

Pertumbuhan Benih Bungli (*Oroxylum indicum* (L.) Kurz) Melalui Diferensiasi Ukuran Biji

Agung Kurnia^{1*}, M. Gilang Ramadhani¹, Wirat Frayoga¹, Yun Alwi¹, Rahmi Dianita¹, Henny H²

¹Fakultas Peternakan, Universitas Jambi

²Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

Jl. Jambi-Ma. Bulian KM.15 Mendalo Indah, Jambi Luar Kota, Muaro Jambi 36361

Email: agungkurnia@unja.ac.id

Submit : 02-04-2026

Revisi : 30-05-2026

Diterima : 15-06-2026

ABSTRACT

*Bungli (*Oroxylum indicum*) is a tropical tree species with significant ecological, cultural, and pharmacological value across Asia, including Indonesia. In Jambi, particularly around the Muaro Jambi Temple complex, this species holds historical and spiritual importance and has long been utilized in traditional medicine. However, its existence is increasingly threatened by overexploitation, habitat degradation, and land-use conversion. This study was conducted in a greenhouse located in Jambi and aimed to evaluate the effect of seed size on seed vigor and early seedling growth of Bungli. Successful conservation efforts are highly dependent on seed quality, particularly vigor, which determines germination performance and seedling establishment. Seed size is closely associated with nutrient reserves that support embryo development. Larger seeds generally exhibit higher vigor, faster germination, and superior seedling growth. The results demonstrated that medium-sized seeds (13–15 mm) and large seeds (16–17 mm) consistently produced seedlings with greater plant height, higher leaf number, and longer root systems compared to small seeds (11–12 mm). Therefore, seed size selection is a critical factor in nursery practices to support sustainable conservation strategies for Bungli. Further studies are recommended to assess long-term growth performance and the phytochemical content of seedlings with varying vigor levels.*

Keywords: Bungli, Conservation, Jambi, *Oroxylum indicum*, Seed size, Seed vigor, Seedling growth

ABSTRAK

Bungli (*Oroxylum indicum*) merupakan pohon tropis yang memiliki nilai ekologis, budaya, dan farmakologis tinggi di Asia, termasuk Indonesia. Di Jambi, khususnya kawasan Candi Muaro Jambi, tanaman ini memiliki makna historis dan spiritual serta dimanfaatkan sebagai bahan obat tradisional. Namun, keberadaannya terancam akibat eksploitasi berlebih, kerusakan habitat, serta alih fungsi lahan. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca yang berlokasi di Jambi dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh ukuran biji terhadap vigor dan pertumbuhan awal bibit Bungli. Keberhasilan konservasi sangat dipengaruhi oleh kualitas benih, terutama vigor yang menentukan kemampuan berkecambah dan tumbuh secara optimal. Ukuran benih berhubungan erat dengan cadangan makanan yang mendukung perkembangan embrio. Benih berukuran lebih besar umumnya memiliki vigor lebih tinggi, mampu berkecambah lebih cepat, serta menghasilkan pertumbuhan bibit yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih berukuran sedang (13–15 mm) dan besar (16–17 mm) menghasilkan bibit dengan tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar yang lebih unggul dibandingkan benih kecil (11–12 mm). Oleh karena itu, pemilihan ukuran benih menjadi faktor penting dalam pembibitan untuk mendukung upaya konservasi Bungli secara berkelanjutan. Penelitian lanjutan

diperlukan untuk mengevaluasi pertumbuhan jangka panjang serta kandungan fitokimia bibit.

Kata kunci: Bungli, Jambi, Konservasi, *Oroxylum indicum*, Pertumbuhan bibit, Ukuran benih, Vigor benih

1 Pendahuluan

Bungli (*Oroxylum indicum* (L.) Kurz) merupakan pohon meranggas berukuran kecil hingga sedang yang memiliki peran besar dalam lanskap ekosistem tropis dan subtropis Asia. Spesies ini tersebar luas mulai dari kaki bukit Himalaya di India, melalui Asia Tenggara termasuk Indonesia, hingga ke wilayah selatan Cina dan Filipina (Negi et al., 2024). Di Indonesia, terutama di Provinsi Jambi, eksistensi Bungli memiliki keterkaitan historis dan spiritual yang mendalam, dimana tanaman ini tumbuh subur di sekitar kawasan Candi Muaro Jambi dan sering digunakan dalam ritual keagamaan Buddha. Bungli merupakan salah satu tumbuhan kunci dalam upaya konservasi terintegrasi. Bungli juga merupakan warisan budaya yang hidup (*living heritage*) yang telah digunakan oleh para pendahulu sebagai bahan obat-obatan (Basori & Suprpto, 2022).

Bungli dikenal dengan nama "pohon tulang patah" (*broken bones tree*) karena tangkai daunnya yang besar akan layu dan rontok hingga terkumpul di pangkal batang, menyerupai tumpukan tulang. Buah Bungli berbentuk kapsul pipih menyerupai pedang dengan panjang yang dapat mencapai satu meter, berisi ribuan biji tipis bersayap perak yang menyerupai kupu-kupu saat tertiuip angin (Saudagar et al., 2022; Ahad et al., 2012). Bungli dapat dimanfaatkan sebagai pangan, pakan, dan farmakologis. Bagian akar, kulit batang, daun, hingga biji mengandung senyawa bioaktif golongan flavonoid seperti *baicalein*, *chrysin*, dan *oroxylin-A* (Kumar et al., 2024). Senyawa-senyawa ini memberikan aktivitas biologis sebagai anti-inflamasi, anti-mikroba, anti-kanker, dan imunostimulan (Sharma et al., 2022). Di India, akar Bungli merupakan komponen vital dalam formulasi pengobatan tradisional (*Ayurveda*) seperti *Dashmula* dan *Chyavanprash*. Spesies ini juga telah dikategorikan sebagai rentan dan terancam punah di beberapa negara bagian di India dan memerlukan perhatian serius untuk konservasi genetik melalui teknik propagasi yang efektif (Tamta et al., 2024). Keberadaan populasi Bungli di Jambi juga mengalami ancaman akibat eksploitasi yang tidak terkendali, kerusakan habitat, serta konversi lahan menjadi perkebunan kelapa sawit dan industri pertambangan batubara di sekitar situs Muaro Jambi (Basori & Suprpto, 2022).

Keberhasilan restorasi populasi adalah melalui penyediaan bibit dengan mutu fisik dan fisiologis benih yang berkualitas tinggi. Fase perkecambahan merupakan tahap penting untuk menentukan keberhasilan pembentukan individu baru. Vigor benih didefinisikan sebagai himpunan sifat-sifat benih yang menentukan potensi tingkat aktivitas dan kinerjanya selama perkecambahan dan kemunculan bibit. Vigor merupakan atribut

kuantitatif yang dipengaruhi oleh faktor genetik, kondisi lingkungan produksi, serta ukuran benih itu sendiri. Benih dengan vigor tinggi mampu tumbuh secara serempak dan cepat bahkan di bawah kondisi lingkungan yang suboptimal (Basu & Groot, 2023; Reed et al., 2022).

Ukuran benih berkorelasi positif dengan jumlah cadangan makanan yang tersimpan dalam endosperma atau kotiledon. Cadangan makanan ini sebagai sumber energi utama selama proses perkecambahan sebelum bibit mampu melakukan fotosintesis secara mandiri. Benih yang berukuran besar umumnya mengandung embrio yang lebih besar dan cadangan energi yang lebih banyak, sehingga memberikan daya dorong (*driving force*) yang lebih kuat bagi radikula untuk menembus media tanam dan bagi plumula untuk muncul ke permukaan. Benih berukuran kecil sering kali memiliki vigor yang lebih rendah dan lebih rentan terhadap serangan patogen atau kegagalan tumbuh jika kondisi lingkungan tidak mendukung. Fornah et al. (2017) menyatakan bahwa ukuran benih terbaik yang direkomendasikan untuk digunakan adalah benih berukuran besar karena kemampuannya berkecambah dengan cepat. Benih berukuran besar dan lebih berat disarankan karena akan mempercepat kematangan awal *Gmelina arborea*. Menanam bibit *Gmelina* untuk menghasilkan bibit yang lebih besar dengan cara memilih dan menanam benih dengan ukuran besar dan sedang. Hubungan antara dimensi benih dan kapasitas pertumbuhan vegetatif awal sangat penting untuk pembibitan Bungli yang efisien dalam mendukung upaya konservasi plasma nutfah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh ukuran biji terhadap pertumbuhan Bungli.

2 Materi Dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca yang berlokasi di Jambi, dengan memanfaatkan benih asli yang dikumpulkan dari tanaman induk di sekitar kompleks Candi Muaro Jambi. Penggunaan benih dari sumber lokal ini krusial untuk memastikan adaptabilitas bibit terhadap kondisi edafik dan klimatik setempat.

Desain penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan ukuran biji yang dibedakan berdasarkan dimensinya:

B1 = benih ukuran kecil (dimensi panjang 11-12mm)

B2 = benih ukuran sedang (dimensi panjang 13-15mm)

B3 = benih ukuran besar (dimensi panjang 16-17mm)

Sebanyak 18 unit percobaan disiapkan, dimana setiap unit terdiri dari dua bibit, sehingga total sampel mencapai 36 bibit. Benih yang sudah diukur sesuai perlakuan di tanam pada pot nursery. Benih dibiarkan tumbuh sampai muncul 3 daun dengan umur +30 hari. Setelah itu bibit yang sudah mempunyai 3 helai daun dipindahkan ke pot penelitian. Media tanam yang digunakan merupakan campuran tanah dan pasir dengan

perbandingan 1:1, yang bertujuan untuk menciptakan porositas yang baik bagi pertumbuhan akar. Penelitian untuk mengamati pertumbuhan Bungli ini dilakukan selama 30 hari selanjutnya. Parameter yang diamati mencakup jumlah daun, diameter batang, tinggi tanaman, dan panjang akar utama, berat kering tajuk dan akar serta rasio tajuk dan akar.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan Analysis of Variance dan dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$) untuk mengidentifikasi perbedaan antarpelakuan secara signifikan.

3 Hasil Dan Pembahasan

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perbedaan ukuran biji memberikan pengaruh yang nyata terhadap sebagian besar parameter pertumbuhan vegetatif Bungli, terkecuali pada diameter batang. Fenomena ini menggaris bawahi pentingnya seleksi benih berdasarkan ukuran fisik dalam manajemen pembibitan.

Tabel 1. Rataan Jumlah daun, diameter batang, tinggi tanaman dan panjang akar tanaman Bungli yang ditanam dengan ukuran biji berbeda

Perlakuan	Jumlah Daun (helai/tanaman)	Diameter Batang (mm/tanaman)	Tinggi Tanaman (cm/tanaman)	Panjang Akar (cm/tanaman)
B1 (kecil)	5,7 ^b	2,2	8,1 ^b	9,0 ^b
B2 (sedang)	7,7 ^a	2,4	10,8 ^a	13,0 ^a
B3 (besar)	7,5 ^a	2,5	10,5 ^a	11,2 ^{ab}

Keterangan: huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Jumlah daun

Daun merupakan organ asimilasi utama yang menentukan kapasitas autotrofik bibit setelah cadangan makanan dalam biji habis. Hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) dalam jumlah daun yang dihasilkan oleh bibit dari berbagai ukuran biji. Bibit yang berasal dari biji berukuran sedang (B2) dan besar (B3) menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan biji kecil (B1). Hal ini mengindikasikan bahwa cadangan energi yang melimpah pada biji besar dan sedang memungkinkan tanaman untuk melakukan diferensiasi primordia daun secara lebih cepat dan intensif pada fase awal pertumbuhan. Jumlah daun yang lebih banyak berimplikasi langsung pada luas permukaan daun total, yang secara proporsional meningkatkan intersepsi cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Jumlah anak daun dari semai petai yang berasal dari bobot biji > 3 g paling banyak dan hanya berbeda nyata dengan jumlah daun dari semai yang berasal dari biji dengan bobot 1,5-1,8 g (Indriyani & Emilda, 2020).

Daun berfungsi sebagai organ utama fotosintesis pada tumbuhan, efektif dalam penyerapan cahaya dan cepat dalam pengambilan CO_2 (Tambaru, 2024; Khafid et al., 2021). Benih berukuran besar memberikan hasil perkecambahan terbaik dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan benih berukuran sedang dan kecil. Ukuran benih

Gmelina arborea yang besar menunjukkan kinerja terbaik dan direkomendasikan untuk mendapatkan kecambah yang optimal dan kekuatan bibit yang baik (Owoh et al., 2011).

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan indikator vigor yang paling umum digunakan dalam menilai kualitas bibit pohon hutan. Pada Bungli, tinggi tanaman sangat dipengaruhi oleh cadangan nutrisi awal dari benih. Bibit dari biji ukuran sedang (B2) mencapai tinggi rata-rata maksimal sebesar 10,8 cm, tidak berbeda nyata dengan biji besar (B3) yang mencapai 10,5 cm. Tinggi tanaman pada perlakuan B2 dan B3 mencerminkan aktivitas *meristem apikal* yang lebih dinamis, didukung oleh ketersediaan karbohidrat yang stabil untuk proses pembelahan dan pemanjangan sel batang. Benih yang lebih berat cenderung menghasilkan bibit yang lebih tinggi karena memiliki energi kinetik yang lebih besar untuk mendorong pertumbuhan *plumula* pertumbuhan awal yang lebih baik

Biji yang lebih besar memiliki cadangan makanan dan energi yang lebih besar, sehingga memiliki kemampuan tumbuh lebih cepat dan membentuk sistem perakaran yang lebih kuat serta membangun struktur vegetatif, termasuk batang yang lebih tinggi (Riyanti, 2022). Tinggi tanaman sangat dipengaruhi oleh aktivitas pembelahan dan pemanjangan sel yang memerlukan energi dan nutrisi, terutama pada fase awal sebelum fotosintesis berlangsung secara efektif. Biji yang lebih besar mampu menyediakan energi untuk mendukung aktivitas ini secara lebih optimal (Pratama et al., 2014). Tinggi tanaman berkorelasi dengan jumlah daun pada bibit dan oleh karena itu memberikan perkiraan kapasitas fotosintesis dan luas transpirasi.

Diameter Batang

Berbeda dengan parameter lainnya, diameter batang tidak menunjukkan respons yang signifikan terhadap perbedaan ukuran biji Bungli pada usia 30 hari. Meskipun terdapat tren peningkatan diameter seiring dengan peningkatan ukuran biji (B3 memiliki diameter rata-rata terbesar, yaitu 2,5 mm), perbedaan ini secara statistik tidak nyata ($p > 0,05$).

Fenomena ini menunjukkan bahwa pada fase pertumbuhan awal (30 hari pertama), alokasi fotosintat dan cadangan makanan Bungli lebih diprioritaskan untuk pemanjangan vertikal (tinggi) dan ekspansi organ asimilasi (daun) daripada pertumbuhan radial batang. Pertumbuhan diameter batang melibatkan aktivitas kambium vaskular yang biasanya memerlukan waktu lebih lama dan dipengaruhi secara kuat oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya dan ketersediaan air daripada sekadar cadangan awal biji.

Diameter batang sering dianggap sebagai prediktor terbaik untuk kelangsungan hidup di lapangan karena mencerminkan kapasitas transportasi vaskular dan ketahanan mekanis tanaman (Olson et al., 2021; Turley & Etchells, 2022). Ukuran biji yang lebih besar tidak selalu menghasilkan diameter batang yang lebih besar karena pertumbuhan diameter dipengaruhi oleh interaksi faktor genetik, kondisi lingkungan, dan ketersediaan sumber

daya selama pertumbuhan bibit (Tumpa et al., 2021; Badano & Sánchez-Montes De Oca, 2022)

Panjang Akar

Sistem perakaran yang berkembang baik merupakan fondasi bagi bibit untuk bertahan hidup dalam kondisi stres lingkungan. Ukuran biji terbukti memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang akar utama Bungli. Akar terpanjang ditemukan pada perlakuan biji ukuran sedang (B2) dengan rata-rata 13,0 cm dan tidak berbeda dengan biji besar (B3) dengan rata-rata 11,2cm. Biji berukuran besar dan sedang menyediakan cadangan nutrisi yang lebih melimpah untuk mendorong penetrasi radikula ke dalam media tanam, sehingga memungkinkan bibit untuk menjangkau sumber air dan unsur hara lebih dalam sejak dini. Pertumbuhan akar yang cepat ini sangat penting untuk mendukung peningkatan kebutuhan transpirasi seiring dengan bertambahnya jumlah daun.

Menurut Boccaccini et al., (2024) dan Day & Şahin (2024), ukuran biji dapat memengaruhi panjang akar pada fase penyemaian, tetapi pengaruh tersebut tidak selalu bersifat langsung atau konsisten pada semua spesies. Biji berukuran lebih besar mampu mendukung pertumbuhan akar primer yang lebih cepat dan lebih panjang pada tahap awal perkecambahan. Setelah cadangan makanan dalam biji mulai habis, panjang akar lebih banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti media tanam, ketersediaan air, unsur hara, cahaya, dan karakter genetik tanaman.

Fotosintesis dan pertumbuhan akar memiliki hubungan timbal balik yang erat. Akar menyerap air dan unsur hara yang diperlukan daun untuk menjalankan proses fotosintesis, sedangkan hasil fotosintesis berupa sukrosa dan karbohidrat lainnya ditranslokasikan melalui floem menuju akar sebagai sumber energi untuk respirasi, pembelahan sel, dan pemanjangan akar. Panjang akar utama tidak hanya ditentukan oleh cadangan makanan dalam biji, tetapi juga dipengaruhi suplai fotosintat yang meningkat setelah tanaman membentuk tajuk dan fotosintesis berlangsung secara aktif (Wegner, 2022; Alrajhi et al., 2024).

Berat Kering Tajuk dan Akar

Biji besar (B3) menghasilkan tajuk seberat 1,08 g, hampir dua kali lipat dari biji kecil yang hanya 0,55 g. Pola yang sama terjadi pada akar, di mana B3 mencapai 0,98 g dibandingkan biji kecil yang hanya 0,45 g. Robinson (2023), menyatakan bahwa berat tajuk dan berat akar sering digunakan untuk menghitung rasio tajuk : akar (shoot:root ratio). Rasio ini menunjukkan pola alokasi biomassa tanaman antara organ di atas dan di bawah permukaan tanah. Nilai rasio yang tinggi menunjukkan proporsi biomassa lebih banyak dialokasikan ke tajuk, sedangkan rasio yang rendah menunjukkan alokasi biomassa lebih besar ke sistem perakaran.

Tabel 2. Rataan berat kering tajuk dan akar tanaman Bungli yang ditanam dengan ukuran biji berbeda

Perlakuan	Berat Kering Tajuk (g/tanaman)	Berat Kering Akar (g/tanaman)	Rasio Tajuk:Akar
B1 (kecil)	0.55 ^a	0.45 ^a	1,22
B2(sedang)	0.75 ^b	0,73 ^b	1,03
B3 (besar)	1.08 ^c	0.98 ^c	1,10

Keterangan: Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Biji yang berukuran besar umumnya memiliki cadangan makanan (karbohidrat, protein, dan lemak) yang lebih banyak. Pada tahap awal pertumbuhan (umur 30 hari), tanaman sangat bergantung pada energi dari biji sebelum sistem fotosintesisnya berfungsi secara mandiri sepenuhnya. Pertumbuhan akar yang kuat pada biji besar (0,98 g) memungkinkan tanaman menyerap unsur hara dan air lebih efisien. Terdapat hubungan antara pertumbuhan tajuk dan akar, di mana akar yang luas mendukung pertumbuhan tajuk, dan tajuk yang lebar menyediakan hasil fotosintesis untuk perkembangan akar lebih lanjut. Ambika et al. (2014), menyatakan bahwa ukuran biji memiliki pengaruh yang kuat terhadap perkecambahan serta pertumbuhan dan penambahan biomassa tanaman. Biji yang lebih besar menghasilkan hasil panen yang lebih tinggi dibandingkan dengan biji yang lebih kecil. Seiring bertambahnya ukuran biji, produksi dan kepadatan malai, jumlah anakan, panjang batang utama, massa seribu biji, massa uji, daya tumbuh biji, dan hasil panen meningkat.

Nilai rasio tajuk : akar dengan kisaran 1,03 – 1,22 menunjukkan keseimbangan yang sangat baik antara kapasitas penyerapan air/hara oleh akar dan kapasitas fotosintesis oleh tajuk. Tanaman Bungli dengan biji kecil hingga besar lebih siap secara fisiologis karena alokasi biomassa antara bagian atas dan bawah tanah hampir seimbang. B1 (biji kecil) memiliki rasio 1,22 mengindikasikan bahwa pada biji kecil, tanaman cenderung memprioritaskan pertumbuhan tajuk (daun) terlebih dahulu untuk segera memulai fotosintesis karena cadangan energi di biji yang terbatas. Namun, akar yang lebih ringan berisiko membuat tanaman lebih rentan terhadap kekeringan. Sementara itu, B2 & B3 (biji sedang & besar) memiliki sistem perakaran yang jauh lebih kokoh secara proporsional. Mašková & Herben (2018) menemukan bahwa spesies berbiji besar memiliki keunggulan selama tahap pertumbuhan bibit berkat cadangan nutrisi yang tersedia dan siap digunakan. Hal ini berpengaruh pada rasio tajuk : akar secara konsisten lebih rendah pada bibit dengan massa biji yang lebih besar dan menurun seiring waktu (umur tanaman). Boccaccini et al. (2024) menambahkan bahwa Ukuran biji memengaruhi rasio tajuk : akar pada fase awal pertumbuhan bibit melalui besarnya cadangan makanan yang tersedia. Biji besar cenderung menghasilkan bibit dengan rasio tajuk : akar lebih rendah karena biomassa lebih banyak dialokasikan ke tajuk. Setelah cadangan benih habis, rasio ini lebih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (air, hara, cahaya) daripada ukuran biji.

4 Kesimpulan

Biji dengan ukuran sedang (13-15 mm) dan besar (16-17 mm) secara konsisten menghasilkan bibit dengan vigor yang lebih baik, tercermin dari jumlah daun yang lebih banyak, tinggi tanaman yang lebih superior, dan sistem perakaran yang lebih panjang dibandingkan dengan biji berukuran kecil (11-12 mm). Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan durasi pengamatan yang lebih lama (6-12 bulan) untuk mengevaluasi apakah keunggulan pertumbuhan dari biji besar akan tetap bertahan hingga fase dewasa, serta analisis biokimia terhadap kandungan fitokimia pada bibit dengan tingkat vigor yang berbeda.

Daftar Pustaka

- Ahad, A., Ganai, A., Sareer, O., Najm, M. Z., Kausar, M. A., Mujeeb, M., & Siddiqui, W. (2012). Therapeutic Potential Of *Oroxylum Indicum*: A Review. *JOURNAL OF PHARMACEUTICAL RESEARCH AND OPINION*, 2(10), 163–172.
- Alrajhi, A., Alharbi, S., Beecham, S., & Alotaibi, F. (2024). Regulation of root growth and elongation in wheat. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1397337. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1397337>
- Ambika, S., Manonmani, V., & Somasundar, G. (2014). Review on Effect of Seed Size on Seedling Vigour and Seed Yield. *Research Journal of Seed Science*, 7(2), 31–38. <https://doi.org/10.3923/rjss.2014.31.38>
- Badano, E. I., & Sánchez-Montes De Oca, E. J. (2022). Seed fate, seedling establishment and the role of propagule size in forest regeneration under climate change conditions. *Forest Ecology and Management*, 503, 119776. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119776>
- Basorie, W. D., & Suprpto, Y. (2022). *Community pulls together to save medicinal plants in Indonesia*. eco-business. <https://www.eco-business.com/id/news/community-pulls-together-to-save-medicinal-plants-in-indonesia/>
- Basu, S., & Groot, S. P. C. (2023). Seed Vigour and Invigoration. Dalam M. Dadlani & D. K. Yadava (Ed.), *Seed Science and Technology* (hlm. 67–89). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_4
- Boccaccini, A., Cimini, S., Kazmi, H., Lepri, A., Longo, C., Lorrain, R., & Vittorioso, P. (2024). When Size Matters: New Insights on How Seed Size Can Contribute to the Early Stages of Plant Development. *Plants*, 13(13), 1793. <https://doi.org/10.3390/plants13131793>
- Day, S., & Şahin, N. K. (2024). Determination of Seed Size Properties of Soybean Cultivars and Their Response under Salinity during Early Growth. *LEGUME RESEARCH - AN INTERNATIONAL JOURNAL*, (Of). <https://doi.org/10.18805/LRF-780>
- Fornah, Y., Mattia, S. B., Otesile, A. A., & Kamara, E. G. (2017). Effects of Provenance and Seed Size on Germination, Seedling Growth and Physiological Traits of *Gmelina arborea*, Roxb. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 17(1), 28–34. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20170701.05>
- Indriyani, N. L. P., & Emilda, D. (2020). Pengaruh Bobot Biji terhadap Pertumbuhan Semai Petai (*Parkia speciosa* Hassk.). *JURNAL BUDIDAYA PERTANIAN*, 16(1), 56–60. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2020.16.1.56>
- Khafid, A., Nurchayati, Y., & Suedy, S. W. A. (2021). Kandungan Klorofil dan Karotenoid

- Daun Salam (*Syzigium polyanthum* (Wight) Walp.) pada Umur yang Berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 6(1), 74–80. <https://doi.org/10.14710/baf.6.1.2021.74-80>
- Kumar, S., Srivastava, N., Nahar, M., Kumar, V., Patil, A., Singh, S., & Arya, M. (2024). A Comprehensive Review Study on Ecological Landscape of *Oroxylum indicum*. *African Journal of Biological Sciences*, 6(14), 143–158.
- Mašková, T., & Herben, T. (2018). Root:shoot ratio in developing seedlings: How seedlings change their allocation in response to seed mass and ambient nutrient supply. *Ecology and Evolution*, 8(14), 7143–7150. <https://doi.org/10.1002/ece3.4238>
- Negi, P. S., Sandeep Sharma, Prasad, J., Sharma, D., Thakur, R., Chauhan, P., & Chauhan, A. (2024). Effect of Seed Sources on Germination Parameters and Seedling Vigor Index of *Oroxylum indicum* (L.) Kurtz: *Oroxylum Indicum* Seed Source Effect On Seedlings. *Annals of Arid Zone*, 63(2), 121–127. <https://doi.org/10.56093/aaz.v63i2.143493>
- Olson, M. E., Anfodillo, T., Gleason, S. M., & McCulloh, K. A. (2021). Tip-to-base xylem conduit widening as an adaptation: Causes, consequences, and empirical priorities. *New Phytologist*, 229(4), 1877–1893. <https://doi.org/10.1111/nph.16961>
- Owoh, P., Offiong, M., Udofia, S., & Ekanem, V. (2011). Effects of Seed Size on Germination and Early Morphological and Physiological Characteristics of *Gmelina Arborea*, Roxb. *African Research Review*, 5(6), 422–433. <https://doi.org/10.4314/afrr.v5i6.33>
- Pratama, H. W., Baskara, M., & Guritno, B. (2014). Pengaruh Ukuran Biji Dan Kedalaman Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Produksi Tanaman*, 2(7), 576–582.
- Reed, R. C., Bradford, K. J., & Khanday, I. (2022). Seed germination and vigor: Ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*, 128(6), 450–459. <https://doi.org/10.1038/s41437-022-00497-2>
- Riyanti, R. (2022). Pengaruh Skarifikasi dan Perbedaan Ukuran Biji Terhadap Perkecambahan Benih Kopi Robusta (*Coffea*, sp). *Juripol*, 5(2), 112–123. <https://doi.org/10.33395/juripol.v5i2.11696>
- Robinson, D. (2023). OPT-ing out: Root–shoot dynamics are caused by local resource capture and biomass allocation, not optimal partitioning. *Plant, Cell & Environment*, 46(10), 3023–3039. <https://doi.org/10.1111/pce.14470>
- Saudagar, I. A., Soni, R., Maravi, S., & Shirin, F. (2022). *Oroxylum indicum*: An Important Medicinal Tree Of Tropics. *International Society of Tropical Foresters*, 11(4).
- Sharma, K. G., Devi, T. L., Singh, O. M., & Singh, T. P. (22). *Oroxylum indicum* Vent.: A Review on its Phytochemical and Pharmacological Profile. *Asian Journal of Chemistry*, 34(3), 459–472. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2022.23479>
- Tambaru, E. (2024). Analisis Morfologi, Faktor Lingkungan dan Klorofil Daun *Cassia fistula* L. dan *Bauhinia acuminata* L. di Hutan Kota Universitas Hasanuddin. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 15(1), 15–22.
- Tamta, B. P., Uniyal, S., & Ghosh, R. (2024). Resource Assessment of *Oroxylum indicum* in Northern Indian States of Uttarakhand, Uttar Pradesh, Punjab and Haryana. *International Journal of Economic Plants*, 11(Nov, 4), 509–514. <https://doi.org/10.23910/2/2024.5703d>
- Tumpa, K., Vidaković, A., Drvodelić, D., Šango, M., Idžojić, M., Perković, I., & Poljak, I. (2021). The Effect of Seed Size on Germination and Seedling Growth in Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Forests*, 12(7), 858.

<https://doi.org/10.3390/f12070858>

Turley, E. K., & Etchells, J. P. (2022). Laying it on thick: A study in secondary growth. *Journal of Experimental Botany*, 73(3), 665–679. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab455>

Wegner, L. H. (2022). Empowering roots—Some current aspects of root bioenergetics. *Frontiers in Plant Science*, 13, 853309. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.853309>