

**KAJIAN ASPEK FISILOGI DAN BOKIMIA DETERIORASI
BENIH KEDELAI DALAM PENYIMPANAN¹**

**(STUDY ON PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY ASPECTS OF
SOYBEAN SEED DETERIORATION IN STORAGE)**

Aurellia Tatipata², Prapto Yudono³, Aziz-Purwantoro³, Woerjono Mangoendidjojo³

ABSTRACT

One of a major constraint of soybean seed in storage is rapid deterioration of its quality, especially in the tropic. The experiment aimed to study physiology and biochemistry aspects of its deterioration during storage and to find method of seed storage for keeping the quality of soybean seed. A Randomized Completely Block Design was used in the experiment, with three factors. The first factor was moisture content, consisted of three levels i.e. 8%, 10%, dan 12%. The second was three kinds of bag, i.e. polyethylene plastic, wheat bag and aluminium foil. The third was storage period, consisted of seven levels, i.e. without storage, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 months. The results showed that the content of phospholipids of seed stored at 8% moisture content did not significantly decrease until 6 months, while protein content of membrane, inorganic phosphor and specific activity of succinate dehydrogenase decreased after 3 and 4 months. Specific activity of cytochrome oxidase and respiration rate of seed without storage at 12% moisture content and stored in wheat bag is higher than the other treatments. The germination and vigor of seed stored at 8% and 10% moisture content in all kinds of bags did not significantly decrease up to 6 months and higher as compared to the 12% moisture content.

Key words: soybean, deterioration, physiology, biochemistry, storage

INTISARI

Deteriorasi benih kedelai selama penyimpanan menyebabkan kemerosotan mutunya khususnya di daerah tropis. Penelitian bertujuan untuk mempelajari aspek fisiologi dan biokimia deteriorasi benih kedelai selama penyimpanan dan menemukan cara simpan yang tepat untuk mempertahankan mutu benih kedelai tetap tinggi selama penyimpanan. Penelitian disusun dalam RCBD dengan 3 faktor. Faktor I adalah kadar air, terdiri atas 3 aras: 8%, 10%, 12%. Faktor II adalah kemasan, ada 3 jenis : kantong plastik polietilen, kantong gandum, kantong aluminium foil. Faktor III adalah lama simpan, terdiri atas 7 aras: tanpa disimpan, 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar fosfolipid benih yang disimpan pada kadar air 8% di dalam kantong aluminium foil belum menurun sampai akhir penyimpanan 6 bulan, kadar protein membran, fosfor anorganik dan aktivitas suksinat dehidrogenase menurun setelah 3 dan 4 bulan. Aktivitas spesifik sitokrom oksidase dan laju respirasi dari benih yang

¹ Sebagian dari disertasi

² Mahasiswa program doktor Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta

³ Dosen Fakultas Pertanian UGM

tanpa disimpan dengan kadar air 12% dan di dalam kantong terigu lebih tinggi dan berbeda nyata dengan lainnya. Daya kecambah dan vigor benih yang disimpan dengan kadar air 8% dan 10% dalam semua kemasan sampai 6 bulan belum menurun secara nyata dan lebih tinggi dibanding dengan kadar air 12%.

Kata kunci: kedelai, deteriorasi, fisiologi, biokimia, penyimpanan

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu palawija yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena nilai gizinya yang tinggi. Untuk memenuhi konsumsi dalam negeri, produksi perlu ditingkatkan antara lain dengan menggunakan benih bermutu. Mutu benih yang mencakup mutu fisik, fisiologis dan genetik dipengaruhi oleh proses penanganannya dari produksi sampai akhir periode simpan (Sadjad, 1978). Salah satu masalah yang dihadapi dalam penyediaan benih bermutu adalah penyimpanan. Penyimpanan benih kacang-kacangan di daerah tropis lembab seperti di Indonesia dihadapkan kepada masalah daya simpan yang rendah. Sadjad (1980) menyatakan bahwa dalam waktu 3 bulan pada suhu kamar 30°C, benih kacang-kacangan tidak dapat mempertahankan viabilitasnya pada kadar air 14%.

Benih kedelai cepat mengalami kemunduran di dalam penyimpanan, disebabkan kandungan lemak dan proteinnya relatif tinggi sehingga perlu ditangani secara serius sebelum disimpan karena kadar air benih akan meningkat jika suhu dan kelembaban ruang simpan cukup tinggi. Untuk mencegah peningkatan kadar air selama penyimpanan benih, diperlukan kemasan yang kedap udara dan uap air.

Kemunduran benih dapat ditengarai secara biokimia dan fisiologi. Indikasi biokimia kemunduran benih dicirikan antara lain penurunan aktivitas enzim, penurunan cadangan makanan, meningkatnya nilai konduktivitas. Indikasi fisiologi kemunduran benih antara lain penurunan daya berkecambah dan vigor. Kebanyakan parameter biokimia yang digunakan untuk mengetahui viabilitas dan vigor benih kedelai adalah secara umum seperti diatas, sedangkan keberadaan makromolekul penyusun membran antara lain membran mitokondria dan enzim respirasi belum diteliti. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan berkaitan dengan mutu benih kedelai selama kurun waktu penyimpanan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) aspek fisiologi dan biokimia kemunduran benih kedelai dalam penyimpanan; (2) mendapatkan cara simpan yang mampu mempertahankan mutu benih kedelai selama penyimpanan 6 bulan.

Hipotesis yang diajukan adalah (1) pada benih yang mengalami kemunduran terjadi penurunan kadar fosfolipid, protein membran, fosfor anorganik mitokondria, aktivitas spesifik suksinat dehidrogenase dan sitokrom oksidase serta laju respirasi; (2) benih kedelai yang disimpan dengan kadar air 8% dan 10% di dalam kantong plastik dan aluminium foil dapat mempertahankan mutu benih kedelai yang tetap tinggi selama 6 bulan dalam penyimpanan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Bioteknologi PAU, laboratorium Biokimia Fakultas Teknologi Pertanian dan laboratorium Teknologi Benih Fakultas Pertanian UGM dari bulan 2002 sampai dengan Agustus 2003.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain benih kedelai varietas Willis, kantong plastik polietilen, kantong terigu, kantong aluminium foil, bovine serum albumin, folin, florisil, metanol, asam asetat glasial, kloroform, petroleum eter, natrium karbonat.

Alat-alat yang digunakan antara lain spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1601, ultrasentrifus Beckman-J6B, germinator, alat pengukur kadar air PM 5002.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu penyediaan benih yang meliputi prosesing, pemilihan benih sehingga diperoleh ukuran yang seragam, pembersihan, pengeringan sampai diperoleh kadar air yang ditentukan yaitu 8%, 10% dan 12%; pengujian daya kecambah, vigor, kadar protein dan fosfolipid benih yang tanpa disimpan; pengemasan, dan penyimpanan.

Penelitian faktorial ini menggunakan rancangan acak lengkap (RCBD) dengan 3 faktor yaitu faktor I adalah kadar air, terdiri atas 3 aras : 8%, 10%, 12%; faktor II adalah kemasan, ada 3 jenis yaitu kantong plastik polietilen, kantong terigu, kantong aluminium foil; faktor III adalah lama simpan, terdiri atas 7 aras: tanpa disimpan, 1 bulan, 2 bulan, 3 bulan, 4 bulan, 5 bulan dan 6 bulan. Data hasil pengamatan dianalisis dengan uji ragam ($\alpha = 5\%$) dan uji nilai tengah dengan uji jarak berganda Duncan.

Pengamatan dilakukan terhadap kadar fosfolipid, kadar protein membran, kadar fosfor anorganik mitokondria, aktivitas spesifik suksinat dehidrogenase dan sitokrom oksidase serta daya berkecambah dan vigor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam menunjukkan ada interaksi antara kadar air, kemasan dan lama simpan terhadap kadar fosfolipid, kadar protein membran, kadar fosfor anorganik mitokondria, aktivitas spesifik suksinat dehidrogenase dan sitokrom oksidase, daya berkecambah dan vigor (Tabel 1 sampai dengan Tabel 7). Hal ini menunjukkan bahwa kadar air, kemasan dan lama simpan memberikan pengaruh yang berbeda dalam interaksinya terhadap parameter yang diamati. Kadar fosfolipid mitokondria tetap tinggi setelah benih disimpan pada kadar air 8% dalam kantong terigu selama 2 bulan. Penyimpanan benih kedelai dengan kadar air 8% di dalam kantong aluminium foil dapat bertahan sampai 6 bulan tetapi untuk kadar air 10% hanya 2 bulan, sedangkan penyimpanan di dalam kantong plastik polietilen dapat bertahan sampai 5 bulan untuk kadar air 8% tetapi hanya 1 bulan untuk kadar air 10% (Tabel 1). Penurunan kadar fosfolipid mitokondria secara cepat pada penyimpanan dalam kantong terigu meskipun kadar airnya rendah disebabkan kantong terigu tidak dapat menghalangi laju penyerapan uap air oleh benih. Meningkatnya kadar air benih akan menyebabkan fosfolipid rusak, dicerminkan oleh penurunan kadarnya. Bewley dan Black (1982) menyatakan bahwa perubahan membran sel *Cucumis sativus* yang sudah menua ditunjukkan dengan kadar fosfolipid membran yang rendah. Menurut Abu Shakra dan Ching (1967), mitokondria pada benih-benih yang tua mengalami pembengkakan sehingga terjadi

penurunan asam-asam lemak berantai panjang yang menyebabkan membran mitokondria kurang teratur dan asam lemak kurang terikat pada membran. Reed (1997) menyatakan bahwa perubahan komposisi fosfolipid membran dalam mitokondria akan merubah bentuk protein yang terikat pada bilayer lipid. Dilain pihak Kersie dan Thompson (1971) *cit.* Paul *et al.* (1978) juga menemukan adanya perubahan fisik lipid membran pada kotiledon *Phaseolus vulgaris* yang menua.

Tabel 1. Pengaruh kadar air, kemasan dan lama simpan terhadap kadar fosfolipid mitokondria (%)

Kadar Air (%)	Periode simpan (bln)	K e m a s a n		
		Plastik P (B ₁)	K. terigu (B ₂)	Al. foil (B ₃)
8 (A ₁)	C ₀ (0)	6,11 a	4,55 b - i	5,58 a - b
	C ₁ (1)	4,98 b - e	4,21 d - k	5,54 a - c
	C ₂ (2)	4,81 b - f	3,52 i - p	4,71 b - g
	C ₃ (3)	4,66 b - h	3,26 k - r	4,50 b - i
	C ₄ (4)	3,79 f - n	3,03 l - r	4,47 c - j
	C ₅ (5)	3,45 i - q	2,71 m - r	4,47 c - j
	C ₆ (6)	3,35 j - r	2,45 p - r	4,06 e - l
10 (A ₂)	C ₀ (0)	3,89 e - m	3,47 i - p	5,16 a - d
	C ₁ (1)	3,64 g - o	2,92 l - r	3,65 g - o
	C ₂ (2)	3,01 l - r	2,89 l - r	3,57 h - p
	C ₃ (3)	3,15 k - r	2,77 m - r	3,26 k - r
	C ₄ (4)	2,99 l - r	2,52 o - r	3,19 k - r
	C ₅ (5)	2,91 l - r	2,52 o - r	3,13 k - r
	C ₆ (6)	2,87 m - r	2,64 n - r	3,10 k - r
12 (A ₃)	C ₀ (0)	3,79 f - n	3,04 l - r	3,89 e - m
	C ₁ (1)	3,17 k - r	2,93 l - r	3,34 k - r
	C ₂ (2)	3,14 k - r	2,83 m - r	3,20 k - r
	C ₃ (3)	3,04 l - r	2,67 n - r	3,08 k - r
	C ₄ (4)	2,91 l - r	2,63 n - r	3,05 l - r
	C ₅ (5)	2,90 l - r	2,42 p - r	3,01 l - r
	C ₆ (6)	2,29 q - r	2,21 r	2,57 o - r

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5% (a - d = abcd)

Penyimpanan benih kedelai pada kadar air awal 8% di dalam kantong plastik polietilen menurunkan kadar protein membran mitokondria setelah 2 bulan sedangkan pada kadar air 10% dan 12% penurunan kadar protein terjadi sejak 1 bulan. Kadar protein membran mitokondria benih yang disimpan pada kadar air awal 8% dan 12% dalam

kantong terigu menurun sejak 1 bulan dan pada kadar air awal 10% setelah 2 bulan. Benih yang disimpan dengan kadar air 8% di dalam kantong aluminium foil mengalami penurunan setelah 4 bulan, dan setelah 3 bulan untuk kadar air 10% dan sejak 1 bulan untuk kadar air 12% (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh Kadar Air, Kemasan dan Lama Simpan terhadap Kadar Protein Membran (mg/ml)

Kadar Air (%)	Lama simpan (bln)	K e m a s a n		
		Plastik P (B ₁)	K. terigu (B ₂)	Al. foil (B ₃)
8 (A ₁)	C ₀ (0)	1,0846 a - c	1,0875 a - b	1,0902 a - b
	C ₁ (1)	1,0175 a - h	0,9362 a - k	1,1740 a
	C ₂ (2)	0,9745 a - j	0,8741 b - k	1,0812 a - c
	C ₃ (3)	0,8898 b - k	0,8662 b - k	1,0040 a - i
	C ₄ (4)	0,8790 b - k	0,8209 c - k	0,9723 a - j
	C ₅ (5)	0,8643 b - k	0,8009 e - k	0,9539 a - k
	C ₆ (6)	0,9745 a - j	0,7472 i - k	0,8467 b - k
10 (A ₂)	C ₀ (0)	1,0753 a - d	1,0703 a - d	1,0650 a - e
	C ₁ (1)	0,9457 a - k	0,9849 a - j	1,0495 a - g
	C ₂ (2)	0,8733 b - k	0,9703 a - j	1,0150 a - h
	C ₃ (3)	0,8709 b - k	0,8871 b - k	0,9695 a - j
	C ₄ (4)	0,8708 b - k	0,8803 b - k	0,9269 a - k
	C ₅ (5)	0,7958 f - k	0,8127 d - k	0,8902 b - k
	C ₆ (6)	0,7842 h - k	0,7740 h - k	0,8109 d - k
12 (A ₃)	C ₀ (0)	1,0662 a - d	1,0641 a - e	1,0573 a - f
	C ₁ (1)	0,9538 a - k	0,8359 b - k	0,9494 a - k
	C ₂ (2)	0,9302 a - k	0,9009 b - k	0,9320 a - k
	C ₃ (3)	0,9183 a - k	0,8529 b - k	0,9141 a - k
	C ₄ (4)	0,8646 b - k	0,7913 g - k	0,8587 b - k
	C ₅ (5)	0,8406 b - k	0,7527 h - k	0,6912 k
	C ₆ (6)	0,8308 b - k	0,7244 j - k	0,8297 b - k

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Kadar protein membran mitokondria menurun lebih cepat karena protein lebih peka terhadap kondisi penyimpanan yang kurang menguntungkan. Protein membran bersama fosfolipid berfungsi menjalankan fungsi membran sehingga menurunnya kadar fosfolipid membran akan berpengaruh pada penurunan kadar protein membran. Menurut Sun dan Leopold (1993, 1994), meningkatnya kadar air dan kelembaban menyebabkan kerusakan protein meningkat. Tingginya kadar fosfolipid dan kadar protein membran mitokondria benih yang disimpan pada kadar air 8% selama 1 bulan di dalam

kantong aluminium foil menunjukkan bahwa struktur membran mitokondria teratur sehingga integritas membran tetap tinggi.

Kadar fosfor anorganik mitokondria pada semua tingkat kadar air dan kemasan menurun sejak penyimpanan selama 1 bulan (Tabel 3), kecuali benih yang disimpan dengan kadar air 8% di dalam kantong aluminium foil mengalami penurunan setelah 3 bulan.

Tabel 3. Pengaruh Kadar Air, Kemasan dan Lama Simpan terhadap Kadar Fosfor Anorganik (ppm)

Kadar Air (%)	Lama simpan (bln)	K e m a s a n		
		Plastik P (B ₁)	K. terigu (B ₂)	Aluminium foil (B ₃)
8 (A ₁)	C ₀ (0)	1,43 a - i	1,59 a - b	1,64 a
	C ₁ (1)	1,43 a - i	1,49 a - f	1,55 a - c
	C ₂ (2)	1,36 a - j	1,44 a - h	1,49 a - e
	C ₃ (3)	1,30 b - j	1,36 a - j	1,44 a - h
	C ₄ (4)	1,30 b - j	1,33 b - j	1,43 a - i
	C ₅ (5)	1,29 b - j	1,22 e - j	1,31 b - j
	C ₆ (6)	1,22 e - j	1,14 i - j	1,25 d - j
10 (A ₂)	C ₀ (0)	1,48 a - g	1,44 a - i	1,51 a - e
	C ₁ (1)	1,42 a - i	1,42 a - j	1,41 a - j
	C ₂ (2)	1,36 a - j	1,37 a - j	1,28 c - j
	C ₃ (3)	1,35 a - j	1,36 a - j	1,37 a - j
	C ₄ (4)	1,34 a - j	1,32 b - j	1,34 b - j
	C ₅ (5)	1,29 b - j	1,29 c - j	1,28 c - j
	C ₆ (6)	1,14 h - j	1,24 d - j	1,19 g - j
12 (A ₃)	C ₀ (0)	1,53 a - d	1,44 a - g	1,43 a - i
	C ₁ (1)	1,39 a - j	1,29 b - j	1,41 a - j
	C ₂ (2)	1,39 a - j	1,25 c - j	1,33 b - j
	C ₃ (3)	1,36 a - j	1,23 d - j	1,31 b - j
	C ₄ (4)	1,31 b - j	1,19 g - j	1,29 c - j
	C ₅ (5)	1,22 e - j	1,18 g - j	1,25 c - j
	C ₆ (6)	1,16 h - j	1,12 j	1,19 f - j

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Hal ini disebabkan kemampuan mitokondria dalam mengesterifikasi fosfor menurun sebagai akibat perubahan strukturnya. Disamping itu rendahnya kadar fosfor anorganik diduga banyak yang bocor keluar sel. Hasil penelitian Ching dan Schoolcraft (1968) *cit.* Bewley dan Black (1982) menunjukkan bahwa fosfor anorganik yang bocor dalam air rendaman benih yang sudah menua akibat suhu dan kelembaban tinggi adalah 50%

sampai 60% lebih banyak dari benih yang masih baru. Tingginya kadar fosfor anorganik dalam larutan yang bocor menunjukkan bahwa membran mitokondria mengalami degradasi. Hasil penelitian Abu Shakra dan Ching (1967) menunjukkan bahwa mitokondria dari benih kedelai yang masih baru memiliki kemampuan esterifikasi fosfor lebih tinggi dibanding mitokondria yang berasal dari benih yang sudah disimpan selama 3 tahun. Hasil penelitian Ching *et al.* (1977) menunjukkan bahwa benih bervigor tinggi memiliki kandungan ATP maupun total adenosin fosfat yang lebih tinggi dibanding benih yang sudah turun viabilitasnya. ATP diperlukan untuk biosintesis sel-sel baru, berkurangnya ATP ditunjukkan oleh daya berkecambah dan vigor rendah.

Aktivitas spesifik suksinat dehidrogenase benih yang disimpan pada kadar air 8% dan 10% di dalam kantong plastik polietilen mengalami penurunan setelah bulan ke-2 dan bulan ke-4 (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh Kadar Air, Kemasan dan Lama Simpan terhadap Aktivitas Spesifik Suksinat Dehidrogenase (U/mg)

Kadar Air (%)	Lama simpan (bln)	K e m a s a n		
		Plastik P (B ₁)	K. terigu (B ₂)	Al. foil (B ₃)
8 (A ₁)	C ₀ (0)	2,32 b - g	2,04 b - g	3,94 a
	C ₁ (1)	2,04 b - g	1,73 c - g	2,59 a - e
	C ₂ (2)	1,99 b - g	1,63 c - h	2,39 b - f
	C ₃ (3)	1,54 c - h	1,60 c - h	1,84 b - g
	C ₄ (4)	1,37 d - h	1,37 d - h	1,79 c - g
	C ₅ (5)	1,08 e - h	1,13 e - h	1,69 c - h
	C ₆ (6)	0,97 f - h	0,89 f - h	1,60 c - h
10 (A ₂)	C ₀ (0)	3,00 a - c	3,39 a - b	2,79 a - d
	C ₁ (1)	2,14 b - g	2,07 b - g	2,07 b - g
	C ₂ (2)	1,98 b - g	1,56 c - h	1,97 b - g
	C ₃ (3)	1,79 c - g	1,34 d - h	1,64 c - h
	C ₄ (4)	1,72 c - g	1,17 e - h	1,34 d - h
	C ₅ (5)	1,54 c - h	1,01 e - h	1,28 d - h
	C ₆ (6)	0,09 h	0,95 f - h	0,98 e - h
12 (A ₃)	C ₀ (0)	2,36 b - g	2,22 b - g	2,34 b - g
	C ₁ (1)	1,99 b - g	2,03 b - g	1,83 b - g
	C ₂ (2)	1,59 c - h	1,49 c - h	1,62 c - h
	C ₃ (3)	1,55 c - h	1,42 c - h	1,50 c - h
	C ₄ (4)	1,23 d - h	1,05 e - h	1,38 d - h
	C ₅ (5)	1,05 e - h	0,90 f - h	1,29 d - h
	C ₆ (6)	0,97 f - h	0,75 g - h	0,98 e - h

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Benih yang disimpan pada kadar air 8% dan 10% di dalam kantong aluminium foil mengalami penurunan setelah bulan ke-4 dan bulan ke-2, sedangkan benih yang disimpan dengan kadar air yang sama di dalam kantong terigu mengalami penurunan pada bulan ke-2 dan bulan ke-1. Aktivitas spesifik suksinat dehidrogenase benih yang disimpan dengan kadar air 12% di dalam semua kemasan sudah menurun sejak bulan ke-1. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air 12% menyebabkan ketidak teraturan membran karena komponen fosfolipid kurang terikat pada membran Dengan demikian transpor elektron dari FADH ke O₂ sepanjang rantai respirasi menurun sehingga energi menurun yang berakibat pada menurunnya daya kecambah dan vigor. Kranook *et al.* (1976) dan Paul dan Mukherji (1976) *cit.* Bewley dan Black (1982) menyatakan bahwa benih jagung yang sudah mengalami deteriorasi, aktivitas suksinat dehidrogenasenya menurun.

Aktivitas spesifik sitokrom oksidase benih dengan kadar air 12% dan tanpa disimpan tertinggi yaitu 0,8432 U/mg dan berbeda nyata dengan lainnya (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa kadar air 12% merupakan kadar air optimum untuk aktivitas spesifik sitokrom oksidase secara maksimum. Sitokrom oksidase berperan dalam transfer elektron dari NADH ke oksigen, sehingga apabila aktivitasnya menurun akan terjadi kekurangan energi untuk proses metabolisme dan ini ditunjukkan oleh daya berkecambah dan vigor rendah.

Tabel 5. Pengaruh Kadar Air dan Lama Simpan terhadap Aktivitas Spesifik Sitokrom Oksidase (U/mg)

Lama simpan (bln)	K a d a r A i r (%)		
	8% (A ₁)	10% (A ₂)	12%
C ₀ (0)	0,7077 b	0,7082 b	0,8432 a
C ₁ (1)	0,7073 b	0,7074 b	0,7099 b
C ₂ (2)	0,7073 b	0,7073 b	0,7074 b
C ₃ (3)	0,7072 b	0,7072 b	0,7073 b
C ₄ (4)	0,7072 b	0,7071 b	0,7072 b
C ₅ (5)	0,7071 b	0,7071 b	0,7072 b
C ₆ (6)	0,7071 b	0,7071 b	0,7071 b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Menurunnya aktivitas spesifik suksinat dehidrogenase dan sitokrom oksidase menyebabkan laju respirasi menurun, terjadi pada semua perlakuan dan berbeda nyata dengan A₃B₂C₀ (Tabel 6). Dengan demikian energi yang dihasilkan rendah. Rendahnya energi menyebabkan daya kecambah dan vigor rendah. Throneberry dan Smith (1955) menyatakan bahwa terlambatnya perkecambahan berkaitan dengan menurunnya aktivitas mitokondria. Aktivitas spesifik suksinat dehidrogenase dan sitokrom oksidase merupakan indikator aktivitas mitokondria.

Tabel 6. Pengaruh Kadar Air, Kemasan dan Lama Simpan terhadap Laju Respirasi (mgCO₂/kg benih/jam)

Kadar Air (%)	Lama simpan (bln)	K e m a s a n		
		Plastik P (B ₁)	K. terigu (B ₂)	Al. foil (B ₃)
8 (A ₁)	C ₀ (0)	0,7153 b	0,7241 b	0,7170 b
	C ₁ (1)	0,7152 b	0,7146 b	0,7158 b
	C ₂ (2)	0,7148 b	0,7105 b	0,7125 b
	C ₃ (3)	0,7121 b	0,7102 b	0,7113 b
	C ₄ (4)	0,7095 b	0,7087 b	0,7095 b
	C ₅ (5)	0,7090 b	0,7088 b	0,7088 b
	C ₆ (6)	0,7078 b	0,7078 b	0,7174 b
10 (A ₂)	C ₀ (0)	0,7174 b	0,7175 b	0,7181 b
	C ₁ (1)	0,7166 b	0,7159 b	0,7154 b
	C ₂ (2)	0,7131 b	0,7151 b	0,7148 b
	C ₃ (3)	0,7119 b	0,7108 b	0,7126 b
	C ₄ (4)	0,7098 b	0,7098 b	0,7098 b
	C ₅ (5)	0,7082 b	0,7088 b	0,7083 b
	C ₆ (6)	0,7081 b	0,7080 b	0,7081 b
12 (A ₃)	C ₀ (0)	0,7183 b	0,7456 a	0,7185 b
	C ₁ (1)	0,7143 b	0,7191 b	0,7160 b
	C ₂ (2)	0,7140 b	0,7154 b	0,7164 b
	C ₃ (3)	0,7109 b	0,7156 b	0,7113 b
	C ₄ (4)	0,7097 b	0,7108 b	0,7139 b
	C ₅ (5)	0,7083 b	0,7083 b	0,7095 b
	C ₆ (6)	0,7078 b	0,7084 b	0,7084 b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Daya berkecambah benih kedelai yang disimpan pada kadar air awal 8% dan 10% pada semua jenis kemasan belum mengalami penurunan secara nyata, tetapi penurunan secara nyata terjadi pada bulan ke-6 dengan kadar air awal 12% (Tabel 7). Hal ini menunjukkan bahwa kadar air awal 12% kurang tepat digunakan untuk menyimpan kedelai selama 6 bulan. Menurunnya daya berkecambah benih yang disimpan berhubungan dengan tingginya kadar air menyebabkan struktur membran mitokondria tidak teratur sehingga permeabilitas membran meningkat. Peningkatan permeabilitas menyebabkan banyak metabolit antara lain gula, asam amino dan lemak yang bocor keluar sel. Dengan demikian substrat untuk respirasi berkurang sehingga energi yang dihasilkan untuk berkecambah berkurang. Harrington (1983) menyatakan bahwa suhu dan kadar air tinggi merupakan faktor penyebab menurunnya daya berkecambah dan

vigor. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Andrew (1970) bahwa benih kedelai yang berkadar air awal 10,4% atau lebih rendah yang dikemas dengan plastik polietilen dapat mempertahankan viabilitas lebih dari 80% selama 18 bulan. Menurut Chai *et al.*, (2002), perkecambahan benih kedelai akan menurun dari perkecambahan awal yaitu diatas 90% menjadi 0% tergantung spesies dan kadar air selama penyimpanan. Dilain pihak Yaya *et al.*, (2003) menyatakan bahwa benih kedelai yang disimpan dengan kadar air 6% dan 8% selama 4 bulan pada suhu 15⁰C memiliki persentase perkecambahan diatas 70%.

Tabel 7. Pengaruh Kadar Air, Kemasan dan Lama Simpan terhadap Daya Berkecambah (%)

Kadar Air (%)	Lama simpan (bln)	K e m a s a n		
		Plastik P (B ₁)	K. terigu (B ₂)	Al. foil (B ₃)
8 (A ₁)	C ₀ (0)	100,00 a	100,00 a	100,00 a
	C ₁ (1)	98,00 a - f	98,00 a - f	99,25 a - b
	C ₂ (2)	97,75 a - f	97,50 a - g	98,75 a - c
	C ₃ (3)	97,75 a - f	97,50 a - g	97,75 a - f
	C ₄ (4)	97,00 a - g	96,00 b - i	97,00 a - g
	C ₅ (5)	95,50 c - i	95,75 b - i	96,75 a - h
	C ₆ (6)	95,50 c - i	94,50 e - i	96,00 b - i
10 (A ₂)	C ₀ (0)	100,00 a	100,00 a	100,00 a
	C ₁ (1)	98,50 a - d	98,00 a - f	98,50 a - d
	C ₂ (2)	97,75 a - f	96,75 a - h	98,00 a - f
	C ₃ (3)	97,75 a - f	96,00 b - i	96,50 a - h
	C ₄ (4)	97,00 a - g	95,25 c - i	95,75 b - i
	C ₅ (5)	95,50 c - i	95,00 c - i	95,50 c - i
	C ₆ (6)	92,50 i - k	92,50 i - k	95,25 c - i
12 (A ₃)	C ₀ (0)	100,00 a	100,00 a	100,00 a
	C ₁ (1)	95,75 b - i	98,25 a - e	98,00 a - f
	C ₂ (2)	95,50 c - i	97,25 a - g	94,75 e - i
	C ₃ (3)	94,50 e - i	96,50 a - h	93,25 h - j
	C ₄ (4)	94,25 f - i	93,25 h - j	92,75 i - j
	C ₅ (5)	94,00 g - j	92,50 i - k	92,75 i - j
	C ₆ (6)	89,50 k - l	90,75 j - l	87,75 l

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Penurunan daya berkecambah diikuti oleh penurunan vigor (Tabel 8). Benih yang disimpan dengan kadar air awal 8%, 10% dan 12% dalam kantong plastik polietilen mengalami penurunan vigor masing-masing sejak 3 bulan, 4 bulan dan 2 bulan sedangkan vigor benih yang disimpan dalam kantong aluminium foil mengalami penurunan sejak 5 bulan, 3 bulan dan 2 bulan. Penyimpanan benih dengan kadar air awal 8% dan 12% dalam kantong terigu telah mengalami penurunan vigor lebih cepat yaitu pada bulan ke-2 serta 1 bulan untuk benih dengan kadar air awal 10%. Vigor benih terendah adalah pada $A_3B_3C_6$ yaitu sebesar 87,75 dan tidak berbeda nyata dengan $A_3B_1C_6$ dan $A_3B_2C_6$ namun vigor masih diatas 80% (batas kelulusan mutu benih yang umum diterapkan).

Tabel 8. Pengaruh Kadar Air, Kemasan dan Lama Simpan terhadap Vigor

Kadar Air (%)	Lama simpan (bln)	K e m a s a n		
		Plastik P (B ₁)	K. terigu (B ₂)	Al. foil (B ₃)
8 (A ₁)	C ₀ (0)	100,00 a	100,00 a	100,00 a
	C ₁ (1)	97,75 a - c	97,50 a - c	98,75 a - b
	C ₂ (2)	97,50 a - c	96,25 b - f	97,75 a - c
	C ₃ (3)	95,50 b - h	96,00 b - g	97,00 a - d
	C ₄ (4)	95,50 b - h	95,75 b - h	97,00 a - d
	C ₅ (5)	95,38 c - h	95,50 b - h	96,00 b - g
	C ₆ (6)	95,00 c - i	91,50 j - k	95,00 c - i
10 (A ₂)	C ₀ (0)	100,00 a	100,00 a	100,00 a
	C ₁ (1)	97,63 a - c	96,25 b - f	97,75 a - c
	C ₂ (2)	97,50 a - c	95,63 b - h	97,13 a - d
	C ₃ (3)	96,88 a - d	95,00 c - i	96,13 c - f
	C ₄ (4)	96,50 b - e	95,50 b - h	95,75 b - h
	C ₅ (5)	95,50 b - h	95,13 c - i	95,50 b - h
	C ₆ (6)	92,50 h - j	92,50 h - j	95,50 b - h
12 (A ₃)	C ₀ (0)	100,00 a	100,00 a	100,00 a
	C ₁ (1)	95,63 b - h	97,25 a - d	98,00 a - c
	C ₂ (2)	95,25 c - h	96,38 d - j	94,00 d - j
	C ₃ (3)	93,25 e - j	93,25 e - j	92,75 g - j
	C ₄ (4)	93,13 f - j	95,75 b - h	92,75 g - j
	C ₅ (5)	93,25 e - j	92,00 i - j	92,75 g - j
	C ₆ (6)	89,13 k - l	89,00 k - l	87,75 l

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

KESIMPULAN

1. Benih kedelai yang mengalami kemunduran dapat dicerminkan oleh menurunnya kadar fosfolipid, protein membran, fosfor anorganik mitokondria, aktivitas spesifik suksinat dehidrogenase dan sitokrom oksidase serta laju respirasi
2. Benih kedelai yang disimpan dengan kadar air 8% dan 10% di dalam kantong plastik polietilen dan kantong aluminium foil dapat mempertahankan mutu yang tetap tinggi selama penyimpanan 6 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bewley, J.D., and M. Black. 1985. *Physiology and Biochemistry of Seed in Relation to Germination*. Vol. II. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. 37 p.
- Chai J., R. Ma., L. Li., and Y. Du. 2001. *Optimum Moisture Contents of Seed Agricultural Physics, Physiological and Biochemical*. Institut Hebeiy Academy of Agricultural and Forestry Sciences. Shijiazhuang. China.
- Ching, T.M., S.H. Mary, C. Boulger., and W.E. Konstrad. 1977. Correlation of Field Emergeny Rate and Vigor Criteria in Barley ultivars, *Crop sci.*17, 312-314
- Harrington, J.F. 1972. *Seed Storage and Longevity*, Seed Biology, Vol. III, In Ed Kozlowsky, T.T., Academic Press New York.
- Reed, D, 1997. Mitochondrial Damage. *Newsletter Article Spring/Summer*. 1p.
- Sadjad, S. 1980. *Panduan Mutu Benih Tanaman Kehutanan di Indonesia* IPB. Bogor. 205 p.
- Sun, W.Q and A.C. Leopold. 1994. Glassy State and Seed Storage Stability: A Viability Equation Analysis. *Annals of Botany*, 74:601-604.
- Throneberry, G.O., and F.G. Smith. 1955. Relation of Respirations and Enzymic Activity to Corn Seed Viability. *Plant Physiol.* 30:337 – 343.
- Yaya, Y., Vearasilp, S., Phosupongi, S. E Tpoweezik. 2003. *Prediction of Soybean Seed Viability and Quality In Relation To Seed Moisture Contents and Storage Temperature*. Chiangmay University, Department of Agronomy. Thailand.