



STRUKTUR GENETIKA POPULASI DAN FILOGEOGRAFI EBONI (*Diospyros celebica* Bakh.) BERDASARKAN MARKA cpDNA

DAVID ANDERSON LUBIS



DEPARTEMEN SILVIKULTUR
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2026



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Struktur genetika populasi dan filogeografi eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) berdasarkan marka cpDNA” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Januari 2026

David Anderson Lubis
E4401211055

- 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.



ABSTRAK

DAVID ANDERSON LUBIS. Struktur Genetika Populasi dan Filogeografi Eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) Berdasarkan Marka cpDNA. ISKANDAR ZULKARNAEN SIREGAR, FIFI GUS DWIYANTI.

Eboni (*Diospyros celebica*) merupakan spesies endemik Sulawesi yang bernilai ekonomi tinggi, terancam punah akibat eksploitasi yang berlebih. Upaya konservasi *D. celebica* perlu dilakukan berbasis informasi genetik, namun masih belum tersedia dengan lengkap secara spasial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur dan keragaman genetik *D. celebica* dari 16 populasi di Sulawesi menggunakan 5 penanda *chloroplast* DNA (*rbcL*, *rpoB-trnC*, *ndhF*, *trnS-trnfM*, dan *trnK1-trnK2*). DNA diekstraksi dari 78 sampel kayu dan selanjutnya disekuensing dengan menggunakan metode Sanger. Analisis data meliputi perhitungan keragaman genetik, struktur genetik populasi, dan filogeografis. Secara keseluruhan, populasi *D. celebica* di Sulawesi menunjukkan keragaman genetik yang rendah ($Hd=0-0,46991/\pi=0-0,00092$), memiliki struktur filogeografi yang kuat, dengan populasi yang secara signifikan dibedakan menjadi tiga klaster genetik (Utara, Tengah-Barat/Timur, dan Selatan). AMOVA menunjukkan keragaman genetik dominan berada di antara populasi (hingga 92,78%), dan nilai F_{ST} sangat tinggi ($>0,25$) antar wilayah. Gen *trnK1-trnK2* memberikan informasi yang paling mendalam dibanding 4 gen lainnya. Perlunya pengelolaan setiap klaster genetik sebagai unit manajemen yang berbeda, dengan memprioritaskan perlindungan pada populasi yang berfungsi sebagai pusat keragaman genetik (Coppo dan Belabori di Sulawesi Selatan serta Sausu dan Wawapoda di Sulawesi Tengah) dalam kegiatan konservasi.

Kata kunci: eboni, filogeografi, genetik, struktur populasi, Sulawesi.

ABSTRACT

DAVID ANDERSON LUBIS. Population Genetic Structure and Phylogeography of Ebony (*Diospyros celebica* Bakh.) Based on cpDNA Markers. ISKANDAR ZULKARNAEN SIREGAR, FIFI GUS DWIYANTI.

Ebony (*Diospyros celebica*) is an endemic, high-economic-value species of Sulawesi, currently threatened with extinction due to excessive exploitation. Conservation efforts for *D. celebica* must be informed by genetic data, which are currently incomplete spatially. This study aimed to analyze the genetic structure and diversity of *D. celebica* from 16 populations in Sulawesi using five *chloroplast* DNA markers *rbcL*, *rpoB-trnC*, *ndhF*, *trnS-trnfM*, and *trnK1-trnK2*). DNA was extracted from 78 wood samples and subsequently sequenced using the Sanger method. Data analysis included calculations of genetic diversity, genetic population structure, and phylogeography. Overall, the *D. celebica* populations in Sulawesi exhibited low genetic diversity ($Hd=0-0.46991/\pi=0-0.00092$), yet were characterized by a strong phylogeographic structure, with populations significantly differentiated into three genetic clusters (North, Central-West/East, and South). AMOVA showed that genetic variation was predominantly found among populations (up to 92.78%), and F_{ST} values are very high (>0.25) across regions. The *trnK1-trnK2* gene provided the most informative data compared to the other four genes. The findings necessitate managing each genetic cluster as a separate management unit, prioritizing the protection of populations that function as centers of genetic diversity (Coppo and Belabori in South Sulawesi, and Sausu and Wawapoda in Central Sulawesi) in conservation activities.

Keywords: ebony, genetic, phylogeography, population structure, Sulawesi.



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.

STRUKTUR GENETIKA POPULASI DAN FILOGEOGRAFI EBONI (*Diospyros celebica* Bakh.) BERDASARKAN MARKA cpDNA

DAVID ANDERSON LUBIS

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Silvikultur

**DEPARTEMEN SILVIKULTUR
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi: Dr.Ir. Iin Ichwandi, M.Sc.F.Trop.



Judul Skripsi : Struktur genetika populasi dan filogeografi eboni (*Diospyros celebica* Bakh.) berdasarkan marka cpDNA
Nama : David Anderson Lubis
NIM : E4401211055

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Iskandar Zulkarnaen Siregar M.For.Sc.

Pembimbing 2:

Fifi Gus Dwiyanti, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Silvikultur:

Dr. Ir. Omo Rusdiana, M.Sc. Forest.Trop.
NIP. 19630119 198903 1 003

Tanggal Ujian: 14 November 2025

Tanggal Lulus: 19 JAN 2026

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya, sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Iskandar Zulkarnaen Siregar M.For.Sc dan Fifi Gus Dwiyantri, S.Hut., M.Agr., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan saran, serta masukan selama penyusunan skripsi.
2. Kedua orang tua serta seluruh keluarga saya atas segala doa dan dukungannya.
3. Bang Irsyad dan akang teteh laboratorium genetika hutan yang telah memberikan masukan dalam pengolahan data penelitian.
4. Dr. Fitri Indriani, S.Hut., M.Si., dan Muhammad Majiidu, S. Hut, M.Si., yang telah memberikan bantuan dalam proses ekstraksi DNA dan amplifikasi PCR (*polymerase chain reaction*).
5. Teman-teman Departemen Silvikultur angkatan 58 “Sylvester”, khususnya teman seperjuangan Raka, Olivia, Siti Labora, dan Natasya yang telah kebersamaian, memberikan bantuan, dukungan, dan doanya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. World Resources Institute (WRI) Washington DC yang telah mendanai penelitian ini terutama saat pengambilan sampel dan analisis DNA melalui World Resources Institute’s (WRI) *Forest Program grant* (Project Code: 04682, periode 1 Maret 2019 - 30 September 2020) berjudul “*Timber Tracking Project IPB-WRI: Collection of physical timber reference material and setting up a reference data building pipeline for DNA of commercial timber species (Diospyros celebica. Bakh)*” yang dianugerahkan oleh Norwegian *International Climate & Forest Initiative* (NICFI) kepada kedua dosen pembimbing.
7. Para pengelola kawasan penelitian; (i) Investasi Sulawesi Barat dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) untuk memberikan izin penelitian di Hutan Lindung Batu Ampa, dan Desa Sondoang, (ii) Balai Konservasi Sumber Daya Alam Sulawesi Selatan (BKSDA) untuk memberikan izin penelitian, memberikan izin untuk pengangkutan domestik bahan penelitian (SAT-DN), dan membantu selama pengambilan sampel di Taman Nasional Mappu-Gandang Dewata, dan Taman Alam Cani Sirenreng, (iii) Investasi Sulawesi Selatan dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) untuk memberikan izin penelitian di Desa Coppo, Hutan Sekunder Bellabori, dan Hutan Lindung Tana Toro, (iv) Balai Konservasi Sumber Daya Alam Sulawesi Tengah (BKSDA) untuk memberikan izin penelitian dan izin untuk pengangkutan domestik bahan penelitian (SAT-DN) di Cagar Alam Pangi Binangga, dan (v) Investasi Sulawesi Tengah dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) untuk memberikan izin penelitian di Hutan Sekunder Pesisir Utara Poso, Desa Wawopada.

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

Bogor, Januari 2026

David Anderson Lubis



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Eboni (<i>Diospyros celebica</i>)	4
2.2 DNA Kloroplas	5
2.3 <i>Gene Flow</i>	6
2.4 Genetika Populasi	6
2.5 Filogeografi	7
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Penelitian	8
3.3.1 Pengambilan sampel	9
3.3.2 Ekstraksi DNA Inti Kayu	12
3.3.3 Amplifikasi Genomik DNA dengan PCR	12
3.3.4 Evaluasi Kualitas genomik DNA dan PCR <i>Product</i>	13
3.3.5 Sekuensing DNA	14
3.4 Analisis Data	14
3.4.1 Keragaman Genetik	14
3.4.2 Struktur Populasi Genetik	14
3.4.3 Filogeografi	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Keragaman Genetik <i>Diospyros celebica</i>	16
4.2 Struktur Populasi Genetik dan Pola Haplotipe <i>Diospyros celebica</i>	26
4.3 Filogeografis <i>Diospyros Celebica</i>	38
4.4 Implikasi untuk Strategi Konservasi <i>Diospyros celebica</i>	44
SIMPULAN	47
4.1 Simpulan	47
4.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

1	Deskripsi lokasi pengambilan sampel inti kayu <i>D. celebica</i> di Pulau Sulawesi	11
2	Data primer yang digunakan dalam penelitian	13
3	Nilai keragaman genetik dan uji netralitas <i>D. celebica</i> asal Sulawesi menggunakan gen cpDNA	17
4	<i>Analysis of Molecular Variance</i> (AMOVA) <i>D. celebica</i> asal Sulawesi	26
5	Letak dan definisi haplotipe <i>D. celebica</i> asal sulawesi menggunakan gen <i>ndhF</i> , <i>trnS-trnfM</i> , dan <i>trnK1-trnK2</i>	30
6	Letak dan definisi haplotipe <i>D. celebica</i> asal sulawesi menggunakan gen <i>ndhF</i> + <i>trnS-trnfM</i> + <i>trnK1-trnK2</i>	35

DAFTAR GAMBAR

1	Karakteristik morfologi pohon <i>D. celebica</i> . (a) Pohon, (b) daun, dan (c) bunga	4
2	Alur penelitian keragaman genetik eboni (<i>Diospyros celebica</i> Bakh.) berdasarkan marka cpDNA	9
3	Lokasi pengambilan sampel <i>D. celebica</i> di Sulawesi	10
4	<i>Multiple sequence alignment</i> pada populasi <i>D. celebica</i> menggunakan gen <i>trnK1-trnK2</i>	16
5	Posisi gen cpDNA dalam <i>Genome Chloroplast D. celebica</i>	22
6	Nilai F_{ST} pairwise dari masing-masing lokasi pengambilan sampel <i>D. celebica</i> menggunakan gen (A) <i>rbcL</i> atau <i>rpoB-trnC</i> , (B) <i>ndhF</i> , (C) <i>trnS-trnfM</i> , dan (D) <i>trnK1-trnK2</i>	28
7	Konektivitas haplotipe kloroplas pada populasi <i>D. celebica</i> menggunakan gen (A) <i>rbcL</i> dan (B) <i>rpoB-trnC</i>	30
8	Konektivitas haplotipe kloroplas pada populasi <i>D. celebica</i> menggunakan gen (A) <i>ndhF</i> , (B) <i>trnS-trnfM</i> , dan (C) <i>trnK1-trnK2</i>	31
9	Distribusi haplotipe kloroplas pada populasi <i>D. celebica</i> menggunakan gen (A) <i>rbcL/rpoB-trnC</i> , (B) <i>ndhF</i> , (C) <i>trnS-trnfM</i> , dan (D) <i>trnK1-trnK2</i>	33
10	Distribusi haplotipe kloroplas pada populasi <i>D. celebica</i> menggunakan gen <i>ndhF</i> + <i>trnS-trnfM</i> + <i>trnK1-trnK2</i>	34
11	Hasil uji mantel spesies <i>D. celebica</i> menggunakan gen (A) <i>rbcL</i> atau <i>rpoB-trnC</i> , (B) <i>ndhF</i> , (C) <i>trnS-trnfM</i> , dan (D) <i>trnK1-trnK2</i>	37
12	Penghalang genetik menggunakan analisis BARRIER	39
13	(A) Unit geologi utama dan sesar di Sulawesi, (B) Susunan tektonik sulawesi saat ini, dan (C) Rekonstruksi tektonik kawasan Samudra Hindia – Indonesia	40

- 14 Hasil kontruksi pohon filogenetik spesies *D. celebica* dari 16 populasi berbeda dibandingkan dengan 5 genus *Diospyros* serta 2 *outgrup* dari famili Sapotaceae menggunakan gen (A) *rbcL* dan (B) *rpoB-trnC* 42
- 15 Hasil kontruksi pohon filogenetik spesies *D. celebica* dari 16 populasi berbeda dibandingkan dengan 5 genus *Diospyros* serta 2 *outgrup* dari famili Sapotaceae menggunakan gen (A) *ndhF*, (B) *trnS-trnFM*, dan (C) *trnK1-trnK2* 43
- 16 Alur penentuan wilayah asal tebangan kayu ilegal 46

DAFTAR LAMPIRAN

- 1 Koding pada Rstudio untuk analisis Mantel *Test* 56
- 2 Dokumen pendukung (surat kabar) terkait penebangan spesies *D. celebica* di Sulawesi 58
- 3 Koding pada Rstudio untuk analisis korelasi F_{ST} 59
- 4 Data F_{ST} *D. celebica* berdasarkan 5 gen cpDNA 60
- 5 Kode sampel NCBI sebagai pembanding pada penelitian 61