

VARIABILITAS SPASIAL DAN TEMPORAL OSEANOGRAFI PERMUKAAN DI WILAYAH *UPWELLING* SELATAN JAWA – NUSA TENGGARA (WPPNRI 573)

AFRIEL ALEX HANDRO LUMBANGAOL



**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Variabilitas Spasial dan Temporal Oseanografi Permukaan di Wilayah *Upwelling* Selatan Jawa – Nusa Tenggara (WPPNRI 573)” 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 2025

Afriel Alex Handro Lumbangaol
C5401201084

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

AFRIEL ALEX HANDRO LUMBANGAOL. Variabilitas Spasial dan Temporal Oseanografi Permukaan di Wilayah *Upwelling* Selatan Jawa – Nusa Tenggara (WPPNRI 573). Dibimbing oleh AGUS SALEH ATMADIPOERA dan YENI HERDIYENI.

Upwelling di perairan selatan Jawa–Nusa Tenggara, yang merupakan bagian dari Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI 573), merupakan fenomena oseanografi kunci yang mendukung produktivitas primer dan sektor perikanan laut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabilitas spasial dan temporal *upwelling* serta keterkaitannya dengan dinamika oseanografi lokal dan fenomena iklim antar-tahunan selama periode 2000–2020. Analisis dilakukan dengan menggunakan data citra satelit suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a, serta data reanalisis untuk arus laut (komponen U dan V) dan angin permukaan (U10, V10). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *upwelling* mencapai puncaknya pada bulan Agustus (selama musim angin Muson Tenggara), yang ditandai dengan penurunan SPL hingga 26,6 °C dan peningkatan konsentrasi klorofil-a hingga 1 mg/m³. Mekanisme *upwelling* didorong oleh angin Muson Tenggara yang memicu *wind stress curl* negatif dan transport Ekman ke arah laut terbuka, dengan *volume transport* mencapai sekitar ±0,4 Sv. Energi kinetik arus permukaan juga menunjukkan peningkatan signifikan selama Musim Tenggara. Variabilitas antar-tahunan menunjukkan bahwa *upwelling* mengalami penguatan selama peristiwa *El Niño* dan IOD positif (+), serta melemah selama fase *La Niña* dan IOD negatif (–). Analisis densitas spektral silang (Cross Power Spectral Density/CPSD) pada SPL menunjukkan koherensi yang kuat dengan propagasi spasial ke arah timur dan pergeseran fase sekitar ±6 hari. Studi ini merekomendasikan integrasi data observasi in-situ serta penerapan pendekatan *machine learning* dan *deep learning* untuk meningkatkan akurasi deteksi dan prakiraan kejadian *upwelling*.

Kata kunci: Analisis Deret Waktu, Oseanografi Permukaan, Selatan Jawa–Nusa Tenggara, *Upwelling*

ABSTRACT

AFRIEL ALEX HANDRO LUMBAN GAOL. Spatial and Temporal Variability of Surface Oceanography in the Upwelling Region of Southern Java – Nusa Tenggara (WPPNRI 573). Supervised by AGUS SALEH ATMADIPOERA and YENI HERDIYENI.

Upwelling in the southern waters of Java–Nusa Tenggara, part of the Indonesian Fisheries Management Area (WPPNRI 573), is a key oceanographic phenomenon that supports primary productivity and the marine fisheries sector. This study aims to analyze the spatial and temporal variability of upwelling and its relationship with local oceanographic dynamics and interannual climate phenomena over the period 2000–2020. The analysis utilizes satellite-derived sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a data, along with reanalysis datasets for ocean currents (U, V) and wind components (U10, V10). The results indicate that upwelling reaches its peak in August (during the southeast monsoon), marked by SST cooling down to 26.6°C and an increase in chlorophyll-a concentrations up to 1 mg/m³. The upwelling mechanism is driven by southeasterly monsoon winds, which induce negative wind stress curl and Ekman transport directed offshore, with transport volumes reaching approximately ±0,4 Sv. Kinetic energy of the surface currents also shows a significant increase during the southeast monsoon. Interannual variability reveals intensified upwelling during *El Niño* and positive IOD (+) events and weakened upwelling during La Niña and negative IOD (–) phases. Cross-power spectral density (PSD) analysis of SST shows strong coherence with an eastward spatial propagation and a phase lag of approximately ±6 days. This study recommends the integration of in-situ observations and the application of machine learning and deep learning approaches to improve the accuracy of upwelling detection and forecasting

Keywords: South Java–Nusa Tenggara, Surface Oceanography, Time-Series Analysis, Upwelling



@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 apa pun 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.

**VARIABILITAS SPASIAL DAN TEMPORAL
OSEANOGRAFI PERMUKAAN DI WILAYAH *UPWELLING*
SELATAN JAWA – NUSA TENGGARA (WPPNRI 573)**

AFRIEL ALEX HANDRO LUMBANGAOL

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan

**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
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 Skripsi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Jonson Lumban Gaol, M.Si.
- 2 Mochamad Tri Hartanto S.Pi., M.Si.

Judul Skripsi : Variabilitas Spasial dan Temporal Oseanografi Permukaan di
Wilayah *Upwelling* Selatan Jawa – Nusa Tenggara (WPPNRI 573)

Nama : Afriel Alex Handro Lumbangaol

NIM : C5401211084

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S.



Pembimbing 2:

Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan:

Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi., M.Si.

NIP 197207262005011002



Tanggal Ujian: 11 Juni 2025

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 Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2024 sampai bulan Juni 2025 ini berjudul “Variabilitas Spasial dan Temporal Oseanografi Permukaan di Wilayah *Upwelling* Selatan Jawa–Nusa Tenggara (WPPNRI 573)”. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Agus S. Atmadipoera, D.E.S.S., selaku ketua komisi pembimbing dan Ibu Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom., selaku anggota dosen pembimbing, yang telah membimbing dan banyak memberikan saran serta diskusi selama penulisan skripsi.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jonson Lumban Gaol, M.Si., selaku dosen penguji tamu, atas kesediaannya menguji serta kontribusinya dalam memperkaya wawasan dan pemahaman penulis terhadap topik skripsi ini.
3. Bapak Tri Hartanto S.Pi., M.Si., selaku dosen gugus kendali mutu (GKM) dan dosen program studi, yang telah membimbing dan banyak memberikan saran penulisan skripsi demi menjadikan skripsi ini lebih baik.
4. Bapak Dr. Ayi Rahmat, S.Pi., M.Si., selaku dosen moderator seminar hasil, yang telah memberikan waktu, perhatian, serta masukan kepada penulis dalam proses presentasi dan evaluasi seminar hasil penelitian.
5. Bapak Dr. Ir. Nyoman Metta N. Natih, M.Si., selaku dosen moderator seminar proposal, yang telah memandu jalannya seminar proposal dengan baik dan memberikan banyak masukan yang sangat bermanfaat kepada penulis untuk pengembangan proposal penelitian.
6. Tim Project *Upwelling Expert* yang telah mengizinkan penulis berpartisipasi dalam penelitian dan banyak bertukar pikiran selama penyusunan skripsi ini.
7. Bang Nabil (Teknisi Lab. BiOM) dan Kak Amanda yang telah memberikan masukan dan saran selama pengolahan data.
8. Keluarga, terutama orang tua penulis Bapak Hotdenlis Lumban Gaol dan Ibu Tiurlan Tumanggor. Natalia Lumban Gaol selaku adik pertama, dan Yeremia Lumban Gaol selaku adik kedua penulis yang selalu mendoakan dan memberi dukungan.
9. Pasangan penulis, Dearlyn Togatorop yang telah membantu, mendukung, serta memotivasi penulis selama melakukan penelitian.
10. Krisanda, Rizkya, Naratania, Roseria, Alika, dan Emir yang merupakan bagian dari keluarga sekte pintar dimana selalu memberikan dukungan moral kepada penulis.
11. Wikrama, Darrel, Ravidas, dan Sharon yang telah menjadi bagian dari cerita selama kuliah.
12. Mba Halimah selaku perwakilan prodi yang senantiasa memberikan bantuan, arahan, dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai urusan administrasi selama masa studi dan penyusunan skripsi.
13. Teman-teman ITK58 “*Odonthantias Randallii*” yang telah memberi banyak cerita, pengalaman, dan dukungan kepada penulis dalam bentuk apapun.

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

Bogor, Juli 2025

Afriel Alex Handro Lumban Gaol

@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesis	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Alat dan Perangkat Lunak	5
2.3 Sumber Data	5
2.4 Prosedur Kerja	7
2.4.1 Akuisisi Data	7
2.4.2 Validasi Data	7
2.4.3 Konversi Data Parameter Laut – Atmosfer	7
2.4.4 Siklus Tahunan	7
2.4.5 Transport Volume	8
2.4.6 Pola Spasial dan Variasi Temporal	8
2.4.7 Periodesitas	8
2.4.8 Korelasi Silang	8
2.4.9 Koherensi dan Beda Fase	9
2.5 Analisis Data	9
2.5.1 Validasi Data	9
2.5.2 Konversi Data Parameter Laut – Atmosfer	11
2.5.3 Metode Klimatologi	13
2.5.4 Transport Volume	13
2.5.5 <i>Empirical Orthogonal Function</i> (EOF)	14
2.5.6 <i>Power Spectral Density</i> (PSD)	16
2.5.7 <i>Continuous Wavelet Transform</i> (CWT)	16
2.5.8 <i>Cross Power Spectral Density</i> (Cross-PSD)	17
2.5.9 Analisis Korelasi Silang (<i>Cross Correlation</i>)	18
2.5.10 Kuantifikasi <i>Southern Oscillation Index</i> (SOI)	18
III HASIL DAN PEMBAHASAN	19
3.1 Akurasi dan Validasi Data Oseanografi Permukaan	19
3.2 Siklus Tahunan Oseanografi Permukaan	21
3.2.1 Suhu Permukaan Laut	21
3.2.2 Klorofil-a Permukaan	22
3.3 Mekanisme Pembangkit <i>Upwelling</i> Musiman	24
3.3.1 <i>Wind Stress Curl Upwelling</i>	24

3.3.2	Transport Volume Permukaan	26
3.4	Sirkulasi Arus Lapisan Dekat Permukaan Laut (0 – 22 m)	28
3.5	Pola Spasial dan Variasi Temporal Laut – Atmosfer	30
3.5.1	Variabilitas Suhu Permukaan Laut	30
3.5.2	Variabilitas Klorofil-a Permukaan	31
3.5.3	Variabilitas <i>Wind Stress Curl</i>	35
3.5.4	Variabilitas Energi Kinetik Arus	38
3.6	Pengaruh ENSO dan IOD Terhadap Laut – Atmosfer	41
3.6.1	Variasi Antar-Tahunan indeks ENSO dan IOD	41
3.6.2	Kuantifikasi Hubungan ENSO dan IOD Terhadap Parameter Oseanografi Permukaan	45
3.7	Koherensi dan Beda Fase <i>Upwelling</i>	49
3.7.1	Densitas Spektrum Suhu Permukaan Laut di Box A, Box B dan Box C	49
3.7.2	Hubungan Fluktuasi Suhu Permukaan Laut di Box A – Box B	50
3.7.3	Hubungan Fluktuasi Suhu Permukaan Laut di Box B – Box C	51
3.7.4	Hubungan Fluktuasi Suhu Permukaan Laut di Box A – Box C	52
3.7.5	Hubungan Fluktuasi SPL Box B dengan SPL WPPNRI 573	53
3.8	Hubungan Variabilitas Oseanografi Permukaan di Wilayah <i>Upwelling</i> Terhadap Perikanan	55
IV	SIMPULAN DAN SARAN	57
4.1	Simpulan	57
4.2	Saran	58
	DAFTAR PUSTAKA	59
	LAMPIRAN	63

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.

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi penelitian di WPPNRI 573 meliputi daerah Selatan Jawa hingga Nusa Tenggara. Arah dan lintasan sirkulasi Arlindo yang keluar melalui Selat Lombok (LS), Selat Ombai (OS), dan Celah Timor (TP) menuju Samudra Hindia ditampilkan dalam bentuk vektor arus orange.	4
2	Representasi spasial wilayah pemantauan dua fenomena iklim utama di wilayah Indo-Pasifik. (a) Indeks SOI dihitung berdasarkan perbedaan anomali tekanan udara di Darwin dan Tahiti, (b) Indeks IOD diperoleh dari perbedaan SPL antara wilayah barat (WIN) dan timur (EIN) Samudra Hindia tropis. (NOAA; JMA)	6
3	Diagram alir pengolahan dan analisis data penelitian variabilitas spasial dan temporal parameter oseanografi di wilayah <i>upwelling</i> WPPNRI 57	9
4	Taylor diagram dan korelasi antara data model dengan data satelit observasi di kotak validasi (Selatan Jawa) selama tahun 2000–2020 (21 tahun).	20
5	Rata-rata sirkulasi model vektor arus dan citra satelit SPL pada rentang tahun 2000–2020 di WPPNRI 573 (Selatan Jawa–Nusa Tenggara) (a) dan siklus tahunan SPL (b)	22
6	Rata-rata sirkulasi model vektor arus dan citra satelit Chl-a pada rentang tahun 2000–2020 di WPPNRI 573 (Selatan Jawa–Nusa Tenggara) (a) dan siklus tahunan Chl-a (b)	23
7	Rata-rata sirkulasi model vektor arus dan reanalisis WSC pada rentang 2000–2020 di WPPNRI 573 (Selatan Jawa–Nusa Tenggara) (a) dan siklus tahunan WSC (b)	25
8	Hubungan antara wind stress curl dengan divergensi dan konvergensi transpor Ekman di permukaan lepas pantai dari zona <i>upwelling</i> pantai (Morrison <i>et al.</i> 2015)	26
9	Skema mekanisme <i>upwelling</i> lokal di Selatan Jawa pada tampak (a) atas dan (b) samping	27
10	Siklus tahunan transpor volume ke arah lepas pantai sepanjang transek A–B di barat daya selatan Jawa dengan kedalaman 0–22 m pada periode 2000–2020	27
11	Rata-rata sirkulasi dan energi kinetik arus (EK) model arus pada rentang tahun 2000–2020 di Selatan Jawa–Nusa Tenggara (a) dan siklus tahunan EK (b)	29
12	Hasil analisis EOF mode 1 pola spasial SPL (a), variasi temporal SPL (b), analisis PSD (c)	30
13	Hasil analisis EOF mode 2 pola spasial SPL (a), variasi temporal SPL (b), analisis PSD (c)	31
14	Hasil analisis spasial Chl-a EOF mode 1 (a), Hasil analisis <i>Continuous Wavelet Transform</i> (CWT) dari data <i>Principal Component</i> (b)	32
15	Hasil analisis spasial Chl-a EOF mode 3 (a), Hasil analisis <i>Continuous Wavelet Transform</i> (CWT) dari data <i>Principal Component</i> (b)	32
16	Hasil analisis spasial Chl-a EOF mode 3 (a), Hasil analisis <i>Continuous Wavelet Transform</i> (CWT) dari data <i>Principal Component</i> (b)	33



17	Hasil analisis spasial Chl-a EOF mode 4 (a), Hasil analisis <i>Continuos Wavelet Transform</i> (CWT) dari data <i>Principal Component</i> (b)	34
18	Hasil analisis spasial Chl-a EOF mode 4 (a), Hasil analisis <i>Continuos Wavelet Transform</i> (CWT) dari data <i>Principal Component</i> (b)	34
19	Hasil analisis EOF mode 1 pola spasial WSC (a), variasi temporal WSC (b), analisis PSD (c)	35
20	Hasil analisis EOF mode 2 pola spasial WSC (a), variasi temporal WSC (b), analisis PSD (c)	36
21	Hasil analisis EOF mode 3 pola spasial WSC (a), variasi temporal WSC (b), analisis PSD (c)	36
22	Hasil analisis EOF mode 4 pola spasial WSC (a), variasi temporal WSC (b), analisis PSD (c)	37
23	Hasil analisis EOF mode 5 pola spasial WSC (a), variasi temporal WSC (b), analisis PSD (c)	38
24	Hasil analisis EOF mode 1 pola spasial EK (a), variasi temporal EK (b), analisis PSD (c)	39
25	Hasil analisis EOF mode 2 pola spasial EK (a), variasi temporal EK (b), analisis PSD (c)	39
26	Hasil analisis EOF mode 3 pola spasial EK (a), variasi temporal EK (b), analisis PSD (c)	40
27	Hasil analisis EOF mode 4 pola spasial EK (a), variasi temporal EK (b), analisis PSD (c)	40
28	Hasil analisis EOF mode 5 pola spasial EK (a), variasi temporal EK (b), analisis PSD (c)	41
29	Deret waktu Indeks <i>SOI Standardized</i> (a), Indeks IOD (b), dan anomali parameter <i>upwelling</i> yang difilter dengan <i>band-pass filter</i> antar tahunan (c-f) di lokasi studi. Pita merah dan biru menandakan <i>threshold</i> ± 7 pada SOI. Pita kuning dan hijau menandakan <i>threshold</i> $\pm 0,4^\circ$ pada DMI.	42
30	Korelasi silang hubungan antara SOI dengan IAV SPL(a), IOD dengan IAV SPL (b).	45
31	Korelasi silang hubungan antara SOI dengan IAV Chl-a (a), dan IOD dengan IAV Chl-a (b)	46
32	Korelasi silang hubungan antara SOI dengan IAV WSC (a), dan IOD dengan IAV WSC (b)	47
33	Korelasi silang hubungan antara SOI dengan IAV EK (a), dan IOD dengan IAV EK (b)	48
34	<i>Power Spectral Density</i> di Box A (Selatan Jawa Barat), Box B (Selatan Jawa Timur), dan Box C (barat daya Sumba) dengan selang kepercayaan 95%	49
35	Hasil analisis PSD-silang (<i>cross-PSD</i>) antara data deret waktu SPL Box A dengan Box B. Nilai koherensi (a) dan fase (b). Satuan periode adalah harian.	50
36	Hasil analisis PSD-silang (<i>cross-PSD</i>) antara data deret waktu SPL Box B dengan Box C. Nilai koherensi (a) dan fase (b). Satuan periode adalah harian.	51
37	Hasil analisis PSD-silang (<i>cross-PSD</i>) antara data deret waktu SPL Box A dengan Box C. Nilai koherensi (a) dan fase (b). Satuan periode adalah harian.	52

38	Koherensi (a) dan fase (b) antara SPL pada Box B dan SPL WPPNRI 573 pada skala waktu <i>inter-annual</i> (1020 hari)	53
39	Koherensi (a) dan fase (b) antara SPL pada Box B dan SPL WPPNRI 573 pada skala waktu <i>annual</i> (341 hari)	54
40	Koherensi (a) dan fase (b) antara SPL pada Box B dan SPL WPPNRI 573 pada skala waktu <i>semi-annual</i> (170 hari)	54
41	Skema hubungan antara peristiwa iklim antar-tahunan (ENSO dan IOD), dinamika <i>upwelling</i> , dan distribusi ikan pelagis kecil. <i>Downwelling Kelvin wave</i> memperdalam termoklin dan melemahkan <i>upwelling</i> pada fase <i>La Niña</i> / <i>negative</i> IOD (a); <i>upwelling Kelvin wave</i> memperkuat naiknya massa air kaya nutrisi ke permukaan dan mendorong ikan ke lapisan atas pada fase <i>El Niño</i> / <i>positive</i> IOD (b) (Wen <i>et al.</i> 2022)	56

DAFTAR TABEL

1	Perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data	5
2	Spesifikasi data satelit observasi, model reanalysis dan indeks ENSO/IOD dari laman <i>Marine Copernicus</i> , <i>Climate Copernicus</i> , dan <i>BoM Australia</i> .	6
3	Perubahan nilai rata-rata anomali parameter <i>upwelling</i> selama fenomena ENSO yang berbeda dengan mengacu pada <i>threshold</i> $\pm$ 7 SOI di lokasi studi.	43
4	Perubahan nilai rata-rata anomali parameter <i>upwelling</i> selama fenomena IOD yang berbeda dengan mengacu pada <i>threshold</i> $\pm$ 0,4° DMI di lokasi studi.	44
5	Nilai koherensi dan beda fase yang signifikan dari hasil analisis PSD-silang antara data deret waktu SPL di Box A dan Box B. Tanda asterik menunjukkan nilai koherensi paling tinggi.	50
6	Nilai koherensi dan beda fase yang signifikan dari hasil analisis PSD-silang antara data deret waktu SPL di Box B dan Box C. Tanda asterik menunjukkan nilai koherensi paling tinggi.	51
7	Nilai koherensi dan beda fase yang signifikan dari hasil analisis PSD-silang antara data deret waktu SPL di Box A dan Box C. Tanda asterik menunjukkan nilai koherensi paling tinggi.	52

DAFTAR LAMPIRAN

1	Skrip Kalkulasi <i>Wind Stress Curl</i>	63
2	Skrip Kalkulasi Energi Kinetik (EK) Arus	63
3	Skrip Plot Spasial Klimatologi	63
4	Skrip Plot Deret Waktu Klimatologi	64
5	Skrip Plot Spasial EOF	64
6	Skrip Plot <i>Principal Component</i> EOF	64
7	Skrip Rotasi Arus	64
8	Skrip Volume Transport	64

9	Skrip Analisis PSD	65
10	Skrip Analisis CWT	65
11	Skrip Analisis Korelasi Silang	66
12	Skrip Analisis <i>Cross-PSD</i>	67

@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.