

PENGARUH KONDISI SIMPAN TERHADAP VIABILITAS DAN VIGOR BENIH *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. PADA BEBERAPA PERIODE SIMPAN

Halimursyadah¹

¹Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala
Jln. Tgk. H. Hassan Krueng Kalee, Kopelma Darussalam Banda Aceh

ABSTRACT

THE EFFECT OF CONDITION AT VARIOUS STORAGE PERIODS ON SEED VIABILITY AND VIGOR OF *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. The objective of the research was to determine the optimum storage condition (temperature and relative humidity) during 10 weeks with interval 2 weeks to maintain the seed viability and vigor. The variables were seed moisture content, germination percentage, speed of germination, index of vigor, time to reach 50% germination, and electrolyte leachates. The research used split plot experimental design, with storage condition (AC and room temperature) as the main plot and storage period (0, 2, 4, 6, 8, and 10 weeks) as the subplot. The results showed seed stored at 90% relative humidity (using saturated KCl) and 19-20°C temperature for 2 weeks storage periods significantly decrease in germination percentage (66.67%), speed of germination (64.56%), index of vigor (40.00%) and increased in time to reach 50% germination (12.25 days) compared to the control, with germination percentage (94.67%), speed of germination (91.97%), index of vigor (49.33%), and time to reach 50% germination (11.25 days). Seed stored at 90% relative humidity (using saturated KCl) and 27-28°C temperature for 2 weeks storage periods showed significant decrease in germination percentage (36.00%), speed of germination (33.21%), index of vigor (21.33%), and increase in time to reach 50% germination (13.41 days) and electrolyte leachates (42.99 $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$) as compared to untreated with 89.33% germination, 87.98% speed of germination, 49.33% index vigor, time to reach 50% germination (11.75 days), and electrolyte leachates (36.16 $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$). Storage condition using saturated NaCl at 19-20°C (AC) or 27-28°C (ambient) with 80% RH and 75% RH, respectively, showed decrease in germination compared to using saturated KCl at the same storage temperature. At 4 and 6 weeks storage periods at AC or ambient temperature showed declining in viability and vigor. Total loss of viability and vigor occurred at 8 and 10 weeks storage. The seeds can be stored at 90% RH (using saturated KCl) and low temperature (AC) for up to 2 weeks; after that period, viability and vigor declined.

Key words: storage condition, storage period, seed viability, and vigor

PENDAHULUAN

Rehabilitasi hutan mangrove dalam skala luas memerlukan benih dalam jumlah besar dengan kualitas baik, sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu dilakukan pengiriman benih dari satu daerah ke daerah lainnya. Lama waktu yang dibutuhkan dalam suatu pengiriman merupakan bentuk penyimpanan temporer atau periode konservasi sebelum tanam (Sadjad 1994). Penanganan benih yang tepat dapat mempertahankan mutu benih atau menekan laju kemunduran benih seminimal mungkin.

Avicennia marina tergolong benih sangat rekalsitran yang mempunyai masa simpan yang singkat yaitu 2-3 minggu. Hal ini disebabkan kepekaan benih terhadap kehilangan air sangat tinggi (Farrant et al., 1996). Penurunan kadar air benih rekalsitran berkorelasi dengan tingkat viabilitas benih. Pengeringan embrio menurunkan daya berkecambah benih *Araucaria angustifolia* (Espindola et al., 1994), juga penyimpanan terbuka menurunkan kadar air benih

yang mengakibatkan penurunan daya berkecambah benih *Shorea robusta* (Nautiyal dan Purohit, 1985); *Quercus nigra* (Bonner, 1996); *Theobroma cacao* (Liang dan Sun, 2000); *Artocarpus heterophyllus* (James et al., 2001); *Inga vera* sub spesies affinis (Farin et al., 2004); dan *Quercus rubra* (Goodman et al., 2005).

Faktor lain yang mempengaruhi pendeknya daya simpan benih rekalsitran adalah deraan akibat penurunan kadar air (desiccation injury), deraan akibat penyimpanan pada suhu rendah dan beku (chilling and freezing injury), kontaminasi mikroba, dan perkecambahan selama penyimpanan (Adimargono, 1997); serta kemungkinan lainnya adalah sitologi, genetik, dan perubahan metabolisme dan kerusakan makro molekul (Chin, 1998). Faktor tersebut dapat menyebabkan menurunnya viabilitas benih.

Benih rekalsitran mengalami pengurangan kadar air selama perkembangan dan pemasakan benih, tetapi tidak serendah benih ortodok. Hal ini sesuai dengan habitat asli benih rekalsitran yaitu daerah tropika basah yang mempunyai suhu hangat dan

kelembaban tinggi sepanjang tahun. Pammenter dan Berjak (2000) menyatakan bahwa daya simpan terkait dengan habitat aslinya. Secara umum disebutkan bahwa semakin hangat dan lembab habitat asli suatu tanaman, semakin rendah daya simpan benihnya dan sebaliknya pada tanaman yang hidup di daerah iklim sedang. Kadar air tinggi pada saat benih masak dan habitat asli tanaman daerah tropika dan lembab merupakan alasan mengapa daya simpan benih rekalsitran sangat singkat.

Chin et al. (1989) juga mengemukakan bahwa hasil penelitian menunjukkan benih rekalsitran hanya dapat disimpan pada periode yang pendek selama beberapa bulan hingga setahun. Namun upaya peningkatan terhadap teknik simpan benih rekalsitran yang singkat perlu memperhatikan berbagai faktor berkaitan dengan derajat kepekaan terhadap desikasi, koleksi, transportasi, dan distribusi benih di lapang.

Benih rekalsitran yang disimpan pada kondisi relatif lembab juga memiliki daya simpan relatif singkat. Benih rekalsitran tetap aktif bermetabolisme dan poros embrionya menunjukkan perubahan ultrastuktural dalam periode singkat seperti yang terjadi pada proses perkecambahan. Dalam proses tersebut terjadi perombakan cadangan makanan, peningkatan sintesis protein, peningkatan aktivitas mitokondria dan retikulum endoplasma, pembelahan sel, terjadi perubahan pada vakuola, dan peningkatan ukuran sel. Secara struktural kadar air tinggi diperlukan untuk mempertahankan struktur sel benih rekalsitran. Pada benih ortodoks, penurunan kadar air tidak mempengaruhi viabilitasnya, bahkan dapat meningkatkan daya simpannya dan ketika imbibisi pada saat perkecambahan tidak merusak struktur protein (Bewley dan Black, 1986). Hal ini berbeda dengan benih rekalsitran yang mengalami kerusakan seluler ketika dikeringkan (Farant et al., 1988).

Kadar air benih selama periode konservasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya. Kadar air benih rekalsitran menurun dalam kondisi ruang berkelembaban rendah, sehingga viabilitas benih menurun sejalan dengan penurunan kadar air. Benih rekalsitran membutuhkan ruang berkelembaban tinggi (RH 70 – 90%) untuk mempertahankan kadar airnya (Budiarti, 1999). Manipulasi kelembaban menggunakan larutan garam jenuh seperti kalium klorida, kalium nitrat, ammonium monofosfat, ammonium sulfat, dan barium klorida dapat digunakan untuk mendapatkan media simpan dengan kelembaban tinggi pada suhu tertentu (Copeland dan McDonald, 1995). Tujuan penelitian ini adalah menentukan kondisi simpan dan periode simpan yang tepat dalam mempertahankan viabilitas dan vigor benih *A. marina*. Diharapkan viabilitas benih *A. marina* tetap tinggi meskipun telah melalui masa pengiriman atau penyimpanan untuk menunggu masa tanam.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala pada Januari sampai Juli 2007. Benih *A. marina* berasal dari tegakan yang tumbuh di Kawasan Perairan Pantai Aceh Timur. Buah dipilih yang berwarna hijau kekuningan (menandakan telah tercapai masak fisiologis) dengan bobot rata-rata per buah (tanpa tangkai buah) 1,8 – 3,0 g.

Benih terpilih diukur kadar air awalnya (sebelum perlakuan), lalu diturunkan kadar airnya dengan metode pengeringan cepat selama satu hari atau 24 jam (sesuai dengan perlakuan pada percobaan 1) hingga kadar air di awal penyimpanan rata-rata berkisar 56,17% dengan daya berkecambah 94,67%.

Benih disimpan pada dua ruang berbeda dengan suhu 19-20°C dan 27-28°C. Wadah simpan yang digunakan adalah toples plastik tertutup berisi larutan garam jenuh NaCl dan KCl, masing-masing 100 gram, untuk mendapatkan kelembaban simpan yang diinginkan. Kelembaban media simpan larutan garam jenuh NaCl pada suhu 19-20°C dan 27-28°C adalah 80% (AC) dan 75% (simpan kamar), sedangkan kelembaban media simpan larutan garam jenuh KCl pada suhu 19-20°C dan 27-28°C adalah 90% (AC) dan 83% (simpan kamar). Benih sebanyak 100 butir dimasukkan dalam kantong plastik strimin dan diletakkan di atas rak kawat di dalam toples plastik (benih tidak bersentuhan dengan larutan garam jenuh dengan jarak 15 cm).

Benih yang telah diberi perlakuan disimpan selama periode 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 minggu. Selama periode simpan juga dilakukan pengamatan terhadap suhu dan kelembaban ruang simpan menggunakan thermometer dan hygrometer.

Uji Viabilitas dan Vigor

Media uji viabilitas menggunakan substrat pasir kuarsa yang telah disterilisasi menggunakan oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Benih yang telah diberi perlakuan ditanam sebanyak 25 butir untuk tiap satuan percobaan dalam kotak perkecambahan menggunakan media pasir kuarsa dan diamati setiap hari. Parameter pengamatan adalah daya berkecambah, kecepatan tumbuh relatif, indeks vigor, dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai total perkecambahan 50% (T_{50}). Berdasarkan hasil percobaan sebelumnya pengamatan terhadap daya berkecambah dihitung dari total persentase kecambah normal saat hitungan pertama yaitu hari ke-13 dan hitungan kedua yaitu hari ke-22 dari seluruh benih yang ditanam (Halimursyadah, 2007). Kriteria kecambah normal adalah kecambah yang memiliki kelengkapan struktur-struktur penting yaitu hipokotil, epikotil, kotiledon, plumula dan radikula. Pengamatan terhadap kecepatan tumbuh relatif berdasarkan pada persentase benih berkecambah normal setiap hari hingga akhir

pengamatan. Pengamatan terhadap T_{50} berdasarkan waktu yang diutuhkan untuk mencapai 50% total perkecambahan, sedangkan indeks vigor ditentukan berdasarkan persentase benih berkecambah normal pada hitungan pertama (first count germination).

Pengukuran Daya Hantar Listrik

Benih sebanyak 5 butir ditimbang bobotnya, lalu direndam dalam 100 ml aqua bidestilata steril pro injectionem selama 24 jam. Air rendaman diukur konduktifitas listriknya dengan elektroda conductivity meter Denver Instrument Model 30. Selanjutnya diukur juga nilai konduktifitas dari aquabidestilata yang digunakan sebagai blanko. Nilai DHL yang diperoleh adalah nilai DHL air rendaman dikurangi nilai blanko dibagi bobot benih.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan yang dilakukan pada dua kondisi simpan yaitu suhu 19-20°C (AC) dan suhu 27-28°C (kamar). Masing-masing kondisi simpan menggunakan rancangan petak terbagi (split plot design) dalam pola RAL yang dilanjutkan dengan uji beda antarperlakuan dengan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata $\alpha = 5\%$. Petak utama untuk kondisi simpan AC terdiri atas dua taraf yaitu kelembaban relatif menggunakan larutan garam jenuh NaCl (a1) dan kelembaban relatif menggunakan larutan garam jenuh KCl (a2). Anak petaknya adalah periode simpan terdiri atas 6 taraf yaitu 0 minggu (p0), 2 minggu (p1), 4 minggu (p2), 6 minggu (p3), 8 minggu (p4), dan 10 minggu (p5). Setiap perlakuan diulang 3 kali sehingga secara keseluruhan terdapat 36 satuan percobaan.

Petak utama untuk kondisi simpan kamar adalah kelembaban relatif menggunakan larutan garam jenuh NaCl (k1) dan kelembaban relatif menggunakan larutan garam jenuh KCl (k2). Anak petaknya adalah periode simpan terdiri atas 6 taraf yaitu 0 minggu (p0), 2 minggu (p1), 4 minggu (p2), 6 minggu (p3), 8 minggu (p4), dan 10 minggu (p5). Setiap perlakuan diulang 3 kali sehingga secara keseluruhan terdapat 36 satuan percobaan.

Percobaan ini dilakukan di Ruang Basah Laboratorium Ilmu dan Teknologi Benih, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Benih sebanyak 25 butir benih ditanam pada boks perkecambahan dengan substrat pasir kuarsa steril. Pengecambahan benih dilakukan pada tiap periode simpan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Simpan AC

Rekapitulasi sidik ragam menunjukkan ada interaksi antara kelembaban relatif dan periode simpan terhadap kadar air, daya berkecambah, kecepatan

tumbuh relatif, indeks vigor dan berpengaruh nyata terhadap T_{50} , sedangkan daya hantar listrik menunjukkan interaksi tidak nyata. Faktor tunggal kelembaban relatif tidak berpengaruh terhadap daya hantar listrik. Sedangkan faktor tunggal periode simpan berpengaruh sangat nyata terhadap daya hantar listrik (Tabel 1).

Tabel 1. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh kelembaban relatif dan periode simpan pada kondisi simpan suhu AC terhadap kadar air, daya hantar listrik, viabilitas dan vigor benih *A. marina*

Tolok ukur	Perlakuan dan Interaksinya		
	A	P	A.P
Kadar air (KA)	**	**	**
Daya hantar listrik (DHL)	tn	**	tn
Daya berkecambah (DB)	**	**	**
Kecepatan tumbuh relatif (K_{CT-R})	**	**	**
Indeks vigor (IV)	**	**	**
T_{50}	*	**	*

Keterangan: A (kelembaban relatif), P (periode simpan). ** (berpengaruh sangat nyata pada taraf $\alpha=1\%$), tn (berpengaruh tidak nyata).

Hasil uji lanjut DMRT dari pengaruh interaksi kelembaban relatif dan periode simpan pada kondisi simpan suhu AC terhadap tolak ukur kadar air, viabilitas, dan vigor disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar air benih tertinggi setelah periode simpan 2 minggu terdapat pada RH KCl (90%) dan RH NaCl (80%) pada periode simpan yang sama. Kadar air benih terendah terjadi pada perlakuan periode simpan 10 minggu dengan RH NaCl (80%) maupun RH KCl (90%). Kadar air RH 90% juga lebih tinggi daripada RH 80%. Hal ini menunjukkan kondisi penyimpanan mempengaruhi kadar air benih selama periode simpan. Suhu yang lebih rendah dan kelembaban yang lebih tinggi dapat mempertahankan kadar air benih selama penyimpanan. Justice dan Bass (1990) menyatakan bahwa benih bersifat higroskopis, artinya kadar air benih akan selalu mengadakan keseimbangan dengan udara disekitarnya, dan keseimbangan akan tercapai bila tidak ada lagi uap air yang bergerak dari udara ke dalam benih atau sebaliknya.

Viabilitas dan vigor tertinggi setelah benih disimpan terdapat pada periode simpan 2 minggu dengan tolak ukur daya berkecambah (66,67%), kecepatan tumbuh relatif (64,56%), indeks vigor (40,00%) dan T_{50} (12,25 hari) pada kelembaban relatif menggunakan larutan garam jenuh KCl (RH 90%) dibanding

Tabel 2. Pengaruh interaksi kelembaban relatif dan periode simpan pada kondisi simpan suhu AC terhadap kadar air, daya hantar listrik, viabilitas dan vigor

Periode simpan (minggu)	Kelembaban relatif	
	RH 80% (NaCl)	RH 90% (KCl)
Kadar air (%)		
0 minggu (kontrol)	57,16 (7,59) a	57,59 (7,62) a
2 minggu	47,66 (6,94) b	55,36 (7,47) a
4 minggu	43,86 (6,66) cd	45,01(6,75) bc
6 minggu	41,22 (6,46) de	40,45(6,40) e
8 minggu	33,84 (5,86) f	38,14(6,22) e
10 minggu	29,63(5,49) g	34,20(5,89)f
Daya berkecambah (%)		
0 minggu (kontrol)	93,33 (9,69) a	94,67 (9,76) a
2 minggu	46,67(6,87) c	66,67 (8,20) b
4 minggu	22,67 (4,81) e	32,00 (5,70) d
6 minggu	6,67(2,68) g	14,67(3,89) f
8 minggu	0,00(0,71) h	0,00 (0,71) h
10 minggu	0,00(0,71) h	0,00(0,71) h
Kecepatan tumbuh relatif (%)		
0 minggu (kontrol)	93,82 (9,71) a	91,97(9,62) a
2 minggu	47,24 (6,91) c	64,56 (8,07) b
4 minggu	22,79 (4,83) e	33,02 (5,79) d
6 minggu	6,88(2,72) g	14,64 (3,89) f
8 minggu	0,00 (0,71) h	0,00 (0,71) h
10 minggu	0,00 (0,71) h	0,00 (0,71) h
Indeks vigor (%)		
0 minggu (kontrol)	50,66 (7,15) a	49,33(7,06) a
2 minggu	29,33 (5,46) c	40,00 (6,36) b
4 minggu	12,00 (3,54) e	18,66 (4,38) d
6 minggu	4,00 (2,12) f	9,33(3,14) e
8 minggu	0,00 (0,71) g	0,00(0,71) g
10 minggu	0,00 (0,71) g	0,00(0,71) g
T₅₀ (hari)		
0 minggu (kontrol)	11,33(3,44) e	11,25(3,43) e
2 minggu	13,33(3,72) c	12,25(3,57) d
4 minggu	13,91(3,80) b	14,16 (3,83) b
6 minggu	14,83(3,92) a	14,58 (3,88) a
8 minggu	0,00 (0,71) f	0,00 (0,71) f
10 minggu	0,00 (0,71) f	0,00 (0,71) f

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Data dalam kurung () adalah data yang sudah ditransformasi $\sqrt{x+1/2}$

ingkan dengan perlakuan kelembaban relatif menggunakan NaCl (RH 80%) pada kondisi ruang AC suhu 19 – 20°C. Semua tolok ukur viabilitas dan vigor pada periode simpan 2, 4, dan 6 minggu pada RH 90% lebih besar daripada RH 80%. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi simpan lembab untuk periode simpan 2 minggu cenderung sesuai dengan sifat rekalsitransi benih *A. marina* yang menghendaki penyimpanan terhidrasi dalam mempertahankan kadar air benih. Periode sim-

pan 2 minggu viabilitas dan vigor benih mengalami penurunan yang nyata (Tabel 2). Pada periode simpan 8 dan 10 minggu di kondisi simpan suhu 19-20°C menggunakan RH KCl (90%) atau RH NaCl (80%) menghasilkan viabilitas dan vigor nol persen (mati).

Tabel 3. Pengaruh faktor tunggal periode simpan terhadap daya hantar listrik pada kondisi simpan AC

Periode simpan	DHL ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)
0 minggu	28,93 e
2 minggu	35,15 e
4 minggu	79,58 d
6 minggu	274,31 c
8 minggu	343,70 b
10 minggu	433,26 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%.

Pada tolok ukur DHL hanya dipengaruhi oleh faktor tunggal periode simpan dan tidak dipengaruhi oleh kelembaban relatif. Nilai DHL pada periode simpan 2 minggu hasilnya tidak berbeda dibandingkan dengan perlakuan benih sebelum disimpan (Tabel 3). Hal ini diduga dipengaruhi oleh kadar air benih yang masih tinggi sehingga kerusakan integritas membran belum terjadi. Nilai DHL meningkat nyata mulai periode simpan 4 minggu ($79,58 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$) dan nilai tertinggi dicapai pada periode simpan 10 minggu ($433,26 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$).

Kondisi Simpan Kamar

Rekapitulasi sidik ragam menunjukkan interaksi nyata antara kelembaban relatif dan periode simpan hanya terdapat pada tolok ukur daya berkecambah; sedangkan pada tolok ukur kadar air, daya hantar listrik, kecepatan tumbuh relatif, indeks vigor, dan T_{50} menunjukkan interaksi tidak nyata. Faktor tunggal kelembaban relatif berpengaruh sangat nyata terhadap tolok ukur daya berkecambah, indeks vigor, dan kecepatan tumbuh relatif serta berpengaruh tidak nyata terhadap tolok ukur kadar air, daya hantar listrik, dan T_{50} . Sementara itu faktor tunggal periode simpan berpengaruh sangat nyata terhadap semua tolok ukur yang diamati (Tabel 4).

Tabel 4. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh kelembaban relatif dan periode simpan pada kondisi simpan suhu kamar terhadap kadar air, daya hantar listrik, viabilitas dan vigor benih *A. marina*

Tolok ukur	Perlakuan dan Interaksinya		
	K	P	K.P
Kadar air (KA)	tn	**	tn
Daya hantar listrik (DHL)	tn	**	tn
Daya berkecambah (DB)	**	**	*
Kecepatan tumbuh relatif (K_{CT-R})	*	**	tn
Indeks vigor (IV)	**	**	tn
T_{50}	tn	**	tn

Keterangan : K = kelembaban relatif, S = periode simpan, ** = berpengaruh sangat nyata pada taraf $\alpha=1\%$, * = berpengaruh nyata pada taraf $\alpha=5\%$, dan tn = berpengaruh tidak nyata.

Hasil uji lanjut DMRT dari pengaruh interaksi kelembaban relatif dan periode simpan pada kondisi simpan suhu kamar ($27-28^{\circ}\text{C}$) terhadap tolok ukur daya berkecambah disajikan pada Tabel 5. Periode simpan setelah 2 minggu terjadi penurunan daya berkecambah yang sangat tajam menjadi 26,67% pada RH NaCl (75%) dan 36,00% pada RH KCl (83%). Hal ini menunjukkan kelembaban relatif mempengaruhi daya berkecambah benih selama periode simpan. Pada kondisi simpan yang lebih lembab (RH KCl 83%) daya berkecambah lebih tinggi dibandingkan kondisi simpan dengan kelembaban lebih rendah (RH NaCl 75%) pada periode simpan 2 minggu. Pada kondisi suhu kamar terjadi penurunan viabilitas hingga kurang dari 50% yang mengakibatkan mutu benih menjadi sangat rendah. Pada periode simpan 4 minggu daya berkecambah turun menjadi 9,33% pada RH NaCl (75%) dan 14,67% pada RH KCl (83%). Daya berkecambah pada RH 83% lebih besar daripada RH 75% pada periode simpan 2 dan 4 minggu. Periode simpan setelah 6 minggu daya berkecambah menjadi sangat rendah yaitu 2,67% pada RH 75% dan 4,00% pada RH 83%. Sedangkan pada periode simpan 8 dan 10 minggu daya berkecambah hilang secara total yang ditandai dengan kematian benih (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh interaksi kelembaban relatif dan periode simpan pada kondisi simpan suhu kamar terhadap daya berkecambah

Periode simpan (minggu)	Kelembaban relatif	
	RH 75% (NaCl)	RH 83% (KCl)
	Daya berkecambah (%)	
0 minggu (kontrol)	89,33(9,48) a	89,33(9,48) a
2 minggu	26,67(1,78) c	36,00(6,04) b
4 minggu	9,33(3,14) e	14,67(3,89) d
6 minggu	2,67(1,78) f	4,00(2,12) f
8 minggu	0,00 (0,71) f	0,00(0,71) f
10 minggu	0,00 (0,71) f	0,00(0,71) f

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Data dalam kurung () adalah data yang sudah ditransformasi $\sqrt{x+1/2}$

Tabel 6. Pengaruh faktor tunggal periode simpan terhadap kadar air, daya hantar listrik, kecepatan tumbuh relatif, indeks vigor dan T_{50} pada kondisi suhu kamar

Periode simpan	KA (%)	DHL ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	K_{CT} relatif (%)	IV (%)	T_{50} (hari)
0 minggu	56,73 a (7,57)	33,66 e	88,71 a (9,45)	48,67 a (7,01)	11,67 d (3,49)
2 minggu	42,65 b (6,57)	39,09 e	30,53 b (5,57)	18,67 b (4,38)	13,25 c (3,71)
4 minggu	42,49 b (6,56)	125,60 d	12,93 c (3,66)	8,67 c (3,03)	14,25 b (3,84)
6 minggu	43,24 b (6,61)	276,52 c	3,94 c (2,11)	3,33 d (1,96)	15,04 a (3,94)
8 minggu	33,29 c (5,81)	330,32 b	0,00 e (0,71)	0,00 e (0,71)	0,00 e (0,71)
10 minggu	29,05 d (5,44)	447,87 a	0,00 e (0,71)	0,00 e (0,71)	0,00 e (0,71)

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Data dalam kurung () adalah data yang sudah ditransformasi $\sqrt{x+1/2}$

Kadar air, DHL, K_{CT} , IV, dan T_{50} dipengaruhi oleh faktor tunggal periode simpan. Nilai tolok ukur sebelum periode simpan menunjukkan nilai kadar air 56,73 %, DHL 33,66 $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$, kecepatan tumbuh relatif 88,71%, indeks vigor 48,67% dan T_{50} 11,67 hari (Tabel 6). Periode simpan setelah 2 minggu terjadi penurunan kadar air menjadi 42,65%, kecepatan tumbuh relatif 30,53%, indeks vigor 18,67%, sedangkan peningkatan nilai DHL 39,09 $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ dan T_{50} 13,25 hari.

Kadar air benih setelah periode simpan 6 minggu mengalami penurunan menjadi 33,29% dan terendah pada periode simpan 10 minggu dengan kadar air 29,05%. Pada periode simpan 4 dan 6 minggu diikuti dengan meningkatnya nilai DHL benih meningkat menjadi 125,60 dan 276,52 $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ dan nilai T_{50} menjadi 14,25 dan 15,04 hari. Sedangkan periode

simpan 10 minggu menunjukkan nilai DHL tertinggi (447,87 $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$), sedangkan K_{CT} , IV, T_{50} terendah pada periode simpan minggu 8 dan 10 minggu.

Tabel 7. Pengaruh faktor tunggal kelembaban relatif terhadap kecepatan tumbuh relatif dan indeks vigor pada kondisi suhu kamar

Kelembaban relatif	K_{CT} relatif (%)	IV (%)
NaCl (RH 75%)	21,92 b (4,73)	12,22 b (3,57)
KCl (RH 83%)	23,45 a (4,89)	14,22 a (3,84)

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Data dalam kurung () adalah data yang sudah ditransformasi $\sqrt{x+1/2}$

Kecepatan tumbuh relatif dan indeks vigor dipengaruhi oleh faktor tunggal kelembaban relatif. Tabel 7 menunjukkan nilai kecepatan tumbuh relatif menggunakan NaCl (RH 75%) lebih rendah yaitu 21,92% dibandingkan dengan menggunakan KCl (RH 83%). Hal yang sama juga ditunjukkan pada tolak ukur indeks vigor dengan nilai 12,22% (RH 75%) lebih rendah daripada 14,22% (RH 83%).

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa air adalah faktor penting dalam mempertahankan viabilitas dan vigor benih rekalsitran *A. marina* selama penyimpanan. Air berperan dalam menjaga stabilitas membran dan makromolekul. Penurunan kadar air selama proses penyimpanan menyebabkan gangguan metabolisme, terjadinya kemunduran benih dan akhirnya benih mengalami kematian. Faktor lain yang mempengaruhi singkatnya periode hidup benih sangat rekalsitran *A. marina* adalah kandungan air yang tinggi saat panen dan tidak mengalami pengeringan sewaktu berada pada tanaman induknya. Keadaan ini akan menyebabkan benih segera memulai aktivitas perkecambahannya dan benih tidak dapat disimpan kembali.

Manipulasi terhadap kelembaban media simpan dapat dilakukan menggunakan beberapa larutan garam jenuh seperti NaCl dan KCl. Larutan garam jenuh berfungsi untuk menciptakan kelembaban relatif dan mempertahankan keadaan menjadi cukup lembab sehingga diharapkan periode simpan dapat lebih diperpanjang. Hasil penelitian diperoleh bahwa pada suhu 19-20°C menggunakan larutan garam jenuh KCl dapat menciptakan kelembaban relatif lebih tinggi (90%) dibandingkan menggunakan NaCl pada suhu yang sama kelembaban relatif yang dihasilkan lebih rendah (80%). Pada penyimpanan suhu 27 - 28°C menggunakan larutan garam jenuh KCl dan NaCl kelembaban relatif yang dihasilkan masing-masing 83 dan 75%. Kondisi dengan kelembaban relatif tinggi sesuai dengan kondisi simpan yang dikehendaki oleh benih rekalsitran dalam mempertahankan viabilitas dan vigor. Kelembaban relatif yang lebih tinggi (RH 90%) pada kondisi AC masih dapat mempertahankan KA, DHL, DB, K_{CT} , IV dan T_{50} pada periode simpan 2 minggu, sedangkan pada kondisi suhu kamar hanya daya berkecambah yang masih dapat dipertahankan cukup baik dengan RH 83% pada periode simpan 2 minggu. Kondisi ruang simpan AC dengan kelembaban relatif yang lebih tinggi (90%) cenderung lebih baik daripada kondisi simpan suhu kamar dengan RH 83% pada periode simpan 2 minggu. Daya berkecambah mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya periode simpan baik pada kondisi simpan AC dan kamar. Pada periode simpan 8 dan 10 minggu benih secara total kehilangan viabilitasnya. Hal ini disebabkan pada benih rekalsitran *A. marina*

telah terjadi kemunduran kronologik seiring dengan berjalannya waktu, walaupun RH yang relatif tinggi (RH 90% dan RH 83%). Pada benih rekalsitran tidak ada mekanisme 'penghentian metabolisme' saat lepas dari tanaman induknya seperti benih ortodoks sehingga metabolisme tetap aktif hingga akhirnya benih kehilangan viabilitasnya.

Rendahnya daya simpan benih bukan semata-mata dipengaruhi oleh kadar air di awal simpan. Pada penelitian ini kadar air di awal simpan tinggi dan viabilitas dan vigor benih juga tinggi. Namun kadar air di awal simpan perlu diperhatikan karena semakin rendah kadar air maka daya simpannya juga semakin rendah. Kelembaban tinggi media simpan juga tidak dapat mempertahankan kadar air benih sehingga viabilitasnya menurun. Pammenter et al. (1994) menyatakan bahwa penyimpanan benih rekalsitran pada keadaan lembab guna mencegah kehilangan air juga dapat mengakibatkan viabilitas benih hilang. Benih rekalsitran pada kondisi terhidrasi secara metabolik aktif dan akan memulai aktivitas perkecambahannya di penyimpanan. Vertucci (1985) dalam Pammenter dan Berjak (2000) membagi kadar air berdasarkan tingkat hidrasi menjadi 5 golongan. *Avicennia marina* memiliki kadar air awal rata-rata 60-70%, dan dikelompokkan kedalam golongan IV (0,45 – 0,70 g/g) dengan status air concentrated solution dan aktivitas metabolitnya adalah terjadinya sintesis protein dan asam nukleat. Pada level hidrasi IV sintesa protein dan asam nukleat, diikuti respirasi, namun pada level ini kebutuhan air tidak mencukupi untuk pertumbuhan sel dan perkecambahan. Pada kadar air tinggi (> 0,70 g/g) dikelompokkan dalam golongan V dengan status air dilute solution dan metabolisme secara normal terjadi, diikuti dengan pembagian sel dan perkecambahan benih. Perubahan yang terjadi adalah peluasan vakuola dan peningkatan ukuran sel yang berimplikasi dengan penambahan kebutuhan air dari kadar air saat lepas dari pohon induknya. Pada awal periode simpan, benih dipapar pada kadar air yang ringan, tetapi semakin lama periode simpan terjadi peningkatan kadar air, kondisi seperti ini yang menyebabkan terjadinya stres air. Proses kerusakan yang berhubungan dengan stres air didasarkan pada lamanya benih terpapar pada kondisi tersebut dan menyebabkan kematian jaringan benih (Pammenter et al., 1994).

Kerusakan yang terjadi pada periode simpan yang lama tidak berhubungan dengan ketidakmampuan membentuk glasses atau mencegah perubahan membran lipid. Mekanisme ini berbeda pada kadar air yang rendah pada benih ortodoks. Proses kematian pada jaringan yang mengalami stres air adalah pematangan koordinasi metabolisme sehingga menimbulkan kerusakan akibat radikal bebas dan tidak berfungsinya mekanisme proteksi oleh senyawa antioksidan (Pammenter dan Berjak, 1999).

Pada kondisi terhidrasi, viabilitas benih cenderung mengalami penurunan dengan meningkatnya periode simpan meskipun faktor kontaminasi mikroba telah dikontrol. Pada penelitian ini sebelum benih disimpan diberi fungisida Dithane 45 untuk mencegah timbulnya cendawan di penyimpanan. Dari hasil pengamatan, benih umumnya terinfeksi cendawan *Monilia* karena wadah simpan tertutup rapat. Hilangnya viabilitas benih tidak hanya berhubungan dengan proses degeneratif tetapi juga dipengaruhi oleh proses nondegeneratif selama periode simpan. Benih *A. marina* yang berasal dari daerah tropis secara aktif bermetabolisme saat rontok dan pada poros embrio menunjukkan perubahan ultrastruktural pada penyimpanan jangka pendek yang sama dengan proses terjadinya perkecambahan. Kejadian pada poros embrio adalah konsumsi cadangan makanan, meningkatnya sintesis protein, perkembangan mitokondria, meningkatnya jumlah retikulum endoplasmik, pembelahan sel, perluasan vakuola atau perubahan kandungan vakuola, dan meningkatnya ukuran sel (Farrant et al., 1996). Selama penyimpanan, konsumsi cadangan makanan tidak menyebabkan viabilitas benih hilang. Benih rekalsitran umumnya mempunyai cadangan makanan yang besar seperti *A. marina*, namun cadangan makanan masih tersedia tetapi benih telah kehilangan viabilitasnya. Hal ini menunjukkan benih rekalsitran sangat peka terhadap kehilangan air yang berhubungan dengan membran. Semakin luas membran semestinya semakin banyak jumlah air yang dapat ditarik karena benih bersifat higroskopis, artinya benih akan selalu mengadakan keseimbangan dengan kelembaban ruang simpan untuk mencapai kadar air tertentu. Namun peningkatan interaksi antara air dan membran benih pada kondisi lembab justru menyebabkan viabilitas benih hilang (Pammenter et al., 1994). Hal ini ditandai dengan terjadinya penurunan nilai K_{CT} dan IV, yang diikuti pula dengan peningkatan nilai T_{50} , yang berarti telah terjadi pengurangan vigor benih.

Perluasan vakuola dan peningkatan ukuran sel membutuhkan penambahan air. Pada kondisi simpan lembab tidak ada penambahan air, tetapi seakan-akan benih mengalami kondisi untuk memulai aktivitas perkecambahan (germination mode). Berjak (1992) dalam Pammenter et al., (1994) meneliti pada poros embrio *Landolphia kirkii* mengalami perluasan vakuola dan peningkatan kadar air sebesar 1.2 kali pada penyimpanan lembab. Bila tambahan air tidak tersedia maka viabilitas benih menurun. Pada kondisi perkecambahan normal benih membutuhkan tambahan air dan kadar air meningkat sebesar 2.5 kali dari kadar air awal. Trend yang sama juga diteliti pada poros embrio *Camelia sinensis* (Berjak et al., 1990). Faktor inilah yang menyebabkan benih mengalami stres air dan penurunan viabilitas pada kondisi simpan lembab.

KESIMPULAN

1. Manipulasi kelembaban relatif menggunakan larutan garam jenuh NaCl dan KCl baik pada kondisi simpan AC ataupun kamar berpengaruh terhadap tolak ukur kadar air, viabilitas dan vigor benih. Kelembaban relatif menggunakan larutan garam jenuh KCl (90%) pada kondisi simpan AC suhu 19-20°C pada periode simpan 2 minggu kadar air (51,51%), daya berkecambah (66,67%), kecepatan tumbuh relatif (64,56%), indeks vigor (40,00%) dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 50% perkecambahan total (11,25 hari) yang mengindikasikan benih relatif baik bila disimpan pada kondisi cenderung lebih lembab dibandingkan kelembaban relatif menggunakan NaCl.
2. Pada kondisi simpan kamar hanya daya berkecambah (30%) masih dapat dipertahankan cukup baik dengan RH 83% pada periode simpan 2 minggu. Pada kondisi AC, nilai daya hantar listrik meningkat dari periode simpan 2 minggu sampai 10 minggu. Pada kondisi simpan kamar, nilai kadar air, kecepatan tumbuh relatif, dan indeks vigor masih dapat dipertahankan cukup baik sampai periode simpan 2 minggu; sedangkan peningkatan nilai daya hantar listrik ($447,87 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$) sampai periode simpan 10 minggu dan peningkatan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 50% perkecambahan total (15,04 hari) sampai periode simpan 6 minggu dan mati pada periode simpan 8 dan 10 minggu. Nilai kecepatan tumbuh relatif dan indeks vigor lebih besar pada RH 83% daripada RH 75%.
3. Pada periode simpan 8 dan 10 minggu baik pada kondisi AC ataupun kamar benih seluruhnya kehilangan viabilitas dan vigor

DAFTAR PUSTAKA

- Adimargono, S. 1997. Recalcitrant Seeds. Identifications and Storage. Larenstein International Agric Collage. Deventer.
- Berjak, P., J.M. Farrant, D.J. Mycock, N.W. Pammenter. 1990. Recalcitrant (homoiohydrous) seed: The enigma of desiccation sensitivity. *Seed Sci. Technol.* 18 : 297-310.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1986. *Seeds Physiology of Development and Germination*. Plenum Press. New York and London.
- Bonner, F.T. 1996. Responses to drying of recalcitrant seed of *Quercus nigra* L. *Ann. Bot.* 78: 181-187.
- Budiarti, T. 1999. Konservasi vigor benih rekalsitran kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan penurunan kadar air dan proses invigorasinya. [Disertasi] Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Chin, H. F, B. Krishnapillay, P. C. Stanwood. 1989. Recalcitrant versus orthodox seed. In. P. C. Stanwood, M. Mc Donald. Seed Moisture. CSAA Special Publication. Crop Sci. Soc. Am. 14 : 15-21.
- Chin, H. F. 1998. Recalcitrant Seeds a Status Report. Rome: IPBGR.
- Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1995. Principles of Seed Science and Technology. Third Edition. New York: Chapman & Hall.
- Espindola, L.S., M. Noin, F. Corbineau and D. Come. 1994. Cellular and metabolic damage induced by desiccation in recalcitrant *Araucaria angustifolia* embryos. Seed Sci. Technol. 16 : 155-166
- Farin, J.M.R., A.M.A. van Lammeren, and H.M.W. Hilhorst. 2004. Desiccation sensitivity and cell cycle aspect in seeds of *Inga vera* sub sp.affinis. Seed Sci. Res. 14: 165-178.
- Farrant, J.M., N.W. Pammenter, and P. Berjak. 1988. Recalcitrant a current assessment. Seed Sci. Technol. 16: 155-166.
- Farrant, J.M., N.W. Pammenter, P. Berjak, E.J. Farnsworth, and C.W. Vertucci. 1996. Presence of dehydration like proteins and levels of abscisic acid in recalcitrant seed (desiccation sensitive) seeds may be related to habitat. Seed Sci. Res. 6: 175-182.
- Goodman, R. C, F. Douglass, Yacobs, and R. P. Karrfalt. 2005. Evaluating desiccation sensitivity of *Quercus rubra* acorns using X-ray image analysis. Can J. Res. 35 : 2823-2831.
- Halimursyadah. 2007. Studi penanganan benih rekalsitan *Avicennia marina*: Desikasi, Penyimpanan dan Viabilitas. [Thesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- International Seed Testing Association. 1999. International rules for seed testing: rules 1999. Seed Sci. Technol. 27: 37-40 (Supplement).
- James, B.H., S.H. Pine, J. C. Donald, S. H. George. 1988. Kimia Organik. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Justice, L.O. and L.N. Bass. 1990. Prinsip dan Praktek Penyimpanan Benih. Terjemahan Renni Roesli. Rajawali. Jakarta.
- Liang, Y. and W. Q. Sun. 2000. Desiccation tolerance of recalcitrant *Theobroma cacao* embryonic axes: the optimal drying rate and its physiological basis. J. Exp. Bot. 51 : 1911-1919.
- Nautiyal, A.R. and A.N. Purohit. 1985. Membran disruption in ageing seeds of *Shorea robusta*. Seed Sci. Technol. 13(1): 77-82.
- Pammenter, N. W. and P. Berjak. 1999. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation tolerance mechanism. Seed Sci. Res. 9: 13-37.
- Pammenter, N.W. and P. Berjak. 2000. Aspect of Recalcitrant Seed Physiology. R. Brass. Fisiol. Veg. 12: 56-69.
- Pammenter, N.W., P. Berjak, J.M. Farrant, M.T. Smith, and G. Ross. 1994. Why do stored hydrated recalcitrant seeds die? Seed Sci. Res. 4: 187-191.
- Sadjad, S. 1994. Kuantifikasi Metabolisme Benih. Gramedia Widiasara Indonesia. Jakarta.