

# EKOLOGI SPASIAL DAN GENETIKA POPULASI *Garcinia forbesii* King (Clusiaceae) DI BORNEO

AHMAT HENDRAWAN



BIOLOGI TUMBUHAN  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026



## @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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Ekologi Spasial dan Genetika Populasi *Garcinia forbesii* King (Clusiaceae) di Borneo” 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 tesis ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Ahmat Hendrawan  
G3503241011



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University

## RINGKASAN

AHMAT HENDRAWAN. Ekologi Spasial dan Genetika Populasi *Garcinia forbesii* King di Borneo. Dibimbing oleh TATIK CHIKMAWATI, MIFTAHUDIN, dan SULISTIJORINI.

*Garcinia forbesii* merupakan anggota famili Clusiaceae yang memiliki perawakan pohon malar hijau dan menghasilkan getah berwarna kuning dan buah berwarna merah dengan stigma persisten saat matang. *G. forbesii* terdistribusi di Brunei Darussalam, Malaysia, Singapura, dan Indonesia, khususnya di Sumatra dan Kalimantan. Spesies ini berpotensi sebagai tanaman obat, bahan kosmetik, maupun tanaman buah atau tanaman konsumsi. Namun, potensi yang dimiliki *G. forbesii* tidak sebanding dengan ketersediaan informasinya di alam. *Garcinia forbesii* diketahui banyak ditemukan di Borneo, seperti di Brunei Darussalam, Sabah, dan Sarawak, sedangkan di Kalimantan atau wilayah Indonesia masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian terkait ekologi dan populasi *G. forbesii* di Borneo perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan memprediksi kesesuaian habitat dan faktor lingkungan yang mendukung distribusi *G. forbesii* di Borneo serta menganalisis populasinya berdasarkan marka molekuler untuk mengetahui profil keragaman dan struktur genetika populasinya di Kalimantan, Indonesia.

Eksplorasi *G. forbesii* dilakukan dengan *purposive sampling* di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan berdasarkan informasi dari masyarakat setempat. Sebanyak 49 titik koordinat didapatkan dari eksplorasi di Kalimantan, Indonesia, serta 40 titik koordinat dari data *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) dan Herbarium Bogoriense (BO). Data titik koordinat *G. forbesii*, 1.036 titik koordinat *Garcinia*, serta variabel lingkungan iklim, radiasi, dan tanah digunakan untuk konstruksi model prediksi kesesuaian habitat berdasarkan skenario *baseline* (1970-2000) dan dua skenario masa depan *Shared Socioeconomic Pathway* (SSP) *in sustainability* 2.6 W/m<sup>2</sup> (SSP126) sebagai skenario perubahan iklim emisi rendah dan *fossil-fueled development* 8.5 W/m<sup>2</sup> (SSP585) sebagai perubahan iklim emisi ekstrem, untuk periode 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, dan 2081-2100. Selain model prediksi, dilakukan pengukuran kondisi habitat di lokasi populasi *G. forbesii* di Kalimantan untuk analisis iklim mikro dan sifat fisikokimia tanah di setiap populasi. Analisis secara molekuler dilakukan pada 49 individu *G. forbesii* dari Kalimantan, Indonesia, menggunakan 12 marka molekuler *Inter Simple Sequence Repeat* (ISSR). Hasil amplifikasi dilakukan skoring data biner yang selanjutnya dianalisis keragaman dan diferensiasi genetik setiap primer, sampel, dan populasinya dengan GenAlEx 6.51b2. Analisis struktur populasi dilakukan berdasarkan metode *Principal Coordinate Analysis* (PCoA) dan komposisi genetik perangkat lunak STRUCTURE v2.3.2. Analisis hubungan kekerabatan dilakukan dengan metode *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic* (UPGMA) berdasarkan koefisien *Jaccard*. Hubungan antara ekologi dan keragaman genetik dianalisis dengan *Isolation by Distance* (IBD) dan *Isolation by Environment* (IBE) dengan uji *Mantel* menggunakan perangkat lunak RStudio.

Model prediksi kesesuaian habitat *G. forbesii* di Borneo berdasarkan skenario iklim saat ini dan masa depan memiliki rentang nilai AUC 0,785–0,802 atau pada kategori moderat. Berdasarkan metrik OR10 dan MaxSS, model memiliki performa



yang baik, yaitu pada rentang nilai 0,09-0,13 dan 0,473-0,607. Berdasarkan tujuh variabel lingkungan dengan persentase kontribusi tertinggi, kesesuaian habitat *G. forbesii* di Borneo dipengaruhi oleh isothermalitas (Bio3) (61,3%), fraksi lempung (*soil clay*) (12,5%), dan karbon organik tanah (*soil carbon*) (9%). Berdasarkan nilai permutasi, model didukung oleh Bio3 (57,8%), karbon organik tanah (11,8%), curah hujan kuartal terdingin (Bio19) (9,3%), dan curah hujan kuartal terpanas (Bio18) (7,7%). Kesesuaian habitat *G. forbesii* di Borneo terpusat di selatan, barat, dan utara dengan luas area sebesar 142.116,55 km<sup>2</sup>. Pada skenario SSP126, tingkat kesesuaian habitat diprediksi akan mengalami peningkatan (neto) sebesar 11,96% pada periode 2021-2040 dan mencapai puncaknya pada periode 2041-2060 sebesar 53,6%. Luas area kesesuaian habitat pada skenario SSP585 diprediksi akan mengalami peningkatan (neto) hingga 15,87% pada periode 2041-2060, namun menurun drastis pada periode selanjutnya sebesar -57,26% dan -58,56%.

Analisis genetika populasi dari 44 individu *G. forbesii* di Kalimantan bagian selatan berdasarkan marka molekuler ISSR memiliki tingkat keragaman yang tinggi. Primer ISSR dengan tingkat polimorfisme tertinggi dan memiliki kemampuan untuk diferensiasi genetik antarpopulasi *G. forbesii* di Kalimantan yaitu UBC807, sedangkan primer dengan performa terendah yaitu UBC861. Berdasarkan analisis keragaman genetik dengan parameter jumlah alel teramati (*N<sub>a</sub>*), jumlah alel efektif (*N<sub>e</sub>*), indeks *Shannon* (*I*), dan heterozigositas harapan (*H<sub>e</sub>*) pada setiap populasi di Kalimantan, populasi dari Bentok Darat (Kalimantan Selatan) memiliki tingkat keragaman paling rendah sedangkan populasi dengan tingkat keragaman tertinggi dari Sungai Asam (Kalimantan Selatan). Namun, berdasarkan diferensiasi genetik antarpopulasi, marka ISSR mendeteksi diferensiasi yang rendah, yaitu sebesar 0,159. Berdasarkan jarak genetik PhiPT dan Nei, nilai jarak genetik berbanding lurus dengan jarak geografis antarpopulasi. Sejalan dengan kondisi tersebut, *G. forbesii* di Kalimantan memiliki hubungan kekerabatan dan struktur populasi antarpopulasi yang tumpah tindih, namun populasi yang berasal dari Benangin (Kalimantan Tengah) dan Bongkang (Kalimantan Selatan) terpisah dengan populasi Bentok Darat, Biih, Pulau Nyiur, dan Sungai Asam dari Kalimantan Selatan. Kondisi keragaman genetik tersebut didukung oleh hasil analisis IBD dan IBE. Hasil IBD menunjukkan korelasi jarak geografis dengan disimilaritas *Jaccard* sebesar 0,3239. Hasil IBE menunjukkan nilai korelasi sebesar 0,2685 pada variabel lingkungan mikro dan 0,3363 pada variabel lingkungan makro. Hasil uji korelasi tersebut menunjukkan bahwa ekologi spasial berpengaruh terhadap kondisi genetika populasi yang memisahkan antarpopulasi *G. forbesii* di Kalimantan bagian selatan.

Kata kunci: biosistematika, ekologi tumbuhan, fitogeografi, keragaman genetik, populasi



## SUMMARY

AHMAT HENDRAWAN. Spatial Ecology and Population Genetics of *Garcinia forbesii* King in Borneo. Supervised by TATIK CHIKMAWATI, MIFTAHUDIN, and SULISTIJORINI.

*Garcinia forbesii* is a member of the Clusiaceae family that has an evergreen tree stature and produces yellow sap and red fruits with persistent stigma when ripe. *Garcinia forbesii* is distributed in Brunei Darussalam, Malaysia, Singapore, and Indonesia, especially in Sumatra and Kalimantan. This species has the potential to be a medicinal plant, cosmetic ingredient, as well as fruit plants or consumption plants. However, the potential of *G. forbesii* is not comparable to the availability of information in nature. *Garcinia forbesii* is known to be widely found in Borneo, such as in Brunei Darussalam, Sabah, and Sarawak, while in Kalimantan or Indonesian territory it is still very limited. Therefore, research related to the ecology and population of *G. forbesii* in Borneo needs to be conducted. This study aims to predict the suitability of habitats and environmental factors that support the distribution of *G. forbesii* in Borneo and analyze its population based on molecular markers to determine the diversity profile and genetic structure of the population in Kalimantan, Indonesia.

Exploration of *G. forbesii* was carried out by purposive sampling in West Kalimantan, Central Kalimantan, and South Kalimantan based on information from the local community. A total of 49 coordinate points were obtained from exploration in Kalimantan, Indonesia, as well as 40 coordinate points from data from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) and the Bogoriense Herbarium (BO). *Garcinia forbesii* occurrence records, 1036 *Garcinia* occurrence records, as well as climatic, radiation, and soil environmental variables were used for the construction of habitat suitability prediction models based on baseline scenarios (1970-2000) and two future scenarios Shared Socioeconomic Pathway (SSP) in sustainability 2.6 W/m<sup>2</sup> (SSP126) as low-emission climate change scenarios and fossil-fueled development of 8.5 W/m<sup>2</sup> (SSP585) as climate change extreme emissions, for the periods 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, and 2081-2100. In addition to the prediction model, habitat conditions were measured at the location of the *G. forbesii* population in Kalimantan for the analysis of the microclimate and physicochemical properties of the soil in each population.

Molecular analysis was carried out on 44 samples of *G. forbesii* from Kalimantan, Indonesia using 12 molecular markers of Inter Simple Sequence Repeat (ISSR). The results of amplification were carried out by scoring binary data which was then analyzed for diversity and genetic differentiation of each primary, sample, and population with GenAlEx 6.51b2. Population structure analysis was performed based on the Principal Coordinate Analysis (PCoA) method and genetic composition of the STRUCTURE v2.3.2 software. The analysis of kinship relationships was carried out using the Unweighted Pair Group Method with Arithmetic (UPGMA) method based on Jaccard coefficient. The relationship between ecology and genetic diversity was analyzed with Isolation by Distance (IBD) and Isolation by Environment (IBE) with the Mantel test using RStudio software.



The prediction model of habitat suitability of *G. forbesii* in Borneo based on current and future climate scenarios has an AUC value range of 0.785–0.802 or in the moderate category. Based on OR10 and MaxSS metrics, the model performs well, namely in the value range of 0.09–0.13 and 0.473–0.607. Based on the seven environmental variables with the highest percentage of contribution, the habitat suitability of *G. forbesii* in Borneo is influenced by isothermality (Bio3) (61.3%), soil clay content (12.5%), and soil organic carbon (9%). Based on permutation importance, the model is supported by Bio3 (57.8%), soil organic carbon (11.8%), coldest quarter rainfall (Bio19) (9.3%), and hottest quarter rainfall (Bio18) (7.7%). The habitat suitability of *G. forbesii* in Borneo is concentrated in the south, west, and north with an area of 142,116.55 km<sup>2</sup>. In the SSP126 scenario, the level of habitat suitability is predicted to increase (net) by 11.96% in the 2021–2040 period and reach its peak in the 2041–2060 period of 53.6%. The area of habitat suitability in the SSP585 scenario is predicted to increase (net) to 15.87% in the 2041–2060 period, but decrease drastically in the next period by -57.26% and -58.56%.

Population genetic analysis of 44 individuals of *G. forbesii* in southern Borneo based on the molecular markers of ISSR has a high level of diversity. The ISSR primary with the highest level of polymorphism and the ability to genetically differentiate between populations of *G. forbesii* in Kalimantan is UBC807, while the primary with the lowest performance is UBC861. Based on the analysis of genetic diversity with parameters the number of observed alleles (Na), the number of effective alleles (Ne), the Shannon index (I), and the expected heterozygosity (He) in each population in Kalimantan, the population from Bentok Darat (South Kalimantan) has the lowest level of diversity while the population with the highest level of diversity is from Sungai Asam (South Kalimantan). However, based on genetic differentiation between populations, the ISSR score detected a low differentiation, which was 0.159. Based on the genetic distance of PhiPT and Nei, the value of genetic distance is directly proportional to the geographic distance between populations. In line with these conditions, *G. forbesii* in Kalimantan has a kinship relationship and population structure between overlapping populations, but populations originating from Benangin (Central Kalimantan) and Bongkang (South Kalimantan) are separate from the populations of Bentok Darat, Biih, Nyiur Island, and Sungai Asam from South Kalimantan. The genetic diversity condition is supported by the results of IBD and IBE analysis. The results of IBD showed a correlation of geographic distance with *Jaccard* dissimilarity of 0.3239. The results of IBE showed a correlation value of 0.2685 for the micro environment variable and 0.3363 for the macro environmental variable. The results of the correlation test showed that spatial ecology had an effect on the genetic conditions of the population that separated the populations of *G. forbesii* in southern Kalimantan.

Keywords: biosystematics, genetic diversity, phytogeography, plant ecology, population





@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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026  
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.*



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University

# **EKOLOGI SPASIAL DAN GENETIKA POPULASI *Garcinia forbesii* King (Clusiaceae) DI BORNEO**

**AHMAT HENDRAWAN**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister pada  
Program Studi Biologi Tumbuhan

**BIOLOGI TUMBUHAN  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**



*@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.



Judul Tesis : Ekologi Spasial dan Genetika Populasi *Garcinia forbesii* King  
(Clusiaceae) di Borneo  
Nama : Ahmat Hendrawan  
NIM : G3503241011

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Tatik Chikmawati, M.Si.

---

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si.

---

Pembimbing 3:

Dr. Ir. Sulistijorini, M.Si.

---

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, DEA  
NIP. 196111201987031005

---

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam:

Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.  
NIP. 197807232007011001

---

Tanggal Ujian: 3 Agustus 2026

Tanggal Lulus:





## @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.

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2025 sampai bulan Juli 2026 ini ialah Biosistematika Tumbuhan, dengan judul “Ekologi Spasial dan Genetika Populasi *Garcinia forbesii* King (Clusiaceae) di Borneo”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Tatik Chikmawati, M.Si., Prof. Dr. Ir. Mifthudin, M.Si., dan Dr. Ir. Sulistijorini, M.Si., yang telah membimbing dan banyak memberi saran dalam penyusunan tesis ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, DEA. selaku ketua program studi dan Dr. Nina Ratna Djuita, S.Si., M.Si. selaku sekretaris program studi, dan Dr. Rizky Dwi Satrio, S.Si., M.Si., selaku penguji luar komisi pembimbing yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis dalam penyusunan tesis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Halida Nurmalia, A.Md., Bapak Asep Awaludin R., S.Si., dan Ibu Fitri Ramli, atas segala bantuannya. Di samping itu, ungkapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas beasiswa Program Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) yang telah diberikan. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya yang tiada henti.

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

Bogor, Agustus 2026

Ahmat Hendrawan



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University



## DAFTAR ISI

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| DAFTAR TABEL                                                        | xvi |
| DAFTAR GAMBAR                                                       | xvi |
| I PENDAHULUAN                                                       | 1   |
| 1.1 Latar Belakang                                                  | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah                                                 | 3   |
| 1.3 Tujuan                                                          | 3   |
| 1.4 Manfaat                                                         | 3   |
| II TINJAUAN PUSTAKA                                                 | 4   |
| 2.1 Taksonomi <i>Garcinia forbesii</i> King                         | 4   |
| 2.2 Distribusi <i>Garcinia</i> dan <i>Garcinia forbesii</i>         | 7   |
| 2.3 Pemanfaatan <i>Garcinia forbesii</i>                            | 8   |
| 2.4 Model Kesesuaian Habitat Tumbuhan                               | 9   |
| 2.5 Keragaman Genetik Tumbuhan                                      | 10  |
| III METODE                                                          | 13  |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian                                     | 13  |
| 3.2 Alat dan Bahan                                                  | 13  |
| 3.3 Prosedur Kerja                                                  | 14  |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN                                             | 20  |
| 4.1 Performa Model dan Variabel Lingkungan                          | 20  |
| 4.2 Prediksi Kesesuaian Habitat                                     | 25  |
| 4.3 Profil Marka ISSR                                               | 30  |
| 4.4 Keragaman Genetik <i>Garcinia forbesii</i>                      | 31  |
| 4.5 Diferensiasi Genetik Populasi <i>Garcinia forbesii</i>          | 32  |
| 4.6 Hubungan Kekerabatan dan Struktur Populasi                      | 34  |
| 4.7 Korelasi Spasial dan Genetika Populasi <i>Garcinia forbesii</i> | 35  |
| V SIMPULAN DAN SARAN                                                | 38  |
| 5.1 Simpulan                                                        | 38  |
| 5.2 Saran                                                           | 38  |
| DAFTAR PUSTAKA                                                      | 40  |
| RIWAYAT HIDUP                                                       | 48  |



# DAFTAR TABEL

|    |                                                                                                                                                                                                            |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Klasifikasi infragenerik genus <i>Garcinia</i> (Dimodifikasi dari Gaudeul <i>et al.</i> 2024)                                                                                                              | 4  |
| 2  | Primer ISSR yang digunakan pada penelitian genetika populasi <i>G. forbesii</i> di Kalimantan                                                                                                              | 14 |
| 3  | Variabel lingkungan yang digunakan untuk uji multikolinearitas dan <i>jackknife</i>                                                                                                                        | 15 |
| 4  | Variabel lingkungan hasil uji multikolinearitas untuk uji <i>jackknife</i>                                                                                                                                 | 16 |
| 5  | Sampel yang digunakan pada analisis genetika populasi <i>G. forbesii</i> di Kalimantan bagian selatan                                                                                                      | 18 |
| 6  | Metrik evaluasi performa model prediksi kesesuaian habitat <i>G. forbesii</i> di Borneo                                                                                                                    | 20 |
| 7  | Nilai <i>percent contribution</i> dan <i>permutation importance</i> uji <i>jackknife</i> variabel lingkungan yang digunakan pada konstruksi model prediksi kesesuaian habitat <i>G. forbesii</i> di Borneo | 21 |
| 8  | Variabel iklim mikro dan tanah pada populasi <i>G. forbesii</i> di Kalimantan                                                                                                                              | 23 |
| 9  | Prediksi luas area kesesuaian habitat <i>G. forbesii</i> di Borneo pada skenario iklim saat ini dan masa depan                                                                                             | 29 |
| 10 | Profil primer ISSR yang digunakan pada penelitian <i>G. forbesii</i>                                                                                                                                       | 30 |
| 11 | Keragaman genetik <i>G. forbesii</i> di Kalimantan bagian Selatan                                                                                                                                          | 31 |
| 12 | Diferensiasi genetik berdasarkan analisis AMOVA <i>G. forbesii</i> di Kalimantan dan Kalimantan Selatan                                                                                                    | 32 |
| 13 | Jarak genetik populasi <i>G. forbesii</i> di Kalimantan bagian selatan                                                                                                                                     | 33 |

# DAFTAR GAMBAR

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Morfologi bunga spesies anggota seksi <i>Brindonia</i> . (A) Bunga jantan <i>G. asterandra</i> , (B) Bunga jantan <i>G. parvifolia</i> , dan (C) Bunga hermafrodit <i>G. cowa</i> (Sweeney 2008).                                                                               | 5  |
| 2 | Morfologi <i>Garcinia forbesii</i> . (A) Habitus pohon, (B) Batang, (C) Daun dan buah muda, (D) Buah matang, (E) Irisan melintang buah. (dimodifikasi dari Lim 2012; Nidyasari <i>et al.</i> 2018).                                                                             | 6  |
| 3 | Distribusi genus <i>Garcinia</i> (POWO 2025)                                                                                                                                                                                                                                    | 7  |
| 4 | Distribusi spesies <i>Garcinia forbesii</i> (GBIF 2024)                                                                                                                                                                                                                         | 8  |
| 5 | Peta lokasi eksplorasi <i>G. forbesii</i> di Borneo                                                                                                                                                                                                                             | 13 |
| 6 | Variabel lingkungan hasil uji <i>jackknife</i>                                                                                                                                                                                                                                  | 17 |
| 7 | <i>Response curve</i> isothermalitas terhadap peluang kehadiran <i>G. forbesii</i> di Borneo                                                                                                                                                                                    | 21 |
| 8 | <i>Response curves</i> variabel lingkungan terhadap peluang kehadiran <i>G. forbesii</i> di Borneo. (A) Curah hujan musiman, (B) Curah hujan kuartier terpanas, (C) Curah hujan kuartier terdingin, (D) Fraksi lempung, (E) Karbon organik tanah, dan (F) Rentang suhu tahunan. | 22 |



|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9  | Analisis PCA biplot variabel iklim mikro dan tanah pada habitat <i>G. forbesii</i> di Kalimantan                                                                                                                                                                                                                                               | 24 |
| 10 | Variasi kondisi habitat ditemukannya <i>G. forbesii</i> di Borneo. (A) Karang Intan, dataran rendah dengan kanopi; (B) Haruai, dataran rendah dengan kanopi; (C) Bentok Darat, pekarangan rumah; (D) Nanga Taman, riparian; (E) Benangin, riparian; dan (F) Landak, lahan basah (area yang ditunjuk panah berwarna kuning merupakan rawa).     | 25 |
| 11 | Model prediksi kesesuaian habitat berdasarkan iklim saat ini di Borneo. (A) Peta model kesesuaian habitat, (B) Batas administratif Borneo dengan kondisi habitat sesuai untuk distribusi <i>G. forbesii</i> .                                                                                                                                  | 26 |
| 12 | Model prediksi kesesuaian habitat <i>G. forbesii</i> di Borneo pada skenario iklim masa depan SSP126. (A) Periode 2021-2040, (B) Periode 2041-2060, (C) Periode 2061-2080, dan (D) Periode 2081-2100.                                                                                                                                          | 27 |
| 13 | Model prediksi kesesuaian habitat <i>G. forbesii</i> di Borneo pada skenario iklim masa depan SSP585. (A) Periode 2021-2040, (B) Periode 2041-2060, (C) Periode 2061-2080, dan (D) Periode 2081-2100.                                                                                                                                          | 28 |
| 14 | Klastering hubungan kekerabatan dan struktur populasi <i>G. forbesii</i> di Kalimantan bagian selatan. (A) Dendrogram berdasarkan metode UPGMA dengan koefisien <i>Jaccard</i> , (B) Klaster struktur populasi berdasarkan nilai delta K pada analisis STRUCTURE.                                                                              | 34 |
| 15 | Analisis PcoA populasi <i>G. forbesii</i> di Kalimantan bagian selatan                                                                                                                                                                                                                                                                         | 35 |
| 16 | Uji <i>Mantel</i> <i>G. forbesii</i> di Kalimantan bagian selatan berdasarkan <i>isolation by distance</i> (IBD)                                                                                                                                                                                                                               | 36 |
| 17 | Uji <i>Mantel</i> <i>G. forbesii</i> di Kalimantan bagian selatan berdasarkan <i>isolation by environment</i> (IBE). (A) Berdasarkan variabel lingkungan mikro dari pengukuran setiap lokasi populasi ditemukan <i>G. forbesii</i> , (B) Berdasarkan variabel lingkungan makro yang digunakan pada analisis prediksi model kesesuaian habitat. | 37 |





## @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.