melihat frekuensi gelombang bunyi yang dihasilkan. Penelitian ini terdiri dari dua percobaan, percobaan pertama mempelajari pengaruh antara ukuran benih dan kadar air terhadap frekuensi bunyi yang dihasilkan dari pantulan benih. Percobaan kedua mempelajari pengaruh antara ukuran benih dan viabilitas terhadap frekuensi bunyi yang dihasilkan dari pantulan benih. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan dua faktor yaitu ukuran benih + kadar air dan ukuran benih + viabilitas. Hasil menunjukkan bahwa pada percobaan pertama terdapat interaksi antara ukuran benih dan kadar air. Ukuran benih sedang memiliki korelasi yang positif antara kadar air dan ukuran benih terhadap frekuensi dan memiliki nilai korelasi (r) 0.96 yang mendekati 1 ( $\approx 1$ ), artinya semakin tinggi kadar air maka frekuensi pantulan bunyi yang dihasilkan semakin tinggi. Percobaan kedua tidak terdapat interaksi antara ukuran benih dan viabilitas. Ukuran benih sedang memiliki nilai frekuensi tertinggi yaitu 482.36 Hz.*

*Kata kunci : deteksi cepat, teknologi benih, kedelai varietas Anjasmoro*

## PENDAHULUAN

Permintaan komoditas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terus meningkat, sejalan dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk. Produksi dalam negeri belum mampu mengimbangi permintaan tersebut. Indonesia hingga sekarang masih mengimpor kedelai dalam jumlah yang cukup besar. Kebutuhan kedelai rata-rata mencapai 2 juta ton/tahun, sedangkan produksi kedelai dalam negeri hanya 851.286 ton/tahun, sehingga untuk memenuhinya diperlukan impor sebanyak 1.1 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2011).

Salah satu faktor pembatas produksi kedelai di daerah tropis adalah cepatnya kemunduran benih selama penyimpanan sehingga mengurangi penyediaan benih berkualitas tinggi. Kemunduran benih kedelai selama penyimpanan lebih cepat berlangsung dibandingkan dengan benih tanaman lain (Copeland dan Donald, 1985). Hal tersebut disebabkan karena benih kedelai mengandung kadar protein tinggi sebesar 37% dan mengandung kadar lemak 16% (Tatipata, 2008).

Pengujian viabilitas benih dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengujian langsung dapat dilakukan dengan cara pengujian daya berkecambah (DB). Pengujian daya berkecambah bertujuan untuk menentukan proses perkecambahan maksimum pada kondisi yang optimum (*favourable*) dari suatu lot benih yang dapat digunakan untuk membandingkan mutu lot benih dari lot yang berbeda dan menduga mutu benih sebagai bahan tanaman. Pengujian tidak langsung dapat dilakukan dengan uji cepat contohnya uji tetrazolium, daya hantar listrik dan metode pengusangan cepat.

Gelombang bunyi adalah gelombang yang memiliki tekanan dan disebabkan oleh getaran pada *range* frekuensi dari suatu obyek. Gelombang bunyi bervariasi sebagaimana variasi tekanan media perantara seperti udara. Bunyi diciptakan oleh getaran dari suatu obyek, yang menyebabkan udara di sekitarnya bergetar. Getaran udara ini kemudian menyebabkan gendang telinga manusia bergetar, yang kemudian oleh otak diinterpretasikan sebagai bunyi (Matnuh 2011). Metode pendeteksian gelombang bunyi dengan menggunakan alat deteksi bunyi merupakan salah satu pengujian tidak langsung yang belum pernah digunakan pada pengujian benih.

Pengujian dengan menggunakan alat deteksi bunyi bekerja untuk mendeteksi bunyi

benih yang dijatuhkan akan memiliki gelombang frekuensi yang berbeda-beda. Gelombang bunyi jatuhnya benda padat akan berbeda dengan benda yang tidak padat. Benih yang jatuh pada alas sensor akan terekam gelombang bunyinya pada komputer. Uji cepat dengan metode ini diharapkan dapat membantu dalam proses pemilahan benih. Efisiensi alat dan waktu sangat penting terutama bagi usaha produksi benih dalam skala besar. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pemanfaatan alat deteksi bunyi untuk menduga kadar air dan viabilitas kedelai dengan melihat frekuensi gelombang bunyi yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Benih, Departemen Agronomi dan Hortikultura serta Laboratorium Spektroskopi, Departemen Fisika, IPB. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Mei 2013. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kedelai varietas Anjasmoro yang dipanen pada bulan Desember 2012 yang diperoleh dari BALITKABI, Malang. Bahan-bahan lain yang digunakan yaitu plastik *polyethylene*, kertas *steinsiel*, kain strimin, plastik, solatif, label dan kertas amplop. Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Sound Sensor Pasco Scientific CI-6506B*, alat pemindai *Science Workshop® 750 Interface* serta perangkat lunak Data Studio, timbangan digital, oven pengering ( $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ), oven pemanas ( $40^\circ\text{C}$ ), desikator, *sealer*, alat pengepres IPB 75-1, germinator IPB 72-1, bak plastik, cawan, pinset, kaca, *box sterofom* dan termohigrometer.

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan. Percobaan pertama yaitu pengaruh perbedaan ukuran benih dan kadar air terhadap frekuensi bunyi. Percobaan ini menggunakan rancangan percobaan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan dua faktor yaitu faktor ukuran benih dengan tiga taraf benih berukuran besar (B1), sedang (B2) dan kecil (B3) dan kadar air benih dengan empat taraf yaitu  $\pm 8\%$  (K0),  $\pm 12\%$  (K1),  $\pm 16\%$  (K2) dan  $\pm 20\%$  (K3). Percobaan ini akan diulang sebanyak tiga kali, sehingga terdapat 36 satuan percobaan. Pemilahan ukuran benih dilakukan berdasarkan bobot 100 butir yaitu benih besar (14.7 g/100 butir), benih sedang (12.3 g/100 butir) dan benih kecil (10.8 g/100 butir). Pembuatan kadar air dapat dilakukan dengan cara pelembaban tertutup menggunakan toples yang didalamnya berisi air sebanyak 3 liter. Lot benih

diletakkan diatas saringan yang berada di dalam toples pada suhu 28°C dan kelembaban 97%. Pengujian kadar air menggunakan metode langsung dengan metode oven suhu rendah konstan dengan suhu 103 ± 2°C, selama 17 ± 1 jam.

Percobaan kedua yaitu pengaruh perbedaan ukuran benih dan viabilitas terhadap frekuensi bunyi. Percobaan ini menggunakan rancangan percobaan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan dua faktor yaitu faktor ukuran benih dengan tiga taraf benih berukuran besar (B1), sedang (B2) dan kecil (B3) dan viabilitas benih dengan tiga taraf yaitu ≥ 80% (V1), 60-79% (V2) dan ≤ 59% (V3) dan Percobaan ini akan dilakukan sebanyak tiga kali, sehingga terdapat 27 satuan percobaan. Pembuatan lot benih pada percobaan kedua dilakukan untuk mendapatkan viabilitas yang berbeda. Lot benih tersebut terdiri dari penyimpan benih pada suhu AC (V1), pengusangan fisik selama 52 jam (V2) pada oven 40°C dan pengusangan fisik selama 72 jam (V3) pada oven 40°C. Benih selanjutnya dipaparkan pada suhu ruang selama empat hari.

Pengujian deteksi frekuensi bunyi baik pada percobaan pertama dan kedua menggunakan *box sterofoam* tertutup yang berukuran panjang 46 cm, lebar 30 cm dan tinggi 28 cm serta menggunakan alas kaca yang berukuran 13 cm x 10 cm. *Box sterofoam* didesain agar kedap suara dilapisi kain tebal sehingga dapat mengurangi bising dari luar. Alat yang digunakan untuk mendeteksi bunyi adalah *Sound Sensor Pasco Scientific CI-6506B*, alat pemindai *Science Workshop® 750 Interface* serta perangkat lunak *Data Studio*.

Uji lanjut yang digunakan pada hasil yang berpengaruh nyata pada analisis ini menggunakan

*Duncans Multiple Range Test (DMRT)* pada taraf nyata 5%. Data pada percobaan pertama yang dihasilkan akan dianalisis menggunakan pendekatan analisis regresi dan pendekatan analisis korelasi sederhana bertujuan untuk mengetahui dan menduga hubungan antara berbagai peubah ukuran benih dan kadar air dengan frekuensi bunyi. Parameter yang diamati meliputi : (1) kadar air, (2) daya berkecambah, (3) indeks vigor, (4) potensi tumbuh maksimum, (5) kecepatan tumbuh, (6) berat kering kecambah normal dan (7) frekuensi bunyi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Percobaan 1. Pengaruh Ukuran dan Kadar Air Benih terhadap Frekuensi Bunyi*

Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang sangat nyata antara ukuran benih dan kadar air, namun tidak berpengaruh nyata setiap faktor tunggal terhadap tolok ukur frekuensi. Benih kedelai bersifat higroskopis, sehingga kadar air benih kedelai sangat mudah berubah dan sangat tergantung dengan kelembapan nisbi dan suhu di sekitarnya. Menurut Dina *et al* (2006) benih yang berukuran lebih besar mempunyai tingkat kemunduran benih yang relatif cepat pula dibanding ukuran benih yang lebih kecil, karena kandungan cadangan makanan pada biji ukuran yang lebih besar terdapat protein dan lemak yang banyak sehingga jika terjadi penguapan terhadap benih akan mempengaruhi terhadap meningkatnya kadar air didalam benih yang membuat benih yang berukuran besar akan cepat dalam tingkat kemunduran benih dibanding biji yang berukuran kecil.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Sidik Ragam Tingkat Ukuran Benih dan Kadar Air serta Interaksinya Terhadap Frekuensi

Keragaman	Tolok Ukur
	Frekuensi (Hz) <sup>a</sup>
Ukuran (U)	tn
Kadar air (KA)	tn
U x KA	**

<sup>a</sup> : \*\* : berpengaruh sangat nyata pada α = 1%, tn : tidak nyata

Berdasarkan Tabel 2, pada benih yang berukuran besar dan kecil tidak berbeda nilai frekuensinya dengan semakin meningkatnya kadar air benih, sedangkan pada benih berukuran

sedang semakin tinggi kadar air maka nilai frekuensinya juga semakin tinggi. Benih berukuran sedang dengan kadar air ± 20% memiliki nilai frekuensi yang lebih besar

dibandingkan dengan benih berukuran besar dan kecil yang dihasilkan dari pantulan benih.

Benih berukuran sedang memiliki nilai frekuensi tertinggi terdapat pada kadar air ± 20% yaitu 518.71 Hz dan nilai terendah terdapat pada kadar air ± 8% yaitu 300.83 Hz. Hal ini diduga karena semakin tinggi kadar air maka kondisi embrio benih semakin basah tetapi kulit benih dalam kondisi kering sehingga berat benih

meningkat dan gaya gravitasi benih jatuh semakin meningkat. Hal lain pun diduga karena bunyi yang dihasilkan merupakan bunyi pantulan benih dan kaca bukan dari bunyi benih saja. Bunyi dengan frekuensi rendah menghasilkan bentuk gelombang yang kurang rapat dan sebaliknya, bunyi dengan frekuensi tinggi menghasilkan bentuk gelombang yang rapat.

Tabel 2. Nilai tengah pengaruh interaksi ukuran dan kadar air terhadap tolak ukur frekuensi

Ukuran Benih	Kadar Air (%)			
	± 8%	± 12%	± 16%	± 20%
	.....Frekuensi <sup>a</sup> (Hz).....			
Besar	389.10 abcd	485.84 ab	386.10 bcd	349.01 cd
Sedang	300.83 d	422.99 abcd	473.24 abc	518.71 a
Kecil	414.34 abcd	410.11 abcd	340.84 cd	325.65 d

<sup>a</sup>: Nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis korelasi regresi antara kadar air dengan frekuensi dari lot benih pada tiga tingkat ukuran benih. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada benih berukuran sedang memiliki nilai korelasi yang positif antara kadar air dengan frekuensi, artinya semakin tinggi kadar air benih maka nilai frekuensi juga semakin tinggi. Benih berukuran besar dan kecil memiliki nilai korelasi yang negatif, artinya semakin tinggi kadar air maka nilai frekuensinya semakin rendah. Menurut Leslie L. Doelle (1985) bunyi asli dan bunyi

pantul berbaur menjadi suatu yang tidak jelas serta terganggu *noise* dari luar sehingga kadar air yang lebih tinggi memiliki frekuensi yang tinggi.

Nilai korelasi (r) dari analisis regresi kadar air dengan frekuensi (Tabel 3) menunjukkan bahwa ukuran benih sedang memiliki nilai yang mendekati 1 (≈1). Hal ini menunjukkan bahwa benih berukuran sedang lebih memiliki keeratatan hubungan antara kadar air dengan frekuensi daripada benih berukuran besar dan kecil.

Tabel 3. Hubungan antara ukuran benih dan kadar air terhadap frekuensi

Ukuran Benih	Persamaan Regresi	R <sup>2</sup>	r
Besar	-6.081x + 505.7	0.2	0.44 <sup>tn</sup>
Sedang	17.59x + 182.5	0.935	0.96*
Kecil	-8.383x + 490.1	0.883	0.93 <sup>tn</sup>

<sup>a</sup>: \* berpengaruh nyata pada α = 5%, tn : tidak nyata

*Percobaan 2. Pengaruh Ukuran dan Viabilitas Benih terhadap Frekuensi Bunyi*

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan ukuran benih dan viabilitas terhadap frekuensi bunyi. Pembuatan tingkat viabilitas dilakukan dengan cara penyimpanan dalam ruang ber-AC dengan suhu 20°C (V1), pengusangan fisik dengan oven suhu

40°C selama 52 jam (V2) dan pengusangan fisik dengan oven suhu 40°C selama 72 jam (V3). Benih yang telah diberi perlakuan dipaparkan selama 4 hari di ruang suhu kamar dengan tujuan kadar air benih mencapai kesetimbangan sebesar ± 12%, sehingga kadar air pada semua perlakuan penderaan dapat seragam dan tidak menjadi faktor yang mempengaruhi dalam pengujian viabilitas.

Tabel 4. Rekapitulasi sidik ragam faktor ukuran dan viabilitas serta interaksinya terhadap tolok ukur pengamatan

Sumber keragaman	Tolok ukur <sup>a</sup>					
	Frek (Hz)	DB(%)	IV(%)	K <sub>CT</sub> (%/etmal)	PTM(%)	BKKN(g)
Ukuran benih	*	tn	tn	tn	tn	tn
Tingkat Viabilitas	tn	*	*	*	*	*
U x V	tn	tn	tn	tn	tn	tn

<sup>a</sup>: Frek : Frekuensi; DB : Daya Berkecambah; IV : Indeks Vigor; K<sub>CT</sub> : Kecepatan Tumbuh; PTM : Potensi Tumbuh Maksimum; BKKN: Berat Kering Kecambah Normal. \* : berpengaruh nyata pada  $\alpha = 5\%$ , tn : tidak nyata

Hasil rekapitulasi sidik ragam pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara kedua faktor terhadap semua tolok ukur pengamatan. Pengaruh faktor tunggal ukuran benih berpengaruh nyata terhadap tolok ukur frekuensi tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap DB, IV, K<sub>CT</sub>, PTM dan BKKN. Pengaruh faktor tunggal tingkat viabilitas berpengaruh nyata terhadap tolok ukur DB, IV, K<sub>CT</sub>, PTM dan BKKN, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tolok ukur frekuensi.

Tabel 5. Pengaruh ukuran benih terhadap tolok ukur frekuensi

Ukuran Benih	Tolok ukur
	Frek (Hz) <sup>a</sup>
Besar	405.96b
Sedang	482.36a
Kecil	378.98b

<sup>a</sup> : Frek : Frekuensi. Nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Hasil Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai frekuensi tertinggi diperoleh pada benih berukuran sedang yaitu 482.36 Hz. Menurut Gabriel (2001) benda yang bergetar dengan frekuensi tinggi menandakan bahwa dalam suatu waktu tertentu benda itu melakukan banyak getaran lengkap sedangkan benda yang bergetar dengan frekuensi rendah menandakan bahwa dalam suatu waktu tertentu benda itu melakukan getaran tidak lengkap.

Tabel 6 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan viabilitas dan vigor benih yang nyata yaitu V1 > V2 > V3. Namun perbedaan viabilitas dan vigor tersebut tidak diikuti oleh perbedaan frekuensi pada semua lot benih baik benih yang berukuran besar, sedang maupun kecil.

Kualitas benih dapat dilihat dari viabilitas dan vigor benih tersebut. Menurut Sadjad (1993), tujuan analisis viabilitas benih adalah untuk memperoleh informasi mutu fisiologi benih. Gejala pertumbuhan diketahui lewat indikasi fisiologis yang mencakup potensi tumbuh maksimum, bobot kering kecambah normal, dan daya berkecambah. Daya berkecambah dilihat dari perbandingan jumlah benih yang berkecambah normal dalam kondisi dan periode perkecambahan tertentu (Dermawan 2007). Persentase tingkat viabilitas dan vigor V1 > V2 > V3, hal ini menunjukkan benih dengan viabilitas tinggi akan menghasilkan bibit yang kuat dengan perkembangan akar yang cepat sehingga menghasilkan pertanaman yang sehat dan kuat serta benih bervigor tinggi akan bertahan pada kondisi ekstrim dibandingkan benih vigor rendah.

Tingkat viabilitas yang rendah (V3) memiliki nilai viabilitas dan vigor yang paling rendah. Hal tersebut dikarenakan pengaruh akibat pengusangan fisik dengan suhu dan kelembaban tinggi. Gejala kemunduran biokimiawi pada benih adalah terjadinya perubahan dalam aktivitas enzim, respirasi, laju sintesa, perubahan membran, perubahan persediaan makanan, dan perubahan kromosom (Justice dan Bass 2002).

Tabel 6. Pengaruh ukuran benih dan tingkat viabilitas terhadap tolok ukur pengamatan

Ukuran Benih	Tingkat Viabilitas	Tolok ukur <sup>a</sup>					
		Frekuensi (Hz)	DB (%)	IV (%)	PTM (%)	KcT(% per etmal)	BKKN (g)
Besar	V1	429.57	86.00 a	42.00 a	98.00 a	46.11 a	0.95 a
	V2	412.72	70.00 b	20.00 b	90.00 a	37.98 b	0.70 ab
	V3	375.58	36.67 c	8.00 b	71.33 b	28.09 c	0.53 b
Sedang	V1	515.35	85.33 a	44.00 a	96.67 a	47.06 a	0.93 a
	V2	510.31	65.33 b	16.00 b	90.67 a	34.40 b	0.75 b
	V3	421.42	28.00 c	8.00 b	67.33 b	32.20 b	0.29 c
Kecil	V1	398.15	84.00 a	46.67 a	94.00 a	46.48 a	0.74 a
	V2	371.96	65.33 b	18.67 b	87.33 a	35.84 b	0.65 a
	V3	366.83	40.67 c	8.00 c	70.67 b	31.53 b	0.42 b

<sup>a</sup> : V1 : penyimpanan dalam suhu ruang ber-AC; V2 : pengusangan fisik selama 52 jam; V3 : pengusangan fisik 72 jam. Frek : Frekuensi; DB : Daya Berkecambah; IV : Indeks Vigor; K<sub>CT</sub> : Kecepatan Tumbuh; PTM : Potensi Tumbuh Maksimu; BKKN : Berat Kering Kecambah Normal. Nilai tengah yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

### KESIMPULAN

Alat *Sound Sensor Pasco Scientific CI-6506B* pada percobaan pertama dapat digunakan untuk menduga kadar air pada benih berukuran sedang berdasarkan frekuensi bunyi pantulan yang dihasilkan. Benih berukuran sedang memiliki nilai korelasi yang positif dengan frekuensi, artinya semakin tinggi kadar air maka frekuensi bunyinya semakin tinggi. Percobaan kedua alat *Sound Sensor Pasco Scientific CI-6506B* tidak dapat mendeteksi perbedaan tingkat viabilitas benih.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2011. Data kedelai 2011. [terhubung berkala] <http://www.bps.go.id>. [2012 Desember 5].
- Copeland LO dan Mc Donald. 1985. *Principles of Seed Science and Technology*. New York (US): Burgess Publishing Company.
- Dermawan M. 2007. *Studi Pengujian Tetrazolium sebagai Peubah Viabilitas Benih Buncis (Phaseolus vulgaris L.)* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Dina, ME Hartati, Ismiatun, Ismanto. 2006. Pengujian vigor. *Jurnal Informasi Pengembangan Mutu Benih*. 4(4):14.
- Doelle dan L Leslie. 1985. *Akustik Lingkungan*. Lea Prasetia, penerjemah. Surabaya (ID): Erlangga.
- Gabriel JF. 2001. *Fisika Lingkungan*. Jakarta (ID): Hipokertas.
- Justice OL , Bass LN. 2002. *Prinsip dan Praktek Penyimpanan Benih*. Roesli R, penerjemah. Jakarta (ID): PT Raja Grafindo Persada. Terjemahan dari : *The Principles and Practises of Seed Storage*.
- Matnuh. 2011. Pengertian gelombang bunyi. [terhubung berkala] [www.gelombangelektronikdasar.htm](http://www.gelombangelektronikdasar.htm). [2013 Januari 8].
- Sadjad S. 1993. *Dari Benih Kepada Benih*. Jakarta (ID): PT Grasindo.
- Tatipati A. 2008. Pengaruh kadar air awal, kemasan dan lama simpan terhadap protein membran dalam mitokondria benih kedelai. *Bul Agron*. 36 (1): 8-16.