

PENGARUH APLIKASI FITOHORMON TERHADAP PERKECAMBAHAN BENIH GAHARU (*Gyrinops versteegii*) PASCA PROSES PENYIMPANAN

Sarowan Wahid¹, I Gde Adi Suryawan Wangiyana^{1*}

¹Program Studi Kehutanan, Universitas Pendidikan Mandalika, Indonesia

*Co-author: dede.consultant@gmail.com

Article Information

History:

Received: 20-02-21

Accepted: 12-04-21

Keywords:

Phytohormone
Germination
G. versteegii

Abstrak: Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis fitohormon dan konsentrasinya terhadap perkecambahan benih *G. versteegii* yang telah melalui 1 minggu masa penyimpanan. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan dua faktor yaitu: jenis fitohormon (J1: atonik, J2: asam giberelat) dan konsentrasi fitohormon (K1:200ppm, K2:400ppm). Berdasarkan hasil uji ANOVA, hanya faktor konsentrasi yang berbeda secara signifikan pada $\alpha=0,05$. Konsentrasi 400 ppm merupakan konsentrasi yang ideal pada kedua jenis fitohormon dengan kecenderungan persentase perkecambahan pada asam giberelat lebih baik dibandingkan atonik. Dapat disimpulkan bahwa asam giberelat pada konsentrasi 400 ppm mendukung persentase perkecambahan tertinggi dibandingkan jenis fitohormon lainnya.

Abstract: The purpose of this research was to examine the effect of phytohormone and its concentration on germination of 1-week storage *G. versteegii*'s seeds. Factorial Completely Randomize Design was used with two factors: type of phytohormone (J1:Atonik, J2:gibberellic acid) and phytohormone concentration (K1:200ppm, K2:400ppm). ANOVA shows that phytohormone concentration was the only factor that has a significant difference at $\alpha=0.05$. Four hundred ppm was an ideal concentration that supports *G. versteegii*'s seed's better germination rate on atonic and gibberellic acid. However, gibberellic acid has supported a better germination rate than atonic at 400 ppm concentration. It is concluded that gibberellic acid at 400 ppm concentration is the best treatment for *G. verssteegii* germination.

A. LATAR BELAKANG

Gyrinops versteegii adalah spesies penghasil komoditi gaharu endemik pulau Lombok yang memiliki sebaran hampir diseluruh wilayah pulau Lombok (Wicaksono, Wangiyana and Nizar, 2019). Spesies ini memiliki habitat alami di wilayah hutan Senaru Lombok Utara (Wangiyana and Malik, 2018). Selain itu, spesies ini juga tersebar di beberapa perkebunan gaharu di wilayah Lombok Barat (Wangiyana *et al.*, 2018), Lombok Tengah (Setyayudi *et al.*, 2017), dan Lombok Timur (Wangiyana, Wanitaningsih and Anggadhania, 2020). Hal ini sekaligus menunjukkan bahwa *Gyrinops versteegii* merupakan spesies komoditi gaharu unggulan pulau Lombok.

Kegiatan budidaya gencar dilakukan karena status *G. versteegii* sebagai komoditi unggulan bernilai ekonomis tinggi (Susmianto and Santoso, 2014). Kegiatan budidaya ini dilakukan secara komprehensif mulai dari hulu hingga hilir (Turjaman, 2014). Bagian hulu dimulai dari proses pembibitan gaharu sementara bagian hilir adalah proses produksi resin gaharu (Rasool and Mohamed, 2016). Budidaya gaharu bagian hulu memiliki peranan yang esensial karena dapat menjamin ketersediaan bibit gaharu untuk menunjang proses budidaya gaharu yang berkelanjutan (Wangiyana and Wanitaningsih, 2018).

Salah satu kendala utama dalam tahap pembibitan gaharu terutama secara generatif adalah viabilitas benih gaharu yang cukup rendah (Tabin and Shrivastava, 2014). Benih gaharu sendiri tergolong sebagai benih *recalcitrant* yang didefinisikan sebagai benih yang mudah mengalami penurunan viabilitas ketika mendapatkan cekaman kekeringan ataupun memiliki masa dormansi yang sulit dipatahkan (Walters *et al.*, 2008). Karena bersifat *recalcitrant*, benih gaharu tidak dapat disimpan dalam waktu lama dan harus segera disemai secepat mungkin agar proses perkecambahan tidak terhambat (Umarani, Aadhavan and Faisal, 2015). Namun sayangnya, petani gaharu pulau Lombok cenderung tidak langsung menyemai benih gaharu pasca pemanenan di alam, melainkan memilih menyimpannya selama sehari – hari (Wangiyana and Wanitaningsih, 2018). Hal ini menjadi permasalahan tersendiri karena dapat menurunkan persentase perkecambahan benih (Alwis, Subasinghe and Hettiarachchi, 2016).

Berbagai upaya dilakukan untuk mengatasi permasalahan rendahnya persentase perkecambahan benih gaharu *G. versteegii* akibat proses penyimpanan benih yang dilakukan oleh petani Gaharu pulau Lombok.

Penelitian yang dilakukan umumnya difokuskan pada optimalisasi faktor eksterinsik maupun internisik dalam pembibitan. Faktor eksterinsik diantaranya adalah formulasi media pertumbuhan dan intensitas cahaya (Aji, Irwan Mahakam Lesmono; Sutriyono, 2015). Sementara itu faktor interinsik adalah aplikasi zat pengatur tumbuh atau fitohormon (Wangiyana and Putri, 2019). Sampai sejauh ini, aplikasi fitohormon terbukti memiliki peran meningkatkan persentase perkecambahan benih gaharu baik kelompok genus *Aquilaria* (Aisyah, Mardhiansyah and Arlita, 2016) maupun genus *Gyrinops* (Dharmasena and Arunakumara, 2020). Oleh karena itu, pengembangan perbaikan viabilitas benih gaharu pasca proses penyimpanan perlu dilakukan dengan menerapkan aplikasi fitohormon dalam proses perkecambahan.

Dalam teknonologi perbenihan gaharu modern dengan menggunakan kultur jaringan, aplikasi fitohormon merupakan hal yang wajib dilakukan bahkan merupakan salah satu syarat utama keberhasilan metode kultur jaringan (Nugraheni and Putri, 2018). Aplikasi ini seharusnya dapat diadaptasi pada teknologi perbenihan gaharu secara tradisinoal yang dilakukan oleh petani. Namun sayangnya petani gaharu masih cenderung lebih memilih perlakuan formulasi media tumbuh dan jarang melakukan aplikasi fitohormon pada proses perkecambahan benih gaharu (Wangiyana and Wanitaningsih, 2018). Untuk itu diperlukan riset yang mampu memberikan informasi kepada petani terkait potensi aplikasi fitohormon pada perkecambahan gaharu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis fitohormon dan konsentrasinya terhadap perkecambahan benih gaharu (*G. versteegii*) yang telah melalui masa penyimpanan selama 1 minggu.

B. METODE PENELITIAN

1. Rancangan Percobaan

Percobaan aplikasi fitohormon terhadap perkecambahan benih *G. versteegii* dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan dua faktor.

Faktor 1: Jenis Fitohormon

- J1 : Fitohormon atonik
- J2 : Fitohormon asam giberelat

Faktor 2: Konsentrasi Fitohormon

- K1 : Konsentrasi fitohormon 400 ppm
- K2 : Konsentrasi fitohormon 200 ppm

Masing –masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali (*triplicate*). Setiap kombinasi perlakuan menggunakan total 60 benih *G. versteegii* untuk perhitungan persentase perkecambahan.

2. Pengambilan Sampel Benih *G. versteegii*

Benih *G. versteegii* diambil dari wilayah hutan tanam rakyat wilayah Desa Kekait Puncang, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Sampel benih *G. versteegii* diambil pada koordinat 8°31'26"S 116°07'03" E di ketinggian 42 m di atas permukaan laut. Benih diseleksi berdasarkan kriteria ukuran, bentuk dan warna sehingga bisa dipastikan benih yang digunakan telah matang secara generatif.

3. Penyimpanan Benih

Benih *G. versteegii* yang sudah dipanen disimpan pada suhu ruang. Penyimpanan dilakukan selama 1 minggu. Masa penyimpanan tersebut merupakan masa penyimpanan benih yang umum dilakukan oleh petani gaharu pulau Lombok.

4. Preparasi Benih Gaharu

Biji *G. versteegii* diambil dari benih melalui proses pengupasan kulit buah. Pengupasan dilakukan secara perlahan agar tidak merusak struktur biji. Seleksi biji *G. versteegii* dilakukan berdasarkan bentuk morfologi normal biji dan juga ukuran. Biji lolos tahap seleksi selanjutnya mendapat perlakuan perendaman fitohormon.

5. Aplikasi Fitohormon pada Biji Gaharu

Aplikasi fitohormon pada benih *G. versteegii* dilakukan dengan metode perendaman. Konsentrasi fitohormon yang digunakan dalam perendaman disesuaikan dengan konsentrasi yang tertera pada rancangan percobaan. Proses perendaman dilakukan selama 10 menit.

6. Pengamatan Persentase Perkecambahan

Pengamatan perkecambahan biji *G. versteegii* dilakukan selama 7 hari pasca penyemaian. Biji berkecambah dengan tipe perkecambahan normal dihitung setiap hari. Persentase perkecambahan dihitung berdasarkan nilai kumulatif biji yang berkecambah dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{perkecambahan} = \frac{\sum \text{biji berkecambah}}{\sum \text{biji disemai}} \times 100\%$$

7. Analisis Data

Data persentase perkecambahan benih gaharu dianalisis dengan uji ANOVA pada nilai $\alpha = 0,05$. Analisis dilanjutkan dengan uji rerata antar perlakuan Beda Nyata Jujur (BNJ) pada nilai $\alpha = 0,05$. *Standard error* pada masing – masing faktor dijadikan sebagai acuan untuk menganalisis adanya interaksi antar faktor.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Benih *recalcitrant* cenderung mudah mengalami penurunan viabilitas terutama dalam hal kemampuan perkecambahan jika benih tidak langsung disemai pasca pemanenan. Pada kasus benih gaharu kelompok

Gyrinops, penyimpanan benih dalam waktu minimal selama 1 minggu telah mampu menurunkan kemampuan benih berkecambah hingga lebih dari 70% (Alwis, Subasinghe and Hettiarachchi, 2016). Sementara itu pada penyimpanan benih selama 2 minggu, kemampuan berkecambah benih gaharu kelompok *Aquilaria* telah turun hingga lebih dari 90%. (Shankar, 2012). Hal ini menjadi kendala tersendiri bagi budidaya gaharu terutama dengan menggunakan metode perbanyakan secara generatif.

Tabel. 1
Persentase perkecambahan benih *G. versteegii* dengan perlakuan jenis dan konsentrasi fitohormon

| Jenis Fitohormon | Konsentrasi | Ulangan | % Perkecambahan |
|------------------|-------------|---------|-----------------|
| J1 | K1 | 1 | 40% |
| | | 2 | 45% |
| | | 3 | 45% |
| | K2 | 1 | 35% |
| | | 2 | 40% |
| | | 3 | 35% |
| J2 | K1 | 1 | 55% |
| | | 2 | 50% |
| | | 3 | 45% |
| | K2 | 1 | 40% |
| | | 2 | 40% |
| | | 3 | 35% |

Keterangan: J1 = fitohormon atonik, J2 = Fitohormon asam giberelat, K1 = konsentrasi 400 ppm, K2= Konsentrasi 200 ppm

Aplikasi fitohormon pada benih *G. versteegii* menunjukkan bahwa persentase perkecambahan dapat ditingkatkan hingga mencapai angka 55% (Tabel 1). Nilai ini cukup memuaskan jika dibandingkan dengan data bahwa perkecambahan benih gaharu kelompok *Gyrinops* rata – rata hanya mencapai 26,7% ketika disemai pasca proses penyimpanan selama 1 minggu (Alwis, Subasinghe and Hettiarachchi, 2016). Hasil ini juga sekaligus dapat mengkonfirmasi manfaat perlakuan fitohormon bagi benih *Gyrinops* yang disemai pasca proses penyimpanan.

Berdasarkan hasil uji ANOVA terhadap jenis dan konsentrasi fitohormon, terlihat bahwa jenis fitohormon tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat perkecambahan benih *G. versteegii* (Tabel 2). Faktor yang lebih berpengaruh adalah konsentrasi fitohormon. Sementara itu tidak terdapat pengaruh interaksi antar faktor.

Tabel.2
Hasil ANOVA aplikasi fitohormon pada perkecambahan benih *G. versteegii*

| Sumber Keragaman | DB | JK | KT | F | P |
|--------------------------------|----|--------|--------|-------|----------|
| Faktor Utama | | | | | |
| Jenis Fitohormon | 1 | 52,08 | 52,08 | 4,17 | 0,075 ns |
| Konsentrasi | 1 | 252,08 | 252,08 | 20,17 | 0,002 ** |
| Interaksi | | | | | |
| Jenis Fitohormon * Konsentrasi | 1 | 18,75 | 18,75 | 1,5 | 0,25 ns |
| Error | 8 | 100 | 12,5 | | |
| Total | 11 | 422,92 | | | |

Keterangan: ns = tidak berbeda nyata pada $\alpha = 0,05$
** = sangat signifikan pada $\alpha = 0,05$

Berdasarkan uji Beda Nyata Jujur (BNJ), perlakuan konsentrasi fitohormon sebesar 400 ppm mampu mendukung persentase perkecambahan lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 200 ppm (Tabel 3). Pada dasarnya, semakin tinggi konsentrasi fitohormon, berpotensi untuk mendukung perkecambahan yang lebih baik. Meskipun demikian, terdapat konsentrasi optimum dari fitohormon sehingga penambahan konsentrasi diatas konsentrasi optimum tidak akan berpengaruh signifikan terhadap perkecambahan. Konsentrasi optimum asam giberelat dan atonik dari tanaman lain dapat dijadikan referensi acuan pembandingan dengan konsentrasi optimum yang diperoleh pada penelitian ini. Konsentrasi 400 – 500 ppm merupakan konsentrasi ideal bagi ZPT atonik untuk mengoptimalkan perkecambahan tanaman habitus pohon (Farida and Saragih, 2013). Konsentrasi ini juga merupakan konsentrasi optimal dan efisien bagi fitohormon asam giberelat untuk memacu pertumbuhan tunas benih yang berkecambah (Chaudhary *et al.*, 2019)

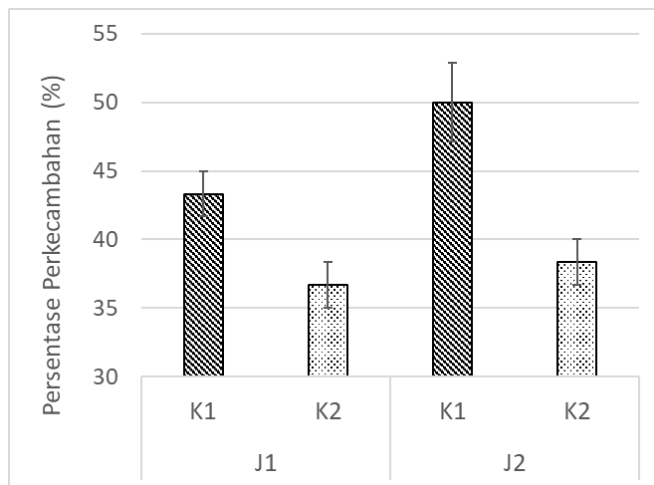
Tabel 3.
Hasil uji BNJ Faktor Jenis Fitohormon dan Faktor Konsentrasi Fitohormon

| Faktor Jenis Fitohormon | | Faktor Konsentrasi fitohormon | |
|-------------------------|------------|-------------------------------|------------|
| Perlakuan | Rerata (%) | Perlakuan | Rerata (%) |
| J2 | 44,17 (a) | K1 | 46,67 (a) |
| J1 | 40 (a) | K2 | 37,5 (b) |
| MSD 0,05 | 4,707 | MSD 0,05 | 4,707 |

Keterangan: Notasi berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda signifikan pada $\alpha = 0,05$

Pada konsentrasi optimum 400 ppm, fitohormon asam giberelat mendukung perkecambahan benih *G. versteegii* yang lebih baik dibandingkan dengan fitohormon atonik. Hal ini juga terkonfirmasi dari galat pada nilai *standard error* (Gambar 1). Asam giberelat merupakan jenis fitohormon yang esensial bagi proses *signaling* dalam perkecambahan biji. Proses *signaling* tersebut merupakan rangkaian reaksi berantai yang menjamin benih benar – benar siap untuk berkecambah (Kim and Park, 2008). Dengan demikian, asam giberelat memiliki peran lebih dominan dalam

mendukung perkecambahan benih gaharu dibandingkan atonik. Hal ini juga terlihat dari persentase perkecambahan tertinggi benih gaharu yang mencapai 55% dengan pemberian asam giberelat konsentrasi 400 ppm.



Gambar 1. Perbandingan Perkecambahan benih gaharu pada berbagai jenis fitohormon dan konsentrasi dengan acuan nilai *standard error* (Keterangan: J1 = fitohormon atonik, J2 = Fitohormon asam giberelat, K1 = konsentrasi 400 ppm, K2= Konsentrasi 200 ppm)

Aplikasi fitohormon merupakan salah satu perlakuan yang umum digunakan untuk mematahkan dormansi biji. Perlakuan tersebut dikhususkan untuk dormansi biji yang disebabkan oleh *abiotic stress* yang tidak memungkinkan biji berkecambah dengan baik (Rhaman *et al.*, 2021). Tiga kelompok fitohormon yang umum digunakan untuk mematahkan dormansi benih akibat stress abiotik adalah asam giberelat, auksin, dan sitokonin (Muhie, 2018). Meskipun demikian aplikasi fitohormon tersebut umumnya efektif diaplikasikan pada tanaman semusim. Untuk tanaman habitus pohon, perlakuan fitohormon masih cukup jarang dilakukan. Terlebih lagi aplikasi fitohormon dalam perkembangan gaharu kelompok *Gyrinops* secara generatif menggunakan benih yang sifatnya rekalsitran (Nugraheni and Putri, 2018).

Satu dari sedikit perlakuan fithormon pada perkecambahan benih *Gyrinops* secara generatif yang dapat ditelusuri adalah penelitian (Dharmasena and Arunakumara, 2020). Penelitian tersebut menggunakan benih *Gyrinops walla* yang masih dalam satu genus dengan *Gyrinops versteegii* yang digunakan dalam penelitian ini. Meskipun jenis fitohormon yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah asam giberelat dan auksin, namun konsentrasi yang digunakan 3 kali lipat lebih besar dibandingkan konsentrasi asam giberelat dan auksin (atonik) yang digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, benih *G. walla* yang digunakan tidak mendapat perlakuan penyimpanan (*storage*) seperti pada penelitian ini.

Konsentrasi fitohormon yang lebih rendah memungkinkan efisiensi penggunaan sumber daya yang dapat dilakukan oleh petani. Efisiensi penggunaan sumber daya tersebut diharapkan mampu berkontribusi pada pengembangan pertanian era 5.0 (Saiz-Rubio and Rovira-Más, 2020). Penggunaan fitohormon konsentrasi rendah pada benih gaharu dalam penelitian

ini diharapkan mampu memberikan efisiensi penggunaan sumber daya bagi petani gaharu terutama dalam hal pembibitan benih gaharu. Dengan penggunaan konsentrasi fitohormon lebih rendah, dibutuhkan biaya yang lebih rendah. Selama ini perlakuan fithormon sangat jarang digunakan dalam proses pembibitan benih gaharu oleh petani karena alasan biaya yang relatif mahal dibandingkan penggunaan pupuk ataupun formulasi media semai (Wangiyana and Malik, 2018)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa asam giberelat pada konsentrasi 400 ppm mempunyai efektivitas lebih tinggi dalam mendukung perkecambahan benih dibandingkan atonik. Meskipun demikian, kedua jenis fithormon ini tetap dapat menjadi fitohormon potensial sebagai solusi untuk meningkatkan perkecambahan benih gaharu *G. versteegii*. Mengubah kebiasaan petani gaharu lombok yang cenderung tidak langsung menyemai benih pasca pemanenan benih memang sulit untuk dilakukan. Terkadang pemanenan buah tidak dilakukan secara simultan sehingga mereka menyimpan benih yang dipanen secara bertahap untuk kemudian disemai ketika sudah terkumpul lengkap. Aplikasi fitohormon asam giberelat diharapkan mampu menjadi salah solusi dari masalah rendahnya persentase perkecambahan benih yang dialami petani gaharu Lombok.

D. SIMPULAN

Aplikasi fitohormon asam giberelat pada dosis 400 ppm mampu memacu perkecambahan benih *G. versteegii* sebesar 55% pasca 1 minggu proses penyimpanan serta mendukung persentase perkecambahan lebih baik dibandingkan dengan fitohormon atonik pada konsentrasi yang sama. Penelitian terkait lama waktu ideal perendaman benih *G. versteegii* pada berbagai konsentrasi fitohormon perlu dilakukan sebagai informasi teknis tambahan terkait aplikasi fitohormon pada perkecambahan benih gaharu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para petani/pembibit gaharu Desa Kekait Puncang, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat, yang telah membantu tim peneliti dalam melakukan pengumpulan dan seleksi benih *G. versteegii* yang digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Aisyah, S., Mardhiansyah, M. and Arlita, T. (2016) 'Aplikasi berbagai jenis zat pengatur tumbuh (ZPT) terhadap pertumbuhan semai gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk)', *Jom Faperta*, 3(1), pp. 1–8.
- Aji, Irwan Mahakam Lesmono; Sutriyono, R. Y. (2015) 'Pengaruh Media Tanam dan Kelas Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan Benih Gaharu (*Gyrinops versteegii*)', *Media Bina Ilmiah*, 9(5), pp. 60–69.
- Alwis, H. N. De, Subasinghe, S. M. C. U. P. and Hettiarachchi, D. S. (2016) 'Effect of Storage Time and Temperature on *Gyrinops walla* Gaertn . Seed Germination', *Journal of*

Environmental Professionals Sri Lnaka, 5(2), pp. 16–24.

Chaudhary, A. *et al.* (2019) 'Effect of Gibberellic Acid on Germination and Vigour of Kagzi Lime Seedlings', *Current Journal of Applied Science and Technology*, 38(6), pp. 1–8.

Dharmasena, K. P. S. S. and Arunakumara, K. K. I. U. (2020) 'Effect of Plant Growth Regulators on Seed Germination in Walla Patta (*Gyrinops walla*)', *Sri Lankan Journal of Agriculture and Ecosystems*, 2(2), pp. 56–69. doi: 10.4038/sljae.v2i2.38.

Farida and Saragih, A. (2013) 'Pengaruh dosis perendaman menggunakan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) Atonik terhadap pertumbuhan benih jarak pagar (*Jatropha curcas* L.)', *Jurnal Pertanian Terpadu*, 1(2), pp. 23–33.

Kim, S. and Park, C. (2008) 'Gibberellic acid-mediated salt signaling in seed germination', *Plant Signaling & Behavior*, 3(10), pp. 877–879.

Muhie, S. H. (2018) 'Seed Priming with Phytohormones to Improve Germination Under Dormant and Abiotic Stress Conditions', *Advances in Crop Science and Technology*, 6(6), pp. 1–4.

Nugraheni, Y. M. M. A. and Putri, K. P. (2018) 'Pengaruh hormon pada setek pucuk *Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke dengan metode water rooting', *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 6(2), pp. 85–92.

Rasool, S. and Mohamed, R. (2016) 'Understanding Agarwood Formation and Its Challenges', in Mohamed, R. (ed.) *Agarwood Science Behind the Fragrance*. Singapore: Springer, pp. 39–56.

Rhaman, M. S. *et al.* (2021) 'Seed priming with phytohormones: An effective approach for the mitigation of abiotic stress', *Plants*, 10(1), pp. 1–17.

Saiz-Rubio, V. and Rovira-Más, F. (2020) 'From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management', *Agronomy*, 10(207), pp. 1–21. doi: 10.3390/agronomy10020207.

Setyayudi, A. *et al.* (2017) 'Ujicoba perbanyak vegetatif sambung tanaman *Gyrinops versteegii*', *Ulin Jurnal Hutan Tropis*, 1(2), pp. 90–95.

Shankar, U. (2012) 'Effect of seed abortion and seed storage on germination and seedling growth in *Aquilaria malaccensis* Lamk. (Thymelaeaceae)', *Current Science*, 102(4), pp. 596–604.

Susmianto, A. and Santoso, E. (2014) 'Ketika Gaharu Menjadi Booming', in Susmianto, A., Turjaman, M., and Setio, P. (eds) *Rekam Jejak Gaharu Inokulasi*. 2nd edn. Bogor: FORDA Press, pp. 1–17.

Tabin, T. and Shrivastava, K. (2014) 'Factors affecting seed germination and establishment of critically endangered *Aquilaria malaccensis* (Thymelaeaceae)', *Asian Journal of Plant Science and Research*, 4(6), pp. 41–46.

Turjaman, M. (2014) 'Industri Hulu-Hilir Gaharu', in Susmianto, A., Turjaman, M., and Setio, P. (eds) *Rekam Jejak Gaharu Inokulasi*. 2nd edn. Bogor: FORDA Press, pp. 185–216.

Umarani, R., Aadhavan, E. K. and Faisal, M. M. (2015) 'Understanding poor storage potential of recalcitrant seeds', *Current Science*, 108(11), pp. 2023–2034.

Walters, C. *et al.* (2008) 'Cryopreservation of recalcitrant (i.e. Desiccation-sensitive) seeds', in *Plant Cryopreservation: A Practical Guide*. New York: Springer, pp. 465–484.

Wangiyana, I. G. A. S. *et al.* (2018) 'Tannin Concentration of *Gyrinops* Tea from Leaves of Juvenile and Mature Agarwood

Trees (*Gyrinops versteegii* Gilg (Domke)) with Different Processing Methods', *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 10(10), pp. 113–119.

Wangiyana, I. G. A. S. and Malik, S. (2018) 'Application of Arbuscular Mycorrhiza from Senaru Forest Rhizosphere for *Gyrinops versteegii* Germination and Growth', *Biosaintifika Journal of Biology & Biology Education*, 10(2), pp. 432–438.

Wangiyana, I. G. A. S. and Putri, D. S. (2019) 'Aplikasi Zat Pengatur Tumbuh dan Kegiatan Pruning Dalam Optimalisasi Budidaya Gaharu Di Desa Duman Kecamatan Lingsar Lombok Barat', *Lumbung Inovasi*, 4(1), pp. 1–7.

Wangiyana, I. G. A. S. and Wanitaningsih, S. K. (2018) 'Pkm kelompok pembibit gaharu desa kekait puncang untuk meningkatkan efisiensi produksi bibit', *Lumbung Inovasi*, 3(1), pp. 52–58.

Wangiyana, I. G. A. S., Wanitaningsih, S. K. and Anggadhanita, L. (2020) 'Pelatihan teknologi bio-induksi untuk petani gaharu di Desa Pejaring, Kabupaten Lombok Timur', *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), pp. 36–44.

Wicaksono, H., Wangiyana, I. G. A. S. and Nizar, W. Y. (2019) 'Studi kolonisasi fungi mikoriza arbuskular pada gaharu (*Gyrinops versteegii*) dengan sumber inokulan rizosfer perkebunan gaharu', *Jurnal Agrotek Ummat*, 6(2), pp. 45–50.