

UPAYA PENINGKATAN KUALITAS BIBIT SONOKELING (*Dalbergia latifolia* Roxb.): IDENTIFIKASI POHON INDUK, POLIPLOIDISASI DAN PERBANYAKAN TANAMAN

INDIRA RIASTIWI



PROGRAM STUDI BIOLOGI TUMBUHAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Upaya Peningkatan Kualitas Bibit Sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb.): Identifikasi Pohon Induk, Poliploidisasi dan Perbanyakan Tanaman” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2024

Indira Riastiwi
G363184072



RINGKASAN

INDIRA RIASTIWI. Upaya Peningkatan Kualitas Bibit Sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb.): Identifikasi Pohon Induk, Poliploidisasi dan Perbanyakan Tanaman. Dibimbing oleh DIAH RATNADEWI, WITJAKSONO, dan ULFAH UNIARTI SIREGAR.

Sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb.) adalah tanaman yang berasal dari India yang terkenal dengan kayu berkualitas tinggi setara dengan kayu jati, digunakan dalam industri mebel kelas atas, serta memiliki ketahanan terhadap serangan rayap dan jamur. Populasi alami sonokeling di Indonesia menurun secara drastis karena pemanenan berlebihan dan pada IUCN sonokeling tergolong rentan. Hal ini mendorong upaya perlindungan melalui regulasi perdagangan CITES sejak 2017 untuk membatasi kuota. Meskipun pembatasan pemanenan dan perdagangan oleh CITES menyebabkan mahalnya harga kayu sonokeling, budidaya sonokeling masih sporadis di lakukan oleh masyarakat.

Tujuan penelitian ini secara umum adalah mengembangkan suatu program perbaikan kualitas dan kuantitas bibit sonokeling dalam upaya budidaya dan produksi kayu sonokeling yang berkelanjutan melalui produksi bibit unggul skala besar secara vegetatif. Penelitian dilakukan dalam beberapa kegiatan utama, yaitu: (1) Pemuliaan pohon sonokeling melalui seleksi pohon plus secara konvensional berdasarkan karakter morfologi didukung studi keragaman genetik molekular di DI Yogyakarta; (2) upaya manipulasi jumlah kromosom melalui induksi poliploid sonokeling menggunakan orizalin untuk mendapatkan bibit sonokeling tetraploid; (3) pengembangan metode vegetatif *ex vitro* sonokeling dengan setek akar yang efektif dan efisien, dan (4) Pengembangan metode perbanyakan *in vitro* sonokeling dengan kultur tunas maupun kultur suspensi sel.

Pada penelitian pertama, identifikasi dan seleksi pohon plus dilakukan di empat kabupaten DI Yogyakarta, yaitu Bantul, Gunungkidul, Kulon Progo, dan Sleman. Identifikasi pohon plus dilakukan dengan skoring morfologi pohon terpilih yang dibandingkan dengan 5 pohon di sekitarnya. Dari empat kabupaten yang disurvei diidentifikasi 61 kandidat pohon plus. Keragaman genetik populasi pohon tersebut dianalisa menggunakan marka molekuler ISSR dengan 10 primer. Pengelompokan populasi berdasarkan jarak genetik dan PCA menunjukkan bahwa populasi membentuk 3 klaster yaitu Kulon Progo, Sleman, dan Bantul yang bersatu dengan Gunungkidul. Seleksi pohon plus dilakukan mengambil pohon terbaik dari data distribusi frekuensi skoring pada persentil 90%, dan diperoleh 8 pohon plus terbaik.

Dengan mempertimbangkan hasil studi keragaman genetik dan dendrogram jarak genetik, proses seleksi dari 8 pohon plus menghasilkan 6 pohon plus yang mewakili morfologi terbaik dari masing-masing empat kabupaten di DI Yogyakarta. Pohon plus yang telah diseleksi ini dapat dijadikan pohon induk, atau sumber perbanyakan vegetatif bibit sonokeling dan dapat disertifikasi oleh pihak yang berwenang seperti Dinas kehutanan dan PEMDA setempat.

Pada penelitian kedua, induksi poliploid dilakukan dengan merendam kecambah dari benih sonokeling yang berasal dari Ngawi, dalam larutan orizalin dengan konsentrasi 0, 3,75, 7,5, 15, 30, 45 dan 120 μ M dan lama perendaman 12 dan 24 jam. Perendaman kecambah selama 12 dan 24 jam dalam 15 μ M orizalin,

menghasilkan 2 bibit tetraploid dan 7 bibit mixoploid sonokeling. Status ploidi dari tanaman tetraploid dan mixoploid telah dikonfirmasi dengan *flow cytometer*. Tanaman tetraploid tersebut juga memiliki daun yang lebih tebal, ukuran stomata yang lebih besar, dan kerapatan stomata yang lebih rendah dibandingkan tanaman diploidnya. Sampai umur pengamatan terakhir 18 bulan, tanaman tetraploid tidak menunjukkan pertumbuhan yang lebih cepat dari tanaman diploid dan morfologi gigantisme seperti yang diharapkan. Kemungkinan penyebabnya adalah genotipe bibit yang dipakai dalam percobaan belum diketahui mutu dan superioritasnya, karena berasal dari biji hasil perkawinan acak pada populasi sonokeling di daerah Ngawi. Bila gen-gen dalam kromosom inferior maka meskipun diperbanyak tidak akan menghasilkan fenotipe yang superior. Selain itu, pertumbuhan kecambah dan tanaman juvenil sonokeling yang lambat mungkin belum dapat mengekspresikan pertumbuhan cepat dan sifat gigantisme pada tanaman tetraploid. Pemeliharaan optimal untuk pertumbuhan dan pengamatan morfologi lebih lanjut terhadap bibit poliploid perlu dilakukan.

Penelitian ketiga, yaitu penelitian optimasi teknik pembibitan dengan setek akar yang berasal dari DI Yogyakarta. Beberapa percobaan untuk mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi yang meliputi ukuran setek 5 dan 10 cm, pelukaan dan tanpa pelukaan pada setek akar, penggunaan zat pengatur tumbuh, serta kombinasi komposisi medium sekam: pasir: *cocopeat*: tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setek dengan ukuran 10 cm panjang dan diameter 2–5 cm berhasil tumbuh menjadi bibit sonokeling dengan tingkat keberhasilan sebesar 73%. Medium tanam setek dengan komposisi sekam: pasir: *cocopeat*: tanah dengan perbandingan 1:2:1:1 merupakan komposisi media terbaik yang menghasilkan pertumbuhan tunas tertinggi.

Penelitian keempat, yaitu percobaan optimasi pertumbuhan tunas dengan berbagai formulasi garam makro menunjukkan bahwa pertumbuhan tunas sonokeling terbaik diperoleh pada medium dengan formulasi MS 3:1, yaitu modifikasi dari media MS dengan rasio nitrat:amonium 3:1 yang diperoleh dengan menurunkan konsentrasi NH_4NO_3 dari 1,6 g/L menjadi 1,2 g/L dan meningkatkan konsentrasi KNO_3 dari 1,9 menjadi 3 g/L. Selanjutnya menginduksi embriogenesis somatik dan regenerasi pada sonokeling. Tingkat proliferasi kultur suspensi tertinggi berhasil dilakukan pada medium modifikasi MS 3:1 dengan penambahan ZPT 2,4-D sebanyak 5 mg/L dan picloram sebanyak 3 mg/L. Suspensi sel terdiri dari sel parenkim memanjang, sel bulat, dan kumpulan sel yang menyerupai massa pro embrionik. Protokol ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam perbanyakan *in vitro* sonokeling.

Secara keseluruhan penelitian yang dilakukan dapat menjadi referensi atau dasar perbaikan kualitas dan kuantitas produksi bibit unggul sonokeling yang pada akhirnya akan meningkatkan produksi kayu untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat, juga membantu upaya konservasi tanaman sonokeling di Indonesia.

Kata kunci: keragaman genetik, morfogenesis, poliploidi, sonokeling, suspensi sel

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

INDIRA RIASTIWI. Efforts to Improve the Quality of Sonokeling Seedlings (*Dalbergia latifolia* Roxb.): Identification of Plus Trees, Polyploidization, and Plant Propagation. Supervised by DIAH RATNADEWI, WITJAKSONO, and ULFAH JUNIARTI SIREGAR.

Sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb.) is a plant native to India, renowned for its high-quality wood comparable to teak, used in the high-end furniture industry, and resistant to termite and fungal attacks. The natural population of sonokeling in Indonesia has drastically declined due to overharvesting, and it is classified as vulnerable by the IUCN. This has prompted protective measures through CITES trade regulations since 2017 to limit quotas. Although CITES restrictions on harvesting and trade have driven up the price of sonokeling wood, its cultivation is still sporadically practiced by the community.

The general objective of this research is to develop a program to improve the quality and quantity of sonokeling seedlings to support sustainable cultivation and wood production through large-scale vegetative propagation of superior seedlings. The research is conducted through several main activities: (1) Breeding sonokeling trees through conventional plus tree selection based on morphological characteristics supported by molecular genetic diversity studies in Yogyakarta; (2) manipulating chromosome numbers through the induction of polyploidy in sonokeling using oryzalin to produce tetraploid seedlings; (3) developing an effective and efficient ex vitro vegetative propagation method for sonokeling using root cuttings, and (4) developing an in vitro propagation method for sonokeling through shoot culture and cell suspension culture.

In the first study, identification and selection of plus trees were conducted in four districts of Yogyakarta: Bantul, Gunungkidul, Kulon Progo, and Sleman. Plus tree identification was done by scoring the morphology of selected trees compared to five surrounding trees. From the surveyed districts, 61 candidate plus trees were identified. The genetic diversity of these tree populations was analyzed using ISSR molecular markers with 10 primers. Population clustering based on genetic distance and PCA showed three clusters: Kulon Progo, Sleman, and Bantul-Gunungkidul. Plus tree selection was based on the best trees from the frequency distribution scoring data at the 90th percentile, resulting in the selection of 10 best plus trees. Considering the results of the genetic diversity study and the genetic distance dendrogram, the selection process reduced the number of plus trees from 8 to 6, representing the best morphology from each of the four districts in Yogyakarta. These selected plus trees can serve as parent trees or sources for vegetative propagation of sonokeling seedlings and can be certified by authorities such as the Forestry Department and local government.

In the second study, polyploidy induction was conducted by soaking sonokeling seedlings from Ngawi seeds in oryzalin solution at concentrations of 0, 3.75, 7.5, 15, 30, 45, and 120 μM for 12 and 24 hours. Soaking seedlings for 12 and 24 hours in 15 μM oryzalin produced 2 tetraploid and 7 mixoploid sonokeling seedlings. The ploidy status of the tetraploid and mixoploid plants was confirmed using a flow cytometer. Tetraploid plants had thicker leaves, larger stomata size, and lower stomata density compared to diploid plants. Up to the last observation at

18 months, tetraploid plants did not show faster growth or gigantism morphology as expected. This might be due to the unknown quality and superiority of the genotypes used in the experiment, as they were from random mating seeds in the Ngawi sonokeling population. If the genes in the chromosomes are inferior, even propagation will not produce superior phenotypes. Additionally, the slow growth of sonokeling seedlings and juvenile plants might not yet express the rapid growth and gigantism traits in tetraploid plants. Optimal maintenance and further morphological observations of polyploid seedlings are necessary.

The third study focused on optimizing root cutting propagation techniques from Yogyakarta. Various experiments to achieve higher efficiency included root cutting sizes of 5 and 10 cm, wounding and non-wounding of root cuttings, the use of growth regulators, and combinations of planting medium compositions (rice husk: sand: cocopeat: soil). Results showed that 10 cm long cuttings with a diameter of 2–5 cm successfully grew into sonokeling seedlings with a 73% success rate. The best planting medium composition for root cuttings was rice husk: sand: cocopeat: soil in a ratio of 1:2:1:1, producing the highest shoot growth.

The fourth study involved optimizing shoot growth using various macro salt formulations, showing the best sonokeling shoot growth in MS 3:1 medium, a modification of MS medium with a nitrate:ammonium ratio of 3:1 achieved by reducing NH_4NO_3 concentration from 1.6 g/L to 1.2 g/L and increasing KNO_3 concentration from 1.9 g/L to 3 g/L. Further steps included inducing somatic embryogenesis and regeneration in sonokeling. The highest proliferation rate in cell suspension culture was achieved in MS 3:1 medium with the addition of 5 mg/L 2,4-D and 3 mg/L picloram. The cell suspension consisted of elongated parenchyma cells, round cells, and clusters resembling proembryonic masses. This protocol is expected to enhance the efficiency and effectiveness of in vitro sonokeling propagation. Overall, this research can serve as a reference or foundation for improving the quality and quantity of superior sonokeling seedlings, ultimately boosting wood production to meet societal needs and aiding in the conservation of sonokeling in Indonesia.

Keywords: genetic diversity, morphogenesis, polyploidy, sonokeling, cell suspension



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



- 

UPAYA PENINGKATAN KUALITAS BIBIT SONOKELING (*Dalbergia latifolia* Roxb.): IDENTIFIKASI POHON INDUK, POLIPLOIDISASI DAN PERBANYAKAN TANAMAN

INDIRA RIASTIWI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Biologi Tumbuhan

**PROGRAM STUDI BIOLOGI TUMBUHAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Hamim, M.Si.
- 2 Dr. Irawati

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Hamim, M.Si.
- 2 Dr. Irawati



Judul Disertasi: Upaya Peningkatan Kualitas Bibit Sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb.): Identifikasi Pohon Induk, Poliploidisasi dan Perbanyakan Tanaman.

Nama : Indira Riastiwi
NIM : G363184072

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Diah Ratnadewi, DEA

Pembimbing 2:
Dr. Witjaksono, M.Sc.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ulfah Juniarti Siregar, M.Agr.



[Handwritten signature of Prof. Dr. Ir. Diah Ratnadewi]
[Handwritten signature of Dr. Witjaksono]

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Hamim, M.Si.
NIP. 196503221990021001

Dekan FMIPA IPB:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP. 197807232007011001



Tanggal Ujian:
(17 Juli 2024)

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga disertasi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November 2019 sampai bulan Juli 2024 ini ialah biologi tumbuhan, dengan judul “Upaya Peningkatan Kualitas Bibit Sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb.): Identifikasi Pohon Induk, Poliploidisasi dan Perbanyakkan Tanaman”.

Dalbergia latifolia terdaftar dalam Lampiran II CITES dan diklasifikasikan oleh IUCN sebagai spesies yang rentan akibat eksploitasi berlebihan. Permintaan tinggi akan kayu sonokeling, yang tidak seimbang dengan ketersediaan kayu yang berukuran besar atau siap panen, telah menyebabkan kelangkaan. Oleh karena itu, konservasi dan budidaya sonokeling diperlukan untuk meningkatkan populasi dan melestarikan pohon sonokeling untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan kayu sonokeling.

Karya ilmiah berjudul “Genetic diversity of rosewood (*Dalbergia latifolia*) in Yogyakarta, Indonesia for plus trees” telah dipublikasikan di Biodiversitas Journal of Biological Diversity pada tahun 2022. Karya ilmiah yang berjudul “Initiation and growth of rosewood (*Dalbergia latifolia* Roxb.) cell suspension” telah dipublikasikan di AIP Conference Proceedings pada tahun 2023. Karya ilmiah lainnya berjudul “Induction of polyploidy in *Dalbergia latifolia* Roxb. using oryzalin telah *accepted* dan dalam proses editing di jurnal Sains Malaysiana. Karya-karya ilmiah tersebut merupakan bagian dari hasil penelitian dalam rangka program S-3 ini.

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang berkontribusi dalam proses penulis menyelesaikan program S-3 di Departemen Biologi, Fakultas MIPA, IPB.

1. Zulchan Andika Surya (suami) dan anak-anak tercinta (Husni Raqilla Ammar dan Hafiz Haufanhazza) yang telah memberikan dukungan dengan penuh cinta dan kesabaran kebersamai penulis selama menyelesaikan program S-3 di IPB.
2. Hariyanto (ayahanda tercinta) dan Tien Indriyaningrum (ibunda tercinta) yang memberikan dukungan, semangat dan doa kepada penulis.
3. Indira Sekar Ningtyas, Wisnu Wardhana, Argha Jiwa Kusuma dan Indira Putri Negari, adik-adik penulis yang telah membantu dalam proses entri data dan pengambilan sampel saat eksplorasi.
4. Para pembimbing, Prof. Dr. Diah Ratnadewi, DEA., yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran membagikan ilmu serta melatih kecermatan, Dr. Witjaksono, M.Sc., yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan memberikan banyak pembelajaran kepada penulis, membiayai ekplorasi penulis ke Yogyakarta serta mengajarkan penulis menggali kebaruan penelitian dari sudut pandang yang *out of the box* dan Prof. Dr. Ulfah Juniarti Siregar, M.Agr., yang telah membimbing penulis, mengajarkan tentang keragaman genetik pada bidang kehutanan.
5. Prof. Dr. SM. Widyastuti M.Sc. (Alm.), Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, UGM dan Prof. Dr. Ir. Noor Farikhah Haneda, M.Si., Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB yang

telah memberikan rekomendasi kepada penulis untuk mendaftar program S-3 di Departemen Biologi, Fakultas MIPA, IPB.

6. Prof. Dr. Ir. Hamim, M.Si., Prof. Dr. Dra. Triadiati M.Si, dan Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono DEA, yang telah mendukung penulis untuk segera menyelesaikan studi program S-3.
7. I Putu Gede Parlida Damayanto, Ridwan, Titis Utama Syah dan Fitri Indriani, Edgar B. Sutawika, Seni Kurnia Senjaya, Suratimin, Tri Handayani, Aryani Leksonowati, Apriliana Dyah Prawestri, Yuli, Omi, Herlina, Susila, Widoyanti, Kusuma Rahmawati, Wita Wardani, Tika Dewi Atikah, Bayu Arief Pratama, Kusuma Dewi Sri Yulita, Alex Sumadijaya, Jasper Michael Mambrasar, Wulan Septianingtyas Kurniajati, Yayan Wahyu Candra Kusuma, Rani Asmarayani, Dwi Setyo Rini, Fajarrudin Ahmad, Eko Prasetyo, Ahdiar Fikri Maulana, Imam Muslimin, M. Hadi Saputra, Eka Fatmawati Tihurua, Lutut Dwi Sulistyaningsih, Abdul Halim Umar, Yasinta Ratna Esti Wulandari, Musawira, Eka Setiawan, Aditya Nugroho, Susilowati Puspaningsih, Sumarna Ady Widjaja, Ahmad Rian Pratama, Suhendrik, Ghaniy Candra, Titik Oktafiana, Peni Lestari, Deden Girmansyah, Endang Kintamani, Tri Haryoko, seluruh satpam Pusat Penelitian Biologi, LIPI (kini bernama BRIN) yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian berlangsung.
8. Terima kasih kepada semua dosen PS S3 BOT dan tenaga kependidikan.
9. Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas Program *Degree by Research* (DbR) mendanai kuliah dan penelitian penulis selama menempuh program S-3 di PS Biologi Tumbuhan SPS IPB.
10. Kepala Pusat Riset Rekayasa Genetika, BRIN, atas segala pengertian dan pelayanannya kepada penulis selama menjadi anggota dari Pusat Riset Rekayasa Genetika.
11. Kepala Pusat Riset Botani Terapan, BRIN, atas pengertian dan fasilitas yang diberikan selama menempuh Pendidikan program S-3.
12. Seluruh kolega di BRIN yang tidak dapat disebut satu per satu yang telah membantu dalam banyak hal selama pelaksanaan penelitian berlangsung.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2024

Indira Riastiwi



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Kebaruan	4
1.6 Hipotesis	5
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sonokeling (<i>Dalbergia latifolia</i> Roxb.)	7
2.2 Pohon Plus	7
2.3 Keragaman Genetik	9
2.4 Induksi Poliploid	11
2.5 Perbaikan Teknik Perbanyakan secara Vegetatif	12
III STUDI KERAGAMAN GENETIK SONOKELING (<i>Dalbergia latifolia</i> ROXB.) DI YOGYAKARTA UNTUK MENENTUKAN POHON PLUS	23
3.1 Abstrak	23
3.2 Pendahuluan	23
3.3 Metode	24
3.3.1 Pemilihan Pohon Plus	24
3.3.2 Pengujian Molekuler	27
3.3.3 Analisis Data	29
3.4 Hasil	29
3.4.1 Karakterisasi dan Penentuan Kandidat Pohon Plus	29
3.4.2 Keragaman Genetik Kandidat Pohon Plus	32
3.4.3 Jarak Genetik Antar-populasi dan Antar-individu Sonokeling di Yogyakarta	33
3.5 Pembahasan	37
3.6 Kesimpulan	38
IV INDUKSI POLIPLOIDI <i>Dalbergia latifolia</i> Roxb. MENGGUNAKAN ORIZALIN	39
4.1 Abstrak	39
4.2 Pendahuluan	39
4.3 Metode	40
4.3.1 Bahan Tanaman	40
4.3.2 Induksi Poliploidi	41
4.3.3 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman	41
4.3.4 Analisis Ploidi dengan <i>Flow Cytometry</i>	42
4.3.5 Pengamatan Stomata	42
4.3.6 Pengamatan Ketebalan Daun	43
4.3.7 Analisis Data	43

4.4	Hasil	43
4.4.1	Daya Hidup dan Pertumbuhan Tanaman	43
4.4.2	Analisis Ploidi dan Penentuan Tanaman Tetraploid	45
4.4.3	Ukuran dan Kerapatan Stomata pada Tanaman Sonokeling Diploid, Tetraploid dan Mixoploid	46
4.4.4	Tebal Daun pada Tanaman Sonokeling Diploid, Tetraploid dan Mixoploid	47
4.4.5	Morfologi Tanaman Diploid Kontrol, Tetraploid dan Mixoploid di Pembibitan	47
4.5	Pembahasan	48
4.6	Kesimpulan	51
V	PERBANYAKAN VEGETATIF <i>EX VITRO</i> <i>Dalbergia latifolia</i> MENGGUNAKAN SETEK AKAR	52
5.1	Abstrak	52
5.2	Pendahuluan	52
5.3	Metode	53
5.3.1	Bahan Tanaman	53
5.3.2	Preparasi sampel	53
5.3.3	Pengaruh panjang setek dengan zat pengatur tumbuh	53
5.3.4	Pengaruh komposisi medium tanam setek	54
5.3.5	Pengaruh pelukaan dan kombinasi zat pengatur tumbuh	54
5.3.6	Analisis Data	54
5.4	Hasil	54
5.4.1	Pertumbuhan Setek Akar	54
5.4.2	Efek Panjang Setek Akar dan ZPT	55
5.4.3	Efek Komposisi Media Tanam pada Pertumbuhan Setek Akar	58
5.4.4	Efek Pelukaan Setek Akar dan ZPT pada Pertumbuhan Tunas Adventif	58
5.5	Pembahasan	59
5.6	Simpulan	61
VI	PERBANYAKAN IN VITRO <i>Dalbergia latifolia</i> Roxb.	62
6.1	Abstrak	62
6.2	Pendahuluan	62
6.3	Metode	63
6.3.1	Inisiasi Tunas <i>In Vitro</i> Sonokeling	63
6.3.2	Inisiasi Kalus Sonokeling	65
6.3.3	Inisiasi Suspensi Sel Sonokeling	65
6.3.4	Pengaruh 2,4-D dan picloram pada Proliferasi Sel Bulat dan Sel Lonjong	66
6.3.5	Pengamatan Anatomi	66
6.3.6	Analisis Data	67
6.4	Hasil	67
6.4.1	Inisiasi Tunas <i>In Vitro</i> Sonokeling	67
6.4.2	Inisiasi Kalus Sonokeling dari Biji dan Daun	71

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

6.4.3 Inisiasi Kultur Suspensi Sel Sonokeling	73
6.4.4 Efek 2,4-D dan picloram pada Proliferasi Sel Suspensi dan Morfologi Sel	75
6.4.5 Anatomi dan Morfologi Sel	76
6.5 Pembahasan	78
6.6 Simpulan	82
VII PEMBAHASAN UMUM	83
VIII SIMPULAN DAN SARAN	87
8.1 Simpulan	87
8.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	104
RIWAYAT HIDUP	110

DAFTAR TABEL

1	Ringkasan penelitian tentang poliploidisasi	13
2	Ringkasan penelitian tentang perbanyakan tanaman pada genus <i>Dalbergia</i> secara <i>in vitro</i>	20
3	Sistem skor kandidat pohon plus sonokeling*	26
4	Primer ISSR yang digunakan untuk amplifikasi DNA kandidat pohon plus sonokeling	28
5	Hasil skoring 10 kandidat pohon plus sonokeling di DI Yogyakarta dengan skor tertinggi	31
6	Daftar primer, jumlah fragmen yang teramplifikasi, jumlah fragmen polimorfik dan kisaran ukuran fragmen populasi sonokeling di DI Yogyakarta	33
7	Perbandingan variasi genetik sonokeling dari Kulon Progo, Gunungkidul, Bantul, Sleman, DI Yogyakarta, Indonesia berdasarkan marka molekuler untuk semua lokus populasi berdasarkan Nei's 1973	33
8	Identitas genetik (di atas diagonal) dan jarak genetik (di bawah diagonal) berdasarkan <i>Unbiased Measures Nei</i> (Nei 1978)	34
9	AMOVA berdasarkan data ISSR untuk empat populasi sonokeling dari Yogyakarta	34
10	Pengaruh larutan orizalin pada kecambah sonokeling pada rata-rata pertumbuhan tanaman sonokeling umur 14 bulan	44
11	Pengaruh lama perendaman kecambah sonokeling dalam larutan orizalin pada rata-rata pertumbuhan tanaman sonokeling umur 14 bulan	44
12	Tingkat ploidi pada 357 sampel daun tanaman sonokeling* dari pengamatan <i>flow cytometer</i>	46
13	Perbandingan ukuran dan kepadatan stomata dari tanaman diploid kontrol, tetraploid dan mixoploid	47
14	Perbandingan ukuran tebal daun dari tanaman diploid kontrol, tetraploid dan mixoploid	47
15	Pertumbuhan tanaman sonokeling diploid, tetraploid dan mixoploid pada umur 18 bulan	48
16	Pertumbuhan tunas pada setek akar sonokeling pada beberapa komposisi media tumbuh	58
17	Pengaruh perlakuan ZPT pada umur setek akar 2 bulan	59
18	Konsentrasi ion NO_3^- dan NH_4^+ pada perlakuan modifikasi medium dasar MS dengan perbedaan total N dan Nisbah $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ untuk proliferasi tunas <i>in vitro</i>	64
19	Pengaruh perlakuan hara makro terhadap pertumbuhan tunas sonokeling <i>in vitro</i> 4 minggu setelah tanam	68
20	Pengaruh konsentrasi BA dengan media dasar MS 3:1 pada pertumbuhan tunas <i>in vitro</i> dari eksplan buku Tunggal, 4 minggu setelah tanam	69
21	Pengaruh perlakuan konsentrasi BA dan NAA dengan media dasar MS 3:1 pada pertumbuhan tunas <i>in vitro</i> tanaman sonokeling pada 4 minggu setelah tanam	69
22	Pengaruh perlakuan nisbah $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ pada variabel pertumbuhan tunas <i>in vitro</i> tanaman sonokeling pada 4 minggu setelah tanam	70

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Pertumbuhan tunas *in vitro* tanaman sonokeling pada perlakuan penambahan kasein hidrolisat pada berbagai konsentrasi 70

Induksi dan pertumbuhan kalus pada daun kotiledon dengan konsentrasi NAA dan BA untuk pertumbuhan kalus *in vitro* pada 4 minggu setelah tanam 71

Pengaruh konsentrasi 2,4-D terhadap pertumbuhan kalus setelah 4 minggu tanam 72

Pengaruh berbagai kombinasi 2,4 D dan kinetin terhadap pertumbuhan kalus pada 4 minggu setelah tanam 72

Pengaruh perlakuan 2,4-D dan kinetin terhadap pertumbuhan suspensi sel sonokeling ditunjukkan dengan jumlah gumpalan sel dan morfologi sel 73

Pengaruh perlakuan kombinasi auksin-auksin terhadap morfologi sel kultur suspensi sonokeling setelah 4 minggu setelah tanam 74

Pengaruh kombinasi berbagai konsentrasi 2,4-D dan picloram terhadap proliferasi sel suspensi sonokeling 76

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram Alir Penelitian	6
2	Tegakan sonokeling (A), bunga (B), dan buah (C). (Sumber: Indira Riastiwi)	8
3	Pengulangan dua mikrosatelit atau daerah SSR yang berlawanan (Mondal <i>et al.</i> 2018)	11
4	Peta lokasi penentuan kandidat pohon plus sonokeling di empat kabupaten di DI Yogyakarta	25
5	Habitat pohon sampel sonokeling di lokasi pengamatan: tegalan (A) dan pekarangan (B). (Sumber: Indira Riastiwi)	25
6	Kelompok kandidat pohon plus secara geografis: kelompok besar (GK, SL, dan BL), kelompok menengah (KP dan SL), dan dua kelompok kecil (kelompok SL) dan (kelompok KP)	30
7	Distribusi frekuensi pengukuran kandidat pohon plus dihitung menggunakan perangkat lunak Phytion. Pada persentil 95%, diperoleh tiga pohon plus, sedangkan pada persentil 90% jumlahnya menjadi delapan pohon	30
8	Profil ISSR 61 sampel kandidat pohon plus sonokeling pada empat populasi di DI Yogyakarta menggunakan primer yang memberikan pita amplikon terbanyak pada primer UBC 825 (A) dan amplikon paling sedikit dengan primer UBC 811 (B)	32
9	Dendrogram dari 61 kandidat pohon plus di empat populasi sonokeling di DI Yogyakarta berdasarkan jarak genetik Euclidean (Angka 1, 2, dan 3 adalah kelompok populasi). SL: Sleman, KL: Kulon Progo, BL: Bantul, GK: Gunungkidul	35
10	Pengelompokan menggunakan PCA berdasarkan ISSR membagi populasi menjadi tiga kelompok. SL: Sleman, KL; Kulon Progo, BL: Bantul, GK: Gunungkidul	36

11	Pengaruh konsentrasi orizalin 0; 3,75; 7,5; 15; 30; 45, dan 120 μ M dan lama perendaman 12 dan 24 jam pada persentase hidup tanaman pada umur 1 Minggu (A), 4 Minggu (B) setelah perlakuan	43
12	Hasil analisis <i>flow cytometer</i> tanaman sonokeling terpilih dari perlakuan orizalin dibandingkan dengan kontrol yang tidak diberi perlakuan: (A) klon diploid menghasilkan puncak pada 198,48 dengan CV 5,80%; (B) klon tetraploid menunjukkan puncak pada saluran 402,68 dengan CV 4,49%; (C) klon mixoploid menghasilkan dua puncak pada 202,91 dan 407,49 dengan CV masing-masing 8,62% dan 6,22%	45
13	Morfologi tanaman sonokeling: tanaman diploid (A), tanaman tetraploid (B), dan tanaman mixoploid (C) pada umur 18 bulan. Bar=10 cm	47
14	Proses pertumbuhan setek akar pada perlakuan panjang akar dan ZPT: setek akar (A), tunas muncul (B), setek akar yang bertunas dan berakar (C), setek akar bertunas dan berakar (D), serta tunas berakar yang dipisahkan dari setek (E), tunas berakar dipisahkan dari setek dan ditanam dalam polibag (F)	55
15	Pengaruh ukuran setek dan kombinasi ZPT 1 mg/L TDZ dan 10 mg/L BA pada umur 2 bulan setelah perlakuan diberikan; (A), jumlah tunas (B), tinggi tunas (C), diameter tunas (D), jumlah daun (E), jumlah akar (F) dan panjang akar	56
16	Jumlah tunas dari minggu ke-1 sampai minggu ke-8 pada setek akar 10 cm pada perlakuan pengaruh ukuran setek dan kombinasi ZPT 1 mg/L TDZ dan 10 mg/L BA	57
17	Persentase jumlah bibit sonokeling pada perlakuan ukuran setek dan ZPT 1 mg/L TDZ dan 10 mg/L BA pada umur setek 2 bulan	57
18	Pertumbuhan tunas samping <i>in vitro</i> dari eksplan buku tunggal sonokeling pada medium MS 3:1 dan 0,1 mg/L BA. Eksplan buku tunggal dari bibit sonokeling berumur 2 tahun (A), Muncul tunas aksilar/tunas samping (B), dan pemanjangan tunas aksilar (C)	68
19	Tunas <i>in vitro</i> sonokeling pada media dasar MS 3:1 dengan penambahan 0,1 BA mg/L 4 MST A) Subkultur ke-0/Inisiasi, B) Subkultur ke-1, C) Subkultur ke-2 dan, D) Subkultur ke-3	71
20	Organogenesis pada eksplan daun kotiledon pada 2 MST: akar (A) dan kalus pada daun kotiledon (B) pada daun kotiledon	71
21	Kurva pertumbuhan suspensi sel sonokeling hingga minggu ke-4 pada 5 mg/L 2,4D + 3 mg/L Picloram (D5P3) dan 10 mg/L 2,4-D + 10 mg/L NAA (D10N10)	74
22	Suspensi sel sonokeling berusia 3 minggu pada perlakuan 5 mg/L 2,4-D + 3 mg/L picloram. Morfologi sel terdiri dari sel-sel bulat dengan sitoplasma yang padat (1a), bulat tetapi dengan sitoplasma yang tidak padat (1b), sel yang lonjong (2), sel gumpalan sel bulat dengan sitoplasma padat dan struktur padat (3), dan gumpalan sel dengan sel berukuran besar berisi vakuola besar (4). Perbesaran 10 $\times$ 10	75
23	Morfologi sel sonokeling dengan ukuran > 2 mm ² pada usia 3 minggu dalam medium cair 5 mg/L 2,4-D + 3 mg/L picloram. (A) Histologi di bawah mikroskop dengan perbesaran 10 $\times$ 10, sel embriogenik ditunjukkan dengan panah merah (B). Skala A: 5 mm; B: 100 μ m	77

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Morfologi sel dalam kultur suspensi sonokeling usia 3 minggu pada medium perlakuan 5 mg/L 2,4-D + 3 mg/L picloram. Inisiasi gumpalan sel berupa massa pro embriogenik (panah merah); Pewarnaan dengan asetokarmin 1 %. Skala = 60 μ m

77

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil skoring deskripsi morfologi 61 kandidat pohon plus sonokeling di DI Yogyakarta	105
2	Primer UBC 810, 834, 826, 814, dan 823	107
3	Primer UBC 811, 815, 822, 835 dan 809	107
4	Primer 807, 808, 813, 817, dan 819	107
5	Primer UBC 820, 825, 862, dan 880	108
6	Primer UBC 820, 825, 862, dan 880	108
7	Komposisi garam makro pada perlakuan media of MS, B5, WPM dan MS 3:1*	109