

POTENSI ENERGI GELOMBANG LAUT DI INDONESIA PADA PERIODE HISTORIS DAN PROYEKSI BERDASARKAN MODEL CMIP6

NIZA HANIM



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Potensi Energi Gelombang Laut di Indonesia pada Periode Historis dan Proyeksi Berdasarkan Model CMIP6” 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, Juni 2026

Niza Hanim
G2401221019

- 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

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



ABSTRAK

NIZA HANIM. Potensi Energi Gelombang Laut di Indonesia pada Periode Historis dan Proyeksi Berdasarkan Model CMIP6. Dibimbing oleh AKHMAD FAQIH dan ARNIDA LAILATUL LATIFAH.

Energi gelombang laut merupakan sumber energi baru terbarukan yang bersih dan berkelanjutan dengan potensi besar di perairan Indonesia, khususnya di wilayah yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi deviasi parameter energi gelombang model CMIP6 terhadap ERA5, mengidentifikasi wilayah perairan Indonesia dengan potensi energi gelombang tertinggi, serta menganalisis proyeksi perubahannya berdasarkan skenario SSP1-2.6 dan SSP5-8.5 pada periode 2021–2050. Evaluasi model dilakukan menggunakan *Taylor Skill Score* dan *Taylor Diagram*, sedangkan koreksi bias diterapkan dengan metode *Empirical Quantile Mapping* sebelum dilakukan analisis *multi-model ensemble*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh model secara sistematis menghasilkan nilai energi gelombang yang lebih rendah dari ERA5 sebelum koreksi bias, namun mengalami peningkatan kesesuaian setelah koreksi dilakukan. Pada periode proyeksi, wilayah pesisir selatan Jawa hingga Nusa Tenggara serta bagian barat Sumatera memiliki potensi energi gelombang tertinggi dengan nilai melebihi 20–30 kW/m, terutama pada musim monsun timur. Pola distribusi spasial proyeksi relatif serupa dengan periode historis, namun skenario SSP5-8.5 menghasilkan fluks energi gelombang yang sedikit lebih besar dibandingkan SSP1-2.6, khususnya di perairan selatan Indonesia dengan perubahan sekitar -3 kW/m. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam penilaian potensi energi gelombang di masa depan sekaligus penentuan wilayah prioritas pengembangan energi gelombang di Indonesia.

Kata kunci: CMIP6, energi gelombang laut, koreksi bias, *multi-model*, perubahan iklim



@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



ABSTRACT

NIZA HANIM. Ocean Wave Energy Potential in Indonesia during Historical and Projected Periods based on CMIP6 Models . Supervised by AKHMAD FAQIH and ARNIDA LAILATUL LATIFAH.

Ocean wave energy is a clean and sustainable renewable energy resource with considerable potential for Indonesia, particularly in regions directly exposed to the Indian Ocean and the Pacific ocean. This study aims to evaluate the deviation of wave energy parameters from CMIP6-derived models against ERA5 reanalysis data, identify regions with the highest wave energy potential, and analyze projected changes under SSP1-2.6 and SSP5-8.5 scenarios for 2021–2050. Model evaluation was conducted using the Taylor Skill Score and Taylor Diagram, while the bias correction was applied through the Empirical Quantile Mapping method prior to multi-model ensemble analysis. Evaluation results indicate that all models systematically underestimated wave energy relative to ERA5 before bias correction, with substantial improvement in agreement with ERA5 observed after correction. During the projection period, the southern coastal regions of Java to Nusa Tenggara and the western coast of Sumatra exhibited the highest wave energy potential, exceeding 25–30 kW/m, particularly during the southeast monsoon season. The projected spatial distribution pattern remains relatively consistent with the historical period, however, the SSP5-8.5 scenario produces slightly greater wave energy flux compared to SSP1-2.6, especially in southern Indonesian waters, with changes approximately -3 kW/m. These results provide baseline information for assessing future wave energy resources identifying priority areas for wave energy development in Indonesia.

Keywords: bias correction, climate change, CMIP6, multi-model, ocean wave energy



@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 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 2026¹
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

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.



POTENSI ENERGI GELOMBANG LAUT DI INDONESIA PADA PERIODE HISTORIS DAN PROYEKSI BERDASARKAN MODEL CMIP6

NIZA HANIM

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Program Studi Meteorologi Terapan

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Dr. I Putu Santikayasa, S.Si., M.Sc.

Perpustakaan IPB University

Judul Skripsi : Potensi Energi Gelombang Laut di Indonesia pada Periode
Historis dan Proyeksi Berdasarkan Model CMIP6.

Nama : Niza Hanim
NIM : G2401221019

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Akhmad Faqih, S.Si.

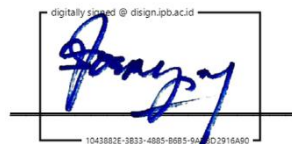


Pembimbing 2:
Dr. Arnida Lailatul Latifah, S.Si., M.Sc.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi:
Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.
NIP. 197107071998032002



Tanggal Ujian:
25 Juni 2026

Tanggal Lulus:



Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari BSI/E, silahkan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code



@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. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2025 sampai bulan Juni 2026 ini ialah “Potensi Energi Gelombang Laut di Indonesia pada Periode Historis dan Proyeksi Berdasarkan Model CMIP6”.

Penulisan karya ilmiah ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan banyak pihak. Maka dari itu, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Akhmad Faqih, S.Si. dan Ibu Dr. Arnida Lailatul Latifah, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta arahan selama proses penelitian sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian ini.
2. Seluruh Dosen, Tendik, dan Staf Departemen Geofisika dan Meteorologi atas segala ilmu dan bantuan selama masa perkuliahan penulis.
3. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas dukungan fasilitas *High Performance Computing* (HPC) yang membantu proses pengunduhan dan pengolahan data dalam penelitian ini.
4. Ayah dan Mama, Bapak Abubakar dan Ibu Lindawati, yang selalu menjadi sumber kekuatan terbesar bagi penulis, serta adik-adik penulis, Siti, Afiq, dan Althaf, yang kehadirannya menjadi penyemangat serta alasan untuk terus berusaha memberikan yang terbaik. Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, kepercayaan, serta dukungan yang selalu diberikan dalam setiap langkah penulis.
5. Sahabat penulis, Viola, Nayla, Nadyah, Najwa, Dita, Aziziah, dan Najmi yang selalu hadir memberikan semangat, dukungan, serta menjadi tempat berbagi suka duka selama perjalanan perkuliahan penulis.
6. Sahabat seperjuangan penulis, Naura dan Devina, serta sahabat-sahabat penulis sedari SMA yang telah kebersamai penulis hingga saat ini.
7. Rekan-rekan satu bimbingan penulis atas kerjasama, dukungan, dan motivasi selama perjalanan skripsi.
8. Winaya, Yasmin, dan sahabat “Ujung Lorong” yang telah menjadi rekan pertama penulis di kampus, menemani, berbagi tawa, serta pengalaman berharga yang akan selalu penulis kenang.
9. Keluarga asuh GFM (Kak Aisyah, Bang Adi, Adi, Lulu, dan adik-adik 19), atas kebersamaan, bantuan, serta dukungan yang diberikan kepada penulis.
10. Keluarga besar divisi Public Relation Himagreto atas kesempatan bertumbuh bersama, serta pengalaman dan cerita yang menjadi kenangan menyenangkan bagi penulis.
11. Teman-teman Civita59ahar yang telah menjadi bagian dari perjalanan perkuliahan penulis, semoga kebaikan selalu mengiringi.

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

Bogor, Juni 2026

Niza Hanim



@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 GAMBAR	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Potensi Energi Gelombang Laut di Indonesia	5
2.2 <i>Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)</i>	5
2.3 <i>CMIP6 – Derived Ocean Surface Wave Climate dan Wavewatch III</i>	6
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Kerja	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Koreksi Bias ERA5 Periode 1985–1990	17
4.2 Evaluasi Performa Model Turunan CMIP6	18
4.3 Koreksi Bias Model Turunan CMIP6	22
4.4 Variabilitas Antartahunan dan Siklus Musiman Potensi Energi Gelombang Laut Periode Historis	24
4.5 Analisis Spasial Potensi Energi Gelombang Laut	26
4.6 Analisis Temporal Potensi Energi Gelombang Laut pada Tiga Wilayah Kajian	31
V SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
RIWAYAT HIDUP	43



DAFTAR GAMBAR

1	Peta wilayah kajian	10
2	Diagram Alir prosedur penelitian	12
3	Perbandingan variabel (a) tinggi gelombang signifikan (H_s) ERA5 dan (b) periode gelombang rata-rata (T_{02}) ERA5 sebelum dan sesudah koreksi bias	17
4	Sebaran spasial TSS untuk variabel tinggi gelombang signifikan (H_s) delapan model turunan CMIP6 terhadap data ERA5	19
5	Sebaran spasial TSS untuk variabel periode gelombang rata-rata (T_{02}) delapan model turunan CMIP6 terhadap data ERA5	20
6	Taylor diagram delapan model turunan CMIP6 terhadap ERA5 untuk variabel (a) tinggi gelombang signifikan (H_s) dan (b) periode gelombang rata-rata (T_{02}) pada periode 1985–2014	21
7	<i>Cumulative Distribution Function</i> (CDF) tinggi gelombang signifikan (H_s) delapan model turunan CMIP6 sebelum dan sesudah koreksi bias terhadap data ERA5 periode historis	22
8	<i>Cumulative Distribution Function</i> (CDF) periode gelombang rata-rata (T_{02}) delapan model turunan CMIP6 sebelum dan sesudah koreksi bias terhadap data ERA5 periode historis	23
9	Variabilitas tahunan fluks energi gelombang delapan model turunan CMIP6 dan <i>ensemble mean</i> terhadap ERA5 periode historis (a) sebelum koreksi bias dan (b) sesudah koreksi bias	24
10	Siklus musiman rata-rata fluks energi gelombang delapan model turunan CMIP6 dan <i>ensemble mean</i> terhadap ERA5 periode historis (a) sebelum koreksi bias dan (b) sesudah koreksi bias	25
11	Sebaran spasial musiman rata-rata fluks energi gelombang (P) <i>ensemble mean</i> pada periode historis (1985–2014) dari delapan model turunan CMIP6, serta skenario SSP1-2.6 dan SSP5-8.5 (2021–2050) dari dua model turunan CMIP6 (ACCESS-CM2 dan EC-Earth3). Seluruh data telah dikoreksi bias terhadap ERA5 sebelum dihitung sebagai <i>ensemble mean</i> .	27
12	Sebaran spasial musiman perubahan fluks energi gelombang (ΔP) <i>ensemble mean</i> dari dua model turunan CMIP6 (ACCESS-CM2 dan EC-Earth3) yang telah dikoreksi bias, relatif terhadap periode historis (1985–2014) berdasarkan skenario SSP1-2.6 dan SSP5-8.5 (2021–2050)	29
13	Variabilitas tahunan fluks energi gelombang (P) <i>ensemble mean</i> pada tiga wilayah kajian pada periode historis (1985–2014) dan proyeksi (2021–2050) berdasarkan skenario SSP1-2.6 dan SSP5-8.5	31
14	Siklus musiman rata-rata fluks energi gelombang (P) <i>ensemble mean</i> per wilayah kajian pada periode historis (1985–2014) dan proyeksi (2021–2050) berdasarkan skenario SSP1-2.6 dan SSP5-8.5	32
15	Perubahan tahunan fluks energi gelombang (ΔP) <i>ensemble mean</i> pada wilayah kajian (a) selatan Jawa–Nusa Tenggara, (b) barat Sumatra, dan (c) utara Papua relatif terhadap periode historis (1985–2014) berdasarkan skenario SSP1-2.6 dan SSP5-8.5 (2021–2050)	33