# PENGARUH FENOMENA *INDIAN OCEAN DIPOLE* (IOD) TERHADAP SUHU PERMUKAAN LAUT DAN KLOROFIL-A DI SELAT SUNDA

**NADIA FIRMANDA NUR HASANAH**
**H1081211036**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**
**PONTIANAK**
**2025**

# PENGARUH FENOMENA *INDIAN OCEAN DIPOLE* (IOD) TERHADAP SUHU PERMUKAAN LAUT DAN KLOROFIL-A DI SELAT SUNDA

**NADIA FIRMANDA NUR HASANAH**
**H1081211036**

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Ilmu Kelautan

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**
**PONTIANAK**
**2025**

# HALAMAN PENGESAHAN

| | | |
|---|---|---|
| Judul Tugas Akhir | : | Pengaruh Fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) terhadap Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Di Selat Sunda |
| Nama Mahasiswa | : | Nadia Firmanda Nur Hasanah |
| NIM | : | H1081211036 |
| Jurusan/Program Studi | : | Ilmu Kelautan |
| Tanggal Lulus | : | 30 Januari 2025 |
| SK Pembimbing | : | No. 3127/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 9 Oktober 2024 |
| SK Penguji | : | No 242/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 24 Januari 2025 |

Dosen Pembimbing

| Pembimbing 1 | Pembimbing 2 |
|---|---|
| Arie Antasari Kushadiwijayanto, S.Si., M.Si | Dr. Apriansyah, S.Si., M.Si |
| NIP 198609072015041001 | NIP 198604292014041001 |

Dosen Penguji

| Ketua Penguji | Anggota Penguji |
|---|---|
| Tia Nuraya, S.Si., M.Si | Apt. Warsidah, S.Si., M.Si |
| NIP 199308192024062001 | NIP 197304122000032001 |

| Pimpinan Sidang (Merangkap Anggota Penguji) | Sekretaris Sidang (Merangkap Anggota Penguji) |
|---|---|
| Arie Antasari Kushadiwijayanto, S.Si., M.Si | Dr. Apriansyah, S.Si., M.Si |
| NIP 198609072015041001 | NIP 198604292014041001 |

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alma
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP 197108022000031001

# PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

| | | |
|---|---|---|
| Nama | : | Nadia Firmanda Nur Hasanah |
| NIM | : | H1081211036 |
| Program Studi/Jurusan | : | Ilmu Kelautan |
| Fakultas | : | Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam |

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila dikemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 24 Januari 2025




Nadia Firmanda Nur Hasanah
H1081211036

**Pengaruh Fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) terhadap Suhu Permukaan Laut Dan Klorofil-a Di Selat Sunda**


## Abstrak

Fenomena antar-tahunan Indian Ocean Dipole (IOD) memberikan dampak pada ekologi laut di wilayah Selat Sunda. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh IOD pada suhu permukaan laut (SPL) dan Klorofil-a di Selat Sunda. Data diambil dalam skala waktu bulanan dari periode 2006-2020 (15 tahun) dari *marine copernicus* dengan metode analisis yang digunakan adalah *Time Series, Power Spectral Density* (PSD), Korelasi Pearson, XWT (*Cross Wavelet Transform*), dan WTC (*Wavelet Coherence Transform*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa SPL berkisar 27,63°C-30,55°C dan Klorofil-a berkisar 0,082 mg/$m^3$-3,611 mg/$m^3$. Pada Peralihan I (MAM) dan Musim Barat (JJA), SPL cenderung hangat (rata-rata >29,13°C) dan Klorofil-a rendah (rata-rata <0,313 mg/$m^3$), sedangkan pada Peralihan II (SON) dan Musim Timur (DJF) SPL cenderung dingin (<29,13°C) dan Klorofil-a Tinggi (rata-rata >0,313 mg/$m^3$). Pada saat IOD+ SPL relatif dingin dan Klorofil-a tinggi, sedangkan saat IOD-, SPL cenderung hangat dan Klorofil-a rendah. Data PSD menunjukan bahwa kedua sinyal berinteraksi pada saat fenomena interannual (IOD). Analisis Korelasi pearson menunjukan hubungan yang lemah baik itu antara SPL-IOD (-0,2627) dan Klorofil-a-IOD (0,3794). Hasil analisis XWT dan WTC menunjukan adanya hubungan yang kuat antara SPL dan Chl-a terhadap IOD.



Kata kunci: Indian Ocean Dipole (IOD), Suhu Permukaan Laut (SPL), Klorofil-a, Wavelet Transform, Ekologi Laut.

***The Influence Of The Indian Ocean Dipole (IOD) Phenomenon On Sea Surface Temperature and Chlorophyll-A In The Sunda Strait***


## Abstract

The interannual Indian Ocean Dipole (IOD) phenomenon has an impact on marine ecology in the Sunda Strait region. This study aims to analyze the influence of IOD on sea surface temperature (SST) and Chlorophyll-a in the Sunda Strait. Data were taken on a monthly time scale from the period 2006-2020 (15 years) from marine copernicus with the analysis methods used are Time Series, Power Spectral Density (PSD), Pearson Correlation, XWT (Cross Wavelet Transform), and WTC (Wavelet Coherence Transform). The results showed that SPL ranged from 27.63°C-30.55°C and Chlorophyll-a ranged from 0.082 mg/$m^3$-3.611 mg/$m^3$. In the Spring (MAM) and Summer (JJA), SPL tends to be warm (average >29.13°C) and Chlorophyll-a is low (average <0.313 mg/$m^3$), while in the Spring (SON) and Winter (DJF) SPL tends to be cold (<29.13°C) and Chlorophyll-a is high (average >0.313 mg/$m^3$). During IOD+, SPL is relatively cold and Chlorophyll-a is high, while during IOD-, SPL tends to be warm and Chlorophyll-a is low. The PSD data shows that the two signals interact during the interannual phenomenon (IOD). Pearson correlation analysis shows a weak relationship between SPL-IOD (-0.2627) and Chlorophyll-a-IOD (0.3794). The results of XWT and WTC analysis showed a strong relationship between SPL and Chl-a to the IOD.



***Keywords**: Indian Ocean Dipole (IOD), Sea Surface Temperature (SST), Chlorophyll-A, Wavelet Transform, Marine Ecology.*

# PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat dan rahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian yang berjudul "Pengaruh Fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) terhadap Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a di Selat Sunda". Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana pada program studi di Universitas Tanjungpura.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan berhasil tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, Dedy Sutisna dan Emi Juliana yang selalu memberikan kasih sayang, do'a, dan nasehat, serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup.
2. Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Arie Antasari Kushadiwijayanto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi selama proses penyusunan penelitian ini.
4. Dr. Apriansyah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing kedua dan Ketua Program Studi yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi selama proses penyusunan penelitian ini.
5. Tia Nuraya S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Pertama yang telah memberikan masukan dan saran selama proses penyusunan penelitian ini.
6. Apt. Warsidah S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Kedua yang telah memberikan masukan dan saran selama proses penyusunan penelitian ini.
7. Ketiga saudari, Vindia, Widia, dan Sendia yang selalu memberikan dukungan moral.
8. Seluruh keluarga besar, yang selalu memberikan dukungan moral serta material.

9. Semua sahabat, Mimi, Mita, Mae, Yaya, Ayu, Wanti, Murnia, Bayu, Gibran, Bowo dan Marcel yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan penelitian ini.
10. Sahabat kuliah, Dyah, Della, Melly, Wawa, Putri, Pida, Gisza, dan Widya, yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan penelitian ini.
11. Teman seperjuangan skripsi, Alextansius dan Eti, yang selalu membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.
12. Rekan OCEANASTIC, dalam berjuang menuntut ilmu bersama.
13. Semua pihak yang tidak dapat sampaikan seluruhnya, karena keterbatasan tempat.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan guna penyempurnaan penelitian ini.

Akhir kata, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang berkepentingan dan menjadi kontribusi positif dalam pengelolaan sumber daya laut di Indonesia.

Pontianak, 24 Januari 2025

Penulis

# DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL ..... ix

DAFTAR GAMBAR ..... x

DAFTAR LAMPIRAN ..... xi

BAB I PENDAHULUAN ..... 1

1. 1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 3
1.3 Tujuan Penelitian ..... 3
1.4 Manfaat Penelitian ..... 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 4

2.1 *Indian Ocean Dipole* (IOD) ..... 4
2.2 Suhu Permukaan Laut ..... 5
2.3 Klorofil-a ..... 8
2.4 Penginderaan Jauh ..... 9
2.5 Korelasi Pearson ..... 10
2.6 Power Spectral Density ..... 11
2.7 *Cross Wavelet Transform* (XWT) ..... 12
2.8 *Wavelet Coherence* (WTC) ..... 14

BAB III METODE PENELITIAN ..... 16

3.1 Waktu dan Tempat ..... 16
3.2 Pengambilan Data ..... 16
3.3 Pengolahan Data ..... 17
3.4 Analisa Data ..... 17

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 22

4.1 Kondisi Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a, dan *Indian Ocean Dipole* selama 2006-2020 ..... 22
4.2 Analisis *Power Spectral Density* (PSD) ..... 26
4.3 Analisis Korelasi ..... 27
4.4 Analisis XWT dan WTC ..... 31

BAB V PENUTUP ..... 39

5.1 Kesimpulan ..... 39
5.2 Saran ..... 39

DAFTAR PUSTAKA ..... 40

# DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3. 1 Interpretasi Koefisien Korelasi ..... 18

Tabel 4. 1 Analisis PSD Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a..... 27

# DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2. 1 Fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) (BOM, 2013). ..... 5

Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian ..... 16

Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian ..... 21

Gambar 4. 1 Kondisi Suhu Permukaan Laut (atas), Klorofil-a (tengah), dan *Indian Ocean Dipole* (bawah) selama 2006-2020 ..... 22

Gambar 4. 2 Kondisi SPL dalam Periode Bulanan selama 15 Tahun..... 23

Gambar 4. 3 Konsentrasi Klorofil-a dalam Periode Bulanan selama 15 Tahun ... 23

Gambar 4. 4 Rata-rata Sebaran Spasial SPL, Klorofil-a, dan Arah Angin di Selat Sunda pada bulan Agustus (Akhir Musim Timur) dan September (Awal Musim Peralihan I) ..... 25

Gambar 4. 5 Analisis PSD SPL dan Klorofil-a..... 26

Gambar 4. 6 *Overlay* antara Data SPL dan IOD ..... 27

Gambar 4. 7 Korelasi antara SPL dan IOD..... 28

Gambar 4. 8 *Overlay* Data antara Klorofil-a dan IOD..... 29

Gambar 4. 9 Analisis Korelasi antara Klorofil-a dan IOD..... 30

Gambar 4. 10 Analisis Cross Wavelet Transform (XWT) untuk Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Indian Ocean Dipole (IOD)..... 32

Gambar 4. 11 Analisis *Cross Wavelet Transform* (XWT) untuk Klorofil-a dan *Indian Ocean Dipole* (IOD). ..... 33

Gambar 4. 12 Analisis *Wavelet Coherence* (WTC) Suhu Permukaan Laut (SPL) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD) ..... 35

Gambar 4. 13 Analisis *Wavelet Coherence* (WTC) Klorofil-a dan *Indian Ocean Dipole* (IOD)..... 36

# DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Sebaran Spasial SPL dan Arah Angin pada Musim Barat (DJF) ..... 47

Lampiran 2. Sebaran Spasial SPL dan Arah Angin pada Musim Peralihan I (MAM)..... 48

Lampiran 3. Sebaran Spasial SPL dan Arah Angin pada Musim Timur (JJA)..... 50

Lampiran 4. Sebaran Spasial SPL dan Arah Angin pada Musim Peralihan II (SON)..... 51

Lampiran 5. Sebaran Spasial Klorofil-a dan Arah Angin pada Musim Barat (DJF) ..... 53

Lampiran 6. Sebaran Spasial Klorofil-a dan Arah Angin pada Musim Peralihan I (MAM) ..... 54

Lampiran 7. Sebaran Spasial Klorofil-a dan Arah Angin pada Musim Timur (JJA)..... 56

Lampiran 8. Sebaran Spasial Klorofil-a dan Arah Angin pada Musim Peralihan II (SON) ..... 57

Lampiran 9. *Script* untuk Input data NC dari SPL, Klorofil-a, dan Angin..... 58

Lampiran 10. *Script* untuk menampilkan data dari SPL dan Klorofil-a ..... 59

Lampiran 11. *Script* untuk menampilkan Data Spasial SPL dan Klorofil-a yang di *Overlay* dengan Data Angin ..... 59

Lampiran 12. *Script* untuk memilih titik sampel x (longitude) dan y (latitude) dari SPL dan Klorofil-a..... 63

Lampiran 13. *Script* untuk membuat grafik temporal dari SPL, Klorofil-a, dan IOD (DMI) selama 15 Tahun..... 63

Lampiran 14. *Script* untuk menghitung nilai Miimal, Maksimal, Rata-rata, dan Modus pada SPL dan Klorofil-a ..... 66

Lampiran 15. *Script* untuk menghitung anomali SPL dan Klorofil-a..... 67

Lampiran 16. *Script* untuk *Overlay* dan Menghitung nilai Korelasi SPL dan IOD (DMI)..... 67

Lampiran 17. *Script* untuk melakukan Analisi PSD pada SPL dan Klorofil-a ..... 69

Lampiran 18. *Script* untuk *Overlay* Data PSD SPL dan Klorofil-a ..... 71

Lampiran 19. *Script* untuk Analisis XWT dan WTC pada SPL ..... 72

Lampiran 20. *Script* untuk Analisis XWT dan WTC pada Klorofil-a ..... 73

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1. 1 Latar Belakang

Selat Sunda adalah perairan yang memegang peran penting dalam sirkulasi massa air di Indonesia, memisahkan Pulau Sumatera dan Pulau Jawa, serta menghubungkan Laut Jawa dengan Samudera Hindia. Perbedaan tinggi muka air antara Laut Jawa dan Samudera Hindia menyebabkan massa air mengalir dari Laut Jawa menuju Samudera Hindia, yang kemudian menghasilkan pertukaran massa air antara keduanya (Amri, 2008; Li *et al*., 2018). Tarigan *et al*. (2020) menyatakan bahwa pencampuran massa air tersebut berdampak positif terhadap kualitas perairan di Selat Sunda, termasuk suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a.

Perairan Selat Sunda memiliki daerah berupa tubir sebagai batas dasar perairan dangkal dengan perairan dalam dengan pola memanjang utara selatan, sehingga pada lokasi ini biasanya ditemukan indikasi terjadinya *upwelling*, terutama pada Musim Timur hingga Musim Peralihan II (Amri, 2008). *Upwelling* menyebabkan massa air naik ke permukaan dan membawa air dingin dengan kandungan nutrien tinggi. Tingginya nutrien berguna untuk pertumbuhan fitoplankton sehingga daerah *upwelling* merupakan daerah subur yang dicirikan dengan tingkat produktivitas perikanan tinggi (Wirasatriya *et al*., 2018).

Wilayah Selat Sunda juga mendapatkan pengaruh dari fenomena global yang terjadi di Samudera Hindia, yaitu *Indian Ocean Dipole* (IOD). Fenomena IOD memiliki pengaruh signifikan terhadap pertukaran massa air di Selat Sunda, yang berdampak pada suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a (Xu *et al*., 2018). Selama fase positif IOD, indikator SPL menurun dan meningkatkan *upwelling*, yang kemudian mengarah pada peningkatan produktivitas klorofil-a yang lebih tinggi. Sebaliknya, fase negatif IOD dapat menyebabkan suhu permukaan laut meningkat, yang dapat menekan ketersediaan nutrien dan secara

bersamaan menurunkan konsentrasi klorofil-a (Oktaviani *et al*., 2021). Variabilitas dalam pertukaran massa air yang dipicu oleh peristiwa IOD memainkan peran penting dalam memodulasi dinamika ekologi di wilayah tersebut, menyoroti keterkaitan antara proses oseanografi dan produktivitas biologis (Fahlevi *et al*., 2022).

Penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan, yaitu mengkaji kondisi oseanografi di Selat Sunda, namun hanya selama 4 tahun (2000, 2001, 2002, dan 2004) dan tidak dihubungkkan dengan pengaruh IOD (Amri *et al*., 2007). Amri *et al*. (2014) mengamati karakteristik oseanografi dan kelimpahan fitoplankton Selat Sunda secara in-situ, namun hanya selama Musim Timur (Juni-Juli) 2010. Penelitian lainnya sebagian besar berfokus pada perairan lain seperti Selat Bali (Hafizhurrahman *et al*., 2015 dan Savitri *et al*., 2018), Selat Karimata (Asyam et.al, 2024), dan Laut bagian Barat Sumatera (Adiwira *et al*., 2018; Damanik *et al*., 2017; dan Susilo *et al*, 2022). Kunarso *et al*. (2012) dan Yuniarti *et al*. (2013) memetakan SPL dan distribusi klorofil-a di perairan selatan Jawa dan Selat Bali, yang mengaitkan fenomena tersebut dengan IOD, tetapi tidak mencakup Selat Sunda.

Studi lain, seperti Effendi *et al.* (2012), mengeksplorasi dampak *upwelling* terhadap SPL dan klorofil-a di Laut Jawa, sedangkan Sihombing (2017) mencatat bahwa penurunan hasil tangkapan ikan sering dikaitkan dengan perubahan SPL akibat IOD. Mustaruddin *et al.* (2011) menyoroti bahwa suhu permukaan laut tinggi dapat mengganggu produktivitas primer, yang relevan dalam konteks klorofil-a, namun belum secara spesifik dikaji di Selat Sunda. Indriyawati *et al.* (2012) menunjukkan bahwa masukan nutrien dari daratan turut memengaruhi distribusi klorofil-a di perairan pesisir.

Keterbatasan penelitian di Selat Sunda menciptakan peluang untuk penelitian lebih lanjut yang secara mendalam mengeksplorasi pengaruh IOD terhadap SPL dan klorofil-a. Selat Sunda, sebagai jalur penghubung antara dua massa air yang sangat berbeda (Xu *et al.*, 2018). Pengukuran parameter fisik laut seperti SPL dan klorofil-a memerlukan waktu dan biaya yang besar, mengingat fenomena-fenomena tersebut terjadi dalam skala ruang dan waktu yang luas. Oleh

karena itu, penginderaan jarak jauh dan analisis jangka panjang menjadi solusi yang efisien untuk menggambarkan kondisi oseanografi di Selat Sunda.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perubahan suhu permukaan laut akibat IOD dapat mempengaruhi proses *upwelling*, di mana air dingin yang kaya nutrien dari lapisan bawah permukaan laut naik ke permukaan. Proses ini berpotensi meningkatkan produktivitas primer yang diindikasikan oleh konsentrasi klorofil-a, yaitu pigmen yang dimiliki oleh fitoplankton sebagai dasar rantai makanan di ekosistem laut. Perubahan suhu dan distribusi klorofil-a yang tidak biasa akan mengakibatkan ketidakseimbangan ekosistem laut, yang berdampak pada ekosistem laut. Oleh karena itu, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh *Indian Ocean Dipole* (IOD) terhadap Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Klorofil-a di Selat Sunda?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis kondisi SPL dan Klorofil-a di Selat Sunda selama 2006-2020 (15 tahun).
2. Menganalisis hubungan IOD terhadap SPL dan Klorofil-a di Selat Sunda.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Studi tentang Pengaruh IOD terhadap Suhu Permukaan Laut dan klorofil-a di Selat Sunda memberikan informasi penting mengenai kondisi kedua parameter ini. Memahami kondisi SPL dan klorofil-a akan mendapatkan gambaran fisik kondisi perairan, yang dapat digunakan untuk pengembangan dan pemanfaatan sumber daya laut, terutama di bidang ekologi laut di Selat Sunda dan sekitarnya .