

**KARAKTERISTIK TREN TEMPORAL DAN DISTRIBUSI SPASIAL
WET BULB GLOBE TEMPERATURE (WBGT) SEBAGAI INDEKS
HEAT STRESS DI PULAU JAWA PERIODE 2000–2024**

DYVIA KHANSA ZAHIRA



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

@Hak cipta milik IPB University

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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “ Karakteristik Tren Temporal dan Distribusi Spasial *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT) sebagai Indeks *Heat Stress* di Pulau Jawa Periode 2000–2024” 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

Dyvia Khansa Zahira
G2401221063



@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.



ABSTRAK

DYVIA KHANSA ZAHIRA. Karakteristik Tren Temporal dan Distribusi Spasial *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT) sebagai Indeks *Heat Stress* di Pulau Jawa Periode 2000–2024. Dibimbing oleh AKHMAD FAQIH dan INNA SYAFARINA.

Perubahan iklim berpotensi meningkatkan risiko *heat stress* di wilayah tropis, termasuk Pulau Jawa yang berpenduduk terbesar di Indonesia. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik temporal dan spasial *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT), tren perubahan, distribusi kategori *heat stress*, serta keterkaitannya dengan variabilitas iklim ENSO dan IOD di Pulau Jawa selama periode 2000–2024. Penelitian menggunakan data reanalisis ERA5 dan ERA5-HEAT yang diolah menjadi WBGT harian. Analisis meliputi karakterisasi musiman dan spasial, klasifikasi kategori *heat stress*, uji tren Mann–Kendall dan Sen's Slope, analisis frekuensi kejadian *heat stress*, identifikasi *hotspot*, serta korelasi Pearson dengan *Oceanic Niño Index* (ONI) dan *Dipole Mode Index* (DMI). Hasil menunjukkan bahwa nilai WBGT tertinggi terjadi pada musim Maret–Mei (MAM), sedangkan terendah pada musim Juni–Agustus (JJA). Secara spasial, wilayah pesisir utara Pulau Jawa, Jakarta, dan sebagian Jawa Timur memiliki tingkat *heat stress* lebih tinggi dibandingkan wilayah pegunungan. Analisis tren menunjukkan peningkatan WBGT dan frekuensi *heat stress*, terutama kategori *extreme danger* ($WBGT \geq 30^{\circ}\text{C}$), dengan *hotspot* dominan di Jawa Timur. Kejadian *heat stress* lebih banyak terjadi pada fase El Niño dibandingkan La Niña, sedangkan fase IOD positif menghasilkan frekuensi lebih tinggi daripada IOD negatif. Meskipun demikian, hubungan ENSO dan IOD terhadap frekuensi *heat stress* relatif lemah, sehingga peningkatan *heat stress* di Pulau Jawa lebih dipengaruhi oleh pemanasan jangka panjang dan faktor lingkungan lokal.

Kata kunci: ENSO, *heat stress*, IOD, Pulau Jawa, WBGT



@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.



ABSTRACT

DYVIA KHANSA ZAHIRA. Characteristics Temporal Trends and Spatial Distribution of Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) as a *Heat Stress* Index in Java Island During 2000–2024. Dibimbing oleh AKHMAD FAQIH dan INNA SYAFARINA.

Climate change has increased the risk of heat stress in tropical regions, including Java Island, the most populous island in Indonesia. This study aimed to analyze the temporal and spatial characteristics of Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), its trends, the distribution of heat stress categories, and their relationship with El Niño–Southern Oscillation (ENSO) and the Indian Ocean Dipole (IOD) during 2000–2024. The study used ERA5 and ERA5-HEAT reanalysis datasets to derive daily WBGT. The analyses included seasonal and spatial characterization, heat stress classification, Mann–Kendall trend analysis, Sen's Slope estimation, heat stress frequency analysis, hotspot identification, and Pearson correlation with the Oceanic Niño Index (ONI) and Dipole Mode Index (DMI). The results showed that the highest WBGT values occurred during March–May (MAM), while the lowest occurred during June–August (JJA). Spatially, the northern coastal region of Java, Jakarta, and parts of East Java experienced higher heat stress than mountainous areas. Trend analysis revealed increasing WBGT and heat stress frequency, particularly for the extreme danger category (WBGT $\geq 30^{\circ}\text{C}$), with hotspots concentrated in East Java. Heat stress events occurred more frequently during El Niño than La Niña, while positive IOD phases produced higher frequencies than negative IOD phases. Nevertheless, the relationships of ENSO and IOD with heat stress frequency were relatively weak, indicating that increasing heat stress over Java is mainly driven by long-term warming and local environmental factors.

Keywords: ENSO, *heat stress*, IOD, Java Island, WBGT



@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.

KARAKTERISTIK TREN TEMPORAL DAN DISTRIBUSI SPASIAL WET BULB GLOBE TEMPERATURE (WBGT) SEBAGAI INDEKS HEAT STRESS DI PULAU JAWA PERIODE 2000–2024

DYVIA KHANSA ZAHIRA

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

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:

1 Fithriya Yulisiasih Rohmawati, S.Si., M.Si.

Judul Skripsi : Karakteristik Tren Temporal dan Distribusi Spasial *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT) sebagai Indeks *Heat stress* di Pulau Jawa Periode 2000–2024

Nama : Dyvia Khansa Zahira
NIM : G2401221063

Disetujui oleh

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



Pembimbing 2:
Dr. Inna Syafarina, M.Si., Ph.D.



Diketahui oleh

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

Tanggal Ujian:
14 Juli 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 *Subhanahu wa ta'ala* atas segala rahmat, karunia, dan izin-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dilaksanakan pada bulan Desember 2024 sampai Mei 2025 ini mengangkat tema terkait biometeorologi dengan judul "Karakteristik Tren Temporal dan Distribusi Spasial *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT) sebagai Indeks *Heat stress* di Pulau Jawa Periode 2000–2024". Penyusunan karya ilmiah ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Meteorologi Terapan, Institut Pertanian Bogor. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Akhmad Faqih, S.Si. dan Ibu Dr. Inna Syafarina, M.Si, PhD selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dukungan, serta motivasi kepada penulis. Terima kasih atas ilmu, kesabaran, dan kepercayaan yang diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan karya ilmiah ini dengan baik.
2. Diri penulis sendiri yang telah berjuang, bertahan, dan terus melangkah. Terima kasih karena memilih untuk tetap percaya pada diri sendiri, meskipun sering merasa lelah, ragu, takut dan tidak menyerah saat keadaan terasa berat, karena terus bangkit, serta karena telah memberikan usaha terbaik dalam setiap proses yang dijalani. Perjalanan tidak selalu mudah, tetapi penulis berhasil melewatinya. Untuk semua air mata, perjuangan, dan pengorbanan yang telah diberikan, terima kasih sudah bertahan.
3. Keluarga tercinta, khususnya Mami, Oma, Papa, dan seluruh anggota keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan, kasih sayang, serta kepercayaan tanpa batas kepada penulis. Terima kasih karena selalu menjadi rumah yang paling nyaman untuk pulang. Terima kasih atas segala pengertian, kesabaran, dukungan, serta cinta yang tidak pernah berkurang dalam setiap langkah kehidupan penulis. Terima kasih karena selalu hadir dalam setiap proses, baik saat penulis berhasil maupun ketika sedang terpuruk.
4. Teman-teman Kantin Brok (Nindy, Nayla, dan Nadyah), telah menemani perjalanan penulis selama menempuh pendidikan di GFM. Keluarga Kos VTS (Ica, Zilmi, dan Ajul), telah menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, kebahagiaan, serta saling menguatkan dalam setiap fase yang dilalui bersama. Teman-teman seperbimbingan (Nalya, Niza, Fildza, Anggun, Bintang, dan Aisy), atas segala bantuan, diskusi, dukungan, semangat, serta kebersamaan selama menjalani proses penelitian dan penyusunan skripsi. Kakak-kakak AWI tercinta (Kak Dinda, Kak Fadli, Kak Ami, Kak Abel, Fia, Michele, dan Jasmine), telah menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, bahkan tangisan ketika menghadapi masa-masa yang sulit. Terima kasih karena selalu hadir dan mendengarkan. Kehadiran kalian membuat perjalanan yang panjang ini terasa lebih ringan dan menyenangkan.

Bogor, Juni 2026

Dyvia Khansa Zahira



@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 TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Wet Bulb Globe Temperature</i> (WBGT)	5
2.2 <i>Heat Stress</i>	8
2.3 Data Reanalisis ERA5 dan ERA5-HEAT	10
2.4 <i>El Niño Southern Oscillation</i> (ENSO)	11
2.5 <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD)	13
2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi <i>Heat Stress</i>	14
2.7 Analisis Tren dan Korelasi	16
III METODE	19
3.1 Waktu dan Tempat	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Prosedur Kerja	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Validasi Data WBGT ERA5	27
4.2 Karakteristik Tahunan WBGT di Pulau Jawa	31
4.3 Karakteristik Musiman WBGT di Pulau Jawa	38
4.4 Karakteristik Frekuensi <i>Heat stress</i> Ekstrem di Pulau Jawa	45
4.5 Hubungan ENSO dan IOD terhadap <i>Heat Stress</i>	53
V SIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Simpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
RIWAYAT HIDUP	69



@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 TABEL

1	Klasifikasi tingkat <i>heat stress</i> berdasarkan nilai WBGT	8
2	Daftar jenis dan sumber data penelitian	20
3	Hasil validasi suhu udara (Ta) ERA5 terhadap data observasi	27
4	Hasil validasi kelembapan relatif (RH) ERA5 terhadap data observasi	28
5	Hasil validasi suhu titik embun (<i>dew point</i>) ERA5 terhadap data observasi	29
6	Hasil validasi kecepatan angin ERA5 terhadap data observasi	30
7	Statistik dan tren WBGT tahunan di Pulau Jawa (2000–2024)	33
8	Rata-rata Musiman WBGT per Provinsi	39
9	Frekuensi hari <i>heat stress</i> berdasarkan kategori WBGT di setiap provinsi Pulau Jawa tahun 2000–2024	47
10	Frekuensi hari ekstrem musiman di Pulau Jawa (2000-2024)	49
11	Hasil uji korelasi pearson dan signifikansi hubungan ENSO terhadap WBGT musiman	54
12	Perbandingan Rata-rata WBGT Musiman pada Fase El Niño, La Niña, dan Netral di Pulau Jawa Periode 2000–2024	56

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi stasiun observasi untuk validasi data ERA5 di Pulau Jawa	19
2	Diagram alir penelitian	21
3	Grafik trend rata-rata WBGT tahunan di Pulau Jawa 2000-2024	32
4	Grafik Tren rata-rata WBGT tahunan antar provinsi di Pulau Jawa	35
5	Peta Spasial rata-rata WBGT tahunan di Pulau Jawa	36
6	Peta tren rata-rata WBGT Tahunan Pulau Jawa (2000-2024)	37
7	Variasi temporal rata-rata WBGT di Pulau Jawa	38
8	Peta distribusi spasial WBGT musiman	40
9	Tren WBGT musiman	42
10	Peta spasial tren WBGT musiman	43
11	Variasi tahunan frekuensi hari <i>heat stress</i> berdasarkan kategori WBGT di Pulau Jawa tahun 2000–2024	45
12	Heatmap frekuensi (a) <i>extreme caution</i> (b) <i>danger</i> (c) <i>extreme danger</i> menurut Provinsi Pulau Jawa	48
13	Frekuensi musiman kategori <i>heat stress</i> di Pulau Jawa (2000-2024)	50
14	Distribusi spasial hotspot <i>extreme danger</i> (WBGT $\geq 30^{\circ}\text{C}$)	52
15	Variabilitas anomali WBGT dan ENSO (ONI) di Pulau Jawa	53
16	Korelasi (a) ENSO (kiri) dan (b) IOD (kanan) terhadap frekuensi <i>extreme danger</i>	57
17	Siklus bulanan frekuensi <i>extreme danger</i> pada fase (a) ENSO (kiri) dan (b) IOD (kanan) di Pulau Jawa (2000-2024)	58
18	Heatmap frekuensi <i>extreme danger</i> kombinasi ENSO–IOD	60



@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.