

**PENGARUH KONSENTRASI POLIETILEN GLIKOL DAN LAMA
PENYIMPANAN TERHADAP VIABILITAS BENIH KAWISTA**

***THE EFFECT OF POLYETHYLENE GLYCOL CONCENTRATION AND
STORAGE TIME ON THE VIABILITY OF WOOD APPLE SEEDS***

¹Endang Dewi Murrinie¹, Nindya Arini², Tafiz Rizka Nurhayati³

^{1,2,3} Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muria Kudus

ABSTRACT

Wood apple (Feronia limonia (L.) Swingle) plants are currently classified as rare and endangered, so they require the development of new plant populations. Wood apple plants only bear fruit once a year, with seed harvest time ranging from 8-9 months after anthesis; therefore, seeds are not available throughout the year. To ensure the availability of wood apple seeds, it is necessary to store them, but stored seeds generally decrease in viability due to chemical changes that occur within the seeds. The study aimed to determine the effect of polyethylene glycol (PEG) concentration and storage time on the viability of wood apple seeds. The study was a factorial experiment consisting of two factors using a complete random design that was repeated three times. The first factor is the concentration of PEG, which consists of four levels: 0%, 20%, 40%, and 60%. The second factor is that the storage length consists of three levels, namely 0, 12, and 18 months. The data from the study were analyzed and further tested using Duncan's Multiple Range Test at a 5% significance level. The results showed that the concentration of polyethylene glycol had an effect on the percentage and rate of germination of wood apple seeds, but had no effect on the growth of germination. The storage time does not affect the percentage and rate of germination, but it does affect the growth of germination. Wood apple seeds stored for longer than 12 months exhibit declining sprout growth.

Key words: polyethylene glycol, seed, storage time, viability, wood apple

INTISARI

Kawista (*Feronia limonia (L.) Swingle*) merupakan tanaman buah berbentuk pohon yang bermanfaat antara lain sebagai bahan baku minuman dan makanan. Tanaman kawista saat ini termasuk dalam kategori tanaman langka yang terancam punah sehingga perlu pengembangan populasi tanaman. Tanaman kawista hanya berbuah sekali dalam satu tahun dengan waktu panen benih berkisar 8-9 bulan setelah antesis, oleh karena itu benih tidak tersedia sepanjang tahun. Guna menjamin ketersediaan benih kawista diperlukan penyimpanan benih, namun benih yang disimpan umumnya menurun viabilitasnya karena perubahan kimiawi yang terjadi dalam benih. Perlakuan dengan polietilen glikol mampu meningkatkan viabilitas benih yang telah disimpan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi polietilen glikol (PEG) dan lama penyimpanan terhadap viabilitas benih kawista. Penelitian merupakan percobaan faktorial terdiri dari dua faktor dengan menggunakan rancangan acak lengkap yang diulang tiga kali yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Muria Kudus. Faktor pertama adalah konsentrasi polietilen glikol, terdiri dari empat level, yaitu konsentrasi 0, 20, 40, dan 60%. Faktor kedua adalah lama penyimpanan terdiri tiga level, yaitu 0, 12, dan 18 bulan. Data hasil penelitian dilakukan analisis keragaman dan diuji lanjut dengan *Duncan's Multiple Range Test* 5%. Pengamatan meliputi persentase perkecambahan, laju perkecambahan, dan pertumbuhan kecambah yang meliputi panjang hipokotil, diameter hipokotil, panjang radikula, bobot segar kecambah, serta bobot kering kecambah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi polietilen glikol berpengaruh terhadap persentase dan laju perkecambahan kawista, namun tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan kecambah. Lama penyimpanan tidak berpengaruh terhadap persentase dan laju perkecambahan, namun berpengaruh terhadap pertumbuhan kecambah. Benih kawista yang disimpan lebih dari 12 bulan memberikan pertumbuhan kecambah yang semakin menurun.

Kata kunci: benih, kawista, lama penyimpanan, polietilen glikol, viabilitas

¹ Correspondence author: Endang Dewi Murrinie; Email: dewi.murrinie@umk.ac.id

PENDAHULUAN

Kawista (*Feronia limonia* (L.) Swingle) adalah tanaman buah tropis tahunan dalam famili *Rutaceae* (jeruk-jerukan) yang berpotensi sebagai tanaman obat. Tanaman kawista berasal dari India Selatan, yang selanjutnya menyebar ke negara lain termasuk Indonesia (Widiati, 2010). Buah tanaman kawista merupakan bahan baku minuman (sirup) dan makanan (jenang, permen), di Kabupaten Rembang Jawa Tengah sirup kawista merupakan ikon minuman khas yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Murrinie, 2018). Selain itu bibit tanaman kawista dapat digunakan sebagai batang bawah okulasi dengan tanaman jeruk (Jones, 1992; Orwa *et al.*, 2009; Sirisena, 1998); di India sebagai negara asal kawista, bagian akar, batang, daun, dan buahnya juga dimanfaatkan sebagai bahan obat tradisional (Ilango & Chitra, 2009; Intekhab & Aslam, 2009).

Kawista adalah tanaman tahunan berbentuk pohon yang hanya berbuah satu kali dalam satu tahun dengan umur panen benih sejak bunga mekar/antesis berkisar antara 8-9 bulan. Oleh karena itu benih kawista tidak tersedia sepanjang tahun, sehingga perlu penyimpanan benih agar tersedia saat dibutuhkan. Namun, benih yang mengalami penyimpanan sering mengalami kemunduran/deteriorasi berupa penurunan viabilitas karena terjadinya perubahan kimiawi dalam benih selama penyimpanan (Schmidt, 2002; Sutopo, 2002; Yudono, 2012). Ditambahkan bahwa penyimpanan benih menyebabkan penurunan kualitas sejalan dengan lamanya penyimpanan.

Kemunduran atau deteriorasi benih didefinisikan sebagai kemunduran viabilitas dan vigor benih karena faktor alami baik selama di lahan saat diproduksi maupun dalam ruang penyimpanan. Deteriorasi benih adalah proses penurunan mutu benih yang terjadi secara berangsur-angsur dan kumulatif serta tidak dapat balik seperti

kondisi awal (*irreversible*) akibat perubahan yang terjadi dari dalam benih.

Benih yang mengalami kemunduran akibat penyimpanan, dapat ditingkatkan viabilitas dan vigornya melalui perlakuan invigorasi, yaitu perlakuan pada benih dengan cara memobilisasi sumber energi dalam benih untuk bekerja bersama dengan sumber energi dari luar atau di lingkungan tumbuh guna memberikan pertumbuhan dan hasil maksimal. Invigorasi benih adalah perlakuan yang diberikan pada benih sebelum dilakukan penanaman yang bertujuan memperbaiki perkecambahan dan pertumbuhan kecambah. Invigorasi benih juga ditujukan untuk menyeragamkan perkecambahan dan meningkatkan laju pertumbuhan kecambah serta pertumbuhan kecambah.

Teknik invigorasi benih dapat dilakukan melalui *osmoconditioning* dengan menggunakan larutan osmotik dan *matricconditioning* dengan menggunakan media padat lembab. Salah satu bahan invigorasi benih yang dapat digunakan untuk *osmoconditioning* adalah polietilen glikol (PEG). Perlakuan benih melalui perendaman dalam larutan polietilen glikol mampu meningkatkan persentase dan kecepatan berkecambah benih, selain itu juga mempercepat pertumbuhan vegetatif dan generatif, serta mampu meningkatkan komponen hasil dan mutu benih yang dihasilkan (Vijratun *et al.*, 2022).

Polietilen glikol (PEG) merupakan larutan yang mempunyai tekanan osmotik tinggi sehingga dapat mengikat air (Vijratun *et al.*, 2022). Senyawa polietilen glikol sintesis telah banyak digunakan dalam industri farmasi, kosmetik, pangan, dan pertanian. Polietilen glikol mempunyai sifat mudah larut dalam air hangat, tidak berbau, tidak berwarna, tidak beracun, non-korosif, memiliki titik lebur sangat tinggi mencapai 580 °F, tersebar secara merata, higroskopik (mudah menguap) dan mampu mengikat pigmen sehingga dapat digunakan sebagai pelapis benih.

Perendaman benih dalam larutan polietilen glikol mampu meningkatkan persentase dan kecepatan berkecambah benih, selain itu mempercepat pertumbuhan vegetatif dan generatif, serta mampu meningkatkan komponen hasil, dan mutu benih yang dihasilkan. Namun pada benih kawista belum diketahui apakah larutan polietilen glikol mampu meningkatkan viabilitas benih yang telah disimpan dan berapa konsentrasi PEG yang dapat digunakan.

Penelitian penyimpanan pada benih kawista masih terbatas, selain itu juga belum pernah dilakukan penelitian pasca penyimpanan untuk mempertahankan viabilitas benih kawista. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi polietilen glikol dan lama penyimpanan terhadap viabilitas benih kawista.

METODE PENELITIAN

Penelitian merupakan percobaan faktorial dua faktor yang didesain dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Pertanian dengan melakukan uji perkecambahan benih menggunakan petridish. Faktor pertama adalah konsentrasi polietilen glikol (PEG) yang terdiri dari empat level, yaitu konsentrasi 0%, 20%, 40%, dan 60%. Faktor kedua adalah lama penyimpanan yang terdiri dari tiga level, yaitu 0 bulan (tanpa simpan), 12 bulan, dan 18 bulan. Dengan demikian terdapat 12 kombinasi perlakuan yang masing-masing diulang tiga kali.

Benih kawista yang digunakan berasal dari Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. Benih yang digunakan adalah benih masak fisiologis yaitu benih dari buah masak yang rontok yang telah diperam buahnya selama enam hari (Murrinie *et al.*, 2019). Benih dibersihkan dengan cara dicuci dalam air mengalir sampai tidak ada daging buah yang menempel, selanjutnya benih dikeringkan dan disimpan dengan lama penyimpanan

sesuai perlakuan. Setelah penyimpanan, benih direndam dalam larutan PEG sesuai perlakuan konsentrasi dengan waktu perendaman selama 24 jam. Untuk perlakuan tanpa penyimpanan, maka benih langsung direndam dalam konsentrasi PEG sesuai perlakuan konsentrasi selama 24 jam.

Benih yang telah diberi perlakuan, kemudian diletakkan dalam *petridish* yang telah dialasi dengan kertas saring sebanyak 20 benih/*petridish*. Pemeliharaan dalam *petridish* adalah penyiraman untuk menjaga agar kertas saring tetap lembab. Parameter yang diamati meliputi persentase dan laju perkecambahan, serta pertumbuhan kecambah yang meliputi panjang hipokotil, diameter hipokotil, panjang radikula, bobot segar, dan bobot kering kecambah.

Persentase perkecambahan dihitung dengan menggunakan rumus: (jumlah kecambah normal yang dihasilkan/jumlah benih yang diuji) x 100%.

Laju perkecambahan: diukur dengan menghitung jumlah hari yang diperlukan untuk munculnya radikel, dengan menggunakan rumus (Sutopo, 2002):

$$\text{Rata2 hari} = \frac{(N1T1 + N2T2 + \dots + NxTx)}{\text{jumlah total benih berkecambah}}$$

dimana:

N= jumlah benih yang berkecambah pada satuan waktu tertentu

T= menunjukkan jumlah waktu antara awal pengujian sampai dengan akhir dari interval tertentu suatu pengamatan.

Data dianalisis dengan analisis keragaman (Anova) dan bila terdapat beda nyata dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis terhadap persentase dan laju perkecambahan menunjukkan bahwa konsentrasi polietilen glikol (PEG) berpengaruh nyata, sedangkan lama penyimpanan tidak berpengaruh, dan tidak ada interaksi antara konsentrasi PEG dengan lama penyimpanan terhadap persentase

perkecambahan dan laju perkecambahan (Tabel 1).

Tabel 1. Persentase dan Laju Perkecambahan Benih Kawista pada Berbagai Konsentrasi PEG dan Lama Penyimpanan

Perlakuan	Persentase Perkecambahan (%)	Laju Perkecambahan (hari)
Konsentrasi PEG (%)		
0	87,2 a	23,28 a
20	76,1 b	27,62 b
40	76,7 b	32,72 c
60	64,4 b	29,80 b
Lama Penyimpanan (bulan)		
0	70 e	27,33 e
12	81 e	28,77 e
18	77 e	28,96 e
Interaksi	Tidak Nyata	Tidak Nyata

Keterangan: angka yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak menunjukkan beda nyata dengan Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Terlihat pada Tabel 1 bahwa perendaman dalam larutan PEG pada konsentrasi 20%, 40%, dan 60% mengakibatkan penurunan persentase perkecambahan dan menyebabkan laju perkecambahan menjadi semakin lama dibandingkan tanpa PEG (konsentrasi 0%). Diduga hal ini disebabkan benih kawista belum mengalami kemunduran mutu benih atau deteriorasi, yang ditunjukkan dengan persentase perkecambahan yang tinggi (di atas 80%) pada perlakuan konsentrasi 0% (tanpa PEG). Dengan demikian maka benih tanpa perendaman dengan PEG memberikan persentase perkecambahan yang lebih tinggi dan waktu perkecambahan lebih singkat. Dikatakan oleh Powell (1998) bahwa perlakuan dengan PEG efektif meningkatkan perkecambahan pada benih yang mengalami kemunduran atau deteriorasi.

Proses perkecambahan benih diawali dengan penyerapan air oleh benih yang terdiri dari tiga fase (Ai & Ballo, 2010; Copeland & McDonald, 1985; Girolamo & Barbanti, 2012; Yudono, 2012). Fase pertama diawali dengan proses penyerapan air yang cepat karena adanya perbedaan

potensial antara air dengan benih, air memiliki nilai potensial 0 Mpa, sedangkan benih, khususnya benih ortodoks seperti benih kawista mempunyai nilai potensial pada kisaran -50 hingga -350 Mpa. Pada fase kedua terjadi proses penyerapan air yang sangat lambat karena potensi air benih telah seimbang dengan potensi air lingkungan. Kemudian, terjadi aktivasi enzim sampai terjadinya proses metabolisme (respirasi), dan translokasi respirasi menghasilkan sumbu embrionik (Yudono, 2012). Fase ketiga ditandai dengan terjadinya peningkatan penyerapan air yang digunakan untuk proses perkecambahan sampai munculnya radikel (Girolamo & Barbanti, 2012).

Powell (1998) menyatakan bahwa proses penyerapan air yang cepat pada fase pertama perkecambahan berdampak negatif pada benih yang telah disimpan dalam waktu lama karena benih telah mengalami kerusakan yang ditandai dengan kerusakan pada membran sel. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan khusus pada benih yang mengalami kerusakan sebelum benih dikecambahkan, antara lain dengan

perawatan *osmoconditioning*. Anwar *et al.* (1999) menyatakan bahwa perawatan *osmoconditioning* dapat meningkatkan viabilitas benih yang telah mengalami kerusakan.

Penyerapan air pada benih yang diberi perlakuan *osmoconditioning* secara umum tidak berbeda dengan benih tanpa perlakuan *osmoconditioning*; hanya laju penyerapannya yang diperlambat dan dikendalikan (Varier *et al.*, 2010). Perlakuan *osmoconditioning* menyebabkan potensi air di lingkungan benih menjadi lebih rendah sehingga laju penyerapan pada tahap awal perkecambahan atau pada fase pertama dapat melambat. Selanjutnya, durasinya dapat diperpanjang saat memasuki proses penyerapan fase kedua karena pada benih yang telah mengalami kerusakan membutuhkan waktu untuk meningkatkan metabolisme sebelum masuk ke fase ketiga (Sivasubramaniam *et al.*, 2011).

Pada benih yang telah mengalami kerusakan, jika tidak dilakukan *osmoconditioning* akan menyebabkan proses imbibisi yang cepat pada fase pertama perkecambahan sehingga mengakibatkan terjadinya kebocoran membran sel. Kebocoran pada membran sel menyebabkan cadangan makanan dalam benih untuk perkecambahan berkurang sehingga jumlah kecambah yang anormal meningkat atau benih tidak mampu berkecambah (Ruliyansyah, 2011).

Pada benih yang mengalami kemunduran, perlakuan *osmoconditioning* bertujuan untuk meningkatkan persentase perkecambahan dan mempercepat laju perkecambahan (Powell, 1998). Benih yang dikenai perlakuan *osmoconditioning* telah melewati proses metabolisme pra perkecambahan sebelum benih berkecambah atau telah menyelesaikan fase kedua, sehingga benih telah siap untuk memunculkan radikula pada fase ketiga (Arif *et al.*, 2014). Oleh karenanya benih segera

berkecambah setelah tanam. Selain itu selama perlakuan *osmoconditioning* maka proses metabolisme meningkat dan terjadi peningkatan integritas membran. Ditambahkan oleh Widajati (1999) bahwa perlakuan *osmoconditioning* efektif untuk benih yang mengalami penurunan viabilitas karena kerusakan organel, namun tidak efektif untuk benih yang mempunyai viabilitas tinggi karena kondisi organel yang masih baik.

Penurunan persentase perkecambahan karena perlakuan *osmoconditioning* dengan PEG sebagaimana tercantum pada Tabel 1 sejalan dengan penelitian Siregar *et al.* (2021) pada benih *Falcataria moluccana* yang masih mempunyai viabilitas tinggi, yang menunjukkan dengan meningkatnya konsentrasi PEG mengakibatkan penurunan persentase perkecambahan. Perendaman dengan PEG diduga menjadikan potensi air di lingkungan benih menjadi lebih rendah, menyebabkan tingkat penyerapan air saat awal perkecambahan atau pada fase pertama menjadi lebih lambat dibanding tanpa larutan PEG (konsentrasi PEG 0%). Selanjutnya saat masuk ke fase kedua, penyerapan semakin lambat sehingga metabolisme lebih lambat yang berakibat menurunnya persentase perkecambahan.

Hasil yang sama juga terjadi pada benih kedelai Varietas Anjasromo yang menunjukkan perendaman dalam larutan PEG-6000 konsentrasi 20% menghasilkan persentase perkecambahan lebih rendah dibanding konsentrasi 10% (Nurmauli & Nurmiaty, 2010). Konsentrasi PEG yang tinggi menyebabkan nilai potensial osmotik sekitar benih menjadi lebih rendah, sehingga benih sulit menyerap air. Nilai potensial osmotik larutan rendah akan menghambat proses imbibisi fase pertama, sehingga menghambat proses metabolisme pada fase kedua. Hal ini berakibat nutrisi dan energi yang dihasilkan untuk perkecambahan lebih

sedikit, sehingga pembentukan struktur baru terhambat.

Berbeda dengan konsentrasi PEG, lama penyimpanan tidak menunjukkan perbedaan pada persentase dan laju perkecambahan (Tabel 1). Hasil penelitian (Murrinie *et al.*, 2017) menunjukkan benih kawista termasuk kriteria benih ortodoks karena tetap memberikan persentase perkecambahan yang tinggi setelah kadar air diturunkan sampai 5,5% dan disimpan pada suhu -20 °C. Schmidt (2002) menyatakan bahwa benih yang tahan disimpan pada kadar air dan suhu simpan yang rendah cenderung bersifat ortodoks, sehingga benih kawista dapat disimpan lama dengan kadar air rendah tanpa mengalami penurunan persentase perkecambahan. Menurut Bewley & Black (1986) penurunan kadar air pada benih ortodoks tidak berpengaruh terhadap viabilitas benih, bahkan mampu meningkatkan umur penyimpanan dan tidak terjadi kerusakan struktur protein pada saat proses imbibisi.

Berbeda dengan parameter persentase dan laju perkecambahan, pengamatan terhadap pertumbuhan kecambah yang ditunjukkan dengan panjang dan diameter hipokotil, panjang radikula, bobot segar dan

bobot kering kecambah kawista menunjukkan bahwa konsentrasi PEG tidak berpengaruh, sedangkan lama penyimpanan berpengaruh, dan tidak ada interaksi antara konsentrasi PEG dengan lama penyimpanan (Tabel 2).

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi PEG tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan kecambah. Menurut Yuanasari *et al.* (2015) penggunaan PEG-6000 sebagai perlakuan *osmoconditioning* pada benih relatif aman untuk pertumbuhan kecambah benih. Namun, apabila konsentrasinya terlalu tinggi, dapat mengurangi viabilitas benih tetapi tidak mengakibatkan kematian pada benih (Girolamo & Barbanti, 2012).

Pada Tabel 2 terlihat bahwa perlakuan lama penyimpanan menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan menurunkan panjang hipokotil dan bobot segar kecambah. Namun pada diameter hipokotil, panjang radikula, dan bobot kering kecambah menunjukkan bahwa penyimpanan sampai dengan 12 bulan memberikan hasil yang sama dengan benih yang tidak disimpan. Hasil ini secara umum menunjukkan bahwa benih kawista mampu disimpan sampai dengan 12 bulan setelah panen.

Tabel 2. Panjang dan Diameter Hipokotil, Panjang Radikula, Bobot Segar dan Bobot Kering Kecambah Kawista pada Perlakuan Konsentrasi PEG dan Lama Penyimpanan

Perlakuan	Panjang Hipokotil (cm)	Diameter Hipokotil (mm)	Panjang Radikula (cm)	Bobot Segar Kecambah (mg)	Bobot Kering Kecambah (mg)
Konsentrasi PEG (%)					
0	1,70 a	0,14 a	2,58 a	94,00 a	19,65 a
20	1,35 a	0,14 a	2,28 a	87,39 a	19,67 a
40	1,71 a	0,13 a	2,39 a	93,14 a	20,96 a
60	1,71 a	0,12 a	2,41 a	90,64 a	20,11 a
Lama Penyimpanan (bulan)					
0	2,48 e	0,16 e	3,42 e	117,29 e	21,31 e
12	1,61 f	0,14 e	3,38 e	95,03 f	21,49 e

18	0,77 g	0,11 f	1,45 f	61,57 g	19,49 f
Interaksi	Tidak Nyata	Tidak Nyata	Tidak Nyata	Tidak Nyata	Tidak Nyata

Keterangan: angka yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak menunjukkan beda nyata dengan Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa konsentrasi polietilen glisol berpengaruh terhadap persentase dan laju perkecambahan kawista, namun tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan kecambah. Lama penyimpanan tidak berpengaruh terhadap persentase dan laju perkecambahan, namun berpengaruh terhadap pertumbuhan kecambah yang ditunjukkan dengan menurunnya panjang hipokotil dan bobot segar kecambah dengan semakin lamanya benih disimpan. Benih kawista yang disimpan lebih dari 12 bulan memberikan pertumbuhan kecambah yang semakin menurun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Muria Kudus yang telah memberikan fasilitas selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ai, N. S., & Ballo, M. (2010). The Role of Water During Seed Germination. *Jurnal Ilmiah Sains*, 10(2), 190–195.
- Anwar, A., Tamsil, B., & Julindra, H. (1999). Respon Benih Beberapa Varietas Kedelai terhadap Perlakuan *Osmoconditioning*. *Stigma*, 7(3), 30–34.
- Arif, M., Jan, M. T., Mian, I. A., Khan, S. A., Hollington, P., & Harris, D. (2014). Evaluating the Impact of Osmopriming Varying with Polyethylene Glycol Concentrations and Durations on Soybean. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16(2), 359–364.
- Bewley, J. D., & Black, M. (1986). *Seed: Physiology of Development and Germination* (1st ed.). Plenum Press.
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (1985). *Principles of Seed Science and Technology*. Burgess Publishing Company.
- Girolamo, G. Di, & Barbanti, L. (2012). Treatment Conditions and Biochemical Processes Influencing Seed Priming Effectiveness. *Italian Journal of Agronomy*, 7(e25), 178–188. <https://doi.org/10.4081/ija.2012.25>
- Ilango, K., & Chitra, V. (2009). Heteroprotective and Antioxidant Activities of Fruit Pulp of *Limonia acidissima* Linn. *International Journal of Health Research*, 2(4), 361–367.
- Intekhab, J., & Aslam, M. (2009). Constituents from *Feronia limonia*. *Analele Universitii Din Bucuresti Chimie (Seri Noua)*, 18(2), 95–101.
- Jones, D. T. (1992). Edible Fruits and Nuts. In E. W. M. Verheij & R. E. Coronel (Eds.), *Plant Resources of South-East Asia: Prosea* (Vol. 2, pp. 190–191).
- Murrinie, E. D. (2018). *Kajian Morfologis dan Fisiologis Pertumbuhan dan Perkembangan Benih Kawista (Feronia Limonia (L.) Swingle)*. Gadjah Mada University.
- Murrinie, E. D., Yudono, P., Purwantoro, A., & Sulistyaningsih, E. (2017). Identifikasi Sifat Benih Kawista (*Feronia limonia* (L.) Swingle) untuk Tujuan Penyimpanan. *Prosiding SNATIF Ke-4*, 4, 509–516.
- Nurmauli, & Nurmiaty, Y. (2010). Study of Invigoration Method on the Viability of Two Soybean Seed Lots That Had Been

- Restored for Nine Months. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1), 20–24.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Simons, A. (2009). *Agroforestry Database: a Tree Reference and Selection Guide Version 4.0*.
- Powell, A. A. (1998). Seed improvement by selection and invigoration. *Scientia Agricola*, 55(spe), 126–133. <https://doi.org/10.1590/s0103-90161998000500023>
- Ruliyansyah, A. (2011). Peningkatan Performansi Benih Kacangan dengan Perlakuan Invigorasi. *J. Perkebunan & Lahan Tropika*, 1, 13–18.
- Schmidt, L. (2002). *Pedoman Penanganan Benih Tanaman Hutan Tropis dan Sub Tropis*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan.
- Siregar, I., Ramdhani, R., Rustam, E., & Sudrajat, D. (2021). The Effect of Invigoration Using Polyethylene Glycol And Ultra Fine Bubble on Improving of Sengon Seeds (*Falcataria Molluccana* Miq.) Quality After Two Years Storage. *Jurnal Wasian*, 8(2), 133–143. <https://doi.org/10.20886/jwas.v8i2.5997>
- Sirisena, J. A. (1998). Grafted Sweet Orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Influenced by Variability in Woodapple (*Feronia limonia* (L.) Swingle) Rootstock. *J. Natn. Sci. Coun. Srilanka*, 26(3), 185–193.
- Sivasubramaniam, K., Geetha, R., Sujatha, K., Raja, K., Sripunitha, A., & Selvarani, R. (2011). Seed Priming: Triumphs and Tribulations 197. *Madras Agricultural Journal*, 98(7–9), 197–209. <https://doi.org/10.29321/maj.10.100277>
- Sutopo, L. (2002). *Teknologi Benih*. PT. Raja Grafindo Persada.
- Varier, A., Vari, A. K., & Dadlani, M. (2010). The subcellular basis of seed priming. *Current Science*, 99(4), 450–456.
- Vijratun, Farida, N., Sudika, I. W., & Rahayu, S. (2022). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Polietilen Glikol (PEG) 6000 terhadap Viabilitas Benih dan Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) pada Periode Simpan Dua Tahun. *Jurnal Ilmiah 2010nurm Mahasiswa Agrokomplek*, 1(3), 222–232. <https://doi.org/10.29303/jima.v1i3.1459>
- Widajati, E. (1999). *Deteksi Vigor Biokimiawi dan Vigor Fisiologi untuk Fenomena Pemulihan Vigor pada Tingkat Awal Deteriorasi dan Devigorasi Benih Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) Melalui Proses Invigorasi*. Institut Pertanian Bogor.
- Widiati, H. A. (2010). Prospek Perbanyakan Kawista secara In Vitro. *Warta Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 32(5), 8–9.
- Yuanasari, B. S., Kendarini, N., & Saptadi, D. (2015). Peningkatan viabilitas benih kedelai hitam (*Glycine max* L. Merr) melalui invigorasi *osmoconditioning*. *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(6), 518–527.
- Yudono, P. (2012). *Perbenihan Tanaman Dasar Ilmu, Teknologi dan Pengelolaan*. Gadjah Mada University Press.