

KAJIAN PENGARUH SUHU SIMPAN DAN METODE PEMATAHAN DORMANSI TERHADAP VIABILITAS BENIH PEPAYA MERAH DELIMA

Study of the Effect Storage Temperature and Dormancy Breaking Method on Viability of Merah Delima's Papaya Seeds

Sunyoto dan Liza Octriana

*Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika,
Jl. Raya Solok-Aripan km.8 27301 Solok
E-mail: lizaoctriana@ymail.com*

ABSTRACT

Papaya is usually propagated with using seed. Quality of seed are effected by storage time and temperature. How long seeds can be stored depend on seed characteristic and its environment. The aim of this study was to knowing effect storage temperature and dormancy breaking method to seed viability merah delima's papaya. The research was conducted from Mei to Juni 2013 at Sumani research station. Study of effect storage temperature was arranged in a randomized block design with 3 treatments of storage temperature and 4 replications, while the submersion method study was arranged in 2 treatments and 4 replications. The results showed that merah delima's seed that were storage for 6 months at room temperature (28-30°C) and cold temperature (10°C) still have high seed germination (>83%), maximum growth potential (>85%) and high viability. Dormancy of merah delima's seed after it was stored can be broken by easy and cheap method, it was by heat water submersion at temperature 40°C.

Keywords: *seed, viability, storage temperature, papaya*

ABSTRAK

Pepaya biasanya diperbanyak menggunakan biji. Mutu biji/benih dipengaruhi oleh waktu dan suhu penyimpanan. Berapa lama benih dapat disimpan sangat bergantung pada sifat benih dan lingkungannya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu simpan dan metode perendaman terhadap viabilitas benih pepaya merah delima. Penelitian dilaksanakan di KP. Sumani Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika pada bulan Mei-Juni 2013. Kajian pengaruh suhu simpan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok 3 perlakuan suhu simpan dan 4 ulangan, sedangkan metode perendaman disusun dalam 2 perlakuan, masing-masing 4 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih merah delima yang disimpan pada suhu ruang (28-30°C) dan suhu dingin (10°C) selama 6 bulan masih menunjukkan daya kecambah (>83%), potensi tumbuh maksimum (>85%), dan indeks vigor tinggi. Dormansi benih merah delima setelah disimpan dapat dipatahkan dengan metode yang mudah dan murah yaitu dengan perendaman air panas suhu 40°C.

Kata kunci: *benih, viabilitas, suhu simpan, pepaya*

PENDAHULUAN

Pepaya biasanya diperbanyak menggunakan biji. Biasanya biji tidak segera ditanam setelah diproses dan dikeringkan. Sebagian disimpan untuk digunakan pada musim tanam berikutnya atau sebagai koleksi plasma nutfah. Selain itu, untuk memenuhi permintaan pasar, biji seringkali harus dibawa dari suatu tempat ke tempat lain dengan menempuh jarak yang cukup jauh, oleh karena itu perlu dilakukan penyimpanan agar biji yang belum digunakan sekarang bisa digunakan pada saat dibutuhkan nantinya.

Salah satu hal yang mempengaruhi mutu biji/benih adalah waktu dan suhu penyimpanan. Berapa lama benih dapat disimpan sangat dipengaruhi oleh sifat benih, kondisi lingkungan, dan perlakuan manusia. Beberapa tipe benih tidak mempunyai ketahanan untuk disimpan dalam jangka waktu yang lama atau sering disebut benih rekalsitran. Benih menunjukkan sifat ortodoks bila benih tahan desikasi atau tidak terjadi penurunan viabilitas saat dikeringkan mencapai kadar air 5 persen dengan RH 10-13 persen pada suhu -20°C (Hong dan Ellis 1996). Benih ortodoks dapat disimpan pada suhu kamar dan suhu dingin tanpa kehilangan viabilitasnya.

Benih akan mengalami proses deteriorasi (kemunduran) viabilitas secara kronologis yang berkaitan dengan waktu. Deteriorasi menyebabkan menurunnya viabilitas dan vigor benih yang ditunjukkan dengan gejala rendahnya angka pertumbuhan kecambah (Stubsgaard 1992, Sadjad 1993). Faktor-faktor yang mempengaruhi viabilitas benih selama penyimpanan dibagi menjadi dua, yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi viabilitas awal, genetik (sifat dormansi dan komposisi kimia benih), daya tumbuh dan vigor, kondisi kulit dan kadar air benih. Faktor eksternal antara lain kemasan benih, oksigen, suhu dan kelembaban ruang simpan, mikroorganisme (Copeland dan McDonald 2001).

Benih yang disimpan dengan pengeringan mengalami dormansi skunder. Perendaman dengan air panas dan KNO_3 diketahui dapat mematahkan dormansi skunder benih. Menurut Baskin (1998) ada variasi tingkat dormansi dan perlakuan untuk mematahkan dormansi benih pepaya dari populasi yang berbeda. Pematahan dormansi pepaya yang sudah banyak dilakukan penelitian adalah dengan menggunakan KNO_3 , GA_3 dan heat shock pada suhu 36°C (Melvin *et al.*, 2004, Wood *et al.*, 2000). Apabila benih disimpan melebihi batas waktu simpannya maka mutunya akan menurun. Lamanya batas waktu simpan benih biasanya diketahui melalui penelitian-penelitian yang dilakukan. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh suhu simpan dan metode pematahan dormansi perendaman dengan air panas dan KNO_3 terhadap viabilitas benih pepaya merah delima.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kebun percobaan Sumani, Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, yang terletak pada ketinggian 435 dpl. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei s.d. Juni 2013. Penelitian terdiri dari 2 kegiatan, yaitu:

Pengaruh suhu simpan, disusun dengan rancangan acak kelompok 3 perlakuan suhu simpan dan 4 ulangan. Setiap ulangan terdiri atas 20 biji.

Prosedur Pelaksanaan:

Biji pepaya merah delima yang telah disimpan selama 6 bulan pada tiga suhu yang berbeda, yaitu suhu ruang (28-30 °C), suhu dingin (10 °C) dan freezer (-11°C) direndam dalam KNO₃ 10 persen selama ±5 jam. Lalu biji disemai di kotak plastik yang telah berisi media pasir. Semai disiram setiap hari.

Metode perendaman, terdiri atas 2 perlakuan yaitu perendaman dengan air panas suhu 40°C dan perendaman dengan KNO₃ 10 persen selama ±5 jam. Penelitian terdiri atas 4 ulangan, dan masing-masing unit perlakuan 20 biji.

Prosedur Pelaksanaan:

Biji pepaya yang telah disimpan pada suhu ruang selama 7 bulan direndam dengan air panas atau KNO₃, masing-masing selama 5 jam. Lalu biji disemai di kotak plastik yang telah berisi media pasir. Semai disiram setiap hari.

Parameter pengamatan:

1. Saat mulai kecambah, dilakukan setiap hari sejak mulai semai sampai tanaman berumur 21 hari setelah semai (hst).
2. Daya kecambah dihitung berdasarkan jumlah benih yang mulai berkecambah menurut aspek fisiologi. Kriteria kecambah normal adalah apabila hipokotil tumbuh lurus dan sehat kotiledon telah terbuka sempurna, disertai tunas yang sehat. Hitungan pertama pengamatan kecambah dilakukan pada 14 hari setelah tanam dan hitungan kedua dilakukan pada 21 hari setelah tanam (HST) (Wulandari 2009).

Rumus untuk menghitung persentase daya berkecambah (DB) benih adalah:

$$DB = \frac{KN \times 100 \%}{N}$$

Keterangan :

DB : Daya berkecambah benih

KN : jumlah kecambah normal

N : jumlah benih yang ditanam

3. Potensi tumbuh maksimum (%)

Potensi tumbuh maksimum diperoleh dengan menghitung persentase jumlah kecambah pada 21 hst. Benih dinyatakan berkecambah walaupun embrio baru memunculkan radícula (calon akar).

Perhitungan potensi tumbuh maksimum berdasarkan rumus :

$$PTM = \frac{BT \times 100\%}{N}$$

Ket :

PTM : Persentase potensi tumbuh maximum

BT : Benih tumbuh

N : Jumlah benih yang ditanam

4. Indeks Vigor (IV)

Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah kecambah normal yang muncul pada pengamatan hitungan pertama (hari ke 14).

$$IV = \frac{\sum KN \text{ 14 hst}}{\text{Jumlah benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

Keterangan:

IV = indeks vigor (%)

KN = kecambah normal hari ke 14

5. Tinggi benih (cm), diukur dari permukaan pasir ketika tanaman telah berumur 21 hari setelah semai.

6. Berat basah dan berat kering

Pengamatan berat basah dan berat kering benih dilakukan ketika tanaman berumur 21 hst. Pengukuran berat basah dengan cara mencabut tanaman dan membersihkan akar tanaman dari sisa pasir. Setelah itu akar, batang dan daun dipisahkan lalu ditimbang berat basahnya menggunakan timbangan analitik. Lalu di oven selama ± 3 hari dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$, kemudian ditimbang berat keringnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh suhu simpan terhadap viabilitas benih

Saat awal kecambah benih yang diamati berkisar antara 9,50 – 10,75 hari setelah semai. Benih yang disimpan pada suhu dingin lebih cepat tumbuh (9,50 hst), sedangkan benih yang disimpan di freezer paling lama tumbuh (10,75 hst),

akan tetapi hasil analisis sidik ragam menunjukkan tak ada perbedaan nyata saat awal tumbuh antar perlakuan (Tabel 1). Perkecambah merupakan suatu proses pertumbuhan dari biji setelah mengalami masa dormansi, bila kondisi-kondisi sekelilingnya memungkinkan (Novijanto 1996).

Daya berkecambah benih pepaya merah delima uji berkisar antara 21,25-97,50 persen. Daya berkecambah yang paling tinggi adalah benih yang disimpan pada suhu ruang akan tetapi tidak beda nyata dengan benih yang disimpan pada suhu dingin, sedangkan benih yang disimpan di freezer mempunyai daya kecambah paling rendah. Daya kecambah merupakan tolok ukur yang mengindikasikan viabilitas potensial berdasarkan pada jumlah kecambah normal. Viabilitas potensial yaitu kemampuan benih menumbuhkan tanaman normal pada kondisi lingkungan yang optimum. Nilai daya kecambah yang tinggi menunjukkan bahwa sampai umur simpan 6 bulan benih belum kehilangan viabilitasnya apabila disimpan pada suhu ruang dan suhu dingin. Akan tetapi dari hasil pengamatan diketahui bahwa benih merah delima kurang baik disimpan di freezer, pada umur simpan 6 bulan viabilitasnya sangat rendah hanya 21,25 persen.

Tabel 1. Karakter Pertumbuhan Benih

Perlakuan	Saat awal kecambah (hst)	Daya kecambah (%)	Potensi tumbuh maksimum (%)	Indeks Vigor (%)	Tinggi benih (cm)
Suhu ruang	10,00 ns	97,50 b	97,50 b	72,50 a	3,91 ns
Suhu dingin	9,50	83,75 b	85,00 b	52,50 b	3,24
Freezer	10,75	21,25 a	21,25 a	11,25 c	3,18

Ket: Angka yang diikuti notasi huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5 persen

Viabilitas benih selama penyimpanan menurun dapat disebabkan oleh RH, suhu dan kadar air benih sehingga menyebabkan benih kehilangan viabilitasnya (Ilyas 2010). Hal ini berbeda pada setiap benih tergantung jenis benih. Benih merah delima diketahui bersifat ortodoks, tahan desikasi (pengeringan), dengan kadar air rendah dapat disimpan lama pada suhu ruang dan suhu dingin (Noflindawati 2013). Toleransi kekeringan dan suhu ekstrim benih ortodoks memungkinkan embrio untuk: (i) mempertahankan kelangsungan hidup pada waktu yang lama dan masih aktif, (ii) embrio beralih dari aktif ke tidak-aktif (dormansi) untuk memungkinkan perkecambahan dalam kondisi yang menguntungkan (Hoekstra 2001).

Nilai potensi tumbuh maksimum berkisar antara 21,25-97,50 persen. Potensi tumbuh maksimum benih yang paling rendah adalah pada benih yang disimpan di freezer dan benih yang disimpan pada suhu ruang mempunyai viabilitas paling tinggi walaupun hasil analisis sidik ragam menunjukkan tidak beda nyata dengan benih yang disimpan pada suhu dingin. Potensi tumbuh maksimum merupakan tolok ukur viabilitas total pada benih, dimana benih mempunyai kemampuan untuk berkecambah (hidup), baik langsung oleh pertumbuhan maupun gejala metabolismenya (Sadjad *et al.*, 1999). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kemampuan benih untuk hidup pada benih yang telah disimpan selama 6 bulan

pada suhu ruang lebih tinggi (>90%) dibanding benih yang disimpan pada suhu dingin dan freezer. Varietas Merah Delima yang masih baru dan dikeringkan pada kadar air 4-6 persen diketahui tahan terhadap suhu -20 °C karena masih berkecambah (*viabile*) setelah disimpan selama 2 hari (Noflindawati 2013). Salomao dan Mundim (2000) juga menyatakan bahwa benih pepaya disimpan selama 3 hari pada suhu -20 °C tidak kehilangan viabilitasnya. Akan tetapi, dari penelitian ini diketahui ternyata setelah 6 bulan disimpan pada suhu -11°C benih mulai menurun viabilitasnya.

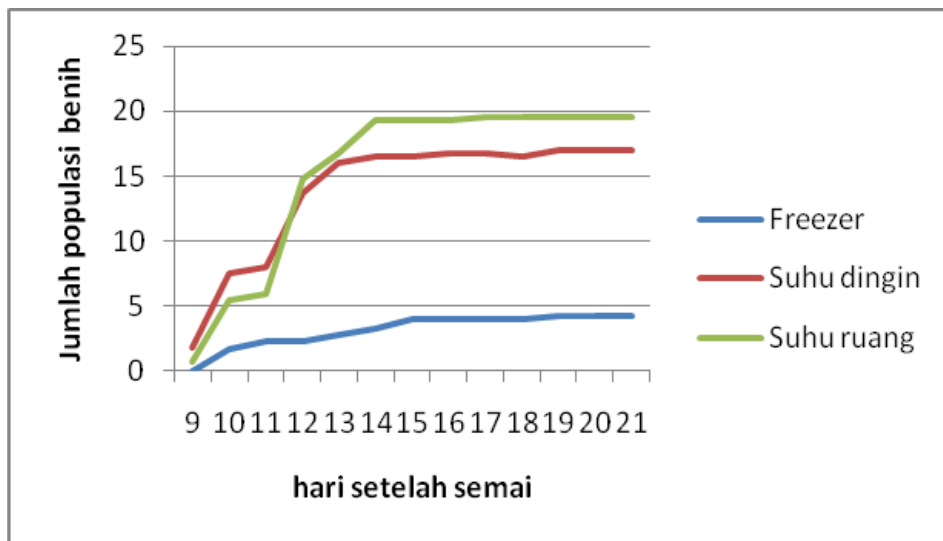
Nilai indeks vigor berkisar antara 11,25 persen hingga 72,50 persen, indeks vigor yang paling tinggi pada benih yang disimpan pada suhu ruang, sedangkan yang paling rendah pada benih yang disimpan di freezer. Vigor benih merupakan salah satu aspek dari mutu fisiologis benih (Ilyas 2010). Mutu fisiologis benih yang tinggi antara lain dicirikan mempunyai daya kecambah dan vigor yang tinggi. Yang dimaksud dengan vigor benih adalah sifat-sifat benih yang menentukan potensi pemunculan kecambah yang cepat dan seragam serta perkembangan kecambah normal pada kondisi lingkungan yang bervariasi. Vigor benih dipengaruhi oleh proses dan cara benih dikeringkan, dibersihkan, disortir, dikemas dan disimpan.

Sadjad *et al.* (1999) menyatakan bahwa vigor benih ditunjukkan pada kecepatan yang tinggi dalam proses pertumbuhannya dan proses metabolismenya tidak terhambat. Kecepatan tumbuh yang rendah menunjukkan lambatnya pertumbuhan kecambah dan lemahnya vigor kekuatan tumbuh (Arif *et al.*, 2004). Benih yang memiliki kekuatan tumbuh tinggi dapat menghasilkan tanaman yang tegar di lapang meskipun pada lingkungan tumbuh sub-optimum (Sadjad 1994).

Benih dengan persentase daya kecambah dan potensi tumbuh maksimum tinggi, mempunyai nilai indeks vigor yang tinggi pula, sebaliknya benih dengan persentase daya kecambah dan nilai potensi tumbuh maksimum rendah, mempunyai nilai indeks vigor yang rendah juga. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa indeks vigor mempunyai korelasi nyata yang sangat erat dengan daya kecambah dan potensi tumbuh maksimum. Hal ini dapat diketahui dari nilai koefisien korelasi masing-masing $r=0,92$ dan $r=0,91$.

Tinggi benih berkisar antara 3,18-3,91 cm, yang terpanjang benih yang disimpan pada suhu kamar, akan tetapi tidak beda nyata dengan yang disimpan pada suhu dingin dan freezer.

Benih yang disimpan pada suhu dingin walaupun saat muncul kecambah lebih awal dibanding perlakuan lain dan mempunyai laju kecepatan tumbuh yang cepat, akan tetapi dari pengamatan diketahui bahwa pada hari ke-12 pertambahan jumlah benih yang tumbuh relatif linear. Sedangkan benih yang disimpan pada suhu ruang sampai hari ke-16 tetap menunjukkan pertambahan pertumbuhan, sehingga pada akhir pengamatan jumlah benih yang tumbuh lebih banyak dibanding perlakuan suhu dingin dan freezer (Gambar 1.). Pengaruh suhu rendah terhadap kecepatan munculnya semai menunjukkan bahwa enzim-enzim tidak mengalami kerusakan, sehingga tetap dapat melakukan aktivitasnya dalam metabolisme pertumbuhan kecambah (Sinay 2011).



Gambar 1. Laju Kecepatan Tumbuh Benih

Kecepatan dan keserempakan tumbuh benih mengindikasikan vigor kekuatan tumbuh benih, karena benih yang tumbuh cepat dan serempak lebih mampu menghadapi kondisi lapang yang sub optimum. Keserempakan tumbuh benih yang <40 persen mengindikasikan benih kurang vigor (Sadjad 1993). Dari hasil pengamatan diketahui bahwa benih yang disimpan pada suhu kamar dan suhu rendah relatif tumbuh cepat dan serempak, sedangkan yang disimpan pada freezer tumbuh lebih lama dan jumlah yang tumbuh <40 persen. Penyimpanan benih di freezer menyebabkan benih kurang vigor dan menurunkan viabilitasnya.

Tabel 2. Bobot Basah dan Bobot Kering Benih Pada 21 hst

Perlakuan	Bobot basah (g)				Bobot kering (g)			
	akar	batang	daun	benih	akar	batang	daun	benih
Suhu ruang	0,77 b	0,70 a	0,96 a	0,81 a	0,06 a	0,05 a	0,13 a	0,08 a
Suhu dingin	0,66 b	0,49 b	0,72 b	0,62 b	0,05 a	0,03 b	0,09 b	0,06 b
Freezer	0,09 a	0,12 c	0,19 c	0,13 c	0,01 b	0,01 c	0,02 c	0,04 c

Ket: Angka yang diikuti notasi huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5 persen

Nilai bobot basah benih berkisar antara 0,04-0,08 g, benih yang disimpan di freezer mempunyai bobot basah paling rendah, dan benih yang disimpan pada suhu ruang mempunyai bobot basah paling tinggi. Begitu juga dengan bobot kering, yang paling tinggi bobot kering benih yang disimpan pada suhu ruang, dan benih yang disimpan di freezer mempunyai bobot kering paling rendah.

Metode Pematihan Dormansi

Tabel 3. Karakter Pertumbuhan Benih

Perlakuan	Saat awal kecambah (hst)	Daya kecambah (%)	Potensi tumbuh maksimum (%)	Indeks Vigor (%)	Tinggi benih (cm)
Air panas	9,75ns	72,50 ns	72,5 ns	47,5 a	3,62ns
KNO ₃ 10%	11,00	66,25	77,5	32,5 b	2,84

Ket: Angka yang diikuti notasi huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji T taraf 5 persen

Saat awal kecambah, daya kecambah, potensi tumbuh maksimum, indeks vigor dan tinggi benih dengan metode pematihan dormansi perendaman kejutan air panas (40°C) lebih tinggi, tetapi tidak beda nyata dengan metode perendaman KNO₃10 persen. Hasil ini menunjukkan bahwa dormansi benih merah delima setelah disimpan 7 bulan dapat dipatahkan dengan metode yang mudah dan murah yaitu dengan perendaman air panas. Sesuai dengan Noflindawati (2013) bahwa nilai daya kecambah, potensi tumbuh maksimum dan indeks vigor pada perlakuan kejutan air panas lebih tinggi dibanding perendaman dengan GA₃.

Dormansi merupakan suatu keadaan fisiologis dimana dihambatnya perkecambahan benih terkait dengan mekanisme dalam benih akibat lingkungan tidak memadai untuk perkecambahan (Eira dan Caldas 2000). Menurut Baskin dan Baskin (1998) ada variasi tingkat dormansi dan perlakuan untuk mematahkan dormansi benih pepaya dari populasi yang berbeda. Dormansi akibat pengeringan pada benih pepaya dapat dihilangkan dengan *heat shock* pada suhu 36 °C selama 4 jam kemudian ke air suhu 26 °C sebelum benih dikecambahkan. Teknik *heat shock* merupakan perlakuan yang paling tepat dibandingkan perlakuan lain yang dicobakan untuk meningkatkan daya kecambah benih. Pematihan dormansi dengan heat shock selain terhadap benih pepaya, juga telah diteliti pada *sugar beet*, *Brassica napus* dan tembakau (Wood *et al.*, 2000).

Tabel 4. Bobot Basah dan Bobot Kering Benih Pada 21 hst

Perlakuan	Bobot basah (g)				Bobot kering (g)			
	akar	batang	daun	benih	akar	batang	daun	benih
Air panas	0,66 ns	0,65 ns	0,65 ns	1,68 ns	0,04 ns	0,03 ns	0,09 ns	0,17 ns
KNO ₃ 10 %	0,44	0,17	0,49	1,10	0,06	0,05	0,09	0,20

Ket: Angka yang diikuti notasi huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji T taraf 5 persen

Bobot basah benih yang diberi perlakuan perendaman air panas lebih tinggi dibandingkan benih yang direndam pada KNO₃ 10 persen, akan tetapi hasil uji statistik menunjukkan tidak ada perbedaan nyata antar kedua perlakuan. Begitu juga dengan bobot kering benih yang diberi perlakuan perendaman air panas lebih tinggi dibandingkan benih yang direndam pada KNO₃ 10 persen, akan tetapi hasil uji statistik menunjukkan tidak ada perbedaan nyata antar kedua perlakuan. Hal ini

berarti bahwa benih merah delima yang telah disimpan selama 7 bulan dormansinya dapat dipatahkan dengan perendaman air panas atau direndam dengan KNO_3 10 persen.

KESIMPULAN

Benih pepaya merah delima lebih baik disimpan pada kadar air rendah di suhu ruang. Dormansi benih merah delima setelah disimpan dapat dipatahkan dengan metode yang mudah dan murah yaitu dengan perendaman kejutan air panas suhu 40°C selama 5 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief.R, E. Syam'un dan S.Saenong.2004. Evaluasi Mutu Fisik dan Fisiologis Benih Jagung cv. Lamuru dari Ukuran Biji dan Umur Simpan yang Berbeda.*J. Sains & Teknologi*, 4 (2): 54-64.
- Baskin, C. C, Baskin, J. M. 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego.
- Copeland, L. O. and M. B. Mc.Donald. 2001. *Principles of Seed Science and Technology (Fourth Edition)*. Chapman and Hall. New York. 409p.
- Hoekstra FA, Golovina EA, Buitink J.2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance.*Plant Sci* : (6): 9: 431-438.
- Hong TD, Ellis RH. 1996. *A protocol to determine seed storage behaviour*. IPGRI Tech. Bulletin No. 1, Int. Plant Genetic Resources Inst.Rome. 64p.
- Ilyas S. 2010. Ilmu dan Teknologi Benih, Teori dan Hasil-hasil Penelitian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. IPB Press.95 hal.
- Melvin S. Nishina, Mike A. Nagao¹, and Sheldon C. Furutani. 2004. Optimizing Germination of Papaya Seeds. Fruit and Nuts.Cooperative extension service.College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR).
- Noflindawati. 2013. Pengembangan metode pengujian sifat benih pepaya (*Carica papaya* L.) melalui studi dormansi, ketahanan benih terhadap desikasi dan suhu rendah. Tesis IPB. Pp. 52
- Novijanto, N. 1996. Pengaruh Suhu Dan Lama Perendaman Terhadap Mutu Kecambah Kacang Hijau. *Agri Journal* 3(2):30.
- Sadjad, S. 1993. Dari Benih Kepada Benih. Gramedia, Jakarta. 143p.
- Sadjad S. 1994. *Kuantifikasi Metabolisme Benih*. Jakarta : Grasindo.
- Sadjad S, Murniati E, Ilyas S. 1999. *Parameter pengujian vigor benih dari komparatif ke simulative*. Jakarta Grasindo.
- Salomoa AN, Mundim RC. 2000. Germination of Papaya Seed in Response to Desiccation, Exposure to Subzero Temperatures and Gibberellic Acid. *Hort. Sci.* 35 (5):904-906.

- Schmidt L. 2000. Pedoman Penanganan Benih Tanaman Hutan Tropis dan Sub Tropis. *Danida Forest Seed Center*. Dirjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. Departemen Kehutanan. 493 p.
- Sinay H. 2011 Pengaruh Giberelin dan Temperatur Terhadap Pertumbuhan Semai Gandaria (*Bouea macrophylla* Griffith.). *Jurnal Bioscientiae* 8 (1):15-22.
- Stubsgaard, F. 1992. Seed Storage. Lecture note No. C-9. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. 36p.
- Wood CB, Pritchard HW, Amritphale D. 2000. Desiccation-Induced Dormancy in Papaya (*Carica papaya* L.) Seeds is Alleviated by *Heat shock*. *Seed Science Research* (2000),10: 135-145.
- Wulandari, R. R. 2009. Pengujian Sifat Benih Pepaya dengan Penyimpanan Suhu Dingin. Skripsi IPB. 48p.