

Pengaruh Perbedaan Kemasan Terhadap Mutu Fisiologis Benih Ortodoks pada Masa Penyimpanan

Muhamad Alvin Muharam Fahmi¹

¹ Magister Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang,
Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361
Email korespondensi : alvinmuhamad210@gmail.com

Abstrak

Benih bermutu tinggi diperlukan untuk mendukung keberhasilan penanaman, namun mutu benih dapat menurun selama periode penyimpanan. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memperpanjang daya simpan benih melalui penggunaan jenis kemasan yang mampu mempertahankan viabilitas dan vigor benih. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh jenis kemasan terbaik dalam mempertahankan mutu fisiologis benih ortodoks setelah penyimpanan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jawa Barat, pada Februari hingga Juni 2023. Percobaan menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan dan empat ulangan, sehingga diperoleh 16 unit percobaan. Setiap ulangan terdiri atas 55 butir benih. Perlakuan yang diuji meliputi kontrol (A), botol kaca dengan tutup aluminium foil (B), plastik klep (C), dan kertas (D). Benih disimpan dalam masing-masing kemasan selama delapan minggu pada ruang terbuka. Setelah penyimpanan, dilakukan pengujian menggunakan metode Uji Kertas Digulung didirikan dalam Plastik (UKDdP) dengan parameter daya berkecambah, indeks vigor, kecepatan tumbuh, dan keserempakan tumbuh. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA), dan perbedaan nyata diuji lanjut dengan DMRT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan jenis kemasan berpengaruh nyata terhadap mutu fisiologis benih ortodoks. Perlakuan botol kaca dengan tutup aluminium foil memberikan hasil terbaik dengan daya berkecambah 96,72%, indeks vigor 88,84%, keserempakan tumbuh 96,97%, dan kecepatan tumbuh 6,75%/etmal.

Kata kunci: benih ortodoks, jenis kemasan, penyimpanan benih, viabilitas benih, vigor benih

Abstract

High-quality seeds are required to support successful crop establishment; however, seed quality may decline during storage. Therefore, efforts are needed to extend seed storability through the use of packaging materials that can maintain seed viability and vigor. This study aimed to identify the best type of packaging for maintaining the physiological quality of orthodox seeds after storage. The research was conducted at the Agronomy Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Singaperbangsa Karawang, West Java, from February to June 2023. The experiment employed an experimental method using a Completely Randomized Design (CRD) consisting of four treatments with four replications, resulting in 16 experimental units. Each replication consisted of 55 seeds. The treatments evaluated were control (A), glass bottles with aluminum foil caps (B), zip-lock plastic bags (C), and paper packaging (D). Seeds were stored in each type of packaging for eight weeks under open-room conditions. After storage, germination tests were conducted using the Rolled Paper Towel Method stood upright in plastic (UKDdP), with observations on germination percentage, vigor index, germination rate, and uniformity of germination. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA),

and significant differences among treatments were further tested using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% significance level. The results showed that differences in packaging types had a significant effect on the physiological quality of orthodox seeds during storage. The glass bottle with an aluminum foil cap produced the best results, with a germination percentage of 96.72%, vigor index of 88.84%, uniformity of germination of 96.97%, and a germination rate of 6.75% per etmal.

Keywords: *orthodox seeds, packaging type, seed storage, seed viability, seed vigor*

Pendahuluan

Benih merupakan faktor kunci keberhasilan budidaya tanaman karena berperan sebagai bahan perbanyakan. Benih bermutu tinggi secara genetik, fisik, dan fisiologis akan menghasilkan tanaman yang tumbuh vigor serta berproduksi tinggi, sehingga kualitas benih sangat menentukan penampilan dan hasil tanaman (Hayati *et al.*, 2011; Sukarman & Rusmin, 2000). Keberhasilan produksi tanaman dipengaruhi oleh berbagai aspek, salah satunya penggunaan benih unggul bermutu tinggi karena benih berkualitas akan menghasilkan produksi yang tinggi. Dalam klasifikasinya, benih berdasarkan respons terhadap pengeringan dan penyimpanan dibedakan menjadi benih ortodoks dan rekalsitran. Benih ortodoks merupakan benih yang toleran terhadap pengeringan hingga kadar air rendah (umumnya 5–8%) dan mampu disimpan dalam jangka waktu relatif lama pada suhu dan kelembapan rendah tanpa kehilangan viabilitas secara cepat (Obon *et al.*, 2025). Karakteristik ini menjadikan benih ortodoks lebih fleksibel dalam sistem distribusi dan penyimpanan dibandingkan benih rekalsitran yang sensitif terhadap pengeringan. Meskipun demikian, benih ortodoks tetap mengalami kemunduran mutu selama penyimpanan akibat proses deteriorasi fisiologis yang berlangsung secara bertahap.

Selama penyimpanan, benih mengalami penurunan viabilitas dan vigor akibat proses respirasi dan reaksi biokimia yang terus berlangsung. Peningkatan kadar asam lemak bebas akibat perombakan lipid dapat merusak membran sel, mengganggu integritas struktur sel, serta menurunkan efisiensi metabolisme saat perkecambahan (Hayati *et al.*, 2011; Khamid *et al.*, 2019; Puspitaningtyas *et al.*, 2018). Selain itu, laju kemunduran sangat dipengaruhi oleh kadar air benih, suhu, kelembapan relatif, dan lama penyimpanan. Kondisi lingkungan yang tidak sesuai dapat meningkatkan laju respirasi dan mempercepat deteriorasi, sehingga daya berkecambah menurun lebih cepat (Kolo and Tefa, 2016; Wibowo & Majid, 2011). Cadangan makanan dalam benih juga terus digunakan selama respirasi berlangsung, yang pada akhirnya mengurangi energi tersedia untuk proses perkecambahan (Ranganathan and Groot, 2023).

Salah satu faktor penting dalam pengendalian lingkungan mikro selama penyimpanan benih adalah jenis kemasan. Kemasan dalam penyimpanan benih berfungsi sebagai penghalang terhadap pertukaran uap air dan gas antara benih dan lingkungan sekitarnya (Berhe *et al.*, 2024). Berbagai jenis kemasan alternatif dapat digunakan dalam penyimpanan benih ortodoks, antara lain kemasan kertas, karung kain, plastik polietilen, aluminium foil, botol kaca, maupun kemasan vakum. Setiap jenis kemasan memiliki tingkat permeabilitas yang berbeda terhadap uap air dan oksigen. Kemasan berpori seperti kertas dan kain memungkinkan pertukaran udara yang lebih besar sehingga kadar air benih lebih mudah berubah mengikuti kelembapan lingkungan (Shafat *et al.*, 2025). Sebaliknya, kemasan kedap seperti plastik tebal, aluminium foil, dan botol kaca relatif lebih mampu mempertahankan kadar air benih tetap stabil serta memperlambat laju respirasi dan deteriorasi (Tiwari *et al.*, 2022). Dengan demikian, pemilihan jenis kemasan yang tepat menjadi strategi penting dalam mempertahankan mutu fisiologis benih ortodoks selama penyimpanan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh perbedaan jenis kemasan terhadap viabilitas dan vigor benih ortodoks selama masa penyimpanan, serta mengidentifikasi jenis kemasan yang paling efektif dalam mempertahankan mutu fisiologis benih.

Bahan dan Metode

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang, yang terletak di Jalan H.S. Ronggo Waluyo, Desa Puseurjaya, Kecamatan Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, Jawa Barat, dengan titik koordinat 6°19'20" LS dan 107°18'23" BT serta pada ketinggian 23,3 MDPL. Penelitian dilakukan mulai dari bulan Februari 2023–Juni 2023.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik untuk menimbang benih dan bahan pendukung secara presisi, gunting atau cutter untuk memotong bahan kemasan, alat tulis untuk pencatatan data, serta stiker label untuk penandaan setiap perlakuan. Selain itu, botol kaca digunakan sebagai salah satu jenis kemasan penyimpanan benih. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas benih padi sebagai objek penelitian, kertas merang sebagai media pengujian perkecambahan, air untuk menjaga kelembapan selama pengujian, serta aluminium foil dan plastik klep yang digunakan sebagai bahan kemasan dalam penyimpanan benih.

Metode percobaan yang digunakan adalah metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri atas 4 perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak empat kali sehingga diperoleh 16 unit percobaan.

Percobaan dilaksanakan di laboratorium menggunakan metode Uji Kertas Digulung didirikan dalam Plastik (UKDdP), dengan satu ulangan terdiri atas 55 butir benih untuk keperluan penyimpanan. Selanjutnya, disiapkan tiga jenis kemasan untuk setiap kelompok perlakuan, kemudian benih dimasukkan ke dalam masing-masing kemasan sesuai jumlah yang telah ditentukan dan disimpan pada ruang terbuka selama 8 minggu. Perlakuan yang akan dipakai antara lain Kontrol (A), Botol Kaca (B), Plastik Klep (C) dan Kertas (D). Setelah masa penyimpanan, dilakukan pengujian daya berkecambah, kemudian diamati parameter daya berkecambah (DB), indeks vigor (IV), kecepatan tumbuh (KcT), dan keserempakan tumbuh (KsT).

Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA). Selanjutnya, uji F pada taraf 5% digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan nyata antar perlakuan. Jika hasil uji F menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka analisis dilanjutkan dengan uji lanjutan menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5% untuk membandingkan perlakuan secara lebih rinci

Hasil dan Pembahasan

Daya Berkecambah

Hasil penelitian secara umum menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan media simpan menunjukkan perbedaan terhadap presentase benih padi yang berkecambah. Artinya perlakuan berbagai media simpan benih memberikan pengaruh yang berbeda terhadap presentase benih padi yang berkecambah dalam uji daya berkecambah

Tabel 1 Nilai Rataan Daya berkecambah benih padi pada berbagai perlakuan media simpan

Perlakuan (Media Simpan)	Jumlah Benih yang Berkecambah
Kontrol (A)	98,6250a
Botol Kaca (D)	96,7275a
Plastik Klep (B)	92,2550ab
Kertas (C)	87,0425b

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Pada tabel 1 dapat dilihat perlakuan menggunakan media simpan botol kaca dengan tutup alumunium foil dapat mempertahankan daya berkecambah yang paling

baik dibanding dengan perlakuan lainnya setelah dilakukan penyimpanan benih selama dua bulan, hal ini disebabkan karena tutup alumunium foil merupakan kemasan yang kedap air dan gas. Hasil tidak jauh berbeda yaitu penyimpanan menggunakan kemasan plastik klep, sedangkan untuk kemasan kertas mendapatkan hasil daya berkecambah yang paling rendah, hal ini dikarenakan kertas merupakan bahan yang tidak kedap air sehingga kemasan ini kurang cocok untuk digunakan dalam penyimpanan. Tingginya daya berkecambah benih pada kemasan botol kaca yang ditutup alumunium foil serta kemasan plastik klep disebabkan oleh sifat kedua bahan tersebut yang memiliki pori-pori material relatif rapat dan bersifat kedap terhadap uap air dan gas. Kondisi ini mampu melindungi benih dari fluktuasi kelembapan dan oksigen yang dapat mempercepat proses deteriorasi, sehingga mutu benih dapat dipertahankan selama penyimpanan. Sebaliknya, kemasan kertas memiliki pori-pori yang tidak kedap terhadap uap air dan gas, sehingga benih yang disimpan di dalamnya lebih rentan mengalami penyerapan kelembapan dan penurunan mutu fisiologis.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Paul and Bordolui (2025) yang melaporkan bahwa kemasan alumunium foil dan kantong polietilena (polythene) menghasilkan persentase daya berkecambah tertinggi, yang berperan penting dalam keberhasilan pembentukan tanaman. Sebaliknya, benih yang disimpan dalam kantong kertas, kantong kain, dan kantong goni menunjukkan persentase daya berkecambah yang secara signifikan lebih rendah.

Indeks Vigor

Hasil pengamatan terhadap nilai indeks vigor benih menunjukkan perlakuan penyimpanan benih yang disimpan selama dua bulan didalam botol kaca dengan tutup alumunium foil mendapatkan hasil paling tinggi dengan nilai 88,8400 tetapi tidak berbeda nyata dengan pelakuan penyimpanan pada plastik klep dan kertas

Tabel 2 Nilai Rataan Indeks vigor benih padi pada berbagai perlakuan media simpan

Perlakuan (Media Simpan)	Indeks Vigor
Kontrol (A)	93,5075
Botol Kaca (D)	88,8400
Plastik Klep (B)	83,5500
Kertas (C)	82,9075

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Bahan pengemas kantong plastik polietilen menghasilkan rata-rata daya kecambah yang relatif stabil, namun masih berada di bawah bahan pengemas botol kaca

dengan penutup aluminium foil. Hal ini disebabkan karena plastik polietilen dengan ketebalan 0,8 mm masih memiliki permeabilitas terhadap gas, sehingga gas-gas dari luar, khususnya oksigen, masih dapat masuk dan memungkinkan terjadinya pertukaran udara antara benih dan atmosfer luar. Meskipun demikian, kemasan plastik polietilen memiliki daya regang yang cukup baik dan struktur material yang relatif rapat dibandingkan kemasan porous seperti kertas, sehingga masih mampu menjaga daya berkecambah benih tetap stabil selama penyimpanan (Qu *et al.*, 2022). Namun, dibandingkan dengan penutup aluminium foil yang bersifat lebih kedap terhadap uap air dan gas, kemasan polietilen memiliki tingkat permeabilitas yang lebih tinggi, sehingga mutu benih yang disimpan di dalamnya cenderung lebih rendah dibandingkan benih yang disimpan dalam kemasan aluminium foil. Temuan ini didukung oleh berbagai studi viabilitas benih yang menunjukkan bahwa kemasan polietilen mampu mempertahankan viabilitas benih dengan baik, namun umumnya masih berada di bawah kemasan aluminium foil yang lebih kedap. Sejalan dengan hal tersebut, Dadlani & Yadava, (2023) menyatakan bahwa kemasan kedap air dengan laju transmisi uap air yang rendah, seperti yang terbuat dari polietilen, poliester, selofan, dan aluminium foil, umum digunakan untuk kemasan berukuran kecil yang tertutup rapat. Beberapa bahan kemasan, seperti poliester dan aluminium foil, juga memiliki permeabilitas yang rendah terhadap CO₂ dan O₂, sehingga sesuai untuk penyegelan vakum atau pengisian dengan gas inert guna memperlambat proses penuaan benih

Keserempakan Tumbuh

Hasil perhitungan nilai rata-ran terhadap peubah keserempakan tumbuh benih yang diamati disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Rataan Keserempakan Tumbuh Benih padi pada Berbagai Jenis kemasan

Perlakuan (Media Simpan)	Keserempakan Tumbuh
Kontrol (A)	98,6375a
Botol Kaca (D)	96,9775ab
Plastik Klep (B)	92,1800ab
Kertas (C)	87,5425b

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Keserempakan tumbuh benih menunjukkan vigor suatu lot benih, suatu lot benih memiliki vigor tumbuh yang bervariasi, sehingga kecambah yang tumbuh normal dapat dikelompokkan menjadi normal kuat dan normal kurang kuat (Widajati, 2014). Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai keserempakan tumbuh benih yang diuji berkisar 87,54 % - 98,63 % %. Hasil ini menunjukkan bahwa benih-benih tersebut mempunyai keserempakan tumbuh yang tinggi. Menurut Sadjad (1993) nilai keserempakan tumbuh berkisar antara 40 – 70 persen, dimana jika nilai keserempakan tumbuh lebih besar dari 70% mengindikasikan vigor kekuatan tumbuh sangat tinggi dan keserempakan kurang dari 40% mengindikasikan kelompok benih yang kurang vigor. Keserempakan tumbuh benih yang tinggi mengindikasikan vigor kekuatan tumbuh absolute yang tinggi karena suatu kelompok benih yang menunjukkan pertumbuhan serempak dan kuat akan memiliki kekuatan tumbuh yang tinggi (Fatikhasari *et al.*, 2022).

Keserempakan tumbuh tertinggi terdapat pada perlakuan penyimpanan pada botol kaca yang ditutup dengan alumunium foil dengan nilai rata-rata 96,9775 hasil tersebut tidak berbedanya dengan perlakuan kontrol dan perlakuan penyimpanan pada plastik klep, tetapi hasil berbedanya dengan perlakuan penyimpanan pada media kertas yang mendapatkan nilai rata-rata sebesar 87,5425. Nilai keserempakan tumbuh benih yang menunjukkan nilai peubah dari parameter vigor benih menggambarkan potensi benih untuk cepat tumbuh, munculnya seragam dan pengembangan bibit normal dalam berbagai kondisi lapangan (Reed *et al.*, 2022).

Kecepatan Tumbuh

Keserempakan tumbuh (Tabel 4) tertinggi terdapat pada perlakuan penyimpanan pada botol kaca yang ditutup dengan alumunium foil dengan nilai rata-rata 0,06750 hasil tersebut tidak berbedanya dengan perlakuan kontrol dan perlakuan penyimpanan pada plastik klep, tetapi hasil berbedanya dengan perlakuan penyimpanan pada media kertas yang mendapatkan nilai rata-rata sebesar 0,05900.

Tabel 4 Nilai Rataan Kecepatan Tumbuh Benih padi pada Berbagai Jenis kemasan

Perlakuan (Media Simpan)	Kecepatan Tumbuh
Kontrol (A)	7,75a
Botol Kaca (D)	6,75ab
Plastik Klep (B)	6,67ab
Kertas (C)	5,90b

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Kecepatan tumbuh mengindikasikan vigor kekuatan tumbuh benih karena benih yang cepat tumbuh lebih mampu menghadapi kondisi lapang yang suboptimal. Berdasarkan hasil yang didapat, maka benih-benih ini memiliki kecepatan tumbuh yang kuat. Hal ini sesuai dengan pendapat Sadjad (1993), yang juga memberi kriteria bila benih mempunyai kecepatan tumbuh lebih besar dari 30 persen memiliki vigor kecepatan tumbuh yang kuat. Benih yang cepat berkecambah lebih mampu melewati kondisi cekaman lapang di lapang produksi (Sari & Faisal, 2017).

Kecepatan tumbuh benih yang tinggi menunjukkan bahwa selama penyimpanan benih mampu mempertahankan cadangan makanannya dan menekan laju respirasi, sehingga energi yang tersedia saat perkecambahan tetap besar. Kondisi ini memungkinkan benih berkecambah dan muncul lebih cepat serta memiliki kekuatan tumbuh yang tinggi. Kecepatan tumbuh merupakan indikator vigor benih, karena benih yang tumbuh lebih cepat umumnya memiliki vigor yang lebih baik dan lebih mampu beradaptasi pada kondisi lapang yang kurang optimal dibandingkan benih dengan vigor rendah (Lesilolo *et al.*, 2013; Tambunsaribu *et al.*, 2017; Widajati, 2014).

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Penelitian ini secara sistematis mengevaluasi pengaruh jenis kemasan terhadap mutu fisiologis benih ortodoks selama penyimpanan delapan minggu pada kondisi ruang terbuka, dengan menilai daya berkecambah, indeks vigor, keserempakan tumbuh, dan kecepatan tumbuh sebagai indikator utama viabilitas dan vigor. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis kemasan berpengaruh terhadap mutu fisiologis benih ortodoks selama penyimpanan delapan minggu. Kemasan botol kaca berpenutup aluminium foil mampu mempertahankan daya berkecambah hingga 96,72%, indeks vigor 88,84%, keserempakan tumbuh 96,97%, dan kecepatan tumbuh 6,75%/etmal. Nilai tersebut relatif lebih tinggi dibandingkan kemasan plastik klep, dan berbeda cukup nyata dibandingkan kemasan kertas yang menunjukkan daya berkecambah lebih rendah (87,04%) serta kecepatan tumbuh 5,90%/etmal. Perbedaan ini menggambarkan bahwa kemampuan kemasan dalam membatasi pertukaran uap air dan gas berkontribusi terhadap stabilitas fisiologis benih selama penyimpanan. Secara praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan kemasan dengan sifat lebih kedap dapat membantu mempertahankan viabilitas dan vigor benih ortodoks pada penyimpanan jangka pendek dalam kondisi ruang terbuka. Hasil penelitian ini berpotensi menjadi dasar empiris yang lebih aplikatif bagi pengelolaan penyimpanan benih ortodoks di kalangan petani.

Saran

Penggunaan kemasan botol kaca dengan penutup aluminium foil disarankan sebagai metode penyimpanan benih ortodoks karena mampu mempertahankan mutu fisiologis benih paling baik selama masa penyimpanan. Untuk aplikasi praktis, kemasan ini direkomendasikan terutama pada penyimpanan benih jangka pendek hingga menengah. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji lama penyimpanan yang lebih panjang, variasi kadar air awal benih, serta kombinasi jenis kemasan dengan kondisi lingkungan penyimpanan (suhu dan kelembapan) guna memperoleh informasi yang lebih komprehensif tentang teknik penyimpanan benih yang optimal.

Daftar Pustaka

- Berhe, M., Subramanyam, B., Demissie, G., Chichaybelu, M., Abera, F.A., Mahroof, R., Harvey, J., 2024. Impact of storage technologies and duration on insect Pest population, post-harvest losses, and seed quality of stored chickpea in Ethiopia. *Pest Management Science* 80, 518–532.
- Dadlani, M., Yadava, D.K., 2023. *Seed science and technology: biology, production, quality*. Springer.
- Fatikhasari, Z., Lailaty, I.Q., Sartika, D., Ubaidi, M.A., 2022. Viabilitas dan vigor benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.), kacang hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), dan jagung (*Zea mays* L.) pada temperatur dan tekanan osmotik berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 27, 7–17.
- Hayati, R., Pian, Z.A., Syahril, A., 2011. Pengaruh tingkat kemasakan buah dan cara penyimpanan terhadap viabilitas dan vigor benih kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Floratek* 6, 114–123.
- Khamid, M.B.R., Bayfurqon, F.M., Saputro, N.W., 2019. Respon Viabilitas Dan Vigor Benih Timun Apel (*Cucumis melo* L.) Akibat Perlakuan Matricconditioning Dan Konsentrasi Zpt Giberelin.
- Kolo, E., Tefa, A., 2016. Pengaruh kondisi simpan terhadap viabilitas dan vigor benih tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Savana Cendana* 1, 112–115.
- Lesilolo, M., Riry, J., Matatula, E., 2013. Pengujian viabilitas dan vigor benih beberapa jenis tanaman yang beredar di pasaran kota Ambon. *Agrologia* 2, 288783.
- Obon, C., Pardo-Pina, S., Johnson, D., Rivera, D., 2025. Orthodox vs. Recalcitrant? Germination and Early Growth of Phoenix Species (*Arecaceae*) Stored for up to Ten Years. *Horticulturae* 11, 537.
- Paul, A., Bordolui, S.K., 2025. Improving Rice Seed Longevity: Impact of Storage Containers, Conditions and Seed Moisture during Storage. *Journal of Experimental Agriculture International* 47, 620–632.
- Puspitaningtyas, I., Anwar, S., Karno, K., 2018. Perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn.) dengan invigorasi menggunakan zat pengatur tumbuh pada periode simpan yang berbeda. *Journal of Agro Complex* 2, 148–154.
- Qu, P., Zhang, M., Fan, K., Guo, Z., 2022. Microporous modified atmosphere packaging to extend shelf life of fresh foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62, 51–65.

- Ranganathan, U., Groot, S.P.C., 2023. Seed Longevity and Deterioration, in: Dadlani, M., Yadava, D.K. (Eds.), *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality*. Springer Nature Singapore, Singapore, pp. 91–108. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_5
- Reed, R.C., Bradford, K.J., Khanday, I., 2022. Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity* 128, 450–459.
- Sadjad, S., 1993. *Dari benih kepada benih*. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Sari, W., Faisal, M.F., 2017. Pengaruh media penyimpanan benih terhadap viabilitas dan vigor benih padi pandanwangi. *Agroscience* 7, 300–310.
- Shafat, S., Bera, K., Mukherjee, S., Mutum, B., Chaudhuri, K.M., Dutta, P., 2025. Influence of conditions and packaging materials on physiological quality parameters of wheat seeds during storage. *Journal of Stored Products Research* 111, 102566.
- Sukarman & Rusmin, D., 2000. Penanganan benih rekalsitran. *Bulletin Plasma Nutfah* 6, 7–15.
- Tambunsaribu, D.W., Anwar, S., Lukiwati, D.R., 2017. Viabilitas benih dan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L) pada beberapa jenis media simpan dan tingkat kelembaban. *Jurnal Agro Complex* 1, 135–142.
- Tiwari, R.S., Chandra, K.K., Dubey, S., Tripathi, S., 2022. Influence of packaging materials and storage conditions on seed germination ability and biochemical changes in some medicinal plants of Indian forests. *Frontiers in Forests and Global Change* 5, 868237.
- Wibowo, A., Majid, N.K., 2011. *Pengawetan Buah Strawberry (Fragaria x ananassa) dengan Metode Pelapisan Menggunakan Karaginan dari Rumput Laut (Eucheuma spinosum) (Tugas Akhir)*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Widajati, E., 2014. *Dasar ilmu dan teknologi benih*. PT Penerbit IPB Press.