

Pengembangan Metode Devigorasi dengan Pengusangan Cepat untuk Menduga Vigor Daya Simpan Benih Jagung (*Zea mays* L.)

*Devigoration Method Using Accelerated Aging Machine IPB 77-1 MM to Estimate Seed Vigor in Relation to Storability of Corn Seed (*Zea mays* L.)*

Imas Galuh Anjani¹, Muhammad Rahmad Suhartanto^{2*}, Agus Purwito²

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor (IPB University)

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, (IPB University) Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

*Penulis Korespondensi: tantosuhartanto63@gmail.com

Disetujui: 1 April 2023 / *Published Online* September 2023

ABSTRACT

Seed deterioration is one of the obstacles in the production of maize seeds and generally occurs during seed storage which is characterized by decreased viability and vigor of the seeds, resulting in poor planting and decreased yields. Accelerated aging is one of the methods that can determine the seed quality degradation. This research using 96% ethanol vapor and accelerated aging machine IPB 77-1 MM to accelerate the deterioration of maize seed. The results of this test will be used to estimate the longevity of corn seeds so that the utilization and processing of corn seeds can be done effectively and efficiently. The research was conducted at the Seed Biology and Biophysics Laboratory, Seed Storage and Quality Testing Laboratory, Department of Agronomy and Horticulture, Faculty of Agriculture, Bogor Agriculture University from March 2019 to August 2019. The research consisted of two experiments. The first experiment is controlled devigoration of corn seeds which stores corn seeds at a humidity of 98% and a temperature of 40 °C for 10 days. The experimental design used was a Randomized Complete Group Design (RKL) of one factor of corn varieties. The second experiment was the rapid application of chemical corn seed with 96% ethanol using accelerated aging machine IPB 77-1 MM. The design used was a Complete Randomized Block Design of one factor of corn variety. The variety used is the same as experiment 1. The results of the research show that the accelerated aging machine IPB 77-1 MM can be used to estimate the decrease in vigor of corn seeds. Chemical accelerated aging test is more effective and efficient in determining the longevity vigor value because it requires a relatively shorter time. Accelerated aging machine IPB 77-1 MM can show the sequence of vigor storing values of the five seeds of corn varieties which is the same as the controlled storage of corn seeds (Controlled deterioration test).

Keywords: accelerated aging machine IPB 77-1 MM, controlled storage, ethanol, seed deterioration

ABSTRAK

Penurunan mutu benih atau deteriorasi merupakan salah satu penghambat dalam produksi benih jagung dan umumnya terjadi selama penyimpanan benih yang ditandai dengan turunnya viabilitas dan vigor benih sehingga mengakibatkan jeleknya pertanaman serta menurunnya hasil. Pengusangan cepat secara kimia merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui percepatan penurunan kualitas benih dengan memanfaatkan kinerja uap etanol. Pengusangan ini dilakukan oleh APC IPB 77-1 MM yang berfungsi melakukan devigorasi benih baik secara fisik dengan uap panas maupun secara kimia dengan etanol. Hasil dari pengujian ini akan digunakan untuk menduga vigor daya simpan (VDS) benih jagung sehingga pemanfaatan dan pengolahan benih jagung dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi dan Biofisika Benih, Laboratorium Penyimpanan dan Pengujian Mutu Benih, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor dari bulan Maret 2019 hingga Agustus 2019. Penelitian ini terdiri dari dua percobaan. Percobaan pertama yaitu metode pengusangan dengan menyimpan benih pada kelembaban 98% dan suhu 40 °C selama 10 hari. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKL) dengan satu faktor yaitu varietas jagung. Percobaan kedua yaitu pengusangan cepat benih jagung secara kimia dengan etanol 96% menggunakan APC IPB 77-1 MM. Rancangan yang digunakan adalah RKL satu faktor varietas jagung. Hasil percobaan menunjukkan alat pengusangan cepat IPB 77-1 MM dapat digunakan untuk menduga penurunan vigor daya simpan pada benih

jagung. Pengujian pengusangan cepat secara kimiawi lebih efektif dan efisien dalam menentukan nilai vigor daya simpan karena membutuhkan waktu yang relatif lebih singkat. Hasil perbandingan secara deskriptif menunjukkan bahwa APC IPB 77-1 MM dapat menunjukkan urutan nilai vigor daya simpan benih kelima varietas jagung yang sama dengan percobaan pengusangan dengan metode penyimpanan pada suhu dan kelembaban tinggi.

Kata kunci: Alat Pengusang Cepat IPB 77-1 MM, etanol, kemunduran benih, penyimpanan terkontrol

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu komoditas pangan utama masyarakat Indonesia yang berfungsi sebagai penghasil karbohidrat dan protein. Jagung merupakan salah satu alternatif dalam diversifikasi pangan (Sompotan, 2000). Berdasarkan komoditas pangan pokok Indonesia, jagung menduduki peringkat kedua terpenting setelah padi, sedangkan berdasarkan komoditas pangan pokok dunia, jagung menempati peringkat ketiga setelah padi dan gandum (Habib, 2013). Selain dimanfaatkan sebagai bahan pangan, jagung juga dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan bahan baku industri. Peningkatan jumlah penduduk dan pesatnya sektor industri membuat permintaan jagung di Indonesia terus meningkat (Purwanto, 2007). Berdasarkan FAO (2019) produksi jagung di Indonesia mencapai 25.70 juta ton. Jumlah ini masih tergolong rendah apabila dibandingkan dengan produksi jagung di Amerika Serikat (371.52 juta ton), China (216.50 juta ton), Brazil (80.79 juta ton), Argentina (43.46 juta ton) dan Ukraina (35.20 juta ton). Namun hal ini tidak berpengaruh terhadap impor jagung yang mencapai 24.95 % dari kebutuhannya.

Produksi jagung dapat ditingkatkan dengan penggunaan benih yang bermutu tinggi. Sadjad (1980) menyatakan bahwa mutu benih yang mencakup mutu fisik, fisiologis dan genetik dipengaruhi oleh proses penanganan. Sadjad (1993) juga menyatakan bahwa benih bermutu dapat dihasilkan apabila seluruh prosedur produksi benih dilakukan dengan sempurna. Berawal dari pengolahan lahan yang menjamin bebas dari kontaminasi, pengadaan benih sumber yang dijamin mutunya, sampai dengan pengolahan benih sesudah panen, dan penanganannya hingga di tangan konsumen harus di laksanakan dengan baik.

Masalah dalam penyimpanan benih sering dihadapi dalam pengadaan benih bermutu. Salah satu penghambat dalam produksi benih jagung di Indonesia adalah cepatnya penurunan mutu benih yang terjadi selama penyimpanan (Suhartanto, 2013). Benih yang disimpan akan mengalami kemunduran mutu benih. Kemunduran mutu benih merupakan proses penurunan viabilitas benih baik

oleh faktor alami (deteriorasi) maupun oleh faktor buatan (devigorasi) (Sadjad, 1993). Penurunan viabilitas benih akan membuat vigor benih menjadi rendah sehingga mengakibatkan jeleknya pertanaman dan penurunan produksi. Pengujian mutu benih penting untuk dilakukan untuk menekan kerugian biaya, waktu dan tenaga. Lama daya simpan benih dipengaruhi oleh vigor daya simpan benih tersebut pada kondisi yang suboptimum dan dapat dideteksi melalui metode pengusangan cepat benih secara fisik dan kimia (Sadjad, 1994).

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan, yaitu pengusangan benih dengan suhu dan kelembaban tinggi (40 °C dan kelembaban 98%) dan pengusangan cepat dengan etanol 96%. Pengujian pengusangan cepat merupakan metode untuk mengukur vigor yang berhubungan dengan daya simpan benih atau vigor daya simpan (VDS) benih. Percobaan pertama ini menempatkan benih pada kondisi suhu dan kelembaban tinggi hingga memicu terjadinya penurunan mutu benih (devigorasi) pada benih jagung yang diuji. Pengujian dengan metode ini lebih sering digunakan untuk mengukur vigor benih, sehingga pada penelitian ini akan dibandingkan dengan metode pengusangan cepat secara kimiawi yang menggunakan etanol 96%. Menurut Sadjad *et al.* (1999) pengusangan cepat kimiawi merupakan metode yang lebih efektif untuk mengukur vigor daya simpan benih karena pelaksanaannya yang cepat dan cendawan tidak dapat berkembang di lingkungan pengujian. Zanzibar (2007) menyatakan bahwa pengusangan cepat merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui percepatan penurunan kualitas benih dengan memanfaatkan kinerja uap etanol. Pemberian uap etanol merupakan upaya untuk menurunkan viabilitas benih dengan menempatkannya pada kondisi yang tidak menguntungkan. Pian (1981) mengungkapkan bahwa uap etanol tersebut akan menyebabkan kerusakan membran sel benih dan berakibat pada penurunan kualitas fisiologi benih.

Pengusangan ini dapat dilakukan oleh alat IPB 77-1 MM. Alat ini berfungsi melakukan devigorasi benih baik secara fisik dengan uap panas maupun secara kimia dengan etanol. Prinsip

kerja dari APC IPB 77-1 MM adalah memundurkan viabilitas benih secara buatan dengan mengalirkan uap etanol menggunakan kompresor. Udara yang mengandung uap etanol dialirkan ke wadah yang berisi benih dengan motor penggerak untuk menciptakan kondisi *non-stationer* (Suhartanto, 1994). Hasil dari pengujian ini akan digunakan untuk menduga daya simpan benih jagung sehingga pemanfaatan dan pengolahan benih jagung dapat dilakukan secara efektif dan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode devigorasi dengan pengusangan cepat memanfaatkan APC IPB 77-1 MM untuk menduga vigor daya simpan benih jagung, dan membandingkannya secara deskriptif dengan metode pengusangan dengan suhu dan kelembaban tinggi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi dan Biofisika Benih, Laboratorium Penyimpanan dan Pengujian Mutu Benih, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dilakukan selama 5 bulan, mulai dari bulan Maret 2019 hingga Agustus 2019. Bahan yang digunakan adalah benih jagung lima varietas, yaitu Srikandi Kuning, Anoman, Bisma, Sukmaraga, dan Lamuru. Bahan lain yang digunakan adalah etanol 96%, akuades, dan fungisida (Dithane M-45). Peralatan yang digunakan adalah alat pengusang cepat (APC) IPB 77-1 MM, alat pengepres kertas IPB 75-1, alat pengecambah benih (APB) IPB 72-1, oven, cawan, timbangan analitik, *thermohigrometer*, kertas buram, label, kawat saringan, toples 2150 ml dan 500 ml, gelas ukur, desikator, *conductivitymeter* (DHL), *hand sprayer*, dan isolasi.

Percobaan I: Devigorasi pada Ruang Terkontrol

Devigorasi benih pada ruang terkontrol dilakukan dengan cara menyimpan benih pada suhu 40 °C dan kelembaban 98% selama 10 hari. Perlakuan ini mengacu pada penelitian Taini (2018). Benih direndam dalam Dithane M-45 kemudian disimpan dalam toples 2150 ml. Bagian dasar toples tersebut diberi toples dengan ukuran yang lebih kecil (volume 500 ml) dan diisi air sebanyak 80ml. Saringan kawat diletakkan di atas wadah air tersebut dan akan berfungsi sebagai wadah lot benih. Toples 2,150 ml yang telah berisi benih ditutup rapat kemudian disimpan di dalam oven dengan suhu 40% dan kelembaban 98% selama 10 hari. Penelitian ini menggunakan Rancangan lengkap kelompok teracak (RKLT) dengan satu faktor percobaan (Faktor tunggal),

yaitu varietas jagung bersari bebas dan masing-masing 5 taraf perlakuan dilakukan tiga kali pengulangan. Analisis data yang digunakan dalam percobaan ini adalah analisis ragam (ANOVA) dengan satu faktor perlakuan atau uji F pada taraf 5%. Apabila didapatkan hasil yang berpengaruh nyata, maka dilakukan analisis lanjut dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

Percobaan II Pengusangan Cepat Benih secara Kimiawi menggunakan Etanol

Pengusangan cepat secara kimia memanfaatkan etanol 96% yang diuapkan menggunakan APC IPB 77-1 MM. Sebelumnya benih dilembapkan terlebih dahulu menggunakan kertas merang basah selama 20 jam hingga mencapai kadar air $\pm 27\%$. Mengacu pada penelitian Badriah (2012), waktu yang digunakan untuk mengusang benih yaitu 0 menit, 25 menit (1 x 25'), 50 menit (2 x 25'), 75 menit (3 x 25'), dan 100 menit (4 x 25'). Suhu dibuat sebesar 30-32 °C dan RH 80-82%. Penggantian etanol sisa menjadi etanol baru harus selalu dilakukan pada setiap percobaan. Setiap ulangan terdiri dari 100 butir benih yang ditanam pada empat buah gulungan. Setelah data vigor masing-masing varietas didapatkan, dilakukan pemeringkatan kelima varietas berdasarkan vigornya, dimulai dari vigor tertinggi hingga terendah. Rancangan yang digunakan adalah rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) dengan satu faktor percobaan, yaitu varietas jagung bersari bebas dan masing-masing taraf perlakuan dilakukan tiga pengulangan. Analisis data yang digunakan adalah analisis regresi linier sederhana yaitu analisis korelasi dengan satu faktor perlakuan. Apabila didapatkan hasil yang berpengaruh nyata, maka dilakukan analisis lanjut dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Hasil dari uji regresi akan digunakan untuk menentukan nilai vigor daya simpan. Nilai vigor daya simpan benih merupakan fungsi dari nilai vigor awal (VA) benih dibagi dengan sudut kemiringan (α) garis regresi.

Parameter yang diamati meliputi:

1. Kadar Air (KA) benih dengan metode langsung menggunakan oven suhu tinggi konstan (130-133 °C) selama (4 jam \pm 12 menit) yang dilakukan sebelum dan setelah pengusangan.
2. Daya Berkecambah (DB) menggunakan 100 butir per ulangan dilakukan dengan menghitung persentase jumlah kecambah normal pada hari ke-4 dan hari ke-7.
3. Potensi Tumbuh Maksimum (PTM) dihitung dengan mengamati jumlah kecambah normal

dan abnormal yang tumbuh sampai akhir periode pengujian (hari ke-7)

4. Indeks Vigor (IV) dengan menghitung persentase kecambah normal pada hari ke-4.
5. Kecepatan Tumbuh (KCT) menghitung jumlah tambahan perkecambahan setiap hari selama kurun waktu perkecambahan
6. Daya Hantar Listrik (DHL) mengukur nilai konduktivitas benih menggunakan *conductivitymeter* pada air rendaman benih yang telah diinkubasi disuhu 20 °C selama 24 jam.
7. Vigor Daya Simpan Benih (VDS)

$$VDS = \frac{\text{Vigor Awal benih (VA)}}{\text{Sudut kemiringan garis regresi } (\alpha)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian vigor benih berguna untuk mengidentifikasi perbedaan yang konsisten dalam performa benih dalam berbagai kondisi lingkungan (Rodo dan Filho, 2003). Uji vigor benih seperti pengusangan benih dengan suhu dan kelembaban tinggi dan pengusangan cepat (*Accelerated aging tes*) dapat menentukan waktu penuaan benih dengan menempatkan benih pada kondisi cekaman yaitu kondisi dengan suhu tinggi dan kelembaban yang tinggi sehingga menyebabkan penurunan benih secara cepat (TeKrony, 2002).

Percobaan I: Devigorasi pada Ruang Terkontrol

Metode pengusangan benih dengan suhu dan kelembaban tinggi dikembangkan sebagai alternatif untuk pengujian vigor benih, untuk memberikan presisi yang lebih besar dalam kontrol kelembaban dan suhu yang relatif tinggi (Rodo dan Filho, 2003). Kondisi sub-optimum yang disimulasikan dalam percobaan ini adalah kondisi lingkungan penyimpanan yang memiliki kelembaban yang tinggi yakni 98% serta suhu ruang penyimpanan yang tergolong tinggi yakni 40 °C dan disimpan selama 10 hari. Setelah benih disimpan dalam kondisi suhu dan kelembaban tinggi, benih yang diuji disimpan di suhu ruang selama 10 hari dengan tujuan mendapatkan kadar air yang seragam atau setimbang, sehingga kadar air benih tidak menjadi faktor yang mempengaruhi pengujian.

Percobaan ini dilakukan dengan tujuan mengetahui tingkat penurunan viabilitas dan vigor benih jagung yang disimpan dalam kondisi kelembaban dan suhu ruang simpan yang tinggi. Benih yang berada di dalam toples diletakkan atau disimpan di dalam oven agar suhu dan kelembaban lingkungan dapat terkontrol secara stabil. Suhu dan

kelembaban konstan ditentukan dari pengukuran yang menggunakan alat *Thermohyrometer*.

Benih jagung yang digunakan merupakan benih yang diperoleh dari kebun percobaan Badan Penelitian Tanaman Serealia di Maros, Sulawesi Selatan. Seluruh varietas benih jagung yang digunakan, telah disimpan pada rentang waktu 4-5 bulan. Benih jagung yang digunakan untuk percobaan masih memiliki daya berkecambah yang tinggi (Tabel 1). Kelima varietas jagung yang digunakan untuk penelitian memiliki nilai kadar air yang sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian (NOMOR 1316 / HK.150 / C / 12/ 2016), kadar air maksimum yang sesuai persyaratan mutu benih untuk di laboratorium yaitu 12% serta nilai daya berkecambah diatas 80%. Oleh karena itu, kelima varietas benih jagung yang digunakan tergolong benih bermutu dan dapat digunakan untuk penelitian.

Benih bervigor tinggi diartikan sebagai benih yang mampu tumbuh dan berkembang dengan baik walaupun dalam kondisi lingkungan tidak optimum (Sumandi, 2004). Viabilitas benih adalah gejala hidup benih yang ditunjukkan melalui metabolisme benih dengan gejala pertumbuhan (Sadjad *et al.*, 1999). Benih yang memiliki vigor dan viabilitas tinggi dapat ditunjukkan oleh daya berkecambah dan kecepatan tumbuh yang tinggi.

Tabel 1 menunjukkan bahwa secara umum tingkat viabilitas awal dan vigor awal benih pada 5 varietas jagung yang digunakan tergolong tinggi. Nilai kadar air awal benih kelima varietas jagung yaitu berkisar antara 10.2 hingga 10.9, sedangkan nilai daya berkecambah berkisar antara 89.7% hingga 93.3%, nilai indeks vigor berkisar antara 30.3% hingga 39.3%, nilai potensi tumbuh maksimum berkisar antara 92.3% hingga 96.7% dan nilai kecepatan tumbuh berkisar antara 18.01 hingga 19.27.

Tabel 1 menunjukkan hasil Uji F percobaan pengusangan benih dengan suhu dan kelembaban tinggi. Hasil pengamatan yang ditampilkan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penyimpanan terkontrol benih jagung pada kelembaban 98% dan suhu 40 °C memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap variabel potensi tumbuh maksimum (PTM), kecepatan tumbuh maksimum (Kct), daya berkecambah (DB), dan indeks vigor (IV). Penyimpanan terkontrol benih jagung berpengaruh yang tidak nyata terhadap nilai kadar air dan daya hantar listrik. Suhu dan kelembaban yang tinggi saat pengujian akan mengakibatkan penurunan atau kemunduran benih yang ditandai dengan penurunan viabilitas dan vigor benih.

Tabel 1. Vigor dan Viabilitas awal (VA) benih jagung 5 varietas

Varietas	KA (%)	DB (%)	IV (%)	PTM (%)	K _{CT} (%KN etmal ⁻¹)
Sukmaraga	10.23	93.3	39.3	96.7	19.27
Bisma	10.32	92.0	38.3	95.3	18.91
Lamuru	10.55	91.7	36.3	94.3	18.70
Srikandi kuning	10.87	90.3	33.7	93.7	18.25
Anoman	10.60	89.7	30.3	92.3	18.01

Tabel 2. Hasil Uji F percobaan pengusangan benih dengan suhu dan kelembaban tinggi

Peubah	Koefisien keragaman (%)	F hitung
Potensi Tumbuh Maksimum (PTM)	1.941	144.48**
Kadar Air (KA)	2.041	0.80 ^{tn}
Daya Hantar Listrik (DHL)	15.74	1.65 ^{tn}
Kecepatan Tumbuh Benih (K _{CT})	1.76	449.44**
Daya Berkecambah (DB)	4.07	33.52**
Indeks Vigor (IV)	4.44	22.52**

Keterangan: **) berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%, *) berpengaruh nyata pada taraf 5%, tn) tidak berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=5\%$.

Suhu lingkungan saat proses perkecambahan berpengaruh terhadap kemampuan benih untuk berkecambah (Gairola *et al.*, 2011). Kelembaban yang tinggi akan menyebabkan peningkatan kadar air dalam benih. Kaidah Harrington (Kozlowski, 1972) menyatakan bahwa setiap kenaikan 1% kadar air dalam benih dan kenaikan 5 °C suhu akan mengurangi setengah daya hidup benih. Tingginya kadar air dalam benih menyebabkan peningkatan aktivitas enzim. Peningkatan aktivitas enzim di dalam benih dapat mempercepat terjadinya proses respirasi dan perombakan cadangan makanan yang menyebabkan jaringan meristem benih akan kehabisan energi sehingga benih lebih cepat mengalami kemunduran.

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai kadar air benih setiap varietas setelah disimpan selama 10 hari berada di kisaran 12%. Kadar air benih setiap varietasnya setelah dilakukan penyimpanan pada kondisi suhu dan kelembaban tinggi tidak menunjukkan adanya perbedaan. Kadar air benih setiap varietasnya meningkat sekitar 2% dari nilai kadar air awal benih sebelum diberikan perlakuan. Mustika *et al.* (2014) peningkatan kadar air benih setelah maupun selama penyimpanan terjadi dikarenakan benih bersifat higroskopis sehingga dapat menyerap air dari udara sekitar. Peningkatan kadar air terjadi karena suhu dan kelembaban pada ruang penyimpanan (45-50 °C dan RH 87-90%) lebih tinggi dari penyimpanan alami (26-30 °C dan RH 60-70%).

Pengujian daya hantar listrik adalah pengukuran konduktivitas elektrik yang memberikan penilaian mengenai tingkat kebocoran elektrolit jaringan tanaman. Variabel daya hantar

listrik pada percobaan ini menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata antar varietas yang diuji. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Terryana *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa variabel daya hantar listrik merupakan variabel yang paling sesuai digunakan dalam menduga vigor benih. Benih yang memiliki nilai daya hantar listrik yang tinggi menunjukkan bahwa benih tersebut mengalami kebocoran pada membran sel benih. Hal ini sesuai dengan pernyataan ISTA (2018) yang menyatakan bahwa benih yang memiliki kebocoran elektrolit tinggi (nilai konduktivitas tinggi) dianggap memiliki vigor rendah, sedangkan yang kebocoran elektrolitnya rendah (nilai konduktivitas rendah) merupakan benih bervigor tinggi.

Tabel 3. Nilai kadar air dan daya hantar listrik hasil pengujian pengusangan benih dengan suhu dan kelembaban tinggi

Varietas	KA (%)	DHL (mmhos cm ⁻¹)
Sukmaraga	12.1699	18.058
Bisma	12.2385	19.614
Lamuru	12.1807	20.961
Srikandi Kuning	12.3592	21.868
Anoman	12.4740	24.578

Berdasarkan hasil pengamatan percobaan penyimpanan terkontrol benih jagung yang ditampilkan pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa viabilitas dan vigor benih setelah pengujian paling tinggi dimiliki oleh benih jagung varietas

Sukmaraga, dibawahnya dengan nilai vigor dan viabilitas lebih rendah yaitu varietas Bisma, Lamuru, Srikandi kuning dan paling rendah adalah varietas Anoman.

Variabel potensi tumbuh maksimum (PTM), kecepatan tumbuh (KCT) dapat membedakan hasil pengujian tiap varietas yang diuji secara signifikan. Variabel daya berkecambah dapat membedakan hasil pengujian setiap varietasnya kecuali pada varietas Bisma dan Lamuru. Variabel indeks vigor tidak dapat membedakan hasil pengujian varietas Sukmaraga dengan varietas Bisma serta varietas Srikandi Kuning dengan varietas Anoman.

Hasil pengujian membuktikan bahwa benih dengan vigor awal yang rendah, akan lebih peka terhadap suhu dan kelembaban tinggi (Tabel 4). Benih dengan vigor awal yang tinggi akan lebih mampu untuk bertahan pada kondisi ekstrim sehingga proses deteriorasi lebih lambat. Setelah dilakukan penyimpanan pada suhu dan kelembaban tinggi, lot benih yang mempunyai vigor tinggi akan tetap memiliki daya berkecambah tinggi karena benih mampu mempertahankan vigor dan viabilitasnya.

Percobaan II Pengusangan Cepat secara Kimiawi menggunakan Etanol

Uji pengusangan cepat (AA Test) telah dievaluasi sebagai indikator vigor benih dalam berbagai spesies tanaman. Pengujian ini dimasukkan sebagai salah satu dari tujuh tes yang disarankan untuk menentukan vigor benih. Uji pengusangan cepat memanfaatkan faktor lingkungan yang umumnya terkait dengan kerusakan benih, yaitu suhu penyimpanan dan kelembaban relatif (TeKrony, 1993). Pengujian pengusangan cepat menempatkan benih dalam suhu tinggi dan lembab. Tujuan awal pengembangan metode ini adalah untuk memprediksi vigor daya simpan benih (Kulik dan Yaklich, 1982). Pengusangan cepat benih secara kimia dengan memanfaatkan uap etanol sangat bermanfaat untuk mendekati kemunduran benih yang sebenarnya. Pelaksanaan metode pengusangan cepat benih secara kimia dengan

menggunakan APC IPB 77-1 MM lebih praktis jika dilihat dari cara pengoperasian dan waktu pengusangan benih yang cukup singkat (Terryana, 2013). Alat pengusang cepat IPB 77-1 MM dirancang untuk memungkinkan terjadinya devigorasi benih secara bertahap agar proses devigorasi hanya terfokus pada benih yang akan didera. Devigorasi dilakukan dengan menempatkan benih dalam keadaan non-stasioner menggunakan uap panas (fisik) atau uap etanol (kimia) secara bertahap (Terryana *et al.*, 2015). Percobaan ini mendera benih jagung dengan uap etanol 96% menggunakan APC IPB 77-1 MM dengan kondisi suhu dan kelembaban di dalam ruang deraan selama proses pengusangan kimia adalah 32-35 °C dan RH 83-85%.

Hubungan antara waktu pengusangan secara kimia (sumbu X) dengan variabel viabilitas dan vigor benih (sumbu Y) digambarkan oleh garis regresi linier. Pengusangan cepat secara kimia menggunakan APC IPB 77-1 MM memberikan pengaruh terhadap penurunan viabilitas dan vigor benih jagung. Pengaruh tersebut diamati melalui persamaan garis regresi linier dan korelasi pada tiap tiap variabel. Mattjik dan Sumertajaya (2002) menyatakan bahwa korelasi yang negatif menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik antara kedua peubah. Korelasi positif menunjukkan hubungan antar peubah yang berbanding lurus.

Garis regresi lineier yang menunjukkan hubungan antara waktu pengusangan dengan variabel viabilitas dan vigor benih, akan membentuk sudut kemiringan (α). Sudut kemiringan (α) menunjukkan besarnya laju kemunduran vigor dan viabilitas benih setelah dilakukan pengusangan. Sudut kemiringan dari garis regresi yang bernilai kecil menggambarkan laju penurunan vigor yang lebih lambat karena benih jagung dapat mempertahankan viabilitas dan vigornya selama proses pengusangan. Sudut kemiringan yang besar menggambarkan laju penurunan vigor benih yang lebih cepat karena benih tidak mampu mempertahankan viabilitas dan vigornya.

Tabel 4. Hasil Analisis lanjut DMRT pada peubah potensi tumbuh maksimum, kecepatan tumbuh, daya berkecambah dan indeks vigor setelah pengusangan dengan suhu dan kelembaban tinggi

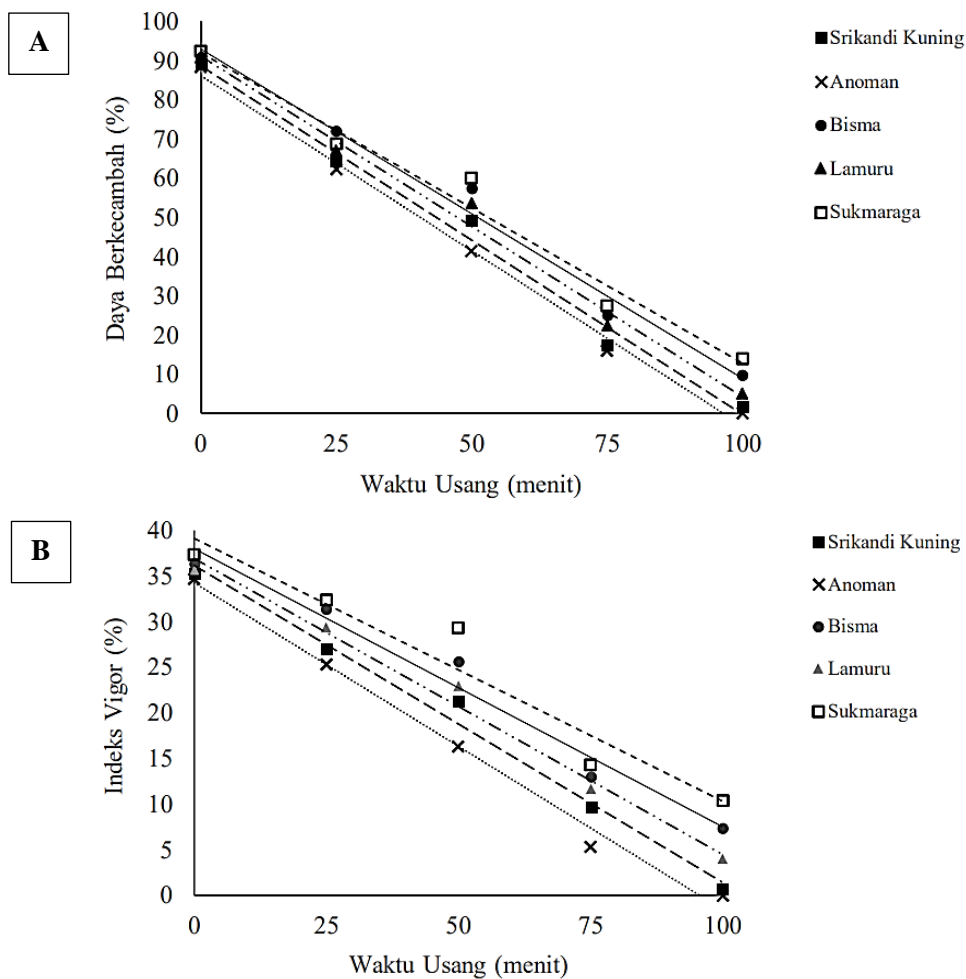
Varietas	PTM (%)	KCT (%KN etmal ⁻¹)	DB (%)	IV (%)
Sukmaraga	58.3	9.69	44.7	25.0
Bisma	55.0	8.84	41.0	24.0
Lamuru	52.0	8.11	40.3	23.0
Srikandi Kuning	47.0	7.30	37.0	20.0
Anoman	41.0	5.27	30.7	18.6

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan analisis DMRT pada taraf $\alpha=5\%$.

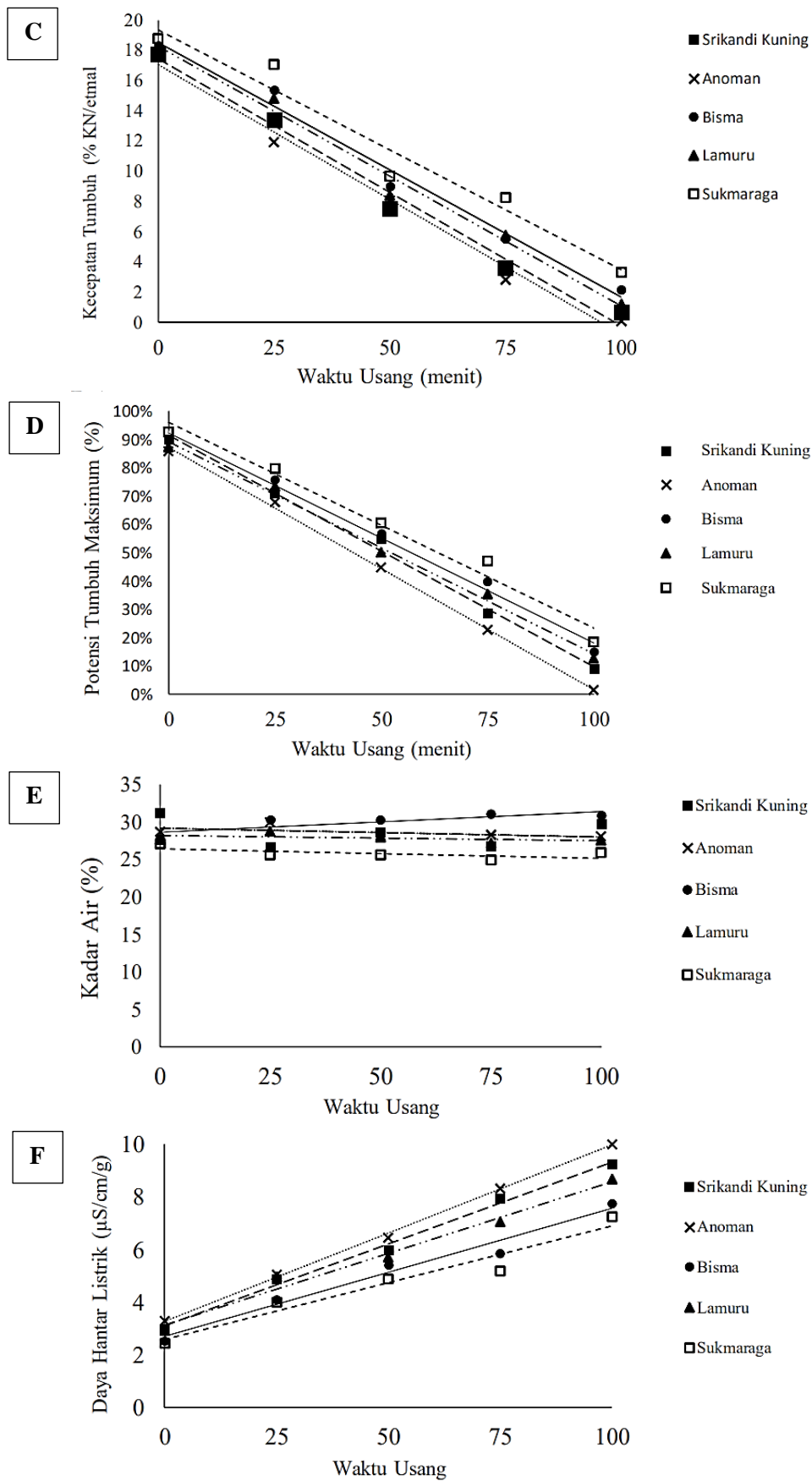
Nilai vigor daya simpan (VDS) benih merupakan fungsi dari nilai vigor awal benih dibagi dengan sudut kemiringan garis regresi. Nilai vigor daya simpan berbanding terbalik dengan besar sudut kemiringan garis regresi namun berbanding lurus dengan vigor awal benih. Nilai vigor daya simpan yang didapat, dimanfaatkan untuk menduga daya simpan benih 5 varietas jagung. Sadjad *et al.* (1999) menyatakan bahwa benih dikatakan memiliki vigor daya simpan (VDS) tinggi jika benih mampu disimpan dalam kondisi sub-optimum.

Hasil analisis regresi (Gambar 1) antara waktu pengusangan dengan variabel daya berkecambah, indeks vigor, kecepatan tumbuh benih dan potensi tumbuh maksimum benih jagung 5 varietas kadar air menunjukkan korelasi yang negatif atau hubungan yang berbanding terbalik, artinya semakin lama waktu pengusangan maka nilai daya berkecambah, indeks vigor, kecepatan tumbuh benih dan potensi tumbuh maksimum benih kelima varietas jagung tersebut akan semakin

rendah. Hasil analisis regresi antar waktu pengusangan dengan variabel daya hantar listrik menghasilkan korelasi yang positif, artinya semakin lama waktu pengusangan maka nilai daya hantar listrik benih kelima varietas jagung tersebut akan semakin tinggi. Hasil analisis regresi antara kadar air benih dengan waktu pengusangan benih jagung 5 varietas menunjukkan korelasi yang negatif atau hubungan yang berbanding terbalik pada varietas Lamuru, Anoman, Srikandi kuning dan Sukmaraga. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengusangan maka kadar air benih akan semakin rendah. Namun, hasil analisis regresi antara kadar air benih dengan waktu pengusangan benih jagung varietas Bisma menunjukkan korelasi yang positif atau hubungan yang berbanding lurus. Hasil percobaan Basra *et al.* (2003) menunjukkan bahwa pengusangan cepat memiliki efek signifikan terhadap perkecambahan secara signifikan mengurangi munculnya dan pertumbuhan kecambah.



Gambar 1. Hubungan antara waktu pengusangan dengan daya berkecambah (A) indeks vigor (B) kecepatan tumbuh (C) potensi tumbuh maksimum (D) kadar air benih (E) dan daya hantar listrik (F) benih 5 varietas jagung



Gambar 1. Hubungan antara waktu pengusangan dengan daya berkecambah (A) indeks vigor (B) kecepatan tumbuh (C) potensi tumbuh maksimum (D) kadar air benih (E) dan daya hantar listrik (F) benih 5 varietas jagung (*Lanjutan*)

Pengusangan cepat secara gradual menurunkan persentase perkecambahan seiring dengan meningkatnya periode pengusangan cepat. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Badriah (2012) menunjukkan bahwa pengusangan cepat kimia mampu menurunkan daya berkecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks vigor dan kecepatan tumbuh benih jagung. Penelitian yang dilakukan oleh Terryana (2013) menunjukkan bahwa kebocoran membran sel akibat devigorasi dapat menyebabkan penurunan vigor menjadi lebih cepat. Benih yang semakin lama diberikan perlakuan pengusangan, akan memiliki nilai konduktivitas yang besar.

Berdasarkan perhitungan nilai Vigor daya simpan benih diperoleh bahwa urutan tertinggi sampai terendah adalah Sukmaraga, Bisma, Lamuru, Srikandi kuning, dan Anoman, pada semua peubah kecuali DHL. Benih jagung dengan viabilitas awal tinggi umumnya memiliki kisaran sudut kemiringan penurunan DB 38-42%, penurunan Indeks Vigor 16-20%, penurunan KcT 9-10% dan PTM 36-40%. Bila sudut kemiringan makin besar, diduga benih memiliki VDS yang lebih rendah.

Hasil penelitian pada variabel daya berkecambah, indeks vigor, kecepatan tumbuh, potensi tumbuh maksimum, kadar air dan daya hantar listrik menunjukkan bahwa nilai vigor daya simpan berbanding terbalik dengan nilai kemiringan garis (Tabel 5). Garis regresi yang memiliki gradien/kemiringan garis yang kecil, akan memiliki nilai sudut kemiringan garis yang juga kecil dan nilai vigor daya simpan yang besar. Pengamatan variabel daya hantar listrik, semakin

kecil nilai sudut kemiringan yang kecil menunjukkan peningkatan nilai konduktivitas yang lambat. Benih vigor yang mampu mempertahankan viabilitas dan vigornya akan memiliki laju peningkatan konduktivitas yang kecil.

Perlakuan benih dengan uap etanol dapat meningkatkan kandungan etanol dalam benih yang mengakibatkan perubahan sifat molekul makro yang berpengaruh terhadap enzim, membran sel, mitokondria dan organel lainnya yang berperan dalam perkecambahan benih (Pian, 1981). Etanol secara langsung merusak enzim di dalam benih dan secara tidak langsung etanol dapat menghambat pembentukan hormon giberelin karena enzim di dalam benih ikut tersintase (Muniarti *et al.* 1984). Penelitian Hsu *et al.* (2003) menunjukkan bahwa pengusangan cepat dapat meningkatkan peroksidasi lipid, menurunkan level antioksi dan meningkatkan akumulasi peroksida sehingga menyebabkan penurunan perkecambahan benih. Percobaan McDonough (2004) menunjukkan bahwa secara keseluruhan, perubahan fisik, struktural, dan kimia terjadi selama pengusangan cepat. Kekerasan dan kepadatan jagung menurun karena kekosongan dan retakan yang terjadi selama proses penuaan. Interaksi antara pati, protein, dan dinding sel meningkat dalam endosperma, selain itu jumlah protein terlarut menurun dan protein tidak larut meningkat.

Secara umum nilai vigor daya simpan dari benih jagung lima varietas setelah pengusangan yang paling tinggi adalah varietas Sukmaraga, dibawahnya dengan nilai yang lebih rendah yaitu varietas Bisma, Lamuru, Srikandi kuning dan terakhir Anoman.

Tabel 5. Persamaan regrisi, kemiringan garis, vigor awal (V_A), sudut kemiringan (α), dan nilai vigor daya simpan (V_{DS}) 5 varietas benih jagung setelah pengusangan cepat benih secara kimia

Varietas	Persamaan regresi	Kemiringan garis	V _A (%)	α (°)	V _{DS}
Daya berkecambah (%)					
Sukmaraga	y = -0.792x + 92.067	0.7920	92.3333	38.3790	2.4058
Bisma	y = -0.8387x + 92.933	0.8387	91	39.9865	2.2757
Lamuru	y = -0.8667x + 91.133	0.8667	91	40.9154	2.2241
Srikandi kuning	y = -0.8867x + 88.6	0.8867	89	41.5634	2.1413
Anoman	y = -0.892x + 86.2	0.8920	88.33	41.7329	2.1166
Rata-rata α ± sd	: 40.51544 ± 1.377003124				
Rata-rata VDS ± sd	: 2.2327 ± 0.115887596				
Indeks vigor (%)					
Sukmaraga	y = -0.288x + 39.133	0.2880	37.3333	16.0664	2.3236
Bisma	y = -0.3053x + 38.000	0.3053	36.3333	16.9774	2.1400
Lamuru	y = -0.324x + 36.933	0.3240	35.6667	17.9523	1.9867
Srikandi kuning	y = -0.3467x + 36.133	0.3467	35.3333	19.1214	1.8478
Anoman	y = -0.3573x + 34.200	0.3573	34.6667	19.6618	1.7631
Rata-rata α ± sd	: 17.95586 ± 1.482916932				
Rata-rata VDS ± sd	: 2.01224 ± 0.225294924				

Keterangan: V_A = Vigor Awal, α = sudut kemiringan garis, V_{DS} = Vigor Daya Simpan

Tabel 5. Persamaan regresi, kemiringan garis, vigor awal (V_A), sudut kemiringan (α), dan nilai vigor daya simpan (V_{DS}) 5 varietas benih jagung setelah pengusangan cepat benih secara kimia (*Lanjutan*)

Varietas	Persamaan regresi	Kemiringan garis	V_A (%)	α (°)	V_{DS}
Kecepatan tumbuh benih (%KN / etmal)					
Sukmaraga	$y = -0.1587x + 19.363$	0.1587	18.78	9.017	2.0827
Bisma	$y = -0.1683x + 18.5$	0.1683	18.19	9.5533	1.9040
Lamuru	$y = -0.1718x + 18.275$	0.1718	18.56	9.7482	1.9039
Srikandi kuning	$y = -0.1765x + 17.426$	0.9869	17.79	10.0096	1.7772
Anoman	$y = -0.1781x + 17.052$	0.9874	17.81	10.0984	1.7636
Rata-rata $\alpha \pm sd$: 9.6853 \pm 0.43122714				
Rata-rata $V_{DS} \pm sd$: 1.88628 \pm 0.1286022				
Potensi tumbuh maksimum (%)					
Sukmaraga	$y = -0.0073x + 0.9587$	0.0073	92.67	36.1369	2.5644
Bisma	$y = -0.0074x + 0.924$	0.0074	90.00	36.500	2.4657
Lamuru	$y = -0.0075x + 0.892$	0.0075	87.33	36.869	2.3686
Srikandi kuning	$y = -0.0082x + 0.9153$	0.0082	90.33	39.3517	2.2954
Anoman	$y = -0.0085x + 0.8713$	0.0085	85.67	40.3645	2.1224
Rata-rata $\alpha \pm sd$: 37.84442 \pm 1.890583909				
Rata-rata $V_{DS} \pm sd$: 2.3633 \pm 0.16852172				
Daya hantar listrik ($\mu s\ cm^{-1}\ g^{-1}$)					
Sukmaraga	$y = 0.0433x + 2.579$	0.0433	2.4304	2.479	0.9803
Bisma	$y = 0.0487x + 2.6954$	0.0487	2.5378	2.7881	0.9102
Lamuru	$y = 0.0544x + 3.1451$	0.0544	2.9253	3.1138	0.9394
Srikandi kuning	$y = 0.0622x + 3.1085$	0.0622	3.0083	3.5592	0.8452
Anoman	$y = 0.0669x + 3.2767$	0.0669	3.2733	3.827	0.8553
Rata-rata $\alpha \pm sd$: 3.15342 \pm 0.549599447				
Rata-rata $V_{DS} \pm sd$: 0.90608 \pm 0.05683482				

Keterangan: V_A = vigor awal, α = sudut kemiringan garis, V_{DS} = vigor daya simpan

Perbandingan Deskriptif Kedua Metode Pengusangan Cepat

Metode pengusangan dengan suhu dan kelembaban tinggi merupakan salah satu metode pengujian vigor benih yang digunakan untuk menguji tingkat vigor benih berbagai komoditas pertanian. Kelebihan dari metode ini adalah kondisi lingkungan pengujian seperti suhu dan kelembaban yang dapat dimanipulasi dan dapat dikontrol atau diatur sesuai dengan kebutuhan pengujian berdasarkan komoditas yang akan diuji. Akan tetapi, Powel dan Matthews (1981) menyatakan bahwa kontrol terhadap salah satu faktor penting pengujian, yakni kadar air benih tergolong sulit untuk dikontrol secara presisi. Hal ini dikarenakan perbedaan kadar air benih $\pm 1\%$ antar lot benih dapat berefek besar terhadap hasil pengujian. Metode pengusangan cepat secara kimiawi menggunakan etanol juga digunakan untuk menduga vigor daya simpan dari lot benih. Keunggulan dari metode ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk pengujian relatif lebih singkat dibandingkan dengan uji devigorasi terkontrol. Terryana *et al.* (2015) menyatakan bahwa metode pengusangan cepat secara kimia lebih cepat dalam menurunkan daya perkecambahan benih hingga 50%, serta lebih praktis dan lebih mudah untuk

dilakukan. Metode pengusangan cepat dengan APC IPB 77-1 MM memiliki keunggulan yaitu bisa menggambarkan laju kemunduran benih dengan menghitung sudut kemiringan pada setiap peubah yang diamati.

Pengujian pengusangan dengan suhu dan kelembaban tinggi dapat menunjukkan peringkat viabilitas dan vigor benih. Metode pengujian vigor benih dengan menyimpan benih pada suhu 41- 43 °C dengan kelembaban 100% selama 3 hari berhasil menunjukkan peringkat dua kultivar tertinggi dan terendah benih kedelai (Kulik dan Yaklich 1982). Hasil pengujian devigorasi terkontrol terhadap benih 5 varietas jagung menunjukkan bahwa viabilitas dan vigor tertinggi dimiliki oleh varietas Sukmaraga, dibawahnya dengan nilai yang lebih rendah yaitu varietas Bisma, Lamuru, Srikandi kuning dan paling rendah adalah varietas Anoman. Variabel potensi tumbuh maksimum, daya berkecambah, kecepatan tumbuh dan indek vigor menunjukkan hasil yang sama dalam peringkat lima benih varietas jagung. Akan tetapi, hasil pengujian hanya menunjukkan nilai viabilitas dan vigor benih setelah perlakuan, bukan menunjukkan nilai vigor daya simpan benih 5 varietas jagung. Selain itu, salah satu kekurangan dari metode ini adalah waktu pengujian yang

tergolong lama, karena membutuhkan waktu lebih dari 24 jam.

Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh hasil pengujian pengusangan cepat secara kimiawi menggunakan APC IPB 77-1 MM. Hasil pengujian pengusangan cepat terhadap benih 5 varietas jagung menunjukkan bahwa vigor daya simpan tertinggi dimiliki oleh varietas Sukmaraga, dibawahnya dengan nilai yang lebih rendah yaitu varietas Bisma, Lamuru, Srikandi kuning dan paling rendah adalah varietas Anoman.

Pengujian pengusangan cepat dapat menunjukkan peringkat vigor daya simpan benih yang sama persis dengan hasil pengujian devigorasi terkontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pengusangan cepat secara kimiawi dapat digunakan dan memiliki peluang sebagai salah satu metode yang dapat digunakan untuk menunjukkan perbandingan atau peringkat vigor daya simpan benih berbagai lot benih. Metode pengusangan cepat dinilai lebih efisien dan efektif untuk menduga vigor daya simpan benih karena pengujian yang hanya membutuhkan waktu singkat yaitu kurang dari 2 jam. Metode devigorasi terkontrol membutuhkan waktu selama 28 hari dari perlakuan hingga pengambilan data, sedangkan metode pengusangan cepat secara kimiawi hanya membutuhkan waktu 8 hari. Selain itu, metode pengusangan cepat memiliki prosedur yang lebih sederhana dan tidak rumit metode devigorasi terkontrol.

KESIMPULAN

Pengujian dengan metode devigorasi terkontrol dan metode pengusangan cepat secara kimiawi menggunakan APC IPB 77-1 MM dapat menunjukkan nilai dari kemunduran untuk menduga vigor daya simpan. Pengujian dengan metode pengusangan cepat secara kimiawi lebih efektif dan efisien dalam menduga vigor daya simpan benih dibanding metode pengusangan dengan suhu dan kelembaban tinggi karena membutuhkan waktu yang lebih singkat dan prosedur yang relatif lebih sederhana. Kemunduran benih hasil pengusangan cepat secara kimiawi dengan APC IPB 77-1 MM dapat ditunjukkan oleh nilai sudut kemiringan garis regresi pada setiap peubah yang diamati. Semakin besar sudut kemiringan garis regresi, maka nilai vigor daya simpan benih semakin rendah.

Hasil uji metode pengusangan cepat secara kimiawi menggunakan APC IPB 77-1 MM dapat menunjukkan peringkat vigor daya simpan benih 5 varietas jagung dengan hasil yang sama dengan metode pengusangan dengan suhu dan kelembaban tinggi. Urutan vigor daya simpan dari kelima varietas benih jagung hasil pengujian dua metode

tersebut mulai dari yang paling tinggi hingga paling rendah adalah Sukmaraga, Bisma, Lamuru, Srikandi kuning dan terakhir Anoman.

DAFTAR PUSTAKA

- [FAO-AMIS] Food and Agriculture Organization of the United Nations - Agricultural market information system. 2019. AMIS Market Database. <http://statistics.amis-outlook.org/data/index.html#COMPARE>. [13 Februari 2019].
- [ISTA] International Seed Testing Association. 2014. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Switzerland, CH.
- Badriah, R. 2012. Pemanfaatan alat pengusangan cepat (APC) tipe IPB 77-1 mm untuk pendugaan vigor daya simpan benih jagung (*Zea mays* L.) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Gairola, K.C., A.R. Nautiyal, A.K. Dwivedi. 2011. Effect of temperatures and germination media on seed germination of *Jathropa curcas* Linn. *Advance in Biores.* 2(2):66-71.
- Habib, A. 2013. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi jagung. *Agrium.* 1(18):79-87.
- Hsu, C.C., C.L. Chen, J.J. Chen, J.M. Sung. 2003. Accelerated aging-enhanced lipid peroxidation in bitter melon seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. *Scientia Horticulturae.* 98(3):201-212.
- Imaniar, A. 2012. Pemanfaatan alat pengusangan cepat (APC) untuk pendugaan vigor daya simpan benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Iqbal, N, M.A. Cheema. 2003. Assessment of cottonseed deterioration during accelerated ageing. *Seed Sci. & Technol.* 31(1):531-540.
- Kozlowski, T.T. 1972. *Seed Biology - Insects, and Seed Collection, Storage, Testing, and Certification Vol III.* New York (USA): Academic Press INC.
- Kulik, M.M., R.W. Yaklich. 1982. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of accelerated aging, cold, sand bench, and speed of germination tests to field performance. *Crop Science* 22(1):765-770.
- Mattjik, A.A., M. Sumertajaya. 2002. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid I.* Bogor (ID): FMIPA IPB.
- McDonough, C.M., C.D. Floyd, R.D. Waniskaa, Rooney LW. 2004. Effect of accelerated aging on maize, sorghum, and sorghum meal. *Cereal Science.* 39(3):351-361.

- Murniati, E, T. Kartika, S. Saenong. 1984. Pengaruh gibberellic acid pada jagung (*Zea mays* L.) yang didera uap etanol dan tidak didera uap etanol terhadap daya berkecambah benih dan aktivitas enzim amilase. *Bul.Agron.* 16(1):1-10.
- Mustika, S., M.R. Suhartanto, A. Qadir. 2014. Kemunduran Benih Kedelai Akibat Pengusangan Cepat Menggunakan Alat IPB 77-1 MM dan Penyimpanan Alami. *Bul.Agrohorti* 2(1):1-10.
- Pian, Z.A. 1981. Pengaruh uap etil alkohol terhadap viabilitas benih jagung (*Zea mays* L.) dan pemanfaatannya untuk menduga daya simpan [disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pasca Sarjana IPB.
- Powel, A.A., S. Matthews. 1981. Evaluation of controlled deterioration, a new vigor test for small seeded vegetables. *Seeds Sci & Technol.* 9:633-640.
- Purwanto, S. 2007. Perkembangan Produksi dan Kebijakan dalam Peningkatan Produksi Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan pengembangan Pertanian.
- Rodo, A.B., J.M. Filho. 2003. Accelerated aging and controlled deterioration for the determination of the physiological potential of onion seeds. *Scientia Agricola.* 60(3):465-469.
- Sadjad, S., E. Muniarti, I. Satriyas. 1999. Parameter Pengujian Benih dari Komparatif ke Simulatif. Jakarta (ID): PT Widiasarana Indonesia.
- Sadjad, S. 1980. Panduan Mutu Benih Tanaman Kehutanan di Indonesia IPB. Bogor (ID): IPB Press.
- Sadjad, S. 1993. Dari Benih Kepada Benih. Jakarta (ID): PT Grasindo.
- Sadjad, S. 1994. Kuantifikasi metabolisme benih. Jakarta (ID): PT Widiasarana Indonesia.
- Sompotan, M.L.K. 2000. Pengaruh viabilitas awal dan matriconditioning terhadap viabilitas, produksi dan mutu benih jagung (*Zea mays* L.) varietas Arjuna [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suhartanto, M.R. 1994. Studi sistem multiplikasi devigorasi secara fisik dan kimia pada kasus kemunduran viabilitas benih kedelai (*Glycine max* L.) akibat goncangan [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suhartanto, M.R. 2013. Teknologi pengolahan dan penyimpanan benih. *In Elviana (Eds.). Dasar Ilmu dan Teknologi Benih.* Bogor (ID): IPB Press.
- Taini, Z.F. 2018. Pemanfaatan alat pengusangan cepat menggunakan etanol untuk pendugaan vigor daya simpan benih jagung (*Zea mays* L.) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- TeKrony, D.M. 1993. Accelerated aging test. *J. of Seed Technology.* 17(2):110-120.
- TeKrony, D.M. 2002. Precision is an essential component in seed vigour testing. *Seed Sci. & Technol.* 31(1):435-447.
- Terryana, R.T., M.R. Suhartanto, A. Qadir. 2015. Alat Pengusang Cepat IPB 77-1 MM untuk Penapisan Vigor Daya Simpan Benih Kedelai. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 34(3):229-236.
- Terryana, R.T. 2013. Pemanfaatan alat pengusangan cepat (APC) tipe IPB 77-1 mm untuk pendugaan vigor daya simpan benih jagung (*Zea mays* L.) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Zanzibar, M. 2007. Pengaruh perlakuan pengusangan dengan uap etanol terhadap penurunan kualitas fisiologi benih akor, merbau dan mindi. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman.* 4(2):69-118.