

Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Kedelai (*Glycine max* L.) pada Suhu Kamar

Desfal Triati*

Universitas Andalas, Dharmasraya, Indonesia

desfaltriati@agr.unand.ac.id*

| Received: 07/08/2024 | Revised: 13/07/2025 | Accepted: 14/07/2025 |

Copyright©2025 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstrak

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan komoditas strategis yang membutuhkan benih bermutu tinggi untuk meningkatkan produksi dalam negeri. Namun, benih kedelai memiliki masa simpan terbatas terutama pada suhu kamar, yang dapat menurunkan mutu fisiologis. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penurunan mutu benih kedelai selama penyimpanan pada suhu kamar. Penelitian dilakukan di Laboratorium Agroekoteknologi Universitas Andalas menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua perlakuan lama penyimpanan benih (3 dan 6 bulan), masing-masing dengan empat ulangan. Parameter yang diamati meliputi potensi tumbuh maksimum, daya kecambah, indeks vigor, dan keserempakan tumbuh. Hasil menunjukkan penyimpanan selama 3 bulan mempertahankan mutu fisiologis benih lebih baik dibanding 6 bulan. Potensi tumbuh maksimum menurun dari 85% menjadi 25%, daya kecambah dari 90% menjadi 47%, indeks vigor dari 47 menjadi 6, dan keserempakan tumbuh dari 43% menjadi 5%. Disimpulkan bahwa penyimpanan benih kedelai pada suhu kamar sebaiknya tidak melebihi tiga bulan untuk menjaga mutu fisiologis benih. Temuan ini memberikan informasi teknis penting bagi pengelolaan stok benih kedelai.

Kata kunci: benih kedelai, penyimpanan, suhu kamar, viabilitas, vigor

Abstract

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is a strategic crop requiring high-quality seeds to improve domestic production. However, soybean seeds have a limited storage life, especially at ambient temperature, which can reduce their physiological quality. This study aimed to identify the decline in seed quality during storage at room temperature. The experiment was conducted at the Agroecotechnology Laboratory, Universitas Andalas, using a Completely Randomized Design with two seed storage durations (3 and 6 months), each with four replications. Observed parameters included maximum germination potential, germination rate, vigor index, and germination uniformity. Results showed that seeds stored for 3 months maintained significantly higher physiological quality than those stored for 6 months. Maximum germination potential decreased from 85% to 25%, germination rate from 90% to

47%, vigor index from 47 to 6, and uniformity from 43% to 5%. It is concluded that soybean seed storage at ambient temperature should not exceed three months to preserve physiological quality. These findings provide important technical guidance for soybean seed management.

Keywords: soybean seed, storage, room temperature, viability, vigor

Pendahuluan

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan salah satu komoditas pangan strategis nasional setelah padi dan jagung. Kedelai memiliki peran penting dalam penyediaan sumber protein nabati bagi masyarakat Indonesia, terutama dalam bentuk produk olahan seperti tahu, tempe, dan susu kedelai. Tingginya konsumsi masyarakat terhadap produk-produk berbasis kedelai menjadikan komoditas ini sangat penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional.

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pola makan sehat berbasis protein nabati, permintaan terhadap kedelai terus mengalami peningkatan. Namun, produksi kedelai dalam negeri belum mampu mengimbangi laju peningkatan kebutuhan tersebut. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Tanaman Pangan (2024), target produksi kedelai nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 334 ribu ton, sedangkan proyeksi kebutuhan mencapai 2,75 juta ton. Ketimpangan antara kebutuhan dan ketersediaan ini menunjukkan adanya defisit produksi sebesar lebih dari 2,4 juta ton, yang hingga saat ini masih ditutupi melalui impor.

Ketergantungan terhadap kedelai impor tidak hanya memberikan tekanan terhadap neraca perdagangan nasional, tetapi juga menimbulkan kerentanan terhadap fluktuasi harga dan pasokan global. Oleh karena itu, upaya peningkatan produksi kedelai dalam negeri menjadi suatu keharusan. Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah melalui penyediaan benih bermutu tinggi. Benih yang bermutu tidak hanya menentukan keberhasilan pertumbuhan tanaman di lapangan, tetapi juga menjadi pondasi utama dalam peningkatan produktivitas.

Ketersediaan benih bermutu perlu diketahui tidak hanya ditentukan oleh kualitas saat panen, tetapi juga oleh kemampuannya mempertahankan mutu selama penyimpanan sebelum digunakan. Dalam praktiknya, banyak petani maupun penangkar benih yang menyimpan benih di suhu kamar karena keterbatasan fasilitas penyimpanan bersuhu rendah. Kondisi ini berpotensi menurunkan viabilitas dan vigor benih akibat kemunduran fisiologis, yang dipengaruhi oleh faktor internal seperti kadar air dan viabilitas awal, serta faktor eksternal seperti suhu, kelembapan, dan jenis kemasan (Sopian et al., 2021).

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengkaji pengaruh kondisi penyimpanan terhadap mutu benih kedelai. Studi oleh Perdana et al., (2023) menunjukkan bahwa kombinasi antara lama penyimpanan dan suhu simpan berpengaruh signifikan terhadap kadar air, daya kecambah, indeks vigor, dan kecepatan tumbuh benih coating kedelai—di mana penyimpanan 8 minggu pada suhu rendah memberikan hasil terbaik. Penelitian lain oleh Endrawati & Ardi, (2022) melaporkan bahwa varietas lokal seperti Dering dan Argomulyo mengalami penurunan mutu fisiologis setelah disimpan selama 2–3 bulan, dengan mutu tertinggi dicapai pada penyimpanan 1 bulan.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada penyimpanan dengan kondisi suhu rendah atau membandingkan beberapa varietas tertentu, sehingga informasi mengenai pola penurunan mutu benih kedelai selama penyimpanan di suhu kamar pada varietas yang umum digunakan petani masih terbatas. Padahal, kondisi ini lebih relevan dengan situasi di lapangan, terutama bagi petani di daerah yang tidak memiliki fasilitas penyimpanan terkendali.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi penurunan mutu fisiologis benih kedelai selama penyimpanan di suhu kamar. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis mengenai durasi penyimpanan optimal untuk mempertahankan viabilitas dan vigor benih kedelai dalam kondisi penyimpanan sederhana yang umum dilakukan oleh petani.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Agustus di Laboratorium Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Andalas Kampus III Dharmasraya, dengan suhu ruang rata-rata berkisar antara 25–28 °C. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas benih kedelai varietas detap 1 yang telah disimpan selama 3 bulan (P₁) dan 6 bulan (P₂). Bahan lain yang digunakan meliputi air suling dan kertas merang sebagai media semai. Alat yang digunakan meliputi baki, alat semprot air, mistar, serta alat dokumentasi dan tulis.

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas dua perlakuan, yaitu: P₁: Benih kedelai yang disimpan selama 3 bulan dan P₂: Benih kedelai yang disimpan selama 6 bulan. Setiap perlakuan diulang sebanyak empat kali, sehingga terdapat delapan satuan percobaan secara keseluruhan. Benih dari masing-masing perlakuan diambil secara acak dari tempat penyimpanan. Pemeriksaan visual dilakukan untuk memastikan benih tidak mengalami kerusakan fisik dan tetap dalam kondisi kering. Benih disimpan sebelumnya pada suhu kamar (±25–28 °C).

Uji Perkecambahan (Metode Gulung Kertas) Sebanyak 25 butir benih dari masing-masing ulangan disusun di atas kertas merang yang telah dibasahi secara merata. Kertas digulung dengan rapi dan diletakkan secara tegak dalam baki plastik yang dilapisi plastik transparan. Inkubasi dilakukan selama 7 hari pada suhu kamar. Air disemprotkan setiap hari untuk menjaga kelembaban media. Pengamatan dilakukan pada hari ke-5 dan hari ke-7 setelah tanam untuk mengevaluasi parameter perkecambahan adapun yang diamati adalah:

a. Potensi tumbuh maksimum

Perhitungan potensi tumbuh maksimum dilakukan dengan menjumlahkan kecambah normal dan abnormal yang teramati pada 7 HST. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$PTM (\%) = \frac{\sum \text{benih yang tumbuh}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

b. Daya kecambah

Daya kecambah dihitung berdasarkan jumlah benih yang berkecambah normal pada hari ke-5 dan ke-7 setelah tanam (HST). Perhitungan daya kecambah dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$DB (\%) = \frac{\sum KN \text{ Hitungan I} + \sum KN \text{ Hitungan II}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

Keterangan :

KN = Kecambah Normal

c. Indeks vigor

Indeks vigor ditentukan berdasarkan jumlah kecambah normal yang muncul pada pengamatan pertama (first count), yaitu pada hari kelima setelah tanam (ISTA, 2010).

$$IV (\%) = \frac{\sum KN \text{ kecambah normal pada hitungan pertama}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

d. Keserempakan Tumbuh (Kst)

Keserempakan tumbuh (Kst) dihitung berdasarkan persentase benih yang berkecambah normal dan kuat pada pengamatan hari ke-6 setelah tanam (HST). Nilai keserempakan tumbuh diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Kst = \frac{\sum KN \text{ kecambah hari ke - 6}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

Potensi Tumbuh Maksimum

Berdasarkan hasil penelitian, masa simpan benih kedelai pada suhu ruang secara nyata memengaruhi potensi tumbuh maksimum (Tabel 1). Benih yang disimpan selama 3 bulan memiliki potensi tumbuh maksimum sebesar 85%, secara signifikan lebih tinggi dibandingkan benih yang disimpan selama 6 bulan, yang hanya menunjukkan potensi tumbuh sebesar 25%. Perbedaan ini ditunjukkan oleh notasi huruf yang berbeda pada uji lanjut, yang mengindikasikan bahwa terjadi penurunan mutu fisiologis benih seiring bertambahnya lama penyimpanan.

Tabel 1. Pengaruh lama penyimpanan terhadap potensi tumbuh maksimum benih kedelai

Perlakuan Penyimpanan	Potensi Tumbuh Maksimum (%)
3 Bulan	85 ^a
6 Bulan	25 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan sangat nyata pada taraf 5% berdasarkan uji ANOVA (F hitung = 112,5; P < 0,05)

Penurunan potensi tumbuh tersebut kemungkinan besar disebabkan oleh proses degradasi metabolik yang berlangsung selama masa penyimpanan. Seiring waktu, benih mengalami kerusakan pada struktur internal, khususnya membran sel yang mulai kehilangan integritasnya.

Hal ini menyebabkan meningkatnya kebocoran elektrolit yang menunjukkan bahwa membran sel tidak lagi mampu mempertahankan kestabilan ionik di dalam sel (Bewley et al., 2013). Selain itu, aktivitas enzim-enzim penting dalam proses perkecambahan, seperti α -amilase, protease, dan lipase, juga cenderung menurun pada benih yang telah disimpan dalam waktu lama (Copeland & McDonald, 2001). Penurunan aktivitas enzim tersebut menyebabkan proses mobilisasi cadangan makanan, seperti pati, protein, dan lipid, menjadi terhambat, sehingga pertumbuhan embrio terganggu bahkan gagal berkembang.

Temuan ini menguatkan bahwa penyimpanan benih dalam jangka waktu lama, terutama tanpa pengaturan suhu dan kelembaban yang optimal, dapat menurunkan daya simpan dan mutu fisiologis benih secara signifikan. Penyimpanan pada suhu ruang yang cenderung tinggi dan kelembaban relatif yang tidak terkontrol dapat mempercepat respirasi benih serta meningkatkan risiko kerusakan akibat cendawan atau oksidasi lipid (ISTA, 2010). Oleh karena itu, untuk mempertahankan viabilitas dan vigor benih, perlu dilakukan manajemen penyimpanan yang baik, seperti penggunaan wadah kedap udara, penyimpanan di suhu rendah (sekitar 10–15°C), serta pengendalian kelembaban ruang simpan pada kisaran 50–60% RH. Dengan demikian, kualitas benih dapat tetap terjaga hingga waktu tanam, serta menjamin pertumbuhan awal tanaman yang lebih seragam dan optimal di lapangan.

Penurunan potensi tumbuh maksimum benih kedelai dari 85 % setelah penyimpanan selama 3 bulan menjadi 25 % pada periode 6 bulan mengindikasikan penurunan viabilitas dan vigor yang drastis akibat durasi simpan yang lebih panjang. Fenomena serupa dilaporkan oleh (Numba et al., 2024), yang menyebutkan bahwa perlakuan penyimpanan tidak memadai dapat mempercepat kemunduran mutu fisiologis benih kedelai, khususnya pada suhu kamar tanpa kontrol kelembaban yang optimal.

Daya Kecambah

Berdasarkan hasil penelitian, masa penyimpanan benih kedelai pada suhu ruang terbukti memengaruhi daya kecambah secara nyata (Tabel 2). Benih yang disimpan selama 3 bulan memiliki daya kecambah sebesar 90%, secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan benih yang disimpan selama 6 bulan yang hanya mampu berkecambah sebesar 47%. Perbedaan yang signifikan ini ditunjukkan oleh notasi huruf yang berbeda pada hasil uji lanjut, mengindikasikan adanya kemunduran fisiologis benih seiring bertambahnya masa penyimpanan.

Tabel 2. Pengaruh lama penyimpanan terhadap daya kecambah benih kedelai

Perlakuan	Daya Kecambah (%)
3 Bulan	90 ^a
6 Bulan	47 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5% berdasarkan uji ANOVA (F hitung = 18,75; $P < 0,05$)

Penurunan daya kecambah ini kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya kerusakan sel akibat penuaan benih, seperti rusaknya membran sel, terganggunya metabolisme

enzim, serta akumulasi senyawa beracun hasil reaksi oksidasi lemak selama penyimpanan. Oksidasi lemak menghasilkan senyawa radikal bebas yang dapat merusak komponen seluler, termasuk protein dan asam nukleat, sehingga proses fisiologis benih terganggu (Sutopo, 2016). Di samping itu, kerusakan pada membran sel menyebabkan meningkatnya kebocoran elektrolit, yang merupakan indikator menurunnya integritas sel (Wahyuni & Heryani, 2018). Hal ini menyebabkan ketidakseimbangan osmotik yang berakibat terganggunya penyerapan air saat imbibisi, sehingga proses metabolisme awal benih tidak berlangsung optimal.

Pengelolaan penyimpanan yang baik menjadi faktor penting dalam menjaga mutu benih, khususnya untuk mempertahankan daya kecambah selama periode simpan. Penyimpanan yang ideal sebaiknya dilakukan dalam wadah kedap udara dan lingkungan bersuhu rendah dengan kelembaban yang terkontrol. Selain itu, perlakuan pendahuluan sebelum penyimpanan seperti pengeringan hingga kadar air ideal (sekitar 8–10% untuk kedelai) dapat membantu memperpanjang viabilitas benih. Dengan demikian, keberhasilan pertanaman di lapangan akan lebih terjamin karena benih yang digunakan masih memiliki daya kecambah tinggi dan vigor yang baik.

Temuan ini selaras dengan laporan Ali et al., (2018) yang menunjukkan bahwa benih kedelai dengan kadar air awal rendah (6–8 %) mampu mempertahankan daya kecambah hingga 75–85% setelah penyimpanan panjang selama 200 hari (6–7 bulan), sementara kadar air awal yang lebih tinggi menyebabkan penurunan drastis menjadi kurang dari 25 %. Ramdan et al., (2022) melaporkan bahwa suhu rendah (4 °C) dengan kelembapan rendah (30 %) mempertahankan daya kecambah antara 96,7–100 % dan mencegah infeksi patogen selama tiga minggu. Demikian pula, Perdana et al., (2022) Perdana et al. (2022) menemukan bahwa kombinasi suhu dingin (6 °C) dengan penyimpanan hingga delapan minggu memberikan efektivitas tinggi dalam mempertahankan viabilitas dan vigor benih coating kedelai dibandingkan dengan suhu ruang (27 °C).

Indeks Vigor

Berdasarkan hasil penelitian, masa simpan terbukti secara nyata memengaruhi indeks vigor benih kedelai (Tabel 3). Benih yang disimpan selama 3 bulan memiliki nilai indeks vigor sebesar 47, secara nyata lebih tinggi dibandingkan dengan benih yang disimpan selama 6 bulan yang hanya mencapai 6. Perbedaan yang ditunjukkan oleh notasi huruf berbeda mengindikasikan bahwa peningkatan lama simpan menyebabkan penurunan drastis terhadap vigor benih.

Indeks vigor merupakan indikator penting yang mencerminkan kemampuan benih untuk tumbuh cepat dan seragam dalam kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Penurunan indeks vigor pada penyimpanan 6 bulan menunjukkan bahwa benih mengalami degradasi fisiologis yang cukup parah, yang dapat disebabkan oleh penurunan integritas membran sel, peningkatan respirasi, dan akumulasi senyawa toksik selama masa simpan. Hal ini berdampak pada keterlambatan dan ketidakaturan dalam proses perkecambahan serta pertumbuhan awal tanaman.

Delouche, (2021) menyatakan bahwa suhu simpan dan kelembapan merupakan faktor utama dalam laju kemunduran benih kedelai—semakin tinggi suhu dan kadar air, semakin cepat penurunan vigor terjadi. Ini konsisten dengan hasil yang memperlihatkan indeks vigor hanya mencapai 6 setelah 6 bulan pada suhu kamar.

Tabel 3. Pengaruh lama penyimpanan terhadap indeks vigor benih kedelai

Perlakuan	Indeks Vigor
3 Bulan	47 ^a
6 Bulan	6 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan sangat nyata pada taraf 5% berdasarkan uji ANOVA (F hitung = 49; P < 0,05)

Keserempakan Tumbuh (Kst)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa masa penyimpanan benih kedelai secara signifikan memengaruhi keserempakan tumbuh. Benih yang disimpan selama 3 bulan memiliki keserempakan tumbuh sekitar 43 %, sedangkan setelah 6 bulan hanya tersisa 5 %. Perbedaan ini, yang ditandai oleh notasi huruf superskrip berbeda, menunjukkan bahwa keserempakan tumbuh benih menurun drastis seiring bertambahnya waktu simpan.

Penurunan keserempakan tumbuh benih kedelai dari 43% ke hanya 5% menggambarkan gangguan serius pada serempak waktu dan kecepatan perkecambahan benih. Kondisi ini biasanya terjadi karena degradasi fisiologis benih yang memperlebar variasi waktu mulai berkecambah dalam satu populasi benih.

Fenomena ini diperkuat oleh temuan dari Ebone et al., (2020), yang menunjukkan bahwa benih kedelai dengan vigor tinggi (≥ 89 %) memiliki tingkat keserempakan dan kecepatan muncul lebih baik dibandingkan benih dengan vigor rendah (<50 %). Benih dengan vigor tinggi memunculkan tumbuh serempak lebih tepat waktu dan merata, sedangkan vigor rendah menyebabkan munculnya germinasi tidak seragam dan tertunda.

Selain itu, ulasan oleh Xing et al., (2025) menguraikan mekanisme molekuler dari degradasi benih melalui akumulasi ROS dan kerusakan makromolekuler yang memengaruhi konsistensi fisiologi perkecambahan—dengan konsekuensi langsung pada hilangnya keserempakan tumbuh secara tajam dalam periode simpan lama.

Secara fisiologi, penurunan keserempakan tumbuh tersebut dapat terjadi karena ketidakseragaman kondisi metabolik antar benih—hasil dari degradasi acak pada membran sel, aktivitas enzim, serta akumulasi stres oksidatif. Tanpa perlakuan proteksi seperti priming atau kontrol kelembapan dan suhu simpan, varians waktu perkecambahan antar benih akan semakin besar.

Tabel 4. Pengaruh lama penyimpanan terhadap keserempakan tumbuh benih kedelai

Perlakuan	Keserempakan Tumbuh (%)
3 Bulan	43 ^a
6 Bulan	5 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan perbedaan sangat nyata pada taraf 5% berdasarkan uji ANOVA (F hitung = 52,36; P < 0,05)

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan benih kedelai pada suhu kamar selama 3 bulan masih mempertahankan mutu fisiologis yang baik, namun penyimpanan selama 6 bulan menyebabkan penurunan signifikan pada potensi tumbuh, daya kecambah, indeks vigor, dan keserempakan tumbuh. Penurunan mutu ini disebabkan oleh kerusakan fisiologis akibat kondisi penyimpanan yang kurang optimal. Oleh karena itu, durasi penyimpanan benih kedelai di suhu kamar sebaiknya tidak lebih dari 3 bulan untuk menjaga kualitas benih.

Daftar Pustaka

- Aldi Perdana, M., al, et, Retno Moeljani, I., & Pongki Soedjarwo, D. (2023). *Pengaruh Masa Simpan dan Suhu Simpan Terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Coating Kedelai Effect of Storage Periods and Storage Temperatures on Viability and Vigor of Seed Coating of Soybean*. 20(1).
- Ali, M. R., Rahman, M. M., Wadud, M. A., Fahim, A. H. F., & Nahar, M. S. (2018). *Effect of Seed Moisture Content and Storage Container on Seed Viability and Vigour of Soybean. In Bangladesh Agron. J* (Vol. 2017, Issue 1).
- Bewley, J. D., Bradford, K., & Hilhorst, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer.
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2001). *Principles of Seed Science and Technology* (4th ed.). Kluwer Academic Publishers.
- Delouche, J. C. (2021). *Physiological Changes During Storage That Affect Soybean Seed Quality* (Vol. 123). <https://scholarsjunction.msstate.edu/seedtechpapers/123>
- Ebone, L. A., Caverzan, A., Tagliari, A., Chiomento, J. L. T., Silveira, D. C., & Chavarria, G. (2020). Soybean seed vigor: Uniformity and growth as key factors to improve yield. *Agronomy*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy10040545>
- Endrawati, T., & Ardi, A. K. (2022). Uji Lama Simpan benih Kedelai Varietas Dering dan Argomulyo terhadap Mutu Fisiologi Benih. *Journal Viabel Pertanian*, 16(2), 130–139. <http://ejournal.unisbablitar.ac.id/index.php/viabel>
- Ramdan, E. P., Kanny, P. I., Pribadi, E. M., & Budiman, B. (2022). Peranan Suhu dan Kelembaban Selama Penyimpanan Benih Kedelai Terhadap Daya Kecambah dan Infeksi Patogen Tular Benih. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(3), 389. <https://doi.org/10.23960/jat.v10i3.5136>
- Sopian, K. A., Nurmauli, N., Ginting, Y. C., Agroteknologi, J., & Pertanian, F. (2021). *Effect Of Variety and Moisture on Seed Viability of Soybean (Glycine max [L.] Merrill) Post Storage Seventeen Months*.
- Sudirman Numba, Netty Syam, Jabal Rahmat Ashar, & Fatmawati. (2024). Viabilitas dan Vigor Benih Kedelai (Glycine max L.) pada Media Matricconditioning Berbahan Organik dan Anorganik. *Jurnal Galung Tropika*, 13(1), 45–58. <https://doi.org/10.31850/jgt.v13i1.1225>
- Sutopo, L. (2016). *Fisiologi benih: Teori dan aplikasinya dalam teknologi benih*. Bumi Aksara.

Wahyuni, S., & Heryani, Y. (2018). *Teknologi penyimpanan benih*. Malang.

Xing, W., Li, Y., Zhou, L., Hong, H., Liu, Y., Luo, S., Zou, J., Zhao, Y., Yang, Y., Xu, Z., & Tan, B. (2025). Deciphering Seed Deterioration: Molecular Insights and Priming Strategies for Revitalizing Aged Seeds. In *Plants* (Vol. 14, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/plants14111730>