

Pendugaan Vigor Daya Simpan Benih Kubis (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) Menggunakan Metode Pengusangan Cepat dengan Etanol

*Prediction of Storability Vigor of Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) Seed Using
Accelerated Aging Method with Ethanol*

Amalia Rosida¹, Maryati Sari^{1*}, dan Abdul Qadir¹

Diterima 19 Agustus 2015/Disetujui 09 November 2015

ABSTRACT

A method that can predict vigor of seed correlated to seed longevity is necessary for cabbage seed production. The objective of this study was to obtain effective soaking time in the chemically accelerated aging method with liquid ethanol 20%, that can estimate vigor correlated to seed longevity of cabbage. Cabbage seed consisted of 6 commercial seed lots with different initial vigor, i.e. G1, MG, GC, GT, B3, and KC. In the first experiment, the seeds were stored for 6 months in aluminum foil at open storage with temperature of 23.3-29.9 °C and 61-85% relative humidity. In the second experiment, rapid aging was done by soaking seeds in liquid ethanol 20% for 30, 60, 90, and 120 minutes. The results showed that vigor index of ethanol soaking for 30 minutes in ethanol 20% had close correlation with germination of seed after storage for 6 months with a coefficient correlation $r=0.92$. Therefore, it could be used to predict vigor correlated to storability. Cabbage seed vigor after 6 months could be predicted by the equation $y=3.338+1.054x$, where x was variable vigor index after soaking seeds in ethanol 20% for 30 minutes, and a coefficient of determination $R^2=0.84$.

Keywords: deterioration, rapid aging, seed longevity, seed storage, viability

ABSTRAK

Metode yang dapat menduga vigor daya simpan benih kubis sangat diperlukan untuk mendukung penyediaan benih kubis yang bermutu. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan waktu perendaman yang efektif pada metode pengusangan cepat kimia dengan etanol 20%, yang dapat menduga vigor daya simpan benih kubis. Benih kubis yang digunakan terdiri atas 6 lot benih komersial, yaitu G1, MG, GC, GT, B3, dan KC dengan vigor awal yang berbeda. Percobaan pertama adalah penyimpanan benih dalam kemasan aluminium foil selama 1 sampai 6 bulan pada ruang simpan terbuka (suhu 23.3-29.9 °C dan RH 61-85%). Percobaan kedua adalah pengusangan dengan merendam benih dalam larutan etanol 20% selama 30, 60, 90, dan 120 menit. Hasil menunjukkan indeks vigor setelah perendaman dalam etanol selama 30 menit memiliki korelasi yang erat dengan daya berkecambah benih setelah disimpan selama enam bulan dengan koefisien korelasi sebesar 0.92, sehingga dapat digunakan untuk menduga vigor daya simpan. Vigor daya simpan benih kubis setelah penyimpanan selama enam bulan dapat diduga dengan persamaan $y= 3.338 + 1.054x$, dengan x peubah indeks vigor setelah perendaman etanol 20% selama 30 menit, dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.84.

Kata kunci: kemunduran benih, pengusangan cepat, daya simpan benih, penyimpanan benih, viabilitas

¹Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (Bogor Agricultural University), Jl. Meranti Kampus Darmaga, Bogor 16680 Indonesia. Telp.&Faks. 62-251-8629353. email: maryatisari@yahoo.com. (*penulis korespondensi)

PENDAHULUAN

Kubis (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) merupakan sayuran tinggi serat kasar yang permintaannya cukup besar. Kebutuhan kubis di Indonesia mencapai 1.37 juta ton dan hampir 100% dipasok dari produksi dalam negeri (Pusdatin, 2013). Ketersediaan benih bermutu diperlukan untuk mendukung hasil panen yang optimal. Benih kubis merupakan benih yang belum dapat diproduksi di Indonesia karena kendala agroklimat. Hal ini berakibat pada rantai pemasaran benih yang panjang dan benih mengalami penyimpanan lebih lama untuk sampai ke konsumen.

Benih yang disimpan akan mengalami kemunduran alami (deteriorasi). Benih dengan vigor daya simpan tinggi mampu mempertahankan viabilitasnya dengan baik selama disimpan, sebaliknya benih dengan vigor daya simpan rendah mengalami kemunduran dengan cepat. Agar pengelolaan benih yang diedarkan senantiasa terjaga mutunya maka diperlukan informasi mengenai daya simpan dugaan sehingga benih tidak disimpan lebih dari kemampuannya dalam mempertahankan viabilitasnya.

Standar minimal daya berkecambah benih harus tetap terpenuhi hingga akhir masa edarnya. Pendugaan vigor dapat dilakukan dengan pengusangan cepat secara fisik maupun kimia. Pengusangan secara fisik dapat dilakukan dengan menggunakan suhu dan RH tinggi atau kadar air tinggi. *Controlled deterioration test* (pengusangan cepat terkontrol) dengan menggunakan suhu tinggi dan kadar air benih tinggi antara lain telah diteliti penggunaannya pada benih bawang (Rodo dan Filho, 2003) dan mentimun (Demir dan Mavi, 2008). Powell dan Matthews (2005) mengembangkan pengujian dengan metode *controlled deterioration test* untuk pendugaan vigor daya simpan benih. Pengusangan cepat secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan etanol ataupun metanol. Metode ini relatif lebih cepat dibanding metode pengusangan cepat secara fisik. Addai dan Kantanka (2006) mengemukakan bahwa larutan etanol 20% lebih baik dalam memperkirakan daya simpan benih kedelai, dibandingkan dengan menggunakan metanol dan air panas. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan waktu perendaman yang efektif pada metode pengusangan cepat kimia dengan etanol yang dapat menduga vigor daya simpan benih kubis.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor sejak bulan Januari hingga Juli 2014. Bahan utama adalah 6 lot benih kubis (G1, MG, GC, GT, B3, dan KC).

Penelitian terdiri atas dua percobaan, yaitu pengujian vigor daya simpan setelah penyimpanan (Percobaan 1) dan pengujian vigor setelah pengusangan cepat kimia (Percobaan 2). Kedua percobaan menggunakan sampel yang berasal dari lot benih yang sama. Hubungan antara Percobaan 1 dan Percobaan 2 dianalisis menggunakan analisis korelasi dan analisis regresi linier sederhana, bertujuan mengetahui dan menduga hubungan antara vigor daya simpan benih setelah disimpan dan tolok ukur vigor benih setelah pengusangan cepat kimia. Verifikasi terhadap hasil analisis regresi linear sederhana dilakukan secara kualitatif dengan grafik dan kuantitatif dengan uji-t untuk menilai kesesuaian hasil pendugaan.

Percobaan 1 (pengujian vigor benih setelah penyimpanan) disusun menggunakan rancangan acak lengkap tersarang dua faktor, dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah periode simpan (0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 bulan), sedangkan faktor kedua adalah lot benih kubis (G1, MG, GC, GT, B3, dan KC). Penyimpanan benih dilakukan dalam kemasan aluminium foil, setiap kemasan berisi 2 g benih. Benih yang telah dikemas disimpan dalam ruang penyimpanan terbuka (suhu 23.3-29.9 °C dan RH 61-85%). Pengamatan terhadap viabilitas benih dengan tolok ukur daya berkecambah (DB), indeks vigor (IV), dan kecepatan tumbuh (K_{CT}) dilakukan setiap bulan pada akhir periode simpan. Pengujian viabilitas benih dilakukan dengan cara mengecambahkan 50 butir benih pada substrat kertas CD dengan metode uji di atas kertas (UDK) pada alat pengecambah benih tipe IPB 73-2A.

Percobaan 2 (pengujian vigor setelah pengusangan cepat kimia) juga menggunakan rancangan acak lengkap tersarang dua faktor, dengan tiga ulangan. Faktor utama adalah waktu perendaman larutan etanol 20% (30, 60, 90, dan 120 menit) dan faktor kedua adalah lot benih kubis (G1, MG, GC, GT, B3, dan KC). Percobaan 2 dimulai dengan melembapkan benih sebanyak 2 g setiap satuan percobaan dalam *refrigerator* dengan suhu 5 °C selama

12 jam. Benih yang telah dilembapkan kemudian direndam dalam larutan etanol 20% sebanyak 25 ml selama waktu perlakuan (30, 60, 90, dan 120 menit) dan dilakukan pengamatan terhadap DB, K_{CT}, dan IV akibat pengusangan (VDS_{etanol}^{DB}, VDS_{etanol}^{K_{CT}}, dan VDS_{etanol}^{IV}).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Ruang Simpan

Suhu dan kelembapan ruang simpan yang tercatat selama penyimpanan berkisar 23.3-29.9 °C dan 61-85%. Hama gudang maupun cendawan tidak berkembang pada benih selama percobaan. Umumnya, hama gudang maupun cendawan akan berkembang pada ruang simpan dengan suhu ±31.9 °C dan RH diatas 85% (Kumar *et al.*, 2015). Fluktuasi RH yang cukup lebar dapat menyebabkan fluktuasi kadar air benih. Kadar air akan meningkat atau menurun seiring dengan meningkat atau menurunnya kelembapan relatif (Copeland dan McDonald, 2001). Kadar air optimum dalam penyimpanan bagi sebagian besar benih adalah antara 6-11% (Indartono, 2011). Kadar air benih selama penyimpanan dalam penelitian ini cukup aman meskipun ada fluktuasi dan variasi, berkisar 5.13-7.08% (Tabel 1).

Deteriorasi Benih selama Penyimpanan

Benih yang disimpan akan mengalami kemunduran secara alami (deteriorasi). Benih kapas yang pada awalnya memiliki nilai daya berkecambah 91.73% setelah disimpan selama 12 minggu pada suhu kamar hanya memiliki daya berkecambah sebesar 64.66% (Halimursyadah dan Murniati, 2008). Benih kapas memiliki kandungan lemak tinggi, demikian pula benih kubis. Penurunan viabilitas yang cepat biasa terjadi pada benih dengan kandungan lemak tinggi.

Awal penurunan daya berkecambah benih berbeda antar lot yang digunakan (Tabel 2). Daya berkecambah pada lot MG, GT dan B3 mulai terlihat penurunannya sejak bulan pertama penyimpanan, pada lot G1 dan GC pada bulan ke-2, sedangkan lot KC pada bulan

ke-4. Justice dan Bass (2002) menyatakan bahwa awal kemunduran dapat terjadi beberapa bulan atau tahun, tergantung pada kondisi penyimpanan, macam benih, dan kondisi penyimpanan sebelumnya. Lot KC diduga masih baru dipanen dan baru mengalami penyimpanan dibanding yang lain. Hal ini dapat terlihat pada batas kadaluarsa benih yang tercantum pada kemasan, yang memperlihatkan lot KC (Oktober, 2015), memiliki batas kadaluarsa paling akhir dibandingkan yang lain: GC (Februari, 2015), B3 (April, 2015), MG (Mei, 2015), GT (Mei, 2015), dan lot G1 (Juni, 2015).

Kemunduran benih mengakibatkan berbagai perubahan yang menimbulkan kerugian, diantaranya penurunan persentase perkecambahan, penurunan vigor benih, degradasi membran sel dan hilangnya kendali terhadap permeabilitas membran, peningkatan kebocoran solut, berkurangnya kemampuan biosintesis dan respirasi, penurunan laju perkecambahan dan pertumbuhan, penurunan daya simpan, berkurangnya tingkat keseragaman, meningkatnya kepekaan terhadap kondisi cekaman lingkungan terutama pada stadia perkecambahan, dan berkurangnya potensi hasil (Jyoti dan Malik, 2013).

Tabel 1. Persentase kadar air benih kubis selama penyimpanan pada suhu kamar dalam kemasan aluminium foil

Lot Benih	Periode Simpan (Bulan)						
	0	1	2	3	4	5	6
Kadar Air (%).....						
G1	6.1	6.2	6.5	6.6	6.8	5.9	6.6
MG	5.5	6.1	6.2	5.8	6.1	6.2	5.9
GC	5.1	6.1	6.3	6.1	6.2	5.5	6.2
GT	6.6	7.1	7.1	7.1	7.1	6.8	6.8
B3	3.7	5.2	5.1	5.1	5.5	5.9	5.5
KC	5.4	5.4	5.9	6.3	7.1	6.3	6.6

Keterangan: Analisis ragam (Uji-F) pada taraf α = 5% dengan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf α = 5% dilakukan pada kedua percobaan sebelum dilakukan analisis regresi dan korelasi diantara keduanya.

Tabel 2. Pengaruh periode simpan dan lot benih terhadap daya berkecambah, kecepatan tumbuh benih kubis, dan indeks vigor

Lot Benih	Periode Simpan (Bulan)						
	0	1	2	3	4	5	6
.....Daya Berkecambah (%).....							
G1	98.7Aa	98.0Aa	75.3Bc	64.0Cc	44.7Ed	50.7De	54.0Dc
MG	96.0Aab	90.7Bc	88.7BCa	82.7Da	84.7Da	85.3CDa	73.3Ea
GC	94.7Abc	94.7Ab	88.0Ba	85.3Ba	65.3Cc	66.0Cc	69.3Cab
GT	91.3Ac	74.7Bf	66.7Cd	64.7Cc	37.3De	41.3Df	29.3Ed
B3	86.7Ad	80.7Be	80.0Bb	74.7Cb	72.0Cb	75.3Cb	72.7Ca
KC	86.7Ad	87.3Ad	80.0Ab	80.0Aab	71.3Bb	58.0Cd	63.3Cb
.....Kecepatan Tumbuh (% etmal ⁻¹).....							
G1	20.1Ab	17.0Bc	15.6Cc	8.9Dd	5.5Fc	5.9Fd	6.7Ec
MG	20.1Ab	16.1Be	16.6Bb	12.4Cbc	10.9Da	9.9Db	10.2Db
GC	21.6Aa	18.8Ba	17.7Ca	13.0Dab	8.6Fb	9.4Fbc	11.2Eb
GT	16.0Ad	13.3Bf	12.1Cd	8.5Dd	4.2Ed	4.9Ed	4.8Ed
B3	20.6Aab	16.5Bd	16.8Bab	14.0Ca	10.3Ea	12.5Da	12.7Da
KC	18.7Ac	18.1Ab	16.0Bbc	11.4Cc	10.7Ca	8.9Dc	10.1CDb
.....Indeks Vigor (%).....							
G1	58.0Ac	54.0Ba	54.7Bb	14.7Cd	5.3Dc	0.0Ee	3.3Dd
MG	74.7Aa	35.0Cb	38.7Bd	25.3Dc	2.7Fd	5.3EFd	7.3Ec
GC	77.3Aa	56.0Ba	47.3Cc	31.3Db	3.3Fd	12.7Ec	12.3Eb
GT	30.0Ad	29.3Ac	27.3Be	10.0Ce	0.0Ee	0.0Ee	4.0Dd
B3	64.7Ab	54.7Ca	58.0Ba	44.0Da	43.0Da	29.3Ea	15.0Fa
KC	64.0Ab	56.0Ba	56.0Bab	16.0Dd	23.3Cb	26.7Cb	6.7Ec

Keterangan: Angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris yang sama atau huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Benih dengan viabilitas tinggi akan menunjukkan tingkat kebocoran membran sel yang rendah (Ilyas, 2012). Tingkat kebocoran membran sel yang tinggi mengindikasikan bahwa integritas membran sel berkurang. Pengujian integritas membran sel ini bisa melalui uji DHL. Integritas membran sel berpengaruh terhadap integritas mitokondria. Semakin tinggi nilai DHL integritas membran mitokondria makin menurun (Tatipata, 2008). Kebocoran membran diduga mempengaruhi keadaan embrio dan kotiledon benih kubis yang sebagian besar terdiri atas lipid dan protein.

Penyimpanan benih selama enam bulan mengakibatkan penurunan DB pada semua lot benih. Daya berkecambah lebih dari 75% masih mampu dipertahankan oleh lot MG hingga bulan ke-5 (Tabel 2). Lot G1 memiliki daya berkecambah 98.67% pada awal penyimpanan, tidak berbeda nyata dengan lot MG (DB 96.00%), tetapi lot G1 tidak mampu mempertahankan daya berkecambahnya dengan baik selama dalam penyimpanan. Lot G1 pada tiga bulan setelah simpan hanya memiliki DB 64.00%, sementara lot MG masih memiliki DB 85.33% pada lima bulan setelah simpan

(Tabel 2). Kenyataan tersebut menegaskan bahwa meskipun lot benih yang satu dan yang lain memiliki viabilitas potensial yang sama, belum tentu vigor daya simpannya sama. Vigor benih dipengaruhi oleh berbagai faktor mulai dari benih masih berada di tanaman induk sampai pemanenan, pengolahan, ketika dalam transportasi, sampai sebelum ditanam (Ilyas, 2012). Perbedaan laju kemunduran antara kedua lot, MG dan G1, antara lain karena lot-lot tersebut memiliki vigor awal yang berbeda. Lot MG yang lebih mampu mempertahankan daya berkecambahnya selama penyimpanan memiliki Indeks Vigor (IV) 74.67%, sementara lot G1 hanya memiliki IV 58.00% (Tabel 2). Benih yang memiliki vigor tinggi akan mampu bertahan pada kondisi yang ekstrim dan mengalami proses penuaan lebih lambat dibandingkan dengan benih yang bervigor rendah (Lindayanti, 2006; Dina *et al.*, 2006).

Semakin tinggi nilai K_{CT}, maka waktu yang dibutuhkan benih untuk berkecambah semakin cepat, kemampuan benih untuk tumbuh menjadi tanaman dewasa semakin baik sehingga dapat diduga potensi hasil yang akan

diperoleh lebih tinggi (Andhi *et al.*, 2012). Kecepatan tumbuh benih lebih tajam dalam menunjukkan penurunan maupun peningkatan vigor dibanding tolak ukur daya berkecambah (Hakim dan Suhartanto, 2015). Tolak ukur K_{CT} pada percobaan ini nampaknya tidak cukup peka mendeteksi vigor daya simpan. Tolak ukur K_{CT} yang diujikan di awal penyimpanan menunjukkan kecepatan tumbuh lot G1 (20.05% $etmal^{-1}$) tidak berbeda nyata dengan kecepatan tumbuh lot MG (20.09% $etmal^{-1}$), namun lot MG masih memiliki daya berkecambah 85.33% setelah disimpan lima bulan, sementara lot G1 pada tiga bulan setelah simpan daya berkecambahnya hanya 64.00%. Kecepatan tumbuh benih lebih tepat dalam mendeteksi vigor kekuatan tumbuh benih di lapangan dibanding vigor daya simpan. Metode pengujian vigor spesifik telah dikembangkan dengan simulasi yang lebih mendekati kondisi yang sesungguhnya, diantaranya adalah metode pengusangan cepat dengan etanol untuk mendeteksi vigor daya simpan benih.

Devigorasi Benih setelah Pengusangan Cepat dengan Etanol

Kemunduran benih secara alami dapat digambarkan dengan kemunduran benih dipercepat menggunakan pengusangan cepat dengan etanol (Belo dan Suwarno, 2012, Anggraeni dan Suwarno, 2013). Semakin lama waktu perendaman etanol 20% semakin menurun daya berkecambah akibat pengusangan (VDS_{etanol}^{DB}), kecepatan tumbuh akibat pengusangan ($VDS_{etanol}^{K_{CT}}$), dan indeks vigor akibat pengusangan (VDS_{etanol}^{IV}) (Tabel 3). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Anggraeni dan Suwarno (2013) pada benih kedelai dan penelitian Salehi *et al.* (2008) pada benih rumput *tall fescue* (*Festuca arundinacea* Schreb.).

Perendaman selama 120 menit menunjukkan lot benih MG, GT, dan KC kehilangan seluruh viabilitasnya, sehingga tidak dapat digunakan sebagai pendugaan daya simpan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Salehi *et al.* (2008) pada benih rumput *tall fescue* (*Festuca arundinacea* Schreb.). Perendaman benih *tall fescue* dalam larutan etanol 10% yang semakin lama menyebabkan penurunan daya berkecambah yang semakin tinggi, dan pada perendaman 20 jam menyebabkan kematian embrio. Perendaman benih dalam larutan etanol yang semakin lama

menyebabkan kerusakan pada komponen protein dan lipid sehingga menyebabkan kematian embrio.

Tabel 3. Pengaruh waktu perendaman benih kubis dengan etanol 20% terhadap tolak ukur vigor setelah pengusangan

Lot Benih	Waktu Perendaman (menit)			
	30	60	90	120
..... VDS_{etanol}^{DB} (%).....				
G1	87.3bc	78.0b	62.0a	30.0a
MG	96.0a	85.3a	43.3b	0.0d
GC	92.0ab	70.7c	29.3b	22.7b
GT	79.3c	35.3e	23.2c	0.0d
B3	80.0c	48.0d	26.0c	3.3c
KC	82.0c	43.3d	25.3c	0.0d
..... $VDS_{etanol}^{K_{CT}}$ (% $etmal^{-1}$)				
G1	18.0b	15.8ab	12.5a	5.0a
MG	20.7a	16.2a	8.0b	0.0d
GC	18.5b	14.5b	4.6cd	3.8b
GT	13.4c	6.3d	3.8d	0.0d
B3	19.2ab	9.8c	7.7b	0.5c
KC	17.6b	9.4c	4.9c	0.0d
..... VDS_{etanol}^{IV} (%).....				
G1	50.0e	54.0a	31.3a	4.7a
MG	65.0b	57.3a	25.3b	0.0b
GC	54.0d	41.3b	20.7c	4.0a
GT	27.3f	19.3c	8.0e	0.0b
B3	70.0a	25.3c	14.0d	0.0b
KC	58.0c	24.0c	12.7d	0.0b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Pengaruh waktu perendaman benih dalam larutan etanol 20% selama 60 menit menunjukkan variasi yang lebar pada tolak ukur yang diamati (Tabel 3); nilai VDS_{etanol}^{DB} berkisar 35.33 - 85.33%, $VDS_{etanol}^{K_{CT}}$ berkisar 6.31 - 16.16% $etmal^{-1}$, dan VDS_{etanol}^{IV} berkisar 19.33 - 57.33%. Lot GT, B3, dan KC menurun lebih cepat setelah perendaman dibandingkan dengan lot G1, MG, dan GC. Lot G1, MG, dan GC mampu mempertahankan VDS_{etanol}^{DB} lebih dari 70%, sedangkan Lot GT, B3 dan KC mempertahankan VDS_{etanol}^{DB} kurang dari 50% setelah direndam dalam larutan etanol 20% selama 60 menit.

Antara lot GC dan GT memiliki viabilitas awal yang tidak berbeda nyata, ditunjukkan dengan nilai daya berkecambah pada periode 0 bulan simpan (Tabel 2), namun menunjukkan respon yang berbeda terhadap

pengusangan cepat (Tabel 3). Lot GT lebih cepat mundur dibanding lot GC. Hal ini diduga karena lot GT memiliki vigor awal yang lebih rendah dibandingkan GC seperti terlihat pada nilai K_{CT} dan IV (Tabel 2).

Analisis Korelasi dan Regresi untuk Penentuan Konsentrasi Etanol pada Pendugaan Vigor Daya Simpan

Perlakuan perendaman benih dalam etanol telah banyak dibuktikan menyebabkan kemunduran benih, demikian pula yang terjadi pada benih kubis. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis korelasi untuk mendapatkan lama perendaman benih dalam etanol yang pada kondisi tersebut terdapat korelasi paling erat antara kemunduran benih yang terjadi akibat perendaman dalam etanol dengan deteriorasi benih kubis pada suhu kamar.

Tabel 4 menunjukkan bahwa analisis korelasi antara daya berkecambah benih yang disimpan selama enam bulan dengan tolok ukur vigor setelah pengusangan menunjukkan keeratan hubungan yang bervariasi. Waktu pengusangan selama 30 menit menunjukkan korelasi yang erat pada hampir semua tolok ukur vigor setelah pengusangan, kecuali $VDS_{etanol30}^{DB}$ dengan daya berkecambah setelah disimpan selama 3, 4, dan 6 bulan dan $VDS_{etanol30}^{IV}$ dengan daya berkecambah benih setelah disimpan satu bulan.

Berdasarkan Tabel 4, tolok ukur vigor benih setelah perendaman etanol selama 30 menit memiliki korelasi yang paling erat dibandingkan dengan waktu perendaman selama 60 dan 90 menit terhadap daya berkecambah benih setelah penyimpanan. Tolok ukur indeks vigor setelah perendaman 30 menit ($VDS_{etanol30}^{IV}$) memiliki korelasi yang erat terhadap daya berkecambah benih setelah penyimpanan sehingga dapat digunakan untuk menduga vigor daya simpan benih kubis. Nilai koefisien korelasi (r) tertinggi yaitu 0.92 yang diperoleh dari korelasi antara $VDS_{etanol30}^{IV}$ dengan daya berkecambah benih setelah enam bulan dalam penyimpanan. Nilai koefisien korelasi tersebut menggambarkan adanya hubungan yang erat antara daya berkecambah benih setelah enam bulan simpan dengan tolok ukur indeks vigor setelah pengusangan dalam etanol 20% selama 30 menit ($VDS_{etanol30}^{IV}$).

Vigor daya simpan benih kubis dengan tolok ukur DB (V_{DS}) setelah penyimpanan diduga berdasarkan nilai koefisien korelasi yang paling erat yang kemudian dianalisis menggunakan analisis regresi. Analisis korelasi pada Tabel 4 menunjukkan $VDS_{etanol30}^{IV}$ memiliki korelasi yang erat dengan DB benih setelah disimpan selama enam bulan, sehingga $VDS_{etanol30}^{IV}$ berpotensi untuk menduga vigor daya simpan benih kubis setelah disimpan selama enam bulan.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil analisis korelasi antara daya berkecambah benih kubis setelah disimpan dengan tolok ukur vigor setelah pengusangan

Lama Perendaman	Periode Simpan (Bulan)					
	1	2	3	4	5	6
$VDS_{etanol30}^{DB}$	0.65**	0.66**	0.44 ^{tn}	0.43 ^{tn}	0.49*	0.40 ^{tn}
$VDS_{etanol60}^{DB}$	0.83**	0.63**	0.27 ^{tn}	0.34 ^{tn}	0.51*	0.51*
$VDS_{etanol90}^{DB}$	0.83**	0.24 ^{tn}	-0.13 ^{tv}	-0.11 ^{tv}	0.05 ^{tn}	0.14 ^{tn}
$VDS_{etanol30}^{DB}$	0.58*	0.83**	0.61**	0.80**	0.85**	0.88**
$VDS_{etanol60}^{DB}$	0.86**	0.66**	0.28 ^{tn}	0.34 ^{tn}	0.49*	0.56*
$VDS_{etanol90}^{DB}$	0.86**	0.20 ^{tn}	-0.15 ^{tv}	-0.12 ^{tv}	0.01 ^{tn}	0.16 ^{tn}
$VDS_{etanol30}^{DB}$	0.33 ^{tn}	0.74**	0.58*	0.86**	0.85**	0.92**
$VDS_{etanol60}^{DB}$	0.80**	0.53*	0.18 ^{tn}	0.24 ^{tn}	0.41 ^{tn}	0.40 ^{tn}
$VDS_{etanol90}^{DB}$	0.87**	0.41 ^{tn}	0.03 ^{tn}	0.14 ^{tn}	0.30 ^{tn}	0.38 ^{tn}

Keterangan: VDS_{etanol}^{DB} = daya berkecambah setelah pengusangan, $VDS_{etanol}^{K_{CT}}$ = kecepatan tumbuh setelah pengusangan, VDS_{etanol}^{IV} = indeks vigor setelah pengusangan; * = nyata, ** = sangat nyata, ^{tn} = tidak nyata berdasarkan nilai *Pearson correlation* pada taraf $\alpha = 5\%$.

Analisis regresi antara daya berkecambah benih setelah disimpan selama enam bulan dengan $VDS_{\text{etanol}30}^{\text{IV}}$ selanjutnya dilakukan untuk mendapatkan persamaan yang dapat menduga V_{DS} benih kubis setelah disimpan selama enam bulan. Persamaan yang diperoleh berdasarkan analisa tersebut adalah $y = 3.338 + 1.054x$, dengan x peubah indeks vigor benih setelah perendaman dalam larutan etanol 20% selama 30 menit dan standar deviasi yang diperoleh sebesar 6.53. Vigor daya simpan benih kubis setelah disimpan selama enam bulan dapat diduga dengan persamaan tersebut dengan asumsi regresi linear sederhana. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh sebesar 83.8%.

Simulasi dan Verifikasi Model Pendugaan Vigor Daya Simpan

Simulasi model dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan model yang telah disusun, sehingga dapat ditentukan validitas model tersebut (Hasbianto, 2012). Simulasi pendugaan vigor daya simpan benih kubis setelah disimpan selama enam bulan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 1. Vigor daya simpan dengan tolok ukur DB (V_{DS}) dugaan diperoleh dengan mensubstitusikan nilai $VDS_{\text{etanol}30}^{\text{IV}}$ sebagai variabel x pada persamaan regresi $y = 3.338 + 1.054x$. Vigor daya simpan dengan tolok ukur DB (V_{DS}) aktual diperoleh berdasarkan data hasil pengamatan setelah penyimpanan benih selama enam bulan.

Berdasarkan persamaan $y = 3.338 + 1.054x$, benih kubis dapat disimpan selama enam bulan dengan mempertahankan V_{DS} 75% apabila nilai $VDS_{\text{etanol}30}^{\text{IV}}$ minimum adalah 67.99% dengan standar deviasi 6.53. Nilai V_{DS} dugaan dan V_{DS} aktual memiliki selisih rata-rata 1.14-9.08% (Tabel 5). Lot B3 dengan nilai $VDS_{\text{etanol}30}^{\text{IV}}$ sebesar 70% mampu mempertahankan V_{DS} aktual sebesar 72.67% setelah disimpan selama enam bulan, dengan nilai V_{DS} dugaan sebesar 77.12%. Selisih nilai antara V_{DS} aktual dan V_{DS} dugaan yaitu sebesar 4.45% berada pada selang standar deviasi dari V_{DS} aktual. Lot benih lainnya dengan $VDS_{\text{etanol}30}^{\text{IV}}$ kurang dari 67.99% menunjukkan benih tidak mampu mempertahankan V_{DS} minimum 75% setelah disimpan enam bulan.

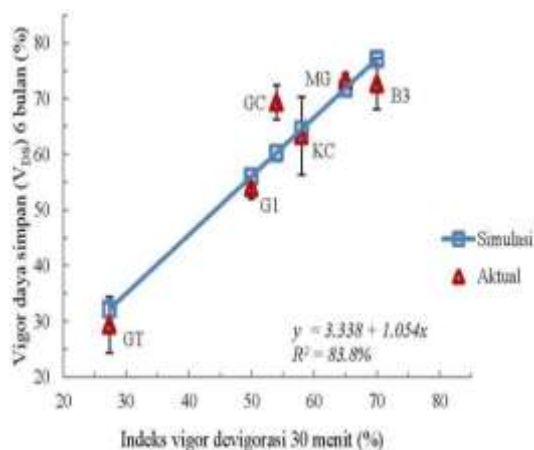
Verifikasi model dimaksudkan sebagai tahapan kegiatan pemodelan yang bertujuan

menilai kesesuaian hasil simulasi dengan hasil aktual (Qadir, 2012). Verifikasi model dapat dilakukan secara kualitatif dengan grafik (Gambar 1) atau secara kuantitatif dengan uji-t (Tabel 5). Gambar 1 menunjukkan adanya kesesuaian antara V_{DS} hasil simulasi dengan V_{DS} aktual benih kubis setelah disimpan selama enam bulan. Kesesuaian tersebut didasarkan pada data hasil simulasi yang berada dalam selang standar deviasi dari V_{DS} hasil aktual, kecuali lot GC.

Tabel 5. Simulasi nilai vigor daya simpan benih kubis selama enam bulan simpan dengan tolok ukur indeks vigor setelah pengusangan cepat dengan etanol 20% selama 30 menit

Lot Benih	$VDS_{\text{etanol}30}^{\text{IV}}$	V_{DS} Dugaan	V_{DS} Aktual	Stdev V_{DS}
	(%)	(%)	(%)	Aktual
GT	27.3	32.2	29.3	5.0
G1	50.0	56.0	54.0	2.0
B3	70.0	77.1	72.7	4.6
MG	65.0	71.9	73.3	1.2
GC	54.0	60.3	69.3	3.1
KC	58.0	64.5	63.3	7.0
Uji-t	$P\text{-value} = 0.99^{\text{m}}$			

Keterangan: $VDS_{\text{etanol}30}^{\text{IV}}$ = indeks vigor setelah pengusangan dengan etanol 20% selama 30 menit, V_{DS} = vigor daya simpan dengan tolok ukur daya berkecambah; Stdev = standar deviasi.



Gambar 1. Simulasi vigor daya simpan benih kubis untuk penyimpanan selama enam bulan dengan tolok ukur indeks vigor setelah pengusangan etanol 20% selama 30 menit.

Lot GC menunjukkan V_{DS} simulasi tidak berada dalam selang standar deviasi dari V_{DS} aktual. Nilai V_{DS} dugaan yang diperoleh dari hasil simulasi yaitu 60.25%, tidak berada pada standar deviasi dari V_{DS} aktual (Tabel 5 dan Gambar 1). Meskipun demikian, hasil verifikasi nilai V_{DS} menggunakan uji-t menunjukkan nilai p -value (0.99) lebih besar dari α (0.05), artinya V_{DS} hasil simulasi nyata tidak berbeda (adanya kesesuaian) dengan V_{DS} hasil aktual (Tabel 5).

Berdasarkan hasil verifikasi, model persamaan $y = 3.338 + 1.054x$ dengan x adalah $VDS_{\text{etanol } 30}^{IV}$ dapat digunakan untuk menduga vigor daya simpan benih kubis setelah disimpan enam bulan, dengan nilai koefisien determinasi 83.8%, dan standar deviasi 6.53.

KESIMPULAN

Perendaman benih kubis dengan etanol 20% selama 30 menit dengan tolok ukur indeks vigor dapat digunakan untuk menduga daya simpan benih kubis setelah enam bulan. Vigor daya simpan benih kubis setelah enam bulan dapat diduga dengan persamaan regresi $y = 3.338 + 1.054x$, dengan x peubah indeks vigor setelah perendaman etanol 20% selama 30 menit, koefisien determinasi (R^2) sebesar 83.8%, dan standar deviasi 5.53.

DAFTAR PUSTAKA

- Addai, L.K., O.S. Kantanka. 2006. Evaluation of screening methods for improved storability of soybean seed. *Intl. J. of Botany*. 2(2): 152-155.
- Andhi, T.C.W.A., A. Purwantoro, P. Yodono. 2012. Aspek fisiologi dan biokimia perkecambah benih jagung (*Zea mays* L.) pada umur penyimpanan benih yang berbeda. *Vegetalika*. 1(3): 120-130.
- Anggraeni, N.D., F.C. Suwarno. 2013. Kemampuan benih kedelai (*Glycine max* L.) untuk mempertahankan viabilitasnya setelah didera dengan etanol. *Bul. Agrohorti*. 1(4): 34-44.
- Belo, S.M., F.C. Suwarno, 2012. Penurunan viabilitas benih padi (*Oryza sativa* L.) melalui beberapa metode pengusangan cepat. *J. Agron Indonesia*. 40(1): 29-35.
- Copeland, L.O., M.B. McDonald. 2001. *Principles of Seed Science and Technology*. 4th edition. Kluwer Academic Publisher. New York (US).
- Demir, I., K. Mavi. 2008. Seed vigour evaluation of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds in relation to seedling emergence. *J. Seed Sci.* 1(1): 19-25.
- Dina, M.E. Hartati, Tukiman, Ismiatun. 2006. Pengujian vigor benih: telaah prospek penerapannya di Indonesia. *J. Informasi Pengembangan Mutu Benih*. 4(4): 14-19.
- Hakim, M.A.R., M.R. Suhartanto. 2015. Penentuan masak fisiologi dan ketahanan benih kenikir (*Cosmos caudatus* Kunth.) terhadap desikasi. *J. Hort. Indonesia*. 6(2): 84-90.
- Harlimusyadah, E. Murniati. 2008. Pengaruh pemberian senyawa antioksidan sebelum simpan terhadap umur simpan benih kapas (*Gossypium hirsutum* L.). *J. Floratek*. 3: 1-9.
- Hasbianto, A. 2012. Pemodelan penyimpanan benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada sistem penyimpanan terbuka. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ilyas, S. 2012. Ilmu dan Teknologi Benih. Teori dan Hasil-hasil Penelitian. IPB Press. Bogor. Indonesia.
- Indartono. 2011. Pengkajian suhu ruang penyimpanan dan teknik pengemasan terhadap kualitas benih kedelai. *Gema Teknologi*. 16(3): 158-163.
- Justice, O.L., L.N. Bass. 2002. Prinsip dan Praktek Penyimpanan Benih. Rennie Roesli, penerjemah. PT Raja Grafindo Persada. Terjemahan dari: *Principles and Practices of Seed Storage*. Jakarta.

- Jyoti, C.P. Malik. 2013. Seed deterioration: a review. *Int. J. LifeSc. Bt & Pharm. Res.* 2(3): 374-385.
- Kumar, M., G.S. Panwar, S.R. Kuswaha, V.K. Dwivedi. 2015. Field survey on evaluation of seed quality traits and storage methods used in the legume crops by the household farmers in Jhansi District of Uttar Pradesh, India. *Legume Research.* 38(2): 194-201.
- Lindayanti, M. 2006. Pengujian vigor pada beberapa varietas padi (*Oryza sativa*) dengan metode accelerated ageing (AA) setelah masa simpan 6 bulan. *J. Vigor Benih.* 4(4): 12.
- Powell, A.A., S. Matthews. 2005. Towards the validation of the controlled deterioration vigour test for small seeded vegetables. *Seed Testing Int. ISTA News Bull.* 129: 21-21.
- [Pusdatin] Pusat Data dan Informasi Pertanian. 2013. Kubis atau Kol. *Bul. Konsumsi Pangan.* 4(4): 23-28.
- Qadir, A. 2012. Pemodelan pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill) di bawah cekaman naungan. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rodo, A.B., J.M. Filho. 2003. Accelerated aging and controlled deterioration for the determination of the physiological potential of onion seeds. *Sci. Agricola.* 60(2): 465-469.
- Salehi, M.R., F. Ashiri, H. Salehi. 2008. Effect of different ethanol concentrations on seed germination of three turfgrass genera. *Nat Appl Sci.* 2(1): 6-9.
- Tatipata, A. 2008. Pengaruh kadar air awal, kemasan dan lama simpan terhadap protein membran dalam mitokondria benih kedelai. *Bul. Agron.* 36(1): 8-16.