

KLIMATOLOGI DAN VARIABILITAS ANTAR-TAHUNAN SIRKULASI SKALA BESAR YANG TERKOPEL KONVEKSI DI WILAYAH TROPIS

MARTHA ISABEL SIMATUPANG



**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 “Klimatologi dan Variabilitas Antar-Tahunan Sirkulasi Skala Besar yang Terkopel Konveksi di Wilayah Tropis” 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, Juli 2026

Martha Isabel Simatupang
G2401221066



@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

MARTHA ISABEL SIMATUPANG. Klimatologi dan Variabilitas Antar-Tahunan Sirkulasi Skala Besar yang Terkopel Konveksi di Wilayah Tropis. Dibimbing oleh SONNI SETIAWAN dan SANDRO WELLYANTO LUBIS.

Variabilitas konveksi tropis berperan penting dalam sistem iklim, tetapi kajian yang mengintegrasikan *moisture mode*, *mixed system*, dan *inertio-gravity* (IG) wave dalam satu kerangka klimatologi dan variabilitas antar-tahunan masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik spektral, distribusi spasial, siklus musiman, kontribusi, variabilitas antar-tahunan, dan tren sistem skala besar yang terkopel konveksi di wilayah tropis selama 1979-2021. Data harian *outgoing longwave radiation* dianalisis pada domain 20° LS-20° LU menggunakan *space-time spectral analysis*, *filtering* berbasis kecepatan fase, *root mean square*, varians, korelasi dengan indeks iklim, dan analisis tren. Hasil menunjukkan bahwa variabilitas konvektif tropis didominasi oleh energi berfrekuensi rendah dan bilangan gelombang kecil. *Moisture mode* menjadi sistem dominan dengan amplitudo terbesar dan distribusi terluas, terutama di wilayah Indo-Pasifik barat, sedangkan *mixed system* menunjukkan karakternya sebagai sistem transisi dan IG wave berkontribusi lebih terbatas. Variabilitas antar-tahunan menunjukkan hubungan paling kuat dengan *relative oceanic Niño index* (RONI), sementara *Indian ocean dipole* (IOD), *Pacific decadal oscillation* (PDO), El Niño Modoki, dan *tropical southern Atlantic* (TSA) menunjukkan respons yang lebih regional. Tren jangka panjang menunjukkan pola yang tidak seragam antar wilayah dan antar sistem, mengindikasikan perubahan distribusi aktivitas konvektif tropis. Penelitian ini menegaskan pentingnya interaksi kelembapan, dinamika gelombang ekuatorial, dan variabilitas laut-atmosfer dalam mengontrol konveksi tropis.

Kata kunci: gelombang IG, *mixed system*, *moisture mode*, *outgoing longwave radiation*, variabilitas iklim



@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

MARTHA ISABEL SIMATUPANG. Climatology and Interannual Variability of Convectively Coupled Large-Scale Systems in the Tropics. Supervised by SONNI SETIAWAN and SANDRO WELLYANTO LUBIS.

Tropical convective variability plays an important role in the climate system, yet studies integrating moisture modes, mixed systems, and inertio-gravity (IG) wave within a unified climatological and interannual framework remain limited. This study examines the spectral characteristics, spatial distribution, seasonal cycle, contribution, interannual variability, and long-term trends of convectively coupled large-scale systems in the tropics during 1979-2021. Daily outgoing longwave radiation data over 20°S-20°N were analyzed using space-time spectral analysis, phase-speed-based filtering, root mean square, variance, climate-index correlation, and trend analyses. The results show that tropical convective variability is dominated by low-frequency energy and small zonal wavenumbers. Moisture modes show the largest amplitude and broadest distribution, particularly over the western Indo-Pacific, while mixed systems exhibit a transitional character and IG waves contribute more locally. Interannual variability is most strongly related to the relative oceanic Niño index, whereas the Indian ocean dipole, Pacific decadal oscillation, El Niño Modoki, and tropical southern Atlantic index are associated with more regional patterns. Long-term trends vary across regions and systems, indicating spatial changes in tropical convective activity.

Keywords: climate variability, IG wave, mixed system, moisture mode, outgoing longwave radiation



@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.

KLIMATOLOGI DAN VARIABILITAS ANTAR-TAHUNAN SIRKULASI SKALA BESAR YANG TERKOPEL KONVEKSI DI WILAYAH TROPIS

MARTHA ISABEL SIMATUPANG

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana 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. Dr. Rahmat Hidayat, S.Si., M.Si.

Judul Skripsi : Klimatologi dan Variabilitas Antar-Tahunan Sirkulasi Skala Besar
yang Terkopel Konveksi di Wilayah Tropis

Nama : Martha Isabel Simatupang

NIM : G2401221066

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Sonni Setiawan, S.Si., M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. rer. nat. Sandro W. Lubis, M.Sc.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi:
Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.
NIP. 19710707 199803 2 002



Tanggal Ujian:
21 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@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

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2026 sampai bulan Mei 2026 ini ialah sistem konveksi di wilayah tropis, dengan judul “Klimatologi dan Variabilitas Antar-Tahunan Sirkulasi Skala Besar yang Terkopel Konveksi di Wilayah Tropis”.

Selama menyusun skripsi, penulis menyadari bahwa seluruh prosesnya dapat terlewati berkat bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Sonni Setiawan, S.Si., M.Si. dan Dr. Sandro W. Lubis, Ph.D. yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberi saran serta masukan selama proses penyusunan skripsi hingga penulis dapat menyelesaikan hingga akhir,
2. mami, papi, Bang Ael, Mong, dan Icel yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya,
3. King Budi Satria Halim (dan Jeki) yang selalu menjadi *support system*, tempat berkeluh kesah, dan penyemangat bagi penulis,
4. Aisya Zahra Noorrahma dan Matthew Christian Aruan yang telah menjadi sahabat penulis sejak di bangku SMA,
5. rekan-rekan BRIN, yaitu Amanda, Chaisy, Ebi, Nabila, Rifa, Shalsha, Aufaa, dan Abel yang telah menjadi teman dekat dan penyemangat bagi penulis untuk menjalani perkuliahan,
6. seluruh teman-teman Civita59ahar yang telah berjuang bersama penulis.

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

Bogor, Juli 2026

Martha Isabel Simatupang



@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

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konveksi Tropis dan <i>Outgoing Longwave Radiation</i> (OLR)	5
2.2 Gelombang Ekuatorial Terkopel Konveksi (CCEWs)	5
2.3 Sirkulasi Skala Besar yang Terkopel Konveksi	5
2.4 Mode Variabilitas Iklim Global	7
IV METODE	9
4.1 Waktu dan Tempat	9
4.2 Alat dan Bahan	9
4.3 Prosedur Kerja	10
4.4 Analisis Data	10
4.4.1 <i>Pre-processing</i> Data	10
4.4.2 <i>Space-Time Spectral Analysis</i> (STSA)	11
4.4.3 <i>Filtering</i>	11
4.4.4 Varians Musiman	12
4.4.5 Persentase Kontribusi Varians Musiman	12
4.4.6 <i>Root Mean Square</i> (RMS)	13
4.4.7 Siklus Musiman	13
4.4.8 Variabilitas Antar-Tahunan	14
4.4.9 Korelasi dan Signifikansi	14
4.4.10 Analisis Tren	14
V HASIL DAN PEMBAHASAN	15
5.1 STSA Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi	15
5.2 Klimatologi Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi	16
5.2.1 Varians Musiman	16
5.2.2 Persentase Kontribusi Varians Musiman	18
5.2.3 Siklus Musiman Rata-rata Meridional	19
5.2.4 Siklus Musiman Rata-rata Zonal	21
5.3 Varians Antar-Tahunan Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi	23
5.4 Variabilitas Antar-Tahunan Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi	25
5.4.1 Hubungan antara Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi dan <i>Relative Oceanic Niño index</i> (RONI)	25
5.4.2 Hubungan antara Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi dan <i>El Niño Modoki</i>	27
5.4.3 Hubungan antara Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi dan <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD)	29



5.4.4	Hubungan antara Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi dan <i>Pacific Decadal Oscillation</i> (PDO)	31
5.4.5	Hubungan antara Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi dan <i>Tropical Southern Atlantic</i> (TSA)	33
5.5	Tren Aktivitas Sistem Skala Besar yang Terkopel Konveksi	35
VI	SIMPULAN DAN SARAN	39
6.1	Simpulan	39
6.2	Saran	39
	DAFTAR PUSTAKA	41
	RIWAYAT HIDUP	45

DAFTAR GAMBAR

1	Wilayah penelitian	9
2	Diagram bilangan gelombang-frekuensi untuk OLR dalam rentang 20° LS-20° LU	15
3	Varians musiman anomali OLR terfilter	16
4	Persentase kontribusi varians musiman aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi terhadap total varians OLR	18
5	Siklus musiman rata-rata meridional aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi di belahan bumi utara (<i>shading</i>) dan selatan (kontur)	20
6	Siklus musiman rata-rata zonal aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi	21
7	Varians antar-tahunan aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi	23
8	Korelasi antara aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi dan RONI: area bertitik menunjukkan signifikansi pada tingkat kepercayaan 95%	25
9	Korelasi antara aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi dan EMI: area bertitik menunjukkan signifikansi pada tingkat kepercayaan 95%	27
10	Korelasi antara aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi dan DMI: area bertitik menunjukkan signifikansi pada tingkat kepercayaan 95%	29
11	Korelasi antara aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi dan PDO <i>index</i> : area bertitik menunjukkan signifikansi pada tingkat kepercayaan 95%	32
12	Korelasi antara aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi dan TSA <i>index</i> : area bertitik menunjukkan signifikansi pada tingkat kepercayaan 95%	34
13	Tren aktivitas sistem skala besar yang terkopel konveksi	36

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.