

Perilaku Biokimia Benih Kedelai Selama Penyimpanan dalam Kondisi Terkontrol

Biochemical Behaviour of Soybean Seed During Control Storage

Irma Noviana^{1,2}, Abdul Qadir^{3*}, dan Faiza C. Suwarno³

¹Program Studi Ilmu dan Teknologi Benih, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat, Jl. Kayu Ambon No.80 Lembang 40391, Indonesia

³Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 29 September 2015/Disetujui 12 Februari 2016

ABSTRACT

Physiological and biochemical changes in seeds indicates levels of viability and vigor during deterioration. The aims of the research were to study the patterns of biochemical changes in soybean seeds and its relationship to seed vigor during storage under controlled conditions. The experiment was arranged in a completely randomized design using two varieties as a factor which was nested into storage period and replicated four times. Two varieties were Gepak Kuning and Mallika, stored in controlled condition at temperature of 19-22 °C and 64-67% of relative humidity for six months. The seeds were evaluated for protein, peroxide value, electrical conductivity and seed viability. The exponential regression analysis was used to determine the patterns of biochemical changes of each soybean varieties during the storage period. The results showed that the biochemical behaviour of soybean seeds stored under controlled conditions for 24 weeks following the exponential equation of $y = a + b \exp^{cx}$, which a , b , and c were constants that has different value for each variety. Electrical conductivity and peroxide value could be used as indicators of seed vigor during storage under controlled conditions for 24 weeks. Seed storage under controlled conditions are to maintain seed vigor >80% up to 12 weeks for Mallika and 24 weeks for Gepak Kuning with low oxidative process and less membrane damages.

Keywords: deterioration, storability, vigor

ABSTRAK

Perubahan fisiologis dan biokimia dalam benih mampu menunjukkan tingkat viabilitas dan vigor benih selama deteriorasi. Penelitian bertujuan untuk menjelaskan perilaku kandungan biokimia benih kedelai dan hubungannya dengan vigor daya simpan benih selama penyimpanan dalam kondisi terkontrol. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas dua taraf faktor, yaitu varietas yang tersarang pada periode simpan, diulang sebanyak empat kali. Varietas kedelai yang digunakan yaitu Gepak Kuning dan Mallika. Benih disimpan dalam ruang simpan dengan suhu dan RH terkontrol (19-22 °C dan 64-67%) selama enam bulan. Pengujian terhadap peubah biokimia (protein, bilangan peroksida, daya hantar listrik) dan viabilitas benih dilakukan setiap empat minggu. Analisis regresi eksponensial digunakan untuk melihat perilaku biokimia dan fisiologis pada masing-masing varietas kedelai selama periode simpan. Hasil menunjukkan perilaku biokimia benih kedelai yang disimpan pada kondisi terkontrol selama 24 minggu mengikuti persamaan eksponensial $y = a + b \exp^{cx}$, konstanta a , b , dan c memiliki nilai berbeda untuk setiap varietas. Nilai daya hantar listrik dan bilangan peroksida dapat digunakan sebagai indikator vigor daya simpan benih kedelai selama periode simpan 24 minggu. Penyimpanan benih pada kondisi terkontrol mampu mempertahankan vigor benih >80% selama periode simpan 12 minggu untuk varietas Mallika dan 24 minggu untuk varietas Gepak Kuning dengan proses oksidatif dan tingkat kerusakan membran sel rendah.

Kata kunci: daya simpan, deteriorasi, vigor

PENDAHULUAN

Deteriorasi benih merupakan proses yang tidak dapat dihindari selama benih dalam masa penyimpanan baik

penyimpanan secara terbuka maupun kondisi terkontrol. Faktor suhu dan kelembaban sangat mempengaruhi kecepatan kemunduran benih pada penyimpanan secara terbuka (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2010), sedangkan pada penyimpanan secara terkontrol yang kondisi suhu, kadar air serta kelembaban ruangan cenderung konstan, maka proses deteriorasi benih berhubungan dengan perubahan biokimia di dalam benih selama periode simpan.

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: abdulqadir_benih@yahoo.co.id

Kandungan biokimia benih setiap varietas kedelai berbeda-beda sehingga akan memberikan perubahan perilaku benih yang berbeda dan kecepatan deteriorasi yang berbeda (Jatoi *et al.*, 2001). Perubahan perilaku benih melalui karakteristik fisiologis dan biokimia mampu menunjukkan tingkat viabilitas dan vigor benih selama periode deteriorasi benih.

Beberapa perubahan biokimia mempengaruhi kualitas dan viabilitas benih kedelai selama periode penyimpanan (Begum *et al.*, 2013). Perubahan kadar lipid selama penyimpanan mempengaruhi deteriorasi benih. Degradasi lipid akan menurunkan kandungan tri-gliserida selama benih disimpan, dan meningkatkan asam lemak bebas, sterol, dan fosfolipid (Sharma *et al.*, 2007).

Kandungan karbohidrat, protein, dan lipid mengalami penurunan selama penyimpanan, sedangkan asam amino bebas, asam lemak bebas, dan daya hantar listrik meningkat (Begum *et al.*, 2013). Menurunnya substrat karbohidrat akibat respirasi akan menurunkan efek ketahanan integritas membran sel. Perubahan integritas membran sel merupakan gejala awal dari proses deteriorasi benih. Menurunnya integritas membran sel mengakibatkan keluarnya senyawa dari dalam benih, yang diamati berdasarkan daya hantar listrik, dan konsentrasi senyawa metabolit (gula, asam amino, asam lemak, enzim, ion-ion inorganik seperti K⁺, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) (Panobianco dan Vieira, 2007; Vieira *et al.*, 2008). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan perilaku kandungan biokimia benih kedelai selama penyimpanan yang dapat menggambarkan vigor daya simpan benih selama penyimpanan terkontrol.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan pada bulan Agustus 2014 sampai dengan Januari 2015. Penyimpanan benih secara terkontrol dilakukan di Laboratorium Benih Leuwikopo Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor. Pengujian fisiologis benih dilaksanakan di Laboratorium Penyimpanan dan Pengujian Mutu Benih Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor, sedangkan pengujian biokimia benih dilakukan di Laboratorium Pengujian Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor dan Balai Besar Industri Agro (BBIA) Bogor.

Percobaan penyimpanan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua taraf faktor varietas yang tersarang pada periode simpan. Benih kedelai terdiri atas dua varietas yaitu Gepak Kuning (kedelai biji kecil warna kuning), dan Mallika (kedelai biji kecil warna hitam) masing-masing sebanyak 1 kg disimpan dalam kemasan plastik *polypropylene* (PP) 0.8 mm ukuran 18 cm x 28 cm pada kadar air 9-11%. Setiap perlakuan penyimpanan diulang sebanyak empat kali. Benih disimpan dalam ruang simpan dengan suhu dan kelembaban terkontrol (19-22 °C dan 64-67%) selama enam bulan. Pengujian terhadap peubah biokimia (protein, bilangan peroksida, dan daya hantar listrik) dilakukan setiap empat minggu sedangkan pengujian kadar air dan viabilitas benih dilakukan setiap 2 minggu.

Kadar air benih selama penyimpanan diukur menggunakan metode oven suhu rendah konstan (101-105 °C) selama 17 ± 1 jam. Bobot benih kedelai yang dipakai pada pengukuran kadar air benih sebanyak 4.5 ± 0.5 g pada setiap ulangan. Kadar air benih dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (ISTA, 2010):

$$\text{Kadar air benih} = \frac{(M_1 - M_3)}{(M_2 - M_1)} \times 100\%$$

Keterangan:

M₁ = bobot wadah beserta tutupnya (g)

M₂ = bobot wadah, tutup dan benih sebelum dioven (g)

M₃ = bobot wadah, tutup dan benih setelah dioven (g)

Uji Daya Hantar Listrik (DHL) dilakukan dengan merendam 50 butir benih dalam gelas jar berisi 100 mL aquades selama 24 jam. Air rendaman diukur dengan alat *Electric Conductivity Meter*. Nilai daya hantar listrik dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{DHL}(\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}) = \frac{X - \text{blanko}}{\text{berat benih}}$$

Keterangan:

X : daya hantar listrik air rendaman benih (μS cm⁻¹)

Blanko: daya hantar listrik aquabides tanpa benih (μS cm⁻¹)

Pengukuran bilangan peroksida dilakukan melalui metode titrasi iodometri. Sebanyak 5.0 g bahan sampel ditambah 30 mL larutan asam asetat kloroform hingga bahan larut. Larutan jenuh KI sebanyak 0.5 mL dan 30 mL aquadest ditambahkan ke dalam larutan sampel. Larutan dititrasi dengan 0.01 N Na₂S₂O₃ hingga warna kuning hampir hilang. Sebanyak 0.5 mL larutan pati (amilum) 1% ditambahkan hingga campuran berubah menjadi biru gelap. Titrasi dilanjutkan hingga titik ekuivalen. Bilangan peroksida dinyatakan dalam mili-equivalen dari peroksida dalam setiap 100 g sampel dengan rumus:

$$\text{Bilangan peroksida (meq kg}^{-1}\text{)} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{\text{berat sampel (g)}}$$

Keterangan:

S = Titrasi sampel

B = Titrasi blanko

N = Normalitas Na₂S₂O₃

Kandungan protein benih ditentukan dengan mengukur total kandungan nitrogen menggunakan metode semi mikro Kjeldahl. Sampel benih sebanyak 0.51 g dihaluskan dengan grinder dan dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl 100 mL. Sebanyak 2 g Selenium dan 25 mL H₂SO₄ pekat ditambahkan ke dalam sampel kemudian dipanaskan hingga mendidih dan larutan menjadi jernih kehijau-hijauan. Setelah dingin larutan diencerkan dalam labu ukur 100 mL. Sebanyak 5 mL larutan dipipet dan dimasukkan ke dalam alat penyuling dan ditambahkan 5 mL NaOH 30% dan beberapa tetes indikator PP. Larutan disuling selama 10 menit, kemudian ditampung dalam 10 mL larutan asam borat 2% yang telah dicampur indikator. Larutan dititrasi dengan HCl 0.01 N. Kadar protein dihitung dengan mengkonversikan jumlah nitrogen yang diperoleh.

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 0.014 \times f_k \times f_p}{w} \times 100\%$$

Keterangan:

V_1 = Volume HCl 0.01 N yang digunakan untuk titrasi sampel (mL)

V_2 = Volume HCl 0.01 N yang digunakan untuk titrasi blanko (mL)

N = Normalitas HCl

f_k = Faktor konversi N pada kedelai (5.75)

f_p = Faktor pengenceran

W = Bobot sampel (g)

Daya berkecambah benih diuji dengan metode uji kertas digulung didirikan dalam plastik (UKDdp) menggunakan 100 benih setiap ulangan. Benih disimpan di dalam alat pengecambah benih (*Ecogerminator*) tipe IPB 72-1. Daya berkecambah benih kedelai diamati pada hari ke-3 (hitungan pertama) dan hari ke-5 (hitungan kedua) setelah benih dikecambahkan (ISTA, 2010). Persentase kecambah normal ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$DB = \frac{KN I + KN II}{\text{Jumlah benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

Keterangan :

DB = Daya berkecambah (%)

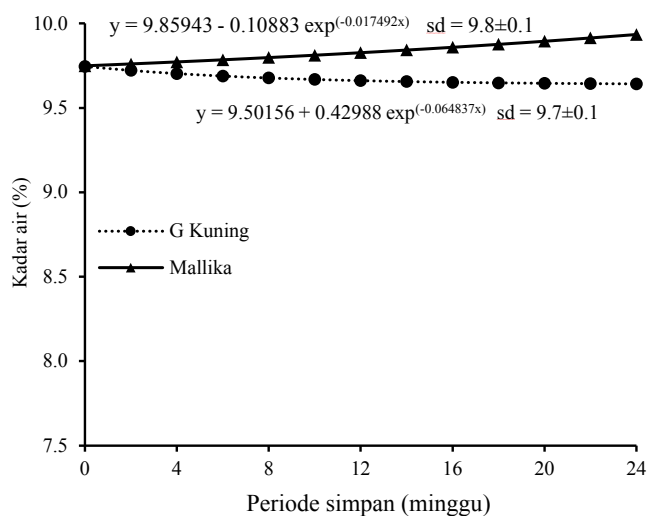
KN I = Jumlah kecambah normal pada hitungan pertama (hari ke-3)

KN II = Jumlah kecambah normal pada hitungan kedua (hari ke-5)

Analisis regresi eksponensial dilakukan untuk melihat perilaku biokimia dan fisiologis pada masing-masing varietas kedelai selama periode simpan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air kedelai selama 24 minggu pada kedua varietas menunjukkan perilaku yang konstan (Gambar 1). Perubahan kadar air benih pada kedua varietas selama 24 minggu penyimpanan sangat kecil dengan nilai standar deviasi 0.1 masih dalam taraf toleransi uji kadar air (ISTA., 2010) sehingga dapat dikatakan bahwa nilai kadar air tidak berbeda. Penyimpanan benih pada kondisi terkontrol



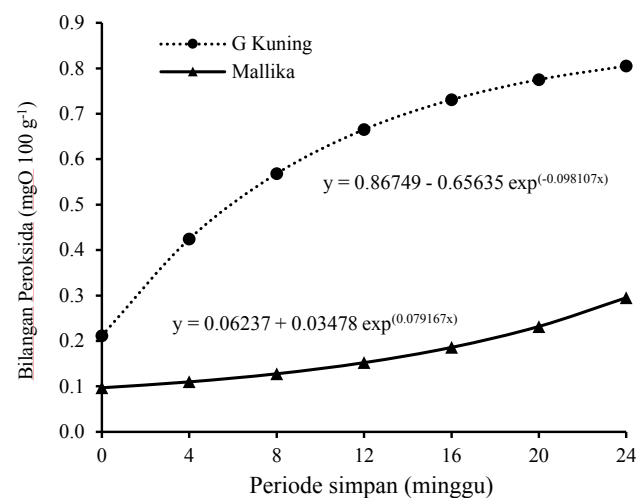
Gambar 1. Perilaku kadar air benih kedelai selama penyimpanan terkontrol (suhu 19-22 °C dan RH 64-67%)

mampu mempertahankan kadar air benih selama periode simpan 24 minggu. Suhu dan kelembaban ruang simpan mempengaruhi kadar air benih. Peningkatan suhu dan kelembaban akan meningkatkan kadar air benih selama periode simpan (Kauth dan Biber, 2014).

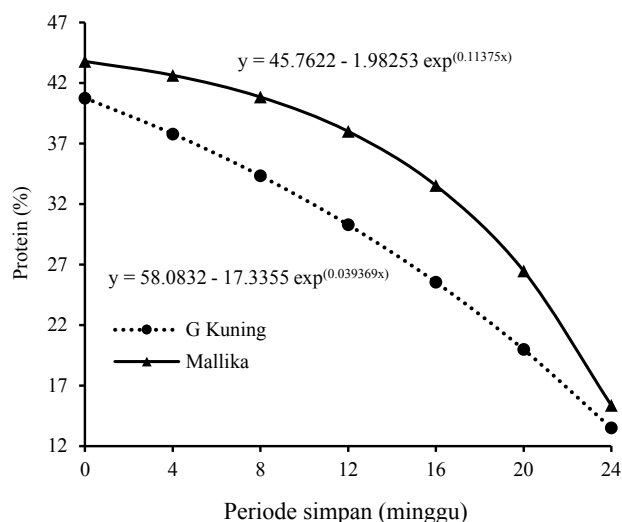
Perilaku bilangan peroksida kedua varietas kedelai yang disimpan mengalami peningkatan selama penyimpanan (Gambar 2). Peningkatan nilai bilangan peroksida kedelai kuning lebih cepat dibandingkan kedelai hitam. Hal ini diduga karena kulit benih kedelai kuning lebih permeabel terhadap oksigen ke dalam benih yang mampu menginisiasi proses oksidasi lipid dibandingkan kedelai hitam. Kecepatan reaksi oksidasi lipid Mallika berjalan lebih cepat saat minggu keempat, sedangkan pada Gepak Kuning peningkatan oksidasi terlihat sejak minggu kedua.

Senyawa oksigen sangat berperan dalam menginduksi oksidasi lipid. Semakin tinggi jumlah oksigen yang dapat masuk ke dalam benih maka proses oksidasi lipid semakin meningkat. Proses oksidasi lipid akan melepaskan radikal bebas yang merupakan faktor yang menginisiasi proses deteriorasi benih. Reaksi oksidasi lipid varietas kedelai yang disimpan dikategorikan sangat rendah karena memiliki nilai <math><0.8 \text{ mgO}(100\text{g})^{-1}</math> (O'Brien, 2004). Benih yang memiliki nilai bilangan peroksida tinggi dapat memicu terjadinya kerusakan benih dan pada akhirnya menyebabkan kemunduran benih. Kondisi suhu dan RH ruang simpan yang terkontrol (19-22 °C dan 64-67%) memungkinkan proses oksidasi lipid berjalan lambat. Kecepatan reaksi oksidasi bergantung pada konsentrasi oksigen dan suhu selama penyimpanan. Oksidasi berjalan lambat pada suhu rendah dengan jumlah oksigen yang terbatas (de Oliveira Lins *et al.*, 2014).

Perilaku kandungan protein benih kedelai yang disimpan mengalami penurunan seiring lamanya periode simpan (Gambar 3). Kecepatan penurunan kadar protein pada varietas Mallika lebih lambat dibandingkan varietas Gepak Kuning. Penurunan kadar protein pada benih kedelai yang disimpan berhubungan dengan reaksi oksidasi asam amino dengan meningkatnya aktivitas respirasi.



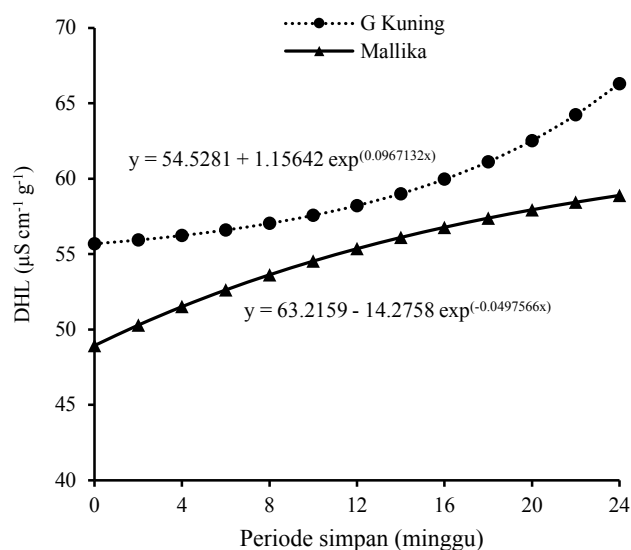
Gambar 2. Perilaku bilangan peroksida benih kedelai selama penyimpanan terkontrol (suhu 19-22 °C, RH 64-67%, kadar air 9-11%)



Gambar 3. Perilaku kandungan protein benih kedelai selama penyimpanan terkontrol (suhu 19-22 °C, RH 64-67%, kadar air 9-11%)

Reaksi oksidasi asam amino berhubungan dengan jumlah oksigen yang masuk ke dalam benih dan berkaitan dengan permeabilitas kulit benih. Varietas kedelai hitam lebih impermiabel sehingga diduga lambatnya proses degradasi protein sangat berkaitan dengan jenis kulit benih.

Menurut Tatipata (2007) protein bersifat higroskopis sehingga akan lebih mudah mengabsorpsi air. Peningkatan kadar air benih menyebabkan hidrolisis protein dan fluiditas membran mitokondria berkurang sehingga merubah bentuk protein yang terikat pada bilayer lipid. Struktur protein benih kedelai akan mengalami perubahan setelah disimpan selama 6 bulan pada kadar air 8-12%. Sejalan dengan hasil penelitian Sathish *et al.* (2015) pada benih *Vigna mungo* L., selama deteriorasi benih telah mengalami degradasi protein yang ditandai dengan hilangnya pita protein yang menyebabkan menurunnya viabilitas benih.



Gambar 4. Perilaku daya hantar listrik (DHL) benih kedelai selama penyimpanan terkontrol (suhu 19-22 °C, RH 64-67%, kadar air 9-11%)

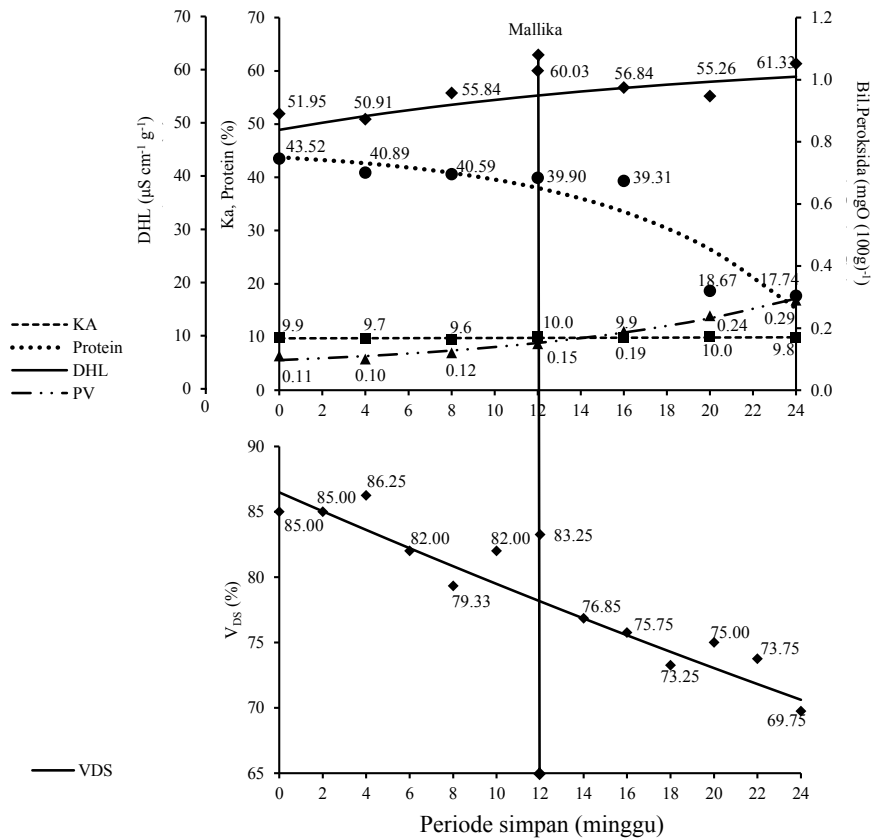
Perilaku daya hantar listrik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin lama periode simpan maka nilai daya hantar listrik semakin meningkat. Pola peningkatan daya hantar listrik kedua varietas berbeda, varietas Gepak Kuning berjalan lebih lambat dan mulai terlihat pada minggu ke-12, sedangkan peningkatan daya hantar listrik varietas Mallika berjalan lebih cepat sejak minggu ke-4. Perbedaan nilai dan kecepatan peningkatan daya hantar listrik dipengaruhi oleh varietas dan vigor awal benih (Mattioni *et al.*, 2015). Vigor awal simpan Mallika lebih rendah (85%) dibandingkan Gepak Kuning (92.75%). Semakin rendah jumlah kebocoran yang dilepaskan dalam larutan rendaman benih, mengindikasikan bahwa benih memiliki vigor yang tinggi (Carvalho *et al.*, 2009).

Perilaku kadar air, kandungan protein, bilangan peroksida, dan daya hantar listrik benih kedelai varietas Gepak Kuning dan Mallika pada penyimpanan terkontrol selama 24 minggu menunjukkan pola eksponensial mengikuti persamaan $y = a + b \exp^{cx}$. Pola tersebut menggambarkan proses kemunduran benih kedelai selama penyimpanan terkontrol. Konstanta a, b, dan c memiliki nilai berbeda untuk setiap varietas pada setiap peubah.

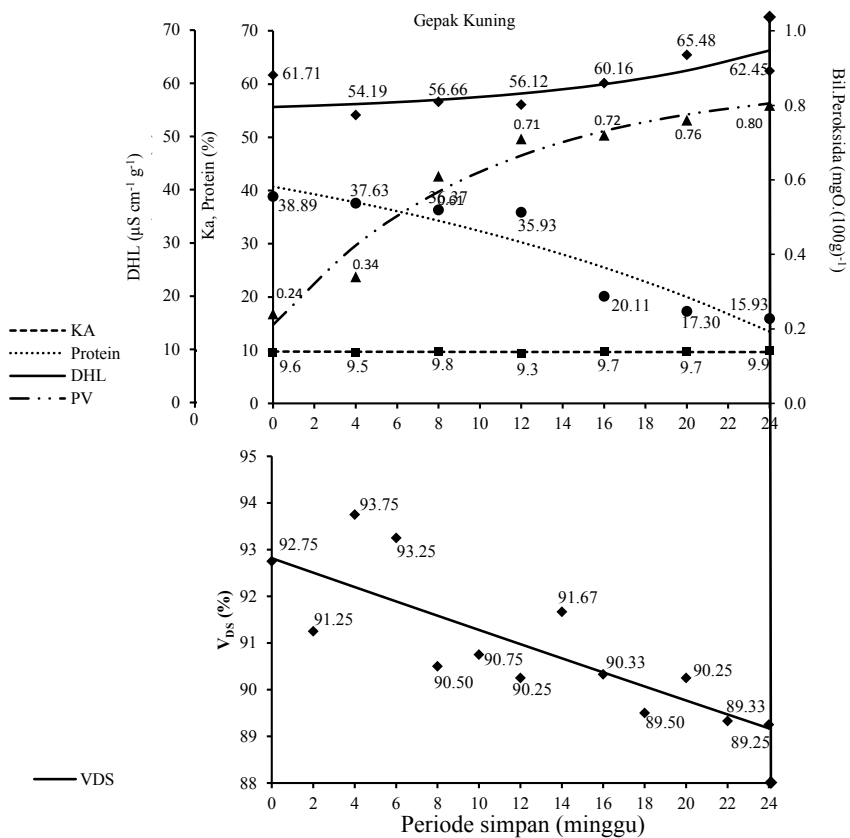
Perubahan kadar air dan kandungan biokimia benih kedelai yang meliputi kandungan protein, bilangan peroksida, dan daya hantar listrik selama periode simpan terkontrol pada setiap tingkat vigor daya simpan benih (V_{DS}^{DB}) ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Varietas Mallika yang disimpan dengan viabilitas awal 85% dan kadar air 9.9% mampu mempertahankan vigor daya simpan tetap tinggi (83.25%) hingga periode simpan 12 minggu, selanjutnya viabilitas menurun hingga 69.75% pada penyimpanan 24 minggu (Gambar 5). Kandungan protein benih mengalami penurunan dari awal simpan (43.52%) menjadi 17.74% atau menurun sebesar 8.32% pada periode simpan 12 minggu. Persentase penurunan mencapai >50% pada periode simpan 20 minggu (18.67%). Reaksi oksidasi lipid yang ditunjukkan oleh nilai bilangan peroksida sebesar 0.15 mgO (100 g)⁻¹ dikategorikan rendah. Adanya kerusakan pada membran sel ditandai dengan meningkatnya daya hantar listrik dari 51.95 µS cm⁻¹g⁻¹ menjadi 60.03 µS cm⁻¹g⁻¹ pada periode simpan 12 minggu.

Varietas Gepak Kuning yang disimpan dengan viabilitas awal 92.75% dan kadar air 9.6% mampu mempertahankan vigor daya simpan >80% (89.25%) hingga penyimpanan 24 minggu (Gambar 6). Vigor daya simpan Gepak Kuning tetap tinggi hingga periode simpan 24 minggu, namun telah terjadi perubahan pada kandungan biokimia benih terutama protein telah mengalami penurunan. Setelah penyimpanan 24 minggu kandungan protein mengalami penurunan dari awal simpan (38.89%) menjadi 15.93% atau menurun sebesar 59%. Adanya kerusakan pada membran sel ditandai dengan meningkatnya daya hantar listrik dari 61.71 µS cm⁻¹g⁻¹ menjadi 62.45 µS cm⁻¹g⁻¹ pada periode simpan 24 minggu. Nilai daya hantar listrik antara 60-63 µS cm⁻¹g⁻¹ mengindikasikan tingkat kerusakan yang masih rendah ditunjukkan oleh vigor benih yang relatif tinggi (>80%).

Nilai daya hantar listrik lebih tepat untuk menguji tingkat kerusakan benih dibandingkan kandungan protein karena lebih menggambarkan vigor daya simpan benih



Gambar 5. Kurva hubungan kadar air (KA), kandungan protein, bilangan peroksida (PV), dan daya hantar listrik (DHL) terhadap vigor daya simpan (VDS) varietas Mallika selama penyimpanan pada kondisi terkontrol



Gambar 6. Kurva hubungan kadar air (KA), kandungan protein, bilangan peroksida (PV), dan daya hantar listrik (DHL) terhadap vigor daya simpan (VDS) varietas Gepak Kuning selama penyimpanan pada kondisi terkontrol

selama periode simpan. Kerusakan membran sel sebagai akibat dari perubahan pada struktur protein dan lipid melalui proses hidrolisis dan oksidasi menyebabkan kebocoran membran sel dengan sejumlah elektrolit yang keluar yang diukur melalui nilai daya hantar listrik. Meningkatnya daya hantar listrik mengindikasikan bahwa benih semakin rusak dan vigor benih semakin menurun.

KESIMPULAN

Perilaku kandungan protein, bilangan peroksida dan daya hantar listrik benih kedelai yang disimpan pada kondisi terkontrol selama 24 minggu mengikuti persamaan eksponensial $y = a + b \exp^{cx}$, konstanta a, b, dan c memiliki nilai berbeda untuk setiap varietas. Nilai daya hantar listrik dan bilangan peroksida dapat digunakan sebagai indikator vigor daya simpan benih kedelai selama periode simpan 24 minggu. Penyimpanan benih pada kondisi terkontrol suhu 19-22 °C dan RH 64-67% mampu mempertahankan vigor benih >80% selama periode simpan 24 minggu pada varietas Gepak Kuning dan 12 minggu pada varietas Mallika dengan proses oksidatif dan tingkat kerusakan membran sel rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh program KKP3N Badan Litbang Pertanian tahun 2014 dengan judul: Pengembangan teknologi pendugaan daya simpan benih kedelai menggunakan model dinamik a.n. Dr Abdul Qadir.

DAFTAR PUSTAKA

- Begum, A.J., R. Jerlin, M. Jayanthi. 2013. Seed quality changes during storage of oil seeds- A Review. *Internat. J. Sci. Res.* 2:1-2.
- Carvalho, L.F., C.S. Sediya, M.S. Reis, D.C.F.S. Dias, M.A. Moreira. 2009. Influence of soaking temperature of soybean seeds in the electrical conductivity test to evaluate physiological quality. *Revista Brasileira de Sementes* 31:9-17.
- de Oliveira Lins, S.R., M.L.M. de Carvalho, M.D.G. Cardoso, D.H. Miranda, J. de Andrade. 2014. Physiological, enzymatic, and microstructural analyses of sunflower seeds during storage. *Aust. J. Crop Sci.* 8:1038-1048.
- Ghassemi-Golezani, K., J. Bakhshy, Y. Raey, A. Hossainzadeh-Mahootchy. 2010. Seed vigor and field performance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 38:146-150.
- [ISTA] International Seed Testing Association. 2010. *International Rules for Seed Testing*. Zurich (CH). International Seed Testing Association.
- Jatoi, S.A, M. Afzal, S. Nasim, R. Anwar. 2001. Seed deterioration study in pea using accelerated ageing techniques. *Pak. J. Biol. Sci.* 4:1490-1494.
- Kauth, P.J., P.D. Biber. 2014. Moisture content, temperature, and relative humidity influence seed storage and subsequent survival and germination of *Vallisneria americana* seeds. *J. Aquabot.* 120:297-303.
- Mattioni, N.M., L.L. Mertz, A.P.P. Barbieri, F.M. Haesbaert, W. Giordani, S.J. Lopes. 2015. Individual electrical conductivity test for the assessment of soybean seed germination. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina* 36:31-38.
- O'Brien, R.D. 2004. *Fats and Oils Formulating and Processing for Applications*, CRC Press, Boca raton, United States.
- Panobianco, M., R.D. Vieira. 2007. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. *Revista Brasileira de Sementes* 29:97-105.
- Sathish, S., R. Ahamed, N. Senthil, N. Arulkumar, H.S. Park, S. Kalaiselvi, R. Umarani, M. Raveendran, M. Bhaskaran, G.S. Kim. 2015. Proteomic analysis of ageing in black gram (*Vigna mungo* L.) seeds and its relation to seed viability. *POJ* 8:201-211.
- Sharma, S., S. Gambhir, S.K. Munshi. 2007. Changes in lipid and carbohydrate composition of germination soybean seeds under different storage conditions. *Asian J. Plant Sci.* 6:502-507.
- Tatipata, A. 2007. Pengaruh kadar air awal, kemasan, dan lama simpan terhadap protein membran dalam mitokondria benih kedelai. *Bul. Agron.* 36:8-16.
- Vieira, R.D., D.M. TeKrony, D.B. Egli, W.P. Bruenning, M. Panobianco. 2008. Temperature during soybean seed storage and the amount of electrolytes of soaked seeds solution. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 65:496-501.