

KARAKTERISTIK GENETIK DAN STUDI FILOGENETIK BANTENG JAWA (*Bos javanicus*) BERDASARKAN GENOM MITOKONDRIA

YULIANTO



**PROGRAM STUDI BIOKIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 “Karakteristik Genetik dan Studi Filogenetik Banteng Jawa (*Bos javanicus*) Berdasarkan Genom Mitokondria” 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, Desember 2025

Yulianto
G8501231003

- 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.



RINGKASAN

YULIANTO. Karakteristik Genetik dan Studi Filogenetik Banteng Jawa (*Bos javanicus*) Berdasarkan Genom Mitokondria. Dibimbing oleh I MADE ARTIKA, RAHADIAN PRATAMA, dan GONO SEMIADI.

Banteng jawa (*Bos javanicus* d'Alton, 1823) merupakan mamalia liar berstatus *critically endangered* menurut IUCN *red list*, dengan penurunan populasi yang disebabkan karena degradasi habitat dan perburuan liar. Kondisi tersebut menegaskan pentingnya ketersediaan informasi genetik yang komprehensif sebagai dasar perencanaan konservasi yang efektif dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi genom mitokondria (mtDNA) banteng jawa serta menganalisis hubungan kekerabatan baik secara intraspesifik maupun interspesifik. Sebanyak 28 sampel DNA banteng jawa yang berasal dari berbagai lembaga konservasi ex-situ serta satu individu in-situ dari taman Nasional Baluran dianalisis. DNA diekstraksi dari sampel darah dan disekuensing menggunakan platform illumina NovaSeq 6000. Data sekuensing diproses melalui tahapan *quality control*, perakitan genom mitokondria secara *de novo* menggunakan NOVOPlasty, serta anotasi gen menggunakan GeSeq dan BLAST. Analisis filogenetik interspesifik dengan metode *Maximum Likelihood* dan intraspesifik dengan metode *Neighbor Joining*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang genom mitokondria berkisar antara 16.364 bp-16.783 bp. Salah satu individu dari TSIC (MZBR.1534; nomor aksesori PX126013) memiliki panjang genom 16.430 bp, tersusun atas 37 gen (13 gen penyandi protein, 22 gen tRNA, dan 2 gen rRNA) serta satu wilayah non-koding (D-loop), dengan bias komposisi basa nukleotida AT sebesar 60,52% yang mirip dengan spesies lain dalam famili Bovidae. Wilayah D-loop mengandung *tandem repeat* sebanyak 22 bp, termasuk motif konservatif TACAT/ACATA yang berpotensi digunakan sebagai penanda genetika banteng jawa. Analisis filogenetik interspesifik menunjukkan bahwa sampel PX126013 berkelompok satu klad dengan *Bos javanicus* referensi dan *Bos javanicus* sapi bali dengan nilai kepercayaan bootstrap yang tinggi. Analisis filogenetik intraspesifik mengungkap adanya dua klaster pada populasi banteng jawa. Klaster pertama meliputi populasi dari ex-situ (TSIP, BZ, TMR dan KBS) dan klaster kedua meliputi populasi ex-situ (TSIC, TSIP dan KBS) serta satu individu dari TSIP yang berasal dari in-situ (TN. Baluran) PX126013. Distribusi individu TSIP pada kedua klaster menunjukkan tingkat keragaman genetik yang relatif lebih tinggi dibanding populasi ex-situ lainnya. Kedekatan genetic antara individu Taman Nasional Baluran dengan beberapa populasi ex-situ menunjukkan bahwa populasi banteng jawa yang dikelola di lembaga konservasi ex-situ masih mempertahankan karakter genetic mitokondria yang sebanding dengan populasi alami.

Keywords: analisis filogenetik, banteng jawa, *Bos javanicus*, D-loop, genom mitokondria



- 

SUMMARY

YULIANTO. Genetic Characteristics and Phylogenetic Study of Javan Banteng (*Bos javanicus*) Based on Mitochondrial Genome. Supervised by I MADE ARTIKA, RAHADIAN PRATAMA, and GONO SEMIADI

The Javan banteng (*Bos javanicus* d'Alton, 1823) is a wild mammal classified as critically endangered by the International Union for Conservation of Nature (IUCN). Its population has declined due to habitat degradation and poaching. This emphasizes the importance of comprehensive genetic information for effective and sustainable conservation planning. The objective of this study is to characterize the mitochondrial genome (mtDNA) of the Javan banteng and to analyze its intraspecific and interspecific relationships. A total of 28 DNA samples from Javan banteng in various ex situ conservation institutions and one individual in situ from Baluran National Park were analyzed. DNA was extracted from blood samples and sequenced using the Illumina NovaSeq 6000 platform. The sequencing data were processed through quality control stages and de novo mitochondrial genome assembly using NOVOPlasty. Gene annotation was performed using GeSeq and BLAST. Interspecific phylogenetic analysis was performed using the Maximum Likelihood method, and intraspecific analysis was performed using the Neighbor Joining method.

The results of the study show that the length of the mitochondrial genome ranges from 16.364 to 16.783 base pairs (bp). One individual from TSIC (MZBR.1534; accession number PX126013) has a genome length of 16.430 bp. This genome consists of 37 genes, including 13 protein-coding genes, 22 tRNA genes, and two rRNA genes, as well as one non-coding region (D-Loop). The AT nucleotide composition bias of this genome is 60,52%, which is similar to that of other species in the Bovidae family. The D-Loop region contains 22-bp tandem repeats, including the conserved TACAT/ACATA motif, which could be used as a genetic marker for Javan banteng. Interspecific phylogenetic analysis shows that sample PX126013 clusters with the reference *Bos javanicus* banteng and *Bos javanicus* bali cattle in one clade, with high bootstrap confidence values. Intraspecific phylogenetic analysis revealed two clusters within the Javan banteng population. The first cluster includes ex-situ populations (TSIP, BZ, TMR, and KBS), and the second cluster includes ex-situ populations (TSIC, TSIP, and KBS) and one in-situ individual (Baluran National Park) originating from TSIC (PX126013). TSIP individuals are distributed in both clusters, indicating a relatively higher level of genetic diversity compared to other ex-situ populations. The genetic proximity between individuals in Baluran National Park and several ex-situ populations indicates that populations of Javan banteng managed in ex-situ conservation institutions maintain mitochondrial genetic characteristics comparable to those of natural populations.

Keywords: *Bos javanicus*, D-loop, javan banteng, mitochondrial genome, phylogenetic analysis



@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 milik IPB, tahun 2025
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.

KARAKTERISTIK GENETIK DAN STUDI FILOGENETIK BANTENG JAWA (*Bos javanicus*) BERDASARKAN GENOM MITOKONDRIA

YULIANTO

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

**PROGRAM STUDI BIOKIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 Tesis:

1. Dr. Dimas Andrianto, S.Si., M.Si.

Judul Tesis : Karakteristik Genetik dan Studi Filogenetik Banteng Jawa (*Bos javanicus*) Berdasarkan Genom Mitokondria
Nama : Yulianto
NIM : G8501231003

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. I Made Artika, M.App.Sc.



Pembimbing 2:
Dr.rer.nat. Rahadian Pratama, S.Si, M.Si.

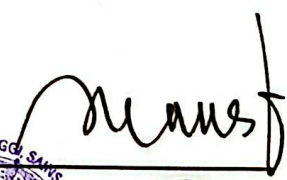


Pembimbing 2:
Prof. Dr. Gono Semiadi

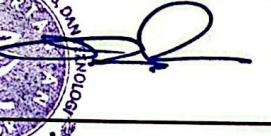


Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
DA Dr. Syamsul Falah, S.Hut, M.Si.
NIP. 196301171989031001



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam :
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP. 197807232007011001



Tanggal Ujian:
15 Desember 2025

Tanggal Lulus:

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 rahmat dan karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2024 hingga Maret 2025 dengan tema Biokimia Molekuler dan berjudul “Karakteristik Genetik dan Studi Filogenetik Banteng Jawa (*Bos javanicus*) Berdasarkan Genom Mitokondria”.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. I Made Artika, M.App.Sc. selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan serta saran yang berharga selama proses penelitian dan penulisan tesis. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr.rer.nat. Rahadian Pratama, S.Si, M.Si. sebagai dosen pembimbing kedua; Prof. Dr. Gono Semiadi sebagai pembimbing dari BRIN; Prof. Dr. Dra. Purwantiningsih Sugita, MS. sebagai moderator seminar hasil; Dr. Dimas Andrianto, S,Si., M.Si. sebagai penguji luar komisi pembimbing; serta Dr. Syamsul Falah, S.Hut., M.Si. selaku Kepala Program Studi S2 Biokimia IPB, atas masukan dan evaluasi yang sangat berarti bagi penyempurnaan karya ilmiah ini. Selain itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Delicia Yunita Rahman selaku Kepala Pusat Riset Zoologi Terapan BRIN yang telah memberi izin kuliah dan penelitian. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Dr. Anik Budhi Dharmayanthi, Saiful Anwar, M.Si., Ir. Wirdateti, M.Si., serta rekan-rekan lainnya yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses perkuliahan maupun penelitian. Ungkapan terima kasih dan penghargaan yang tulus penulis sampaikan kepada Ibu, istri tercinta Dessy Liendasari, S.Si., serta anak tercinta Adiva Azalea atas do'a, dukungan dan pengertian yang senantiasa diberikan sehingga tesis ini dapat diselesaikan.

Semoga karya ilmiah ini memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan serta berkontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2025

Yulianto



- 

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Hipotesis	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Banteng jawa (<i>Bos javanicus</i>)	3
2.2 Sebaran dan Populasi Banteng Jawa	4
2.3 Genom Mitokondria	4
2.4 <i>Whole Genome Sequencing</i> (WGS)	5
2.5 Filogenetik	5
III METODE	7
3.1 Klirens Etik	7
3.2 Waktu dan Tempat	7
3.3 Bahan dan Alat	7
3.4 Prosedur Kerja	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1 Ekstraksi DNA dan Sekuensing	10
4.2 Organisasi Genom Mitokondria	12
4.3 Gen Penyandi Protein	15
4.4 Ribosomal RNA dan Transfer RNA	16
4.5 D-loop	18
4.6 Filogenetik	19
V SIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	27
RIWAYAT HIDUP	36

DAFTAR TABEL

1	Hasil pengukuran konsentrasi DNA, kemurnian DNA dan panjang sekuensing genom mitokondria banteng jawa	11
2	Struktur Genom Mitokondria <i>Bos javanicus</i> PX126013	13
3	Komposisi perbandingan nukleotida genom mitokondria <i>Bos javanicus</i> dan spesies lain dari famili Bovidae	14
4	Komposisi perbandingan nukleotida gen PCGs pada mitokondria <i>Bos javanicus</i> dan sepesies lain dari famili Bovidae	16

DAFTAR GAMBAR

1	Banteng jawa (<i>Bos javanicus</i>) di Taman Safari Indonesia, jantan dewasa berwarna hitam dan betina dewasa berwarna coklat	3
2	Peta sebaran banteng jawa di empat habitat Taman Nasional Pulau jawa jawa (<i>Bos javanicus</i>) jantan dan betina	4
3	Hasil elektroforesis sampel hasil ekstraksi dengan gel agarosa 1 %, pewarna GelRed, tegangan 100 volt dan marker 1 Kb	10
4	Visualisasi struktur genom mitokondria <i>Bos javanicus</i> PX126013 dengan menggunakan MitoFish	12
5	Prediksi struktur sekunder dari 22 tRNA pada <i>Bos javanicus</i>	17
6	<i>Relative synonymous codon usage</i> (RSCU) pada <i>Bos javanicus</i> PX126013	18
7	Analisis <i>tandem repeat</i> dengan menggunakan Tandem Repeat Finder pada sekuens D-loop genom mitokondria banteng jawa PX126013	19
8	Hubungan kekerabatan dalam pohon filogenetik dari 12 spesies famili Bovidae berdasarkan <i>protein coding genes</i> (PCGs) menggunakan metode <i>Maximum Likelihood</i> . Nilai kepercayaan bootstrap yang tercantum pada percabangan berasal dari 1000 replikasi.	20
9	Hubungan kekerabatan dalam pohon filogenetik dari 28 individu banteng jawa dengan outgrup <i>Bos taurus</i> , menggunakan metode <i>Neighbor Joining</i> . Nilai kepercayaan bootstrap yang tercantum pada percabangan berasal dari 1000 replikasi	21

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Diagram Alir Penelitian	30
2	Lampiran 2 SK Klirens Etik dari BRIN	31
3	Lampiran 3 Statistik Raw Data Hasil Sekuensing illumina	32
4	Lampiran 4 Data GenBank PX126013	34