

Model Dinamik Vigor Daya Simpan Benih Kedelai pada Penyimpanan Terbuka

Model of Seed Storability Vigor of Soybean Seed in an Open Storage

Ari Wahyuni¹, M.R. Suhartanto², Abdul Qadir²

¹Program Studi Ilmu dan Teknologi Benih, SPs IPB
Jalan Meranti Kampus Darmaga Bogor, 16680

E-mail: ariwahyuni.seed11@gmail.com, Telp/HP: 0852 8231 9041

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Meranti Kampus Darmaga Bogor, 16680

Naskah diterima 9 Mei 2014 dan disetujui diterbitkan 9 September 2015

ABSTRACT. Soybean seed viability declines during seed storage. Soybean seed deteriorates rapidly, affected by its high protein content and often high humidity in the tropical environment. This research was aimed to develop dynamic model of soybean seed viability in an open storage. The study was conducted in three stages, namely: 1) desk study, 2) seed storage experiment, 3) development of seed storage model, simulation and verification of the model. The second stage of the experiment consisted of soybean seed storing and germination testing using completely randomized design. Treatments were three initial moisture content (7-8%, 9-10% and 11-12%) and four varieties of soybean (Anjasmoro, Wilis, Detam-1 and Detam-2). The results showed that the seed behaviour during storage period were affected by initial seed moisture content, initial viability, varieties and environmental condition. Therefore, seed moisture content, initial viability and varieties may be used as input model. Moisture content, integrating seed respiration, electric conductivity and seed storability vigor (VDSDB) were as model output. Simulation of Seed Storability Vigor Prediction Model with Model Construction Layer-Stella (MCLS) using relative humidity (RH), temperature, seed permeability, initial moisture content and initial viability as input model could logically predict the seed moisture content and seed storability vigor (VDSDB).

Keywords: Soybean, open storage, seed storability vigor, dynamic model.

ABSTRAK. Viabilitas benih kedelai mengalami penurunan selama penyimpanan. Kemunduran yang berlangsung secara cepat dipicu oleh tingginya kandungan protein dan kelembaban tinggi, khususnya di daerah tropis. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model dinamik penyimpanan benih kedelai secara terbuka. Penelitian dilakukan melalui tiga tahap yaitu 1) studi literatur, 2) penyimpanan dan pengujian benih, 3) penyusunan model penyimpanan benih, simulasi dan verifikasi model. Penyimpanan dan pengujian benih dilakukan dengan rancangan acak lengkap dengan kadar air awal benih 7-8%, 9-10%, dan 11-12% dan varietas kedelai Anjasmoro, Wilis, Detam-1, dan Detam-2 sebagai perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perilaku benih selama periode penyimpanan dipengaruhi oleh kadar air awal benih, viabilitas awal, varietas dan kondisi lingkungan simpan. Peubah tersebut dapat dijadikan input model. Kadar air benih selama periode simpan, respirasi benih, daya hantar listrik dan vigor daya simpan benih dijadikan output model. Hasil simulasi menggunakan Model Construction Layer-Stella (MCLS) berdasarkan kelembaban relatif (RH), suhu, permeabilitas, kadar air awal dan viabilitas awal benih sebagai input model

menunjukkan hasil yang logik pada output kadar air dan vigor daya simpan benih.

Kata kunci: Kedelai, penyimpanan terbuka, vigor daya simpan benih, dan model dinamik.

PENDAHULUAN

Pengadaan benih kedelai untuk dibudidayakan dilakukan beberapa waktu sebelum musim tanam dimulai, sehingga benih terlebih dahulu harus disimpan dengan baik agar mempunyai daya tumbuh yang optimal pada saat ditaman. Menurut Purwanti (2004), pengadaan benih kedelai tepat jumlah dan waktu sering berhadapan dengan masalah daya simpan benih yang rendah. Meskipun tergolong sebagai kelompok ortodoks, benih kedelai dikenal sebagai benih berdaya simpan relatif pendek. Kemunduran daya tumbuh benih kedelai berlangsung cepat selama penyimpanan. Kemunduran daya tumbuh benih secara cepat terutama disebabkan oleh tingginya kandungan protein dan kondisi lingkungan tropis dengan kelembaban yang tinggi. Menurut Kong *et al.* (2009), faktor utama yang berpengaruh terhadap daya simpan benih kedelai meliputi RH ruang simpan, kadar air awal benih, temperatur dan periode simpan benih.

Mutu benih yang rendah merupakan salah satu masalah dalam upaya peningkatan produksi kedelai, apalagi pencantuman umur simpan benih di Indonesia jarang dinyatakan pada kemasan benih. Produsen benih memiliki informasi mutu benih hanya pada awal produk dikemas dan sebelum terebut didistribusikan, sementara informasi mutu benih selama penyimpanan tidak diketahui petani. Karena itu perlu pengujian benih terlebih dahulu. Kegiatan tersebut memerlukan waktu dan biaya tambahan yang akan memengaruhi keuntungan produsen atau harga jual hingga ke petani.

Proses kemunduran benih bersifat kompleks (Copeland dan McDonald 2004), menjadi obyek yang cukup rumit untuk dipelajari apa adanya, sehingga diperlukan pendekatan kemunduran benih sebagai suatu sistem. Sistem adalah mekanisme dimana berbagai komponen berinteraksi untuk membentuk suatu fungsi dan penyederhanaannya disebut sebagai model (Handoko 2005). Kemunduran benih dalam penyimpanan merupakan sistem yang dinamik, sehingga merupakan model yang sesuai dengan kemunduran benih.

Model dinamik vigor daya simpan benih dapat digunakan untuk memberikan informasi kepada produsen dengan ketepatan hasil seperti pengujian, tanpa tambahan waktu dan biaya, sehingga bermanfaat dalam upaya penyediaan benih bermutu secara tepat waktu dengan harga terjangkau. Model dinamik vigor daya simpan benih kedelai diharapkan dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien untuk mendapatkan informasi vigor daya simpan benih secara cepat dan akurat dalam proses penentuan kelayakan benih sebelum ditanam di lapang. Model ini dibangun berdasarkan pendekatan proses yang terjadi selama penyimpanan sehingga memberikan hasil yang akurat.

Hasbianto (2012) mengungkapkan bahwa model dinamik penyimpanan benih kedelai (SoyVios-2 Model) dengan input permeabilitas dan luas kemasan, RH lingkungan simpan (RH out), suhu, kadar air awal dan viabilitas awal dapat menduga secara logik kadar air (KA) benih, V_{DS}^{DB} , V_{DS}^{DHL} dan periode simpan benih kedelai varietas Anjasmoro yang disimpan pada kemasan karung plastik, kantung plastik polypropylen, dan aluminium foil.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perilaku kemunduran benih dan menyusun model vigor daya simpan benih kedelai pada penyimpanan terbuka.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan melalui kegiatan penyimpanan dan pengujian benih di laboratorium, penyusunan model, simulasi serta verifikasi model. Percobaan penyimpanan dan pengujian benih dilaksanakan pada bulan April sampai November 2013 di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor. Penyusunan model, simulasi, dan verifikasi model dilaksanakan pada bulan November 2012 sampai April 2014.

Bahan yang digunakan adalah benih kedelai varietas Anjasmoro, Wilis, Detam-1 dan Detam-2, kemasan plastik *polypropylen* (PP). Alat yang digunakan terdiri atas

timbangan analitik, alat pengecambah benih tipe IPB 72-1, alat analisis respirasi, *sealer*, *thermohigrometer*, *conductivity meter* dan *Software Stella 9.0.2*.

Perumusan Sistem Penyimpanan Terbuka

Penyimpanan benih terbuka diidentifikasi sebagai suatu sistem yang dipengaruhi oleh kondisi ruangan simpan. Obyek pemodelan difokuskan pada berkurangnya viabilitas benih yang disimpan pada ruang simpan terbuka (suhu kamar). Pemodelan dilakukan terhadap penurunan viabilitas benih selama penyimpanan dalam hubungannya dengan proses metabolisme benih dan interaksinya terhadap kondisi ruang simpan.

Diagram Alir Sistem Penyimpanan Benih

Proses aliran massa air dari ruang simpan ke dalam benih dideskripsikan dalam diagram alir dengan berbagai peubah yang terlibat, baik peubah luar maupun peubah dalam, yang diawali oleh proses absorpsi uap air dari ruang simpan melalui kulit benih. Imbibisi benih meningkatkan kadar air benih dan memengaruhi aktivitas enzim. Aktivitas enzim digunakan untuk pembongkaran cadangan makanan melalui respirasi yang menyebabkan pengurangan energi pertumbuhan benih dan kerusakan membran sel hingga akhirnya menurunkan vigor daya simpan benih.

Penyusunan Model

Model disusun berdasarkan diagram alir yang dilanjutkan dengan penentuan hubungan kuantitatif antarkomponen dalam sistem. Hubungan kuantitatif antarkomponen dalam sistem diperoleh dari penelusuran pustaka dan percobaan. Penelusuran pustaka dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai hubungan antara peubah luar (kondisi ruang simpan) dengan peubah dalam (peubah-peubah dalam benih) selama penyimpanan benih.

Hubungan Kuantitatif Antarkomponen dalam Sistem

Hubungan kuantitatif antarkomponen dalam sistem bertujuan untuk membangun proses yang logik dalam model.

Penyimpanan dan Pengujian Benih di Laboratorium

Percobaan terdiri atas penyimpanan terbuka benih kedelai menggunakan rancangan acak lengkap dengan varietas dan kadar air awal benih sebagai perlakuan.

Varietas yang digunakan terdiri atas Anjasmoro dan Wilis (kedelai kuning), Detam-1 dan Detam-2 (kedelai hitam). Kadar air awal benih terdiri atas 7-8%, 9-10% dan 11-12%. Benih disimpan selama 4 bulan pada kemasan plastik PP pada suhu kamar 25-30°C. Peubah yang diamati meliputi kadar air selama penyimpanan (KA), respirasi, daya hantar listrik (DHL) dan daya berkecambah benih (DB).

Hubungan kuantitatif dan logik yang diperoleh dari percobaan dimasukkan ke dalam diagram alir untuk membentuk suatu model dalam bentuk input proses dan output. Proses perangkaian peubah dalam sistem menggunakan *software Stella* membentuk *Model Construction Layer (MCL)*. Hubungan persamaan matematik dalam MCL disusun dalam *Equation Layer (EL)* (Qadir 2012).

Simulasi dan Validasi

Simulasi model dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan (logik) model yang telah disusun, sehingga dapat ditentukan validitas model tersebut. Hasil penelitian Hasbianto (2012) tentang penyimpanan terbuka benih kedelai menunjukkan varietas, kadar air awal, viabilitas awal, suhu dan RH dapat dijadikan input model. Input model yang digunakan dalam simulasi penelitian ini terdiri atas tingkat kelembaban ruang simpan, suhu ruang simpan, ukuran benih, permeabilitas benih, kadar air awal dan viabilitas awal simpan, sedangkan output simulasi terdiri atas kadar air benih, respirasi, tingkat kebocoran membran (daya hantar listrik), dan daya berkecambah setelah periode penyimpanan (vigor daya simpan).

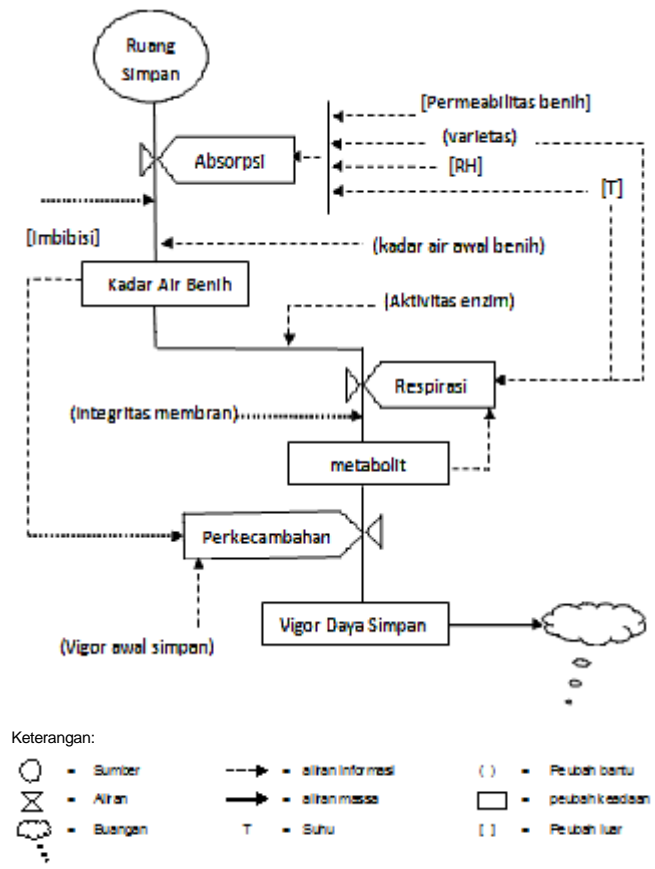
Verifikasi Model

Verifikasi dimaksudkan sebagai tahapan kegiatan pemodelan yang bertujuan untuk menilai kesesuaian hasil simulasi dengan hasil aktual. Hasil aktual diperoleh dari percobaan penyimpanan dan pengujian benih. Handoko (2005) menjelaskan bahwa verifikasi model dapat dilakukan melalui metode kualitatif dan kuantitatif. Verifikasi model secara kualitatif di antaranya menggunakan grafik yang dapat memvisualisasikan output model dengan pengukuran berdasarkan waktu atau periode tertentu, sehingga lebih luas dibandingkan metode kuantitatif (uji statistik) yang perbandingannya berdasarkan nilai pada titik tertentu. Berdasarkan hasil verifikasi kualitatif, nilai dugaan dinyatakan berkesesuaian jika nilai hasil dugaan (simulasi) berada dalam selang kepercayaan ($1-\alpha = 0,95$) dari hasil aktual. Verifikasi model secara kuantitatif menggunakan uji statistik, dengan membandingkan secara berpasangan (uji-t) hasil simulasi dengan hasil aktual pada periode

simpan yang sama. Berdasarkan verifikasi kuantitatif, hasil simulasi dinyatakan sesuai atau tidak berbeda dengan hasil aktual jika *p-value* lebih besar dari α (0,05).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan model menggunakan dasar diagram alir sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Diagram alir penyimpanan benih mendeskripsikan proses yang terjadi selama penyimpanan benih, yang diawali oleh proses penyerapan (absorpsi) uap air melalui kulit benih, sehingga meningkatkan kadar air benih. Peningkatan kadar air benih menyebabkan pengaktifan enzim dehidrogenase, sehingga proses respirasi meningkat. Peningkatan proses respirasi berpengaruh terhadap kerusakan membran sel yang ditunjukkan oleh bocoran metabolit benih kedelai. Peningkatan bocoran metabolit benih berpengaruh terhadap proses perkecambahan benih, hingga akhirnya menurunkan vigor daya simpan (V_{DS}) benih. Proses-proses tersebut dipengaruhi oleh varietas, RH dan suhu, permeabilitas benih serta kondisi awal benih sebelum disimpan (vigor awal benih).



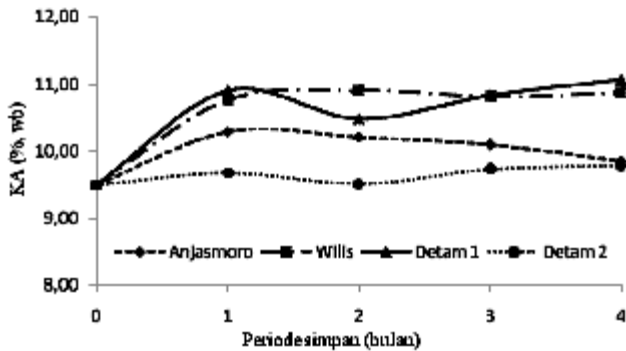
Gambar 1. Diagram alir penyimpanan terbuka benih kedelai.

Penyusunan Model

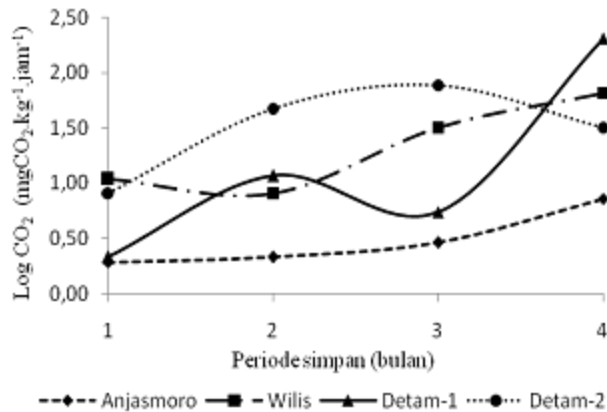
Model sebagai penyederhanaan dari suatu sistem memerlukan pembatasan, terutama terkait dengan faktor-faktor yang menjadi variabel dalam model yang dibentuk. Percobaan penyimpanan dan pengujian benih kedelai dilakukan untuk mempelajari perilaku benih pada penyimpanan terbuka. Perilaku benih diperlukan untuk menentukan variabel-variabel yang dapat dijadikan sebagai input dan output model serta menentukan hubungan antar komponen.

Perilaku empat varietas benih kedelai (Anjasmoro, Wilis, Detam-1 dan Detam-2) pada KA awal 9-10% ditunjukkan melalui peubah KA seperti tertera pada Gambar 2.

Kadar air pada keempat varietas benih kedelai (Anjasmoro, Wilis, Detam-1 dan Detam-2) meningkat selama periode simpan 4 bulan. Meskipun terjadi peningkatan kadar air selama penyimpanan 4 bulan, benih keempat varietas kedelai masih dapat mempertahankan kadar airnya pada batas aman hingga akhir periode simpan, yaitu $\leq 11\%$.



Gambar 2. Kadar air empat varietas benih kedelai selama penyimpanan terbuka.



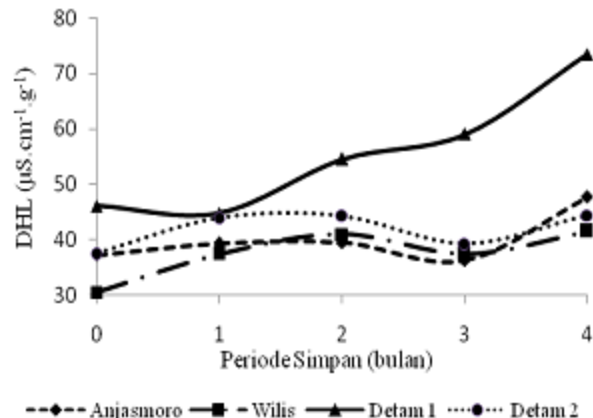
Perilaku respirasi dan daya hantar listrik empat varietas benih kedelai pada penyimpanan terbuka dengan kadar air awal 9-10% tertera pada Gambar 3.

Respirasi dan daya hantar listrik benih meningkat selama periode simpan 4 bulan. Proses respirasi menimbulkan peningkatan suhu yang berlangsung secara perlahan. Pada kondisi penyimpanan yang baik, panas hasil respirasi sedikit memengaruhi kondisi benih pada penyimpanan, tetapi pada kondisi lembap, peningkatan panas hasil respirasi menimbulkan kerusakan pada benih yang disimpan. Peningkatan respirasi dan daya hantar listrik diduga terjadi karena adanya peningkatan kadar air benih selama penyimpanan. Respirasi dan daya hantar listrik merupakan salah satu komponen penilaian deteriorasi benih.

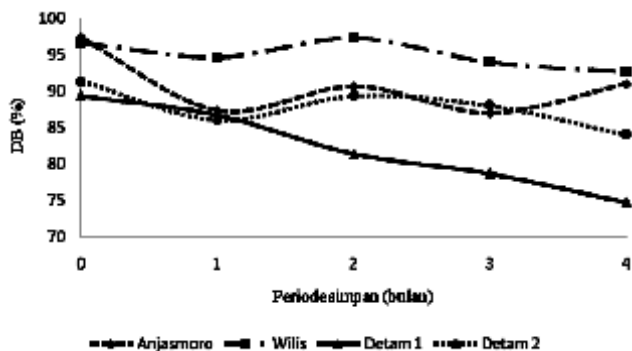
Pengaruh varietas terhadap peningkatan respirasi dan daya hantar listrik memberikan respon yang berbeda. Hal ini diduga berkaitan dengan komposisi kimia benih antarvarietas, berbeda dengan kandungan protein. Balitkabi (2012) menyebutkan kandungan protein benih kedelai varietas Detam-1, Anjasmoro, Detam-2 dan Wilis berturut-turut 45,36%, 41,80-42,10%, 45,58%, dan 37,0%.

Perilaku empat varietas benih kedelai pada kadar air awal 9-10% yang ditunjukkan melalui peubah daya berkecambah (DB) disajikan pada Gambar 4.

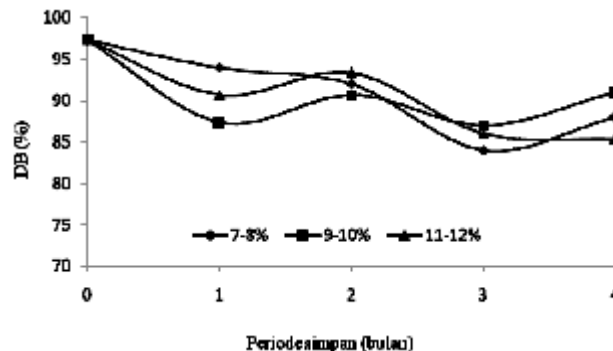
Daya berkecambah sebagai tolok ukur vigor daya simpan benih keempat varietas benih kedelai selama periode simpan 4 bulan cenderung menurun hingga akhir periode simpan. Hal ini memberikan indikasi terjadinya penurunan mutu fisiologis benih kedelai yang disimpan. Sebagian besar benih kedelai yang disimpan mampu mempertahankan viabilitasnya $> 80\%$ hingga akhir periode simpan, yaitu benih dari varietas Anjasmoro, Wilis, dan Detam-2. Hal ini diduga berkaitan dengan viabilitas awal benih sebelum simpan. Benih



Gambar 3. Respirasi dan DHL empat varietas benih kedelai.



Gambar 4. DB empat varietas benih kedelai selama penyimpanan terbuka.



Gambar 5. DB benih kedelai varietas Anjasmoro pada KA awal berbeda selama penyimpanan terbuka.

kedelai yang disimpan dengan viabilitas awal tinggi (95-100%) memiliki periode simpan yang lebih panjang dibanding benih yang memiliki viabilitas sedang (80-95%). Jyoti dan Malik (2013) juga mengemukakan bahwa mutu dan viabilitas benih selama penyimpanan bergantung pada viabilitas awal benih dan teknik penyimpanan.

Perilaku benih kedelai varietas Anjasmoro pada kadar air awal yang berbeda yaitu pada KA awal 7-8%, 9-10% dan 11-12% ditunjukkan melalui peubah DB sebagaimana disajikan pada Gambar 5.

Daya berkecambah varietas Anjasmoro cenderung menurun hingga akhir periode simpan. Meskipun terjadi penurunan DB, benih varietas Anjasmoro mampu mempertahankan viabilitasnya > 80% hingga akhir periode simpan. Penurunan DB benih kedelai selama periode simpan mengindikasikan turunnya mutu fisiologis benih yang disimpan. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Copeland dan McDonald (2004) yang menyatakan bahwa proses mundurnya mutu fisiologis benih terjadi secara berangsur-angsur dan kumulatif akibat perubahan fisiologis dan biokimia benih.

Hasil percobaan penyimpanan dan pengujian benih kedelai yang meliputi perilaku benih selama penyimpanan menunjukkan varietas, kadar air awal, viabilitas awal, suhu dan RH dapat dijadikan input untuk model yang disusun. Input tersebut mampu memprediksi perubahan pada output model, yaitu kadar air benih, respirasi, dan vigor daya simpan benih.

Model pendugaan vigor daya simpan benih dapat disusun berdasarkan persamaan yang menghubungkan antara nilai kadar air dengan respirasi benih kedelai. Kadar air dan respirasi benih berpengaruh terhadap mutu fisiologis benih selama penyimpanan.

$$\text{Log CO}_2 = a(\text{MC})-b \text{ (Hall 1970)}$$

Persamaan tersebut menggambarkan hubungan antara respirasi (CO_2) dengan kadar air (MC). Konstanta yang diperoleh dari hubungan tersebut adalah a (0,0630) dan b (0,616).

Pendugaan vigor daya simpan benih kedelai berdasarkan nilai DHL menggunakan persamaan regresi yang menghubungkan antara nilai DHL dengan V_{DS}^{DHL} benih kedelai.

$$V_{DS}^{DB} = ki - (0,05662 + 0,0198 * DHL - 0,0029 * DHL^2)$$

Nilai dugaan V_{DS}^{DB} pada periode simpan adalah viabilitas awal (ki) dikurangi dengan V_{DS}^{DHL} .

Hubungan kuantitatif yang digunakan untuk membangun model penyimpanan benih kedelai dapat dilihat pada Tabel 1.

Hubungan kuantitatif antarkomponen dari pustaka dan percobaan penyimpanan benih dirangkai dalam *Model Construction Layer - Stella* (MCL-S) yang mengacu pada penelitian Hasbianto (2012) dengan modifikasi. MCL-S untuk model dinamik penyimpanan benih kedelai dideskripsikan pada Gambar 6.

MCL penyimpanan benih terdiri atas *conferter*, *conector*, *flow* dan *stocks*. *Conferter* yang digambarkan sebagai \bigcirc berfungsi untuk menyimpan konstanta, input persamaan, melakukan kalkulasi dari berbagai input lainnya atau menyimpan data dalam bentuk grafis (tabulasi x dan y), misal input permeabilitas kemasan, RH_{out} dan suhu. *Conector* yang dilambangkan sebagai \rightarrow berfungsi untuk menghubungkan *conferter* ke *conferter* (KA ke respirasi), *conferter* ke *flow* (respirasi ke metabolit) dan *stocks* ke *conferter* (DHL ke V_{DS}) dari model. Aliran/*flow* yang dilambangkan dengan \rightarrow berfungsi untuk menambah atau mengurangi stok misal perubahan RH kemasan dan metabolit. *Stocks* digambarkan sebagai \square merupakan hasil akumulasi dari suatu aliran massa. DHL dan RH_{in} adalah akumulasi aliran yang berfungsi sebagai *stocks*.

Tabel 1. Hubungan kuantitatif antar komponen untuk membangun model.

No.	Hubungan kuantitatif	Sumber pustaka
1.	Nilai permeabilitas kemasan simpan $\text{Permeabilitas kemasan} = \frac{n/t}{\Delta(RH_{out} - RH_{in})/P_0}$	Persamaan Moyls (Apan 2007), Hasbiyanto 2012
2.	Nilai M_0 dan kadar air benih (M) $1 - RH = e^{-cT/M_0^2}; \frac{M_1 - M_0}{M_0 - M_0} = Ae^{-k\theta}; k = Dv \frac{r^2}{r^2}$	Persamaan Henderson (1976)
3.	Viabilitas benih $v = ki - p / \sigma$ $\log_{10} \sigma = KE - CW \log_{10} m - CH - CQ t^2$	Persamaan Viabilitas Ellis dan Roberts terdiri atas dua komponen (Ellis & Hong 2005)

Keterangan :

n/t = jumlah air terserap per hari, g.hari⁻¹; A_0 = luas permukaan kemasan; Rh_{out} = RH luar; Rh_{in} = RH dalam kemasan; P_0 = tekanan uap jenuh air; M_0 = kadar air kesetimbangan; M_1 = kadar air selama periode simpan; M_0 = kadar air awa; $n = 1.52$; c untuk varietas kedelai = 3.20×10^{-5} ; T = temperatur; A = luas permukaan benih, θ periode simpan (hari); k = koefisien divusivitas benih kedelai; r = jari-jari benih; Dv = divusivitas untuk varietas kedelai sebesar $10^{-11} \text{ m}^2.\text{detik}^{-1}$; v = viabilitas benih, σ = simpangan baku distribusi frekuensi kematian benih pada periode tertentu, p adalah periode simpan; Ki = *intersep* atau viabilitas awal sebelum simpan; KE , CW , CH dan CQ = konstanta spesifik komoditas. Konstanta spesifik untuk komoditas kedelai berdasarkan Kruse *et al.* (2005) yaitu KE (7.748), CW (3.979), CH (0.053) dan CQ (0.000228).

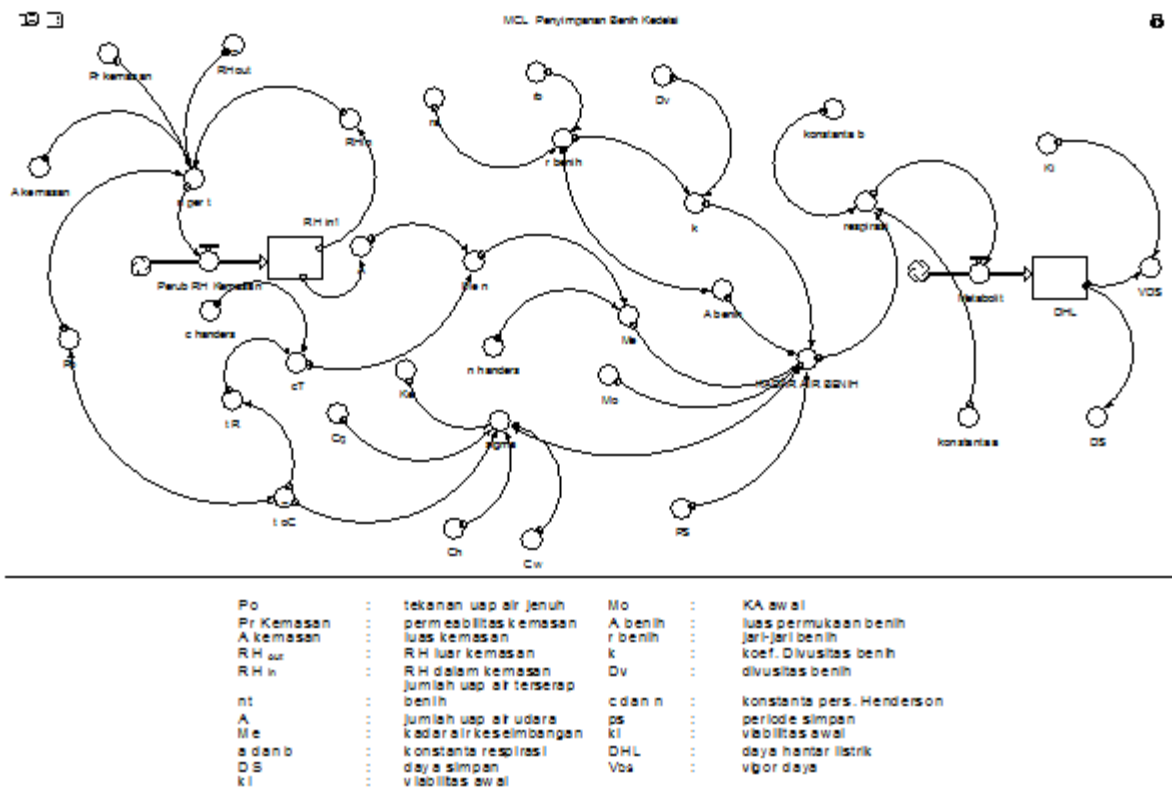
Simulasi dan Verifikasi Model

Input yang digunakan untuk simulasi model terdiri atas varietas, permeabilitas awal, jari-jari benih yang mewakili ukuran benih, kadar air awal dan viabilitas awal benih (Tabel 2). Penggunaan input model ini bisa disesuaikan tergantung output model apa yang akan dihasilkan.

Hasil simulasi dengan output model berupa kadar air dan respirasi empat varietas benih kedelai yang disimpan selama periode simpan 16 minggu tertera pada Gambar 7. Pola yang logik ditunjukkan oleh kadar air dan respirasi benih kedelai yang disimpan selama periode simpan 16 minggu. Kadar air dan respirasi pada empat varietas benih kedelai mengalami peningkatan selama periode simpan 4 bulan.

Hasil simulasi dengan output model berupa DHL dan V_{DS}^{DB} empat varietas benih kedelai yang disimpan selama periode simpan 16 minggu tertera pada Gambar 8.

Pola yang logik ditunjukkan pada DHL oleh adanya peningkatan bocoran metabolit selama penyimpanan benih kedelai. Pola logik juga terdapat pada V_{DS}^{DB} benih kedelai yang disimpan selama periode simpan 16 minggu. Benih kedelai mengalami penurunan V_{DS}^{DB} selama periode simpan, yang mengindikasikan turunnya mutu fisiologis benih yang disimpan.



Gambar 6. MCL penyimpanan benih kedelai.

Verifikasi model penyimpanan terbuka benih empat varietas kedelai dengan output KA tertera pada Gambar 9. Verifikasi secara kualitatif menunjukkan adanya kesesuaian antara kadar air benih empat varietas kedelai hasil simulasi dengan aktual. Kesesuaian tersebut

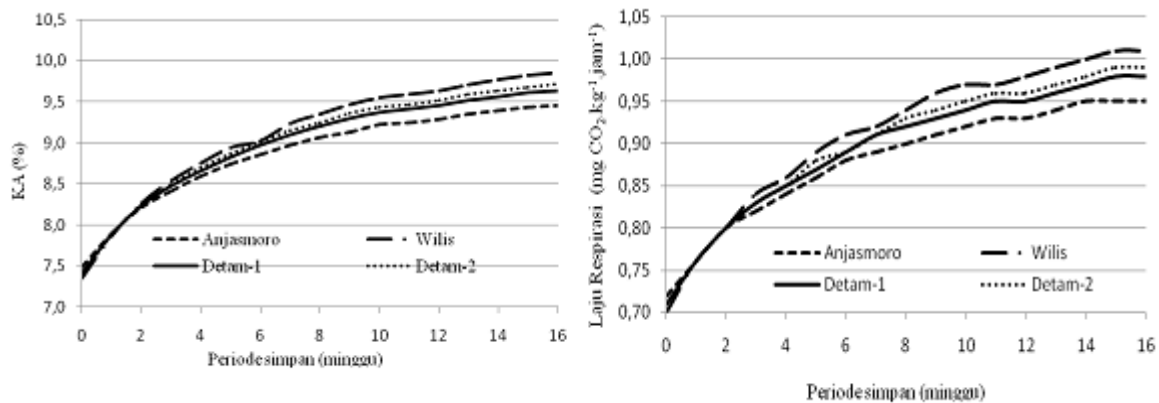
Tabel 2. Input simulasi model penyimpanan terbuka benih empat varietas kedelai.

Uraian	Anjasmoro	Wilis	Detam 1	Detam 2
Permeabilitas awal ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$)	33,83	33,75	42,99	41,05
Jari-jari 1 (mm)	4,32	3,54	3,78	3,69
Jari-jari 2 (mm)	3,44	2,90	3,37	3,21
Kadar awal (%)	8,00	8,00	8,00	8,00
Viabilitas awal (%)	97,33	96,67	89,33	91,33

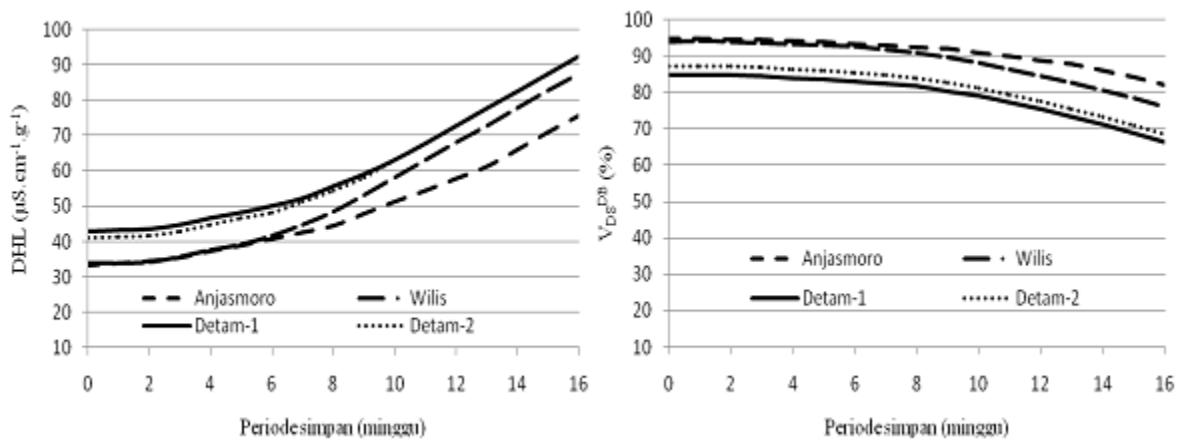
Jari-jari 1 adalah rata-rata r untuk dua sisi panjang benih kedelai. Jari-jari 2 adalah rata-rata r untuk dua sisi pendek benih kedelai. Pengukuran menggunakan jangka sorong digital dengan ketepatan dua digit.

didasarkan pada data hasil simulasi yang berada dalam selang kepercayaan ($1 - \alpha = 0,95$) dari hasil aktual hingga periode simpan 16 minggu. Hasil verifikasi nilai KA selama 16 minggu menggunakan uji-t menunjukkan nilai *p-value* varietas Anjasmoro (0,512), Wilis (0,102), Detam-1 (0,194) dan Detam-2 (0,051) yang masing-masing lebih besar dari α (0,05), berarti hasil simulasi tidak berbeda nyata (terdapat kesesuaian) dengan hasil aktual.

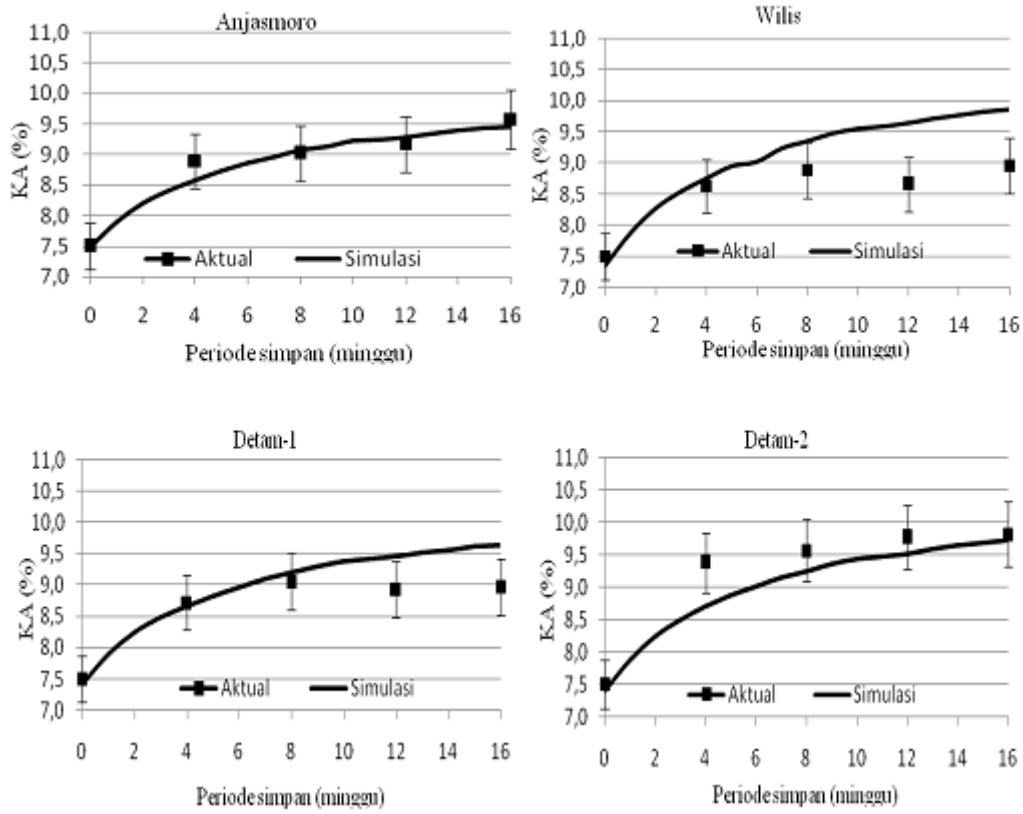
Verifikasi model pada penyimpanan terbuka benih empat varietas kedelai dengan output V_{DS}^{DB} tertera pada Gambar 10. Verifikasi secara kualitatif menunjukkan adanya kesesuaian antara V_{DS}^{DB} empat varietas benih kedelai hasil simulasi dengan aktual. Hasil verifikasi nilai V_{DS}^{DB} selama 16 minggu menunjukkan nilai *p-value* varietas Anjasmoro (0,429), Wilis (0,054), Detam-1 (0,208) dan Detam-2 (0,159) yang masing-masing lebih besar dari α (0,05), berarti hasil simulasi tidak berbeda nyata (terdapat kesesuaian) dengan hasil aktual.



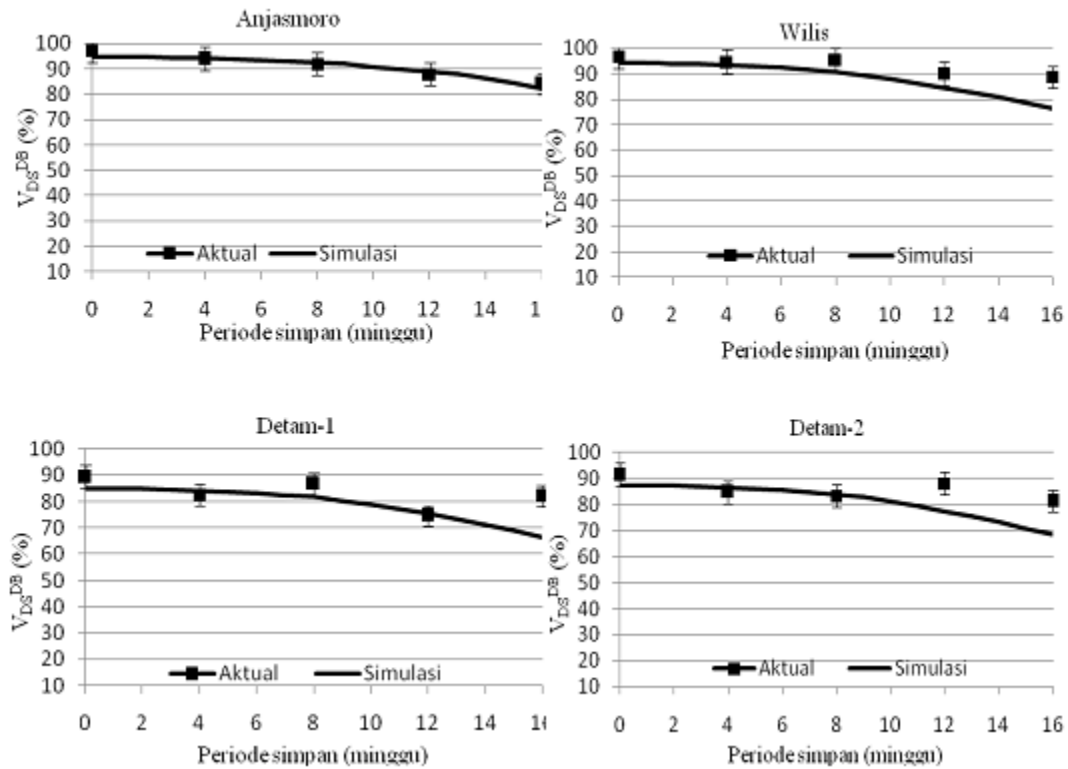
Gambar 7. Hasil simulasi kadar air dan respirasi benih empat varietas kedelai.



Gambar 8. Hasil simulasi DHL dan V_{DS}^{DB} benih empat varietas kedelai.



Gambar 9. Kadar air benih empat varietas kedelai hasil simulasi dan aktual.



Gambar 10. V_{DS}^{DB} empat varietas benih kedelai hasil simulasi dan aktual.

KESIMPULAN

Perilaku kemunduran benih kedelai dapat ditunjukkan oleh peubah kadar air, respirasi, DHL dan DB (vigor daya simpan). Kemunduran benih selama penyimpanan terbuka diindikasikan oleh peningkatan KA, respirasi, DHL dan penurunan vigor daya simpan benih.

Model dinamik penyimpanan terbuka benih kedelai dapat menduga secara logik dan layak kadar air (KA) dan vigor daya simpan (V_{DS}^{DB}) benih kedelai. Varietas Anjasmoro dan Wilis mampu mempertahankan vigor daya simpan 80% selama empat bulan penyimpanan. Varietas Detam-1 dan Detam-2 mengalami penurunan vigor daya simpan < 80% setelah disimpan selama 11 minggu. V_{DS}^{DB} benih pada akhir periode simpan untuk varietas Anjasmoro, Wilis, Detam-1 dan Detam-2 masing-masing adalah 84%, 80%, 68% dan 70%.

Model dinamik penyimpanan benih dapat digunakan untuk menduga perilaku kemunduran benih berbagai varietas kedelai. Input model yang digunakan terdiri atas varietas, permeabilitas awal, jari-jari benih yang mewakili ukuran benih, kadar air awal dan viabilitas awal benih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, Program Kerja Sama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Nasional (KKP3N) Tahun 2013, serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM-IPB) atas bantuan dana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arpah, M. 2007. Penetapan kadaluwarsa pangan. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- [Balitkabi] Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2012. *Deskripsi Varietas Unggul Kedelai*. Unit Produksi Benih Sumber – Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2014. Berita Resmi Statistik. No. 45/07/ Th. XVI, 1 Juli 2014. Diunduh tanggal 5 Agustus 2014.
- Copeland, L.O., M.B. McDonald. 2001. *Seed Science and Technology*. Washington. Chapman and Hall. Thomson Publishing.
- Ellis, R.H., T.D. Hong. 2006. Temperature sensitivity of low moisture content limit to negative seed longevity-moisture content relationship in hermetic storage. *Annals of Botany* 97:785 – 791.
- Hall, D.W. 1970. *Handling and Storage of Food Grains in Tropical and Sub tropical Areas*. FAO Agr. Dev. Paper No. 90.
- Handoko. 2005. *Quantitative Modeling of System Dynamics for Natural Resources Management*. Southeast Asian Regional Centre For Tropical Biology. Bogor.
- Hasbianto, A. 2012. *Pemodelan penyimpanan benih kedelai pada sistem penyimpanan terbuka* [tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Henderson, S.M., R.L. Perry. 1976. *Agricultural Process Engineering*. 3rd. Edition, The AVI publishing co. Inc. Westport Connecticut.
- Indartono. 2011. Pengkajian suhu ruang penyimpanan dan teknik pengemasan terhadap kualitas benih kedelai. *Gema Teknologi* 16(3) : 158-163.
- Jyoti, C. P. Malik. 2013. Seed Deterioration. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*. 2(3):374-385.
- Koizumi, M., K. Kikuchi, S. Isobe, N. Ishida, S. Naito, H. Kano. 2008. Role of seed coat imbibing soybean observed by micro-magnetic resonance imaging. *Annals of Botany* 102:343-352.
- Kong, F., Chang, S. K. C. 2009. Statistical and kinetic studies of the changes in soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. *Journal of Food Science* 74 (2): 81-89.
- Kruse, M., K.G. Ghiasi, S. Schmohl. 2005. The seed viability equation for analysing seed storage behaviour. 7th ISTA Seminar on Statistics. University of Hohenheim.
- Marwanto. 2004. Soybean seed coat characteristics and its quality losses during incubator aging and storage. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* 6:57-65.
- Purwanti S. 2004. Kajian suhu ruang simpan terhadap kualitas benih kedelai hitam dan kedelai kuning. *J. Ilmu Pert.* 11(1): 22-31.
- Qadir, A. 2012. *Pemodelan pertumbuhan tanaman kedelai (Glycine max L. Merrill) di bawah cekaman naungan* [disertasi]. Bogor. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Salinas, A.R., R.M. Cravotto, C. Beltran, V. Bisaro, M. Yoldjian. 2010. Electrical conductivity of soybean seed cultivars and adjusted models of leakage curves along the time. *Revista Caatinga; Mossoro* 23:1-7.
- Shelar, V.R., R.S. Shaikh, A.S. Nikam. 2008. Soybean seed quality during storage: a review. *Agric. Rev.* 29:125-131.

