



VARIASI MORFOLOGI DAN GENETIK *MACROBRACHIUM PILIMANUS SPECIES GROUP* DI JAWA DAN SUMATRA

MUHAMMAD DHIYA'UR RACHMAN



**PROGRAM STUDI BIOSAINS HEWAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- 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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “**Variasi Morfologi dan Genetik *Macrobrachium pilimanus Species Group* di Jawa dan Sumatra**” 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, Juni 2026

Muhammad Dhiya’ur Rachman
G3502241016

- 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.

RINGKASAN

MUHAMMAD DHIYA'UR RACHMAN. **Variasi Morfologi dan Genetik *Macrobrachium pilimanus Species Group* di Jawa dan Sumatra**. Dibimbing oleh ACHMAD FARAJALLAH dan KANTHI ARUM WIDAYATI.

Macrobrachium pilimanus species group menunjukkan keragaman morfologi yang tinggi, sehingga identifikasi spesies dan penentuan batas spesies dalam kelompok ini masih menjadi tantangan dalam kajian taksonomi. Distribusinya yang luas di Indonesia juga berpotensi mendorong diferensiasi antar populasi, sehingga semakin menyulitkan delimitasi spesies. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan integratif yang menggabungkan data morfologi dan genetik untuk mengevaluasi variasi serta status taksonomi kelompok ini. Penelitian ini bertujuan mengkaji variasi morfologi dan genetik pada *Macrobrachium pilimanus species group*. Dalam penelitian ini dilakukan analisis morfometri geometrik yang berfokus pada karakter karapas dan pereopod kedua. Selanjutnya, analisis genetik dilakukan menggunakan penanda mitokondria (COI dan 16S) serta penanda inti (28S). Variasi morfometri dianalisis menggunakan PCA, relative warp, dan uji korelasi Procrustes, sementara analisis genetik meliputi rekonstruksi filogenetik, perhitungan jarak genetik, serta identifikasi karakter sekuens diagnostik. Analisis morfometri menunjukkan adanya tumpang tindih sebagian antar populasi. Hasil molekuler mengidentifikasi beberapa garis keturunan genetik utama yang menunjukkan adanya keterkaitan antarwilayah sekaligus divergensi di dalam wilayah. Selain itu, uji korelasi menunjukkan hubungan yang lemah antara jarak morfologi dan jarak genetik. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan pola variasi yang kompleks serta adanya potensi spesiasi pada *Macrobrachium pilimanus species group*.

Kata kunci: Sungai purba; biogeografi; molekuler; morfometrik; filogenetik; sundaland

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.



SUMMARY

MUHAMMAD DHIYA'UR RACHMAN. **Morphological and Genetic Variation of the *Macrobrachium pilimanus* Species Group Across Java and Sumatra.** Under supervision of ACHMAD FARAJALLAH and KANTHI ARUM WIDAYATI.

Macrobrachium pilimanus species group exhibits high morphological diversity, making species identification and species delimitation within this group a persistent challenge in taxonomic studies. Its wide distribution across Indonesia may also promote population differentiation, further complicating species delimitation. Therefore, an integrative approach combining morphological and genetic data is required to evaluate variation and clarify the taxonomic status of this group. This study aimed to investigate morphological and genetic variation within the *Macrobrachium pilimanus species group*. In this study, geometric morphometric analyses were conducted focusing on carapace characters and the second pereopod. Subsequently, genetic analyses were performed using mitochondrial markers (COI and 16S) as well as a nuclear marker (28S). Morphometric variation was analyzed using PCA, relative warps, and procrustes correlation tests, while genetic analyses included phylogenetic reconstruction, genetic distance calculations, and identification of diagnostic sequence characters. Morphometric analyses revealed partial overlap among populations. Molecular results identified several major genetic lineages, indicating both inter-regional connectivity and intra-regional divergence. Furthermore, the correlation test revealed a weak relationship between morphological and genetic distances. Overall, these findings suggest a complex pattern of variation and the potential for speciation within the *Macrobrachium pilimanus species group*.

Keywords: Ancient river, biogeography, molecular, morphometric, phylogenetic, sundaland



© 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 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.



Variasi Morfologi dan Genetik *Macrobrachium pilimanus Species group* di Jawa dan Sumatra

MUHAMMD DHIYA'UR RACHMAN

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

**PROGRAM STUDI BIOSAINS HEWAN
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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1 Dr. Beginer Subhan, S.Pi., M.Si.

Judul Tesis : Variasi Morfologi dan Genetik *Macrobrachium pilimanus*
Species Group di Jawa dan Sumatra

Nama : Muhammad Dhiya'ur Rachman
NIM : G3502241016

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Achmad Farajallah, M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Kanthi Arum Widayati, S.Si., M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Drs. Tri Atmowidi, M.Si.
NIP. 196708271993031003



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



Tanggal Ujian:
21 April 2026

Tanggal Lulus:
(tanggal penandatanganan oleh Dekan Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam)

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.

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil alaamiin. Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang penulis lakukan dalam bidang taksonomi udang air tawar, utamanya spesies *Macrobrachium pilimanus* dilandasi dengan rasa kecintaan penulis pada dunia biologi dan konservasi. Walau belum sempurna, tapi penulis harap karya ini bisa bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, terutama taksonomi udang *Macrobrachium*.

Karya ini dapat dibuat karena bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada komisi pembimbing, Bapak Dr. Ir. Achmad Farajallah, M.Si dan Ibu Dr. Kanthi Arum Widayati, S.Si., M.Si. yang telah mendorong, mengarahkan, dan memberikan banyak ilmu, saya selama proses studi saya sejak S1 hingga S2. Semoga apa yang Bapak dan Ibu berikan dibalas pahala berlipat. Selanjutnya, saya juga mengucapkan terima kasih pada rekan-rekan satu bimbingan, kak Nisfa, kak Lora, kak Riska, kak Syuhada, kak Maulida, mas Alfian, mas Diky, pak Vendi, Elaeisa, Tazkiah, Intan, mas Amat, kak Nabilah, Azimah dan Iqra atas bantuan, kebersamaan, dan kekeluargaan yang telah diberikan selama masa studi. Saya juga mengucapkan banyak terima kasih pada rekan-rekan BSH 2022-2024, juga warga zoocorner yang telah menemani dan mewarnai hari-hari selama studi. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan pada teman-teman Biologi IPB 57, Oppah squad, FSLDK Priangan Barat, MPO BKIM, BogorSJP, dan keluarga besar Masjid Al-Huriyyah yang juga menjadi tempat bertumbuh dan berkembang penulis selama menyanggah gelar mahasiswa.

Terakhir, karya ini saya persembahkan untuk keluarga saya yang selalu mendukung saya di manapun dan kapanpun. Terima kasih banyak pada Ayah, Ibu, Teh Inda, Kak Nurina, dan Kak Nurani yang senantiasa memberikan perhatian, kasih sayang, dan kebutuhan saya. Saya ucapkan juga terima kasih pada seluruh pihak yang tidak bisa disebut satu per satu. Semoga segala kebaikan bisa terbalaskan. Semoga karya ini juga membawa keberkahan dan pahala jariyah bagi saya dan orang-orang yang mendukung saya selama masa studi.

Bogor, Juni 2026

Muhammad Dhiya'ur Rachman

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.



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	i
DAFTAR GAMBAR	ii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Taksonomi <i>Macrobrachium pilimanus Species group</i>	3
2.2 Konsep Spesies dalam Taksonomi Modern	6
2.3 Pendekatan Multilokus dalam Taksonomi Modern	7
2.4 Morfometri Geometri dalam Analisis Variasi Morfologi	9
2.5 Dinamika Paleogeografi Sundaland dan Implikasinya terhadap Evolusi <i>Macrobrachium</i>	9
III METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Identifikasi Morfologi	13
3.3 Pengambilan Data Morfometri	14
3.4 Analisis Morfometri	14
3.5 Isolasi dan Amplifikasi DNA	15
3.6 Analisis Hasil Sekuensing	16
3.7 Analisis Korelasi Mantel	17
IV HASIL	19
4.1 Variasi Morfologi <i>M. pilimanus species group</i>	19
4.2 Analisis Morfometri Karapas dan Pereiopod Kedua	21
4.3 Analisis Molekuler CO1, 16S, dan 28S	27
4.3.1 Analisis Gen COI	27
4.3.2 Analisis Gen 16S	30
4.3.3 Analisis Gen 28S	32
4.4 Analisis Korelasi Mantel	34
V PEMBAHASAN	37
5.1 Variasi Morfologi <i>M. pilimanus species group</i>	37
5.2 Analisis Morfometri	37
5.2.1 Morfometri Karapas	38
5.2.2 Morfometri Pereiopod Kedua	39
5.3 Analisis Molekuler CO1, 16S, dan 28S	39
5.3.1 Keekerabatan <i>Pilimanus Group</i> antar Wilayah	40
5.3.2 Diferensiasi <i>Pilimanus Group</i> di dalam Wilayah	41
5.4 Analisis Korelasi Mantel Morfologi dan Genetika	42
5.5 Pola Spesiasi dan Kompleksitas <i>M. pilimanus Species group</i>	42
5.6 Potensi Spesiasi <i>M. pilimanus species group</i> Jawa dan Sumatra	43



VI SIMPULAN DAN SARAN	45
6.1 Simpulan	45
6.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
RIWAYAT HIDUP	53

Hak cipta milik IPB University

DAFTAR TABEL

1	Perbandingan karakter diagnostik <i>macrobrachium pilimanus</i> dalam literatur taksonomi	4
2	Definisi spesies berdasarkan pembagian konsep menurut studi Aldhebiani (2018)	6
3	Tingkat kategori yang bisa digunakan untuk setiap penanda molekuler atau gen berdasarkan studi-studi sebelumnya menurut Hwang dan Kim (1999)	8
4	Urutan dan acuan primer yang digunakan dalam penelitian ini	15
5	Daftar sampel dan referensi udang air tawar pada penelitian ini	16
6	Model substitusi nukleotida terbaik untuk setiap marka gen berdasarkan kriteria Bayesian Information Criterion (BIC) hasil analisis pada software MEGAX	17
7	Variasi karakter rostrum <i>M. pilimanus species group</i> di berbagai wilayah Jawa-Sumatera	19
8	Variasi karakter pereopod <i>M. pilimanus species group</i> di berbagai wilayah Jawa-Sumatera	20
9	Variasi karakter pereopod kedua	21
10	Perbandingan deformasi karapas pada plot PCA hasil analisis TPSRELW	23
11	Perbandingan deformasi pereopod kedua pada plot PCA hasil analisis TPSRELW	25
12	Jarak genetik antar group pada rekonstruksi pohon filogenetik gen COI	29
13	Rentang jarak genetik antar sampel intra group pada rekonstruksi pohon filogenetik gen COI	29
14	Rentang jarak genetik antar sampel di wilayah yang sama pada gen COI	30
15	Jarak genetik antar group pada rekonstruksi pohon filogenetik gen 16S	31
16	Rentang jarak genetik antar sampel intra group pada rekonstruksi pohon filogenetik gen 16S	31
17	Rentang jarak genetik antar sampel di wilayah yang sama pada gen 16S	32
18	Jarak genetik antar group pada rekonstruksi pohon filogenetik gen 28S	34
19	Rentang jarak genetik antar sampel intra group pada rekonstruksi pohon filogenetik gen 28S	34
20	Rentang jarak genetik antar sampel di wilayah yang sama pada gen 28S	34
21	Hipotesis struktur intraspesifik <i>macrobrachium pilimanus</i> berdasarkan analisis molekuler multilokus	43

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.



DAFTAR GAMBAR

1	Peta Daerah Aliran Sungai Sundaland pada Era Glasial Terakhir (LGM) 20.000 tahun yang lalu	10
2	Rekonstruksi Kenozoikum daratan dan lautan yang menunjukkan perubahan pada Laut Tethys	11
3	Perubahan muka laut relatif terhadap kondisi saat ini (garis hitam)	12
4	Paparan Sunda diklasifikasikan pada setiap interval waktu berdasarkan persentase luas daratan yang terekspos dibandingkan dengan total luas paparan sebelum 400 ribu tahun lalu	12
5	Lokasi pengambilan sampel <i>M. pilimanus species group</i> di Pulau Jawa dan Sumatera	13
6	karakter identifikasi spesies <i>Macrobrachium</i> . A) seluruh bagian udang, B) Pereiopod kedua	14
7	titik digitasi landmark pada karakter karapas (A) dan pereiopod kedua (B)	14
8	Karakter rostrum yang diamati pada sampel	19
9	Perbedaan karakter bentuk rostrum <i>M. pilimanus species group</i> a) <i>concave</i> ; b) <i>blade-like</i> ; c) <i>curved</i>	20
10	Karakter pereiopod kedua yang diamati pada sampel	21
11	Perbandingan antara konfigurasi landmark hasil Generalized Procrustes Analysis (GPA) (Kiri) dan titik digitasi (Kanan) pada bagian karapas (A) dan pereiopod kedua (B)	22
12	Plot <i>Principal Component Analysis</i> dan Deformasi <i>Relative Warps</i> dari sampel <i>M. pilimanus species group</i> berdasarkan karakter karapas	24
13	Plot <i>Principal Component Analysis</i> dan Deformasi <i>Relative Warps</i> dari sampel <i>M. pilimanus species group</i> berdasarkan karakter pereiopod kedua	27
14	Pohon filogenetik <i>M. pilimanus species group</i> dari Jawa dan Sumatra berdasarkan gen COI	28
15	Pohon filogenetik <i>M. pilimanus species group</i> dari Jawa dan Sumatra berdasarkan gen 16S	30
16	Pohon filogenetik <i>M. pilimanus species group</i> dari Jawa dan Sumatra berdasarkan gen 28S	33
17	Hasil analisis uji Mantel yang menunjukkan hubungan antara jarak genetik COI dengan matriks jarak morfometri karapas (A) dan pereiopod kedua (B).	35
18	Analisis Procrustes yang menunjukkan tingkat kesesuaian antara PCA morfometri dan PCoA genetik pada karakter karapas (A) dan pereiopod kedua (B).	35