

**INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD) DAN FAKTOR OSEANOGRAFI
DALAM HUBUNGANNYA DENGAN DINAMIKA PENANGKAPAN IKAN
DI PERAIRAN SELATAN JAWA**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh :

**ZULFAN KHAIDAR
NIM. 115080601111050**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

**INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD) DAN FAKTOR OSEANOGRAFI
DALAM HUBUNGANNYA DENGAN DINAMIKA PENANGKAPAN IKAN
DI PERAIRAN SELATAN JAWA**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh :

**ZULFAN KHAIDAR
NIM. 115080601111050**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2015

SKRIPSI

**INDIAN OCEAN DIPOLE (IOD) DAN FAKTOR OSEANOGRAFI
DALAM HUBUNGAN DINAMIKA PENANGKAPAN IKAN
DI PERAIRAN SELATAN JAWA**

Oleh :

ZULFAN KHAIDAR

NIM. 115080601111050

Telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 22 Juni 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT)

NIP. 198006052006041004

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Syarifah Hikmah J. S., S.Pi, M.Sc)

NIP. 19840720 201404 2 001

Tanggal :

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D)

NIP. 19680901 199403 2 001

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(Nurin Hidayati, ST, M.Sc)

NIP. 19781102 200502 2 001

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Jurusan,

(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)

NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 22 Juni 2015

Mahasiswa

Zulfan Khaidar



UCAPAN TERIMAKASIH

Atas terselesainya laporan skripsi ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D sebagai pembimbing I, atas bimbingan dan arahnya dalam penelitian ini sehingga dapat terselesainya laporan skripsi ini.
2. Ibu Nurin Hidayati, ST, M.Sc selaku dosen pembimbing II, atas bimbingan dan arahnya dalam penelitian ini sehingga dapat terselesainya laporan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT sebagai dosen penguji I yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk hadir sebagai penguji dalam ujian skripsi penulis, beserta bimbingan dan arahnya dalam penyelesaian laporan skripsi ini.
4. Ibu Syarifah Hikmah J. S., S.Pi, M.Sc sebagai dosen penguji II yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk hadir sebagai penguji dalam ujian skripsi penulis, beserta bimbingan dan arahnya dalam penyelesaian laporan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP sebagai Ketua Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu
6. Terima Kasih kepada Bapak dan Ibu penulis yang telah memberikan do'a serta semangat selama kuliah, dan memberikan motivasi dalam penyelesaian penelitian dan laporan skripsi ini.
7. Kepada seluruh teman-teman penulis yang telah ikut berkontribusi dalam penyelesaian penelitian dan laporan skripsi ini, khususnya seluruh teman-teman yang tergabung dalam *Oceanography Study Club* (OSC).

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul “*Indian Ocean Dipole (IOD) dan Faktor Oseanografi dalam Hubungannya dengan Dinamika Penangkapan Ikan di Perairan Selatan Jawa*”. Untuk penulisan ini digunakan pokok-pokok pikiran sebagai berikut:

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan skripsi ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar laporan skripsi ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 22 Juni 2015

Penulis

RINGKASAN

Zulfan Khaidar 115080601111050. *Indian Ocean Dipole* (IOD) dan Faktor Oseanografi dalam Hubungannya dengan Dinamika Penangkapan Ikan di Perairan Selatan Jawa (dibawah bimbingan **Aida Sartimbul** dan **Nurin Hidayati**)

Variabilitas Suhu Permukaan Laut (SPL) dan persebaran klorofil-a di perairan Selatan Jawa sangat dipengaruhi oleh adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD). Informasi mengenai variabilitas SPL dan persebaran Klorofil-a memiliki peran penting sebagai salah satu parameter oseanografi dalam kajian pendugaan dinamika penangkapan ikan di perairan Selatan Jawa melalui metode penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk mengetahui variabilitas SPL serta persebaran klorofil-a dan keterkaitannya dengan adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) terhadap dinamika penangkapan ikan pada perairan Selatan Jawa, dalam hal ini produksi perikanan yang terdata di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Prigi, Trenggalek, Jawa Timur.

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Februari hingga bulan Juni 2015 di Laboratorium Pemetaan dan Perancangan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variabilitas parameter oseanografi, mengetahui hubungan parameter oseanografi terhadap adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) dari tahun 2003 hingga 2014, dan untuk mengetahui dinamika penangkapan ikan pada perairan Selatan Jawa yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi terhadap adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD).

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data SPL dan Klorofil-a hasil perekaman satelit Aqua-MODIS level 3, data index IOD atau *Dipole Mode Index* (IOD), dan data produksi ikan hasil tangkap yang didapat dari Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi dari tahun 2003 hingga 2014. Lokasi yang menjadi daerah penelitian adalah perairan selatan Jawa yang terletak pada koordinat 7° LS sampai 14° LS dan 103° BT sampai 115° BT. Hasil analisis data menunjukkan bahwa pada tahun 2003 hingga tahun 2014 terjadi fluktuasi nilai parameter oseanografi seperti SPL dan konsentrasi Klorofil-a, dimana keduanya memiliki keterkaitan yang erat. Variabilitas SPL tertinggi ditemukan pada tahun 2010 dengan suhu mencapai $30,72^{\circ}\text{C}$ sedangkan nilai SPL terendah terjadi pada tahun 2006 dengan suhu $25,5^{\circ}\text{C}$. Konsentrasi Klorofil-a tertinggi ditemukan pada tahun 2006 dengan nilai $0,44\text{ mg/m}^3$ dan terendah pada tahun 2010 yakni $0,08\text{ mg/m}^3$. Berdasarkan dinamika penangkapan ikan dari tahun 2003 hingga tahun 2014, produksi ikan lemuru dan cakalang cenderung mengalami peningkatan yang cukup pesat pada tahun 2006 hingga 2009, namun semakin menurunnya produksi dari kedua ikan tersebut dikarenakan adanya dampak dari meningkatnya SPL pada tahun 2010 sehingga berimbas pada menurunnya stok produksi ikan pada tahun tersebut. Berdasarkan analisis hubungan antara anomali SPL dengan klorofil-a menunjukkan bahwa tingkat konsentrasi klorofil-a

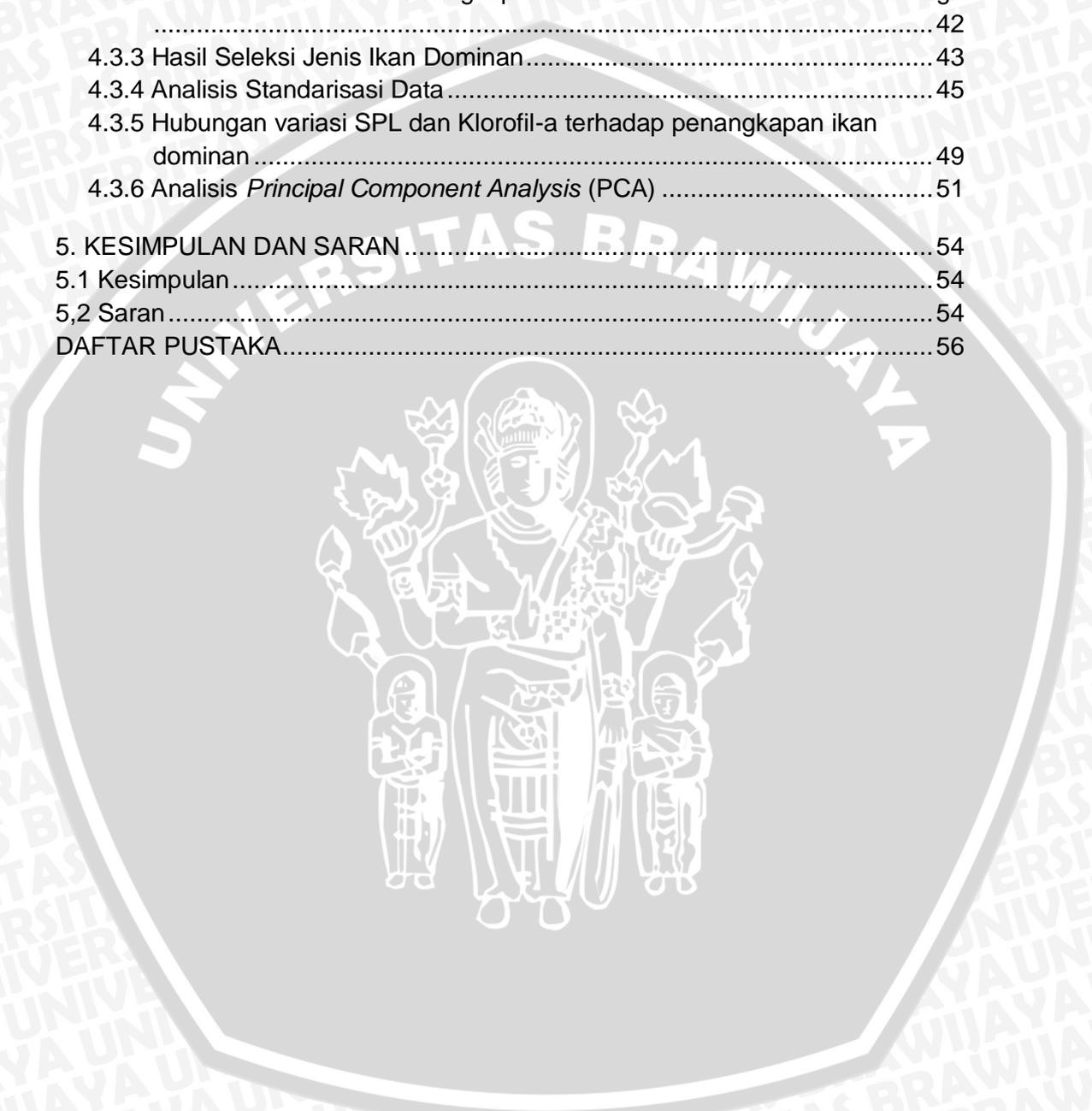
cenderung mengalami peningkatan pada penurunan nilai SPL, begitupula sebaliknya, dengan nilai korelasi sebesar -0,677. IOD positif akan berdampak langsung terhadap penurunan SPL di perairan Selatan Jawa, dan sebaliknya IOD negatif akan berdampak pada kenaikan SPL di perairan tersebut, dengan nilai korelasi antara SPL dan IOD sebesar -0,591 dan nilai korelasi antara klorofil-a dan IOD sebesar 0,601. Pada saat terjadi fenomena IOD positif sepanjang tahun 2006 hingga 2008 terjadi penurunan SPL pada perairan Selatan Jawa diikuti dengan dinamika ikan hasil tangkapan yang mengalami peningkatan produksi pada tahun tersebut. Kejadian IOD negatif pada tahun 2010 menyebabkan peningkatan SPL pada perairan Selatan Jawa yang berimbas pada menurunnya produksi ikan hasil tangkapan.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
RINGKASAN	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kegunaan Penelitian.....	4
1.5 Tempat dan Waktu Penelitian.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kondisi Umum Perairan Selatan Jawa.....	5
2.2 <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD).....	7
2.3 Kenaikan Massa Air (<i>Upwelling</i>).....	9
2.4 Suhu Permukaan Laut (SPL).....	12
2.5 Klorofil-a.....	13
2.6 Penentuan Musim.....	14
3. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Materi Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.3 Metode dan Teknik Pengumpulan Data.....	18
3.3.1 Suhu Permukaan Laut (SPL).....	19
3.3.2 Klorofil-a.....	19
3.3.3 <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD).....	20
3.3.4 Data Produksi Ikan Hasil Tangkap di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi.....	20
3.3.5 Penyeleksian Jenis Ikan Dominan.....	21
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.5 Analisis Data.....	23
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Variabilitas Faktor Oseanografi.....	26
4.1.1 Suhu Permukaan Laut.....	26
4.2 Hubungan antara Parameter Oseanografi dan Fenomena <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD).....	36
4.2.1 <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD).....	36

4.2.2 Hubungan Fenomena <i>Indian Ocean Dipole</i> dengan Suhu Permukaan Laut.....	37
4.2.3 Hubungan Suhu Permukaan Laut dengan Klorofil-a.....	38
4.3 Studi Kasus: Penangkapan Ikan di Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur	41
4.3.1 Letak Geografis dan Kondisi Topografis.....	41
4.3.2 Karakteristik Perikanan Tangkap di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi.....	42
4.3.3 Hasil Seleksi Jenis Ikan Dominan.....	43
4.3.4 Analisis Standarisasi Data.....	45
4.3.5 Hubungan variasi SPL dan Klorofil-a terhadap penangkapan ikan dominan.....	49
4.3.6 Analisis <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	51
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sirkulasi massa air di Selatan Jawa. (a) Agustus (b) Februari (Gingele <i>et al.</i> 2001)	5
Gambar 2. Fenomena IOD a) IOD Positif; b) IOD Negatif (Saji <i>et al.</i> , 1999)	8
Gambar 3. Perkembangan kejadian <i>Indian Ocean Dipole</i> . Evolusi komposit SPL dan anomali kecepatan angin pada bulan a) Mei-Juni; b) Juli-Agustus; c) September-Oktober; d) November-Desember (Saji <i>et al.</i> , 1999).	9
Gambar 4. (a) Pola arus spiral Ekman, (b) proses upwelling akibat proses divergensi Ekman. (Supangat dan Susanna. 2003)	11
Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian Perairan Selatan Jawa yang Terletak pada koordinat 7° LS sampai 14° LS dan 103° BT sampai 115° BT	17
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 7. Variasi SPL Musiman selama Periode 2003 - 2014	28
Gambar 8. Rata-rata SPL pada Musim Barat (2003 – 2014)	28
Gambar 9. Rata-rata SPL pada Musim Timur (2003 – 2014)	29
Gambar 10. Nilai Rata-rata SPL Secara Temporal	30
Gambar 11. Anomali SPL Tahun 2003 - 2014	31
Gambar 12. Variasi Musiman Konsentrasi Klorofil-a Periode 2003 - 2014	32
Gambar 13. Rata-rata Klorofil-a pada Musim Barat (2003 – 2014)	32
Gambar 14. Rata-rata Klorofil-a pada Musim Timur (2003 – 2014)	34
Gambar 15. Nilai Rata-rata Klorofil-a Secara Temporal	34
Gambar 16. Tren Anomali Klorofil-a	35
Gambar 18. Index IOD	36
Gambar 17. Tren <i>Indian Ocean Dipole</i> Secara Temporal	36
Gambar 19. Hubungan Fenomena Indian Ocean Dipole dengan Suhu Permukaan Laut	37
Gambar 20. Hubungan Anomali Suhu Permukaan Laut dengan Klorofil-a	38
Gambar 21. Nilai Konsentrasi Klorofil-a Tinggi dan SPL Rendah	40
Gambar 22. Nilai Konsentrasi Klorofil-a Rendah dan SPL Tinggi	40
Gambar 23. Peta Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi	41
Gambar 24. Persentase Produksi CpUE Ikan per Tahun	44
Gambar 25. Nilai Standarisasi A) SPL; B) Klorofil-a, C) Lemuru; D) Layang; E)Tongkol; F) Cakalang	47
Gambar 26. Nilai Standarisasi Gabungan	48
Gambar 27. a) Variasi SPL ; b) Klorofil-a ; c) Produksi Ikan Lemuru ; d) Produksi Ikan Layang ; e) Produksi Ikan Tongkol ; f) Produksi Ikan Cakalang	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat dan Kegunaan..... 17

Tabel 2. Bahan dan Kegunaan 17

Tabel 3. Klasifikasi Tingkat Konsentrasi Klorofil-a..... 19

Tabel 4. Nilai Konsentrasi Anomali SPL dan Klorofil-a yang masuk dalam Kategori Tinggi dan Rendah selama periode 2003-2014..... 39

Tabel 5. Jenis-jenis Ikan yang tertangkap di Perairan Prigi yang terdata di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi..... 42

Tabel 6. Produksi Perikanan (Ton) per Tahunnya di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi. 43

Tabel 7. Persentase Jenis Ikan Hasil Seleksi di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi (%) 44

Tabel 8. Nilai *Correlation matrix* pada seluruh parameter yang digunakan..... 51

Tabel 9. Nilai *Principal Component Loading from Correlation Matrix*..... 52



LAMPIRAN

Lampiran 1. Lampiran 1. Nilai Rata-rata Suhu Permukaan Laut Perairan Selatan Jawa Tahun 2003 – 2014 ($^{\circ}\text{C}$)..... 59

Lampiran 2. Nilai Rata-rata Suhu Permukaan Laut Perairan Selatan Jawa Tahun 2003 – 2014 (mg/m^3)..... 60

Lampiran 3. Nilai Index IOD atau Dipole Mode Index (DMI) Tahun 2003 - 2014..... 61

Lampiran 4. Data Produksi Ikan Lemuru Tahun 2003 – 2014 (kg) 62

Lampiran 5. Data Produksi Ikan Layang Tahun 2003 – 2014 (kg)..... 63

Lampiran 6. Data Produksi Ikan Tongkol Tahun 2003 – 2014 (kg)..... 64

Lampiran 7. Data Produksi Ikan Cakalang Tahun 2003 – 2014 (kg)..... 65

Lampiran 8 Nilai Konsentrasi Klorofil-a Tinggi dan SPL Rendah Tahun 2006, Tahun 2003, Tahun 2008, dan Tahun 2011..... 66

Lampiran 9 Nilai Konsentrasi Klorofil-a Rendah dan SPL Tinggi Tahun 2005, Tahun 2009, Tahun 2010, dan Tahun 2013..... 67



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di antara 2 benua yakni Benua Asia dan Benua Australia serta memiliki perairan yang sangat luas, dihubungkan oleh 2 Samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, sehingga memiliki kondisi arus dan suhu permukaan laut yang dipengaruhi oleh variabilitas parameter oseanografi pada kedua samudera tersebut, khususnya pada Samudera Hindia. Pada Samudera Hindia sering terjadi berbagai fenomena oseanografi seperti fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) yang dengan adanya fenomena tersebut berpengaruh terhadap variabilitas oseanografi seperti kondisi arus, suhu permukaan laut, dan persebaran klorofil-a pada perairan Indonesia. Salah satu perairan yang sangat berpengaruh dengan adanya fenomena tersebut adalah pada perairan Selatan Jawa. Perairan tersebut merupakan perairan yang paling dekat dengan Samudera Hindia, sehingga sangat rentan terpengaruh.

Menurut Saji *et al.*, (1999), fenomena IOD merupakan suatu pola variabilitas di Samudera Hindia dengan perubahan Suhu Permukaan Laut (SPL) yang lebih rendah daripada biasanya dan ditemukan dilepas pantai Selatan Jawa dan SPL yang lebih hangat terdapat di sebagian besar barat Samudera Hindia yang diikuti juga oleh adanya anomali angin dan rentan terjadinya *upwelling*.

Proses *upwelling* terjadi karena adanya kekosongan massa air pada lapisan permukaan akibat adanya pergerakan massa air dan juga karena adanya pola arus permukaan yang menyebar. Zona *upwelling* ini dapat diidentifikasi melalui pengolahan dan analisis data SPL jika memenuhi persyaratan SPL yang lebih dingin dari area sekitarnya dengan gradien suhu $\geq 2^{\circ}\text{C}$ (Dahuri *et al.*, 2008),

dan dapat pula memperhatikan kandungan klorofil-a yang lebih besar dibandingkan dengan area sekitarnya.

Secara umum perubahan variabilitas suhu permukaan laut dan persebaran klorofil-a di laut sangat dipengaruhi oleh adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD), sebagaimana yang dijelaskan oleh Susanto *et al.*, (2001) dan Susanto dan Marra, (2005) yang telah melakukan riset di Selat Sunda dan Selat Bali. Selain itu adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) dapat mengakibatkan terjadinya *upwelling* sehingga mengalami kelimpahan klorofil-a (Sartimbul *et al.*, 2010)

Informasi mengenai variabilitas suhu permukaan laut dan persebaran klorofil-a memiliki peran penting sebagai salah satu parameter oseanografi untuk menduga dinamika penangkapan ikan pada perairan Selatan Jawa. Menurut Laili dan Parson (1994), kandungan klorofil-a dapat digunakan sebagai indikator tingkat kesuburan dan produktifitas perairan. Kunarso (2005), menjelaskan bahwa informasi mengenai variabilitas spasial suhu dan klorofil-a permukaan laut dapat digunakan untuk mempermudah pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya perikanan yaitu sebagai dasar untuk menduga dan menentukan perairan yang potensial untuk *fishing ground* dengan menggunakan pendekatan penginderaan jauh. Namun hingga saat ini kebanyakan cenderung membahas tentang variabilitas fisik oseanografi seperti suhu, klorofil-a, arus, angin, dan lain-lain (Kunarso *et al.*, 2011; Adisaputra, 2011; Wilopo, 2005)

Berdasarkan pernyataan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa belum adanya kajian yang membahas tentang keterkaitan antara adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) terhadap parameter oseanografi yang dikaitkan dengan dinamika penangkapan ikan pada perairan Selatan Jawa. Sehingga perlu adanya kajian tentang dinamika penangkapan ikan terhadap hubungan

fenomena IOD beserta variabilitas SPL dan klorofil-a, dalam hal ini produksi perikanan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi, Trenggalek, Jawa Timur.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Belum diketahuinya variabilitas paramater oseanografi di perairan Selatan Jawa dari rentan tahun 2003 - 2014
2. Belum diketahuinya variabilitas paramater oseanografi terhadap adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) di perairan Selatan Jawa dari rentan tahun 2003 – 2014.
3. Belum diketahuinya hubungan dinamika penangkapan ikan terhadap adanya fenomena *Indian Ocean Dipole*, studi kasus terhadap hasil tangkapan yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi, Trenggalek, Jawa Timur.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui variabilitas paramater oseanografi di perairan Selatan Jawa dari rentan tahun 2003 – 2014.
2. Mengetahui hubungan parameter oseanografi terhadap adanya fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) dari rentan tahun 2003 – 2014.
3. Mengetahui hubungan dinamika penangkapan ikan untuk studi kasus ikan yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi terhadap adanya fenomena *Indian Ocean Dipole*.

1.4 Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi masyarakat, diharapkan dapat dijadikan data tambahan untuk mengetahui lokasi dan kapan melakukan penangkapan ikan khususnya bagi para nelayan.
2. Bagi Instansi terkait, hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan untuk kegiatan yang berhubungan variabilitas parameter oseanografi
3. Bagi kalangan akademis, data yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan dasar untuk kajian dan penelitian selanjutnya tentang variabilitas parameter oseanografi, hubungan dengan fenomena IOD, dan dinamika penangkapan ikan.

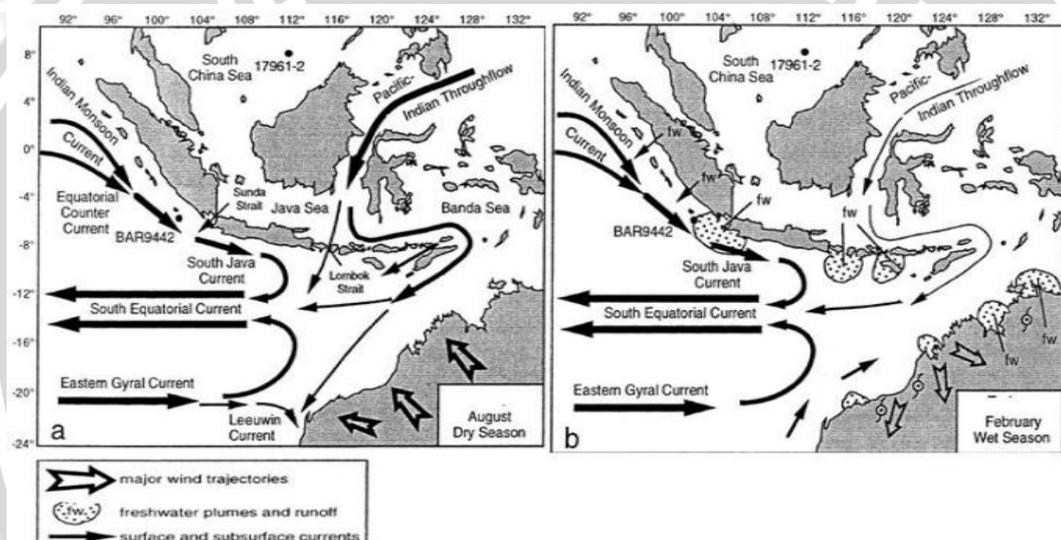
1.5 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dimulai dan dilakukan pada bulan Februari sampai Juni 2015 di Laboratorium Pemetaan dan Perancangan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Umum Perairan Selatan Jawa

Perairan Selatan Jawa merupakan wilayah perairan Indonesia yang letak geografisnya terletak di antara benua Asia dan Australia. Berdasarkan letaknya, perairan Selatan Jawa dipengaruhi oleh Samudera Hindia, dan juga oleh massa air yang berasal dari perairan Laut Jawa yang masuk melewati Selat Sunda. Gingele *et al.*, (2001) menggambarkan pola pergerakan massa air laut di Selatan Jawa pada Agustus (mewakili musim timur) dan Februari (mewakili musim barat)



Gambar 1. Sirkulasi massa air di Selatan Jawa. (a) Agustus (b) Februari (Gingele *et al.* 2001)

Pada wilayah perairan ini (Perairan Selatan Jawa) terjadi suatu sistem pola angin yang disebut sistem angin muson Australia-Asia (Gambar 1). Terjadinya angin muson ini karena terjadi perbedaan tekanan udara antara massa Benua Asia dan Australia. Pada bulan Desember-Februari di belahan bumi utara terjadi musim dingin sedangkan di belahan bumi selatan terjadi musim panas sehingga terjadi pusat tekanan tinggi di Benua Asia dan pusat tekanan rendah di Benua Australia. Hal ini menyebabkan angin berhembus dari Benua Asia menuju ke Australia. Angin ini pada wilayah selatan katulistiwa

dikenal sebagai Angin Muson Barat Laut (Northwest Monsoon). Sebaliknya pada bulan Juli-Agustus berhembus Angin Muson Timur (East Monsoon). Adanya pergantian arah muson dua kali dalam setahun menyebabkan pola sirkulasi massa air di lautan juga turut berubah arah. Perubahan arah ini menjadi ciri sirkulasi massa air di perairan Indonesia (Wyrтки, 1961). Selain kedua sistem muson tersebut, ada pula musim transisi yang dikenal juga dengan Musim Peralihan. Musim Peralihan I terjadi pada bulan Maret sampai Mei dan Musim Peralihan II terjadi pada bulan September sampai November. Musim Peralihan I adalah periode saat Muson Barat Laut hendak digantikan oleh Muson Tenggara, dan Musim Peralihan II adalah periode saat Muson Tenggara hendak digantikan oleh Muson Barat Laut (Purba *et al.*, 1997).

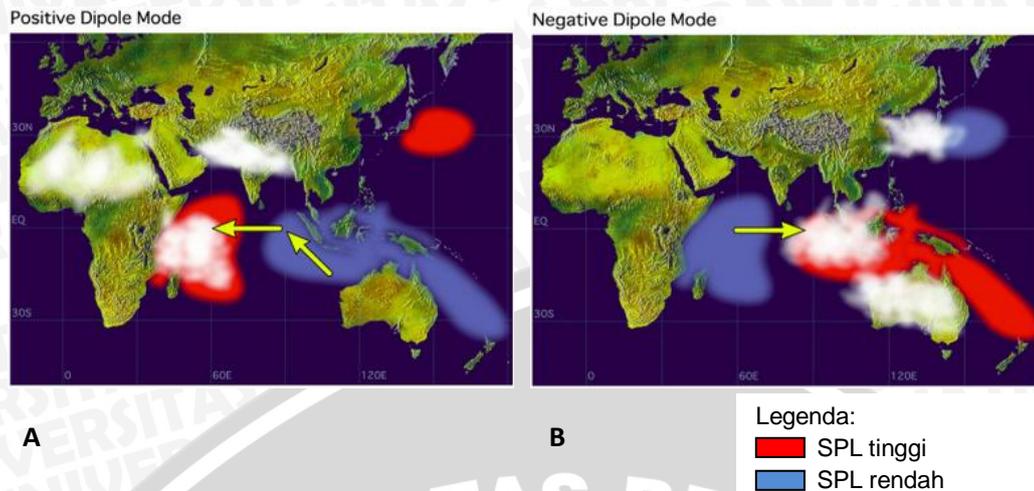
Perairan Selatan Jawa terdapat dua jenis pola pergerakan massa air yakni Arus Khatulistiwa Selatan (AKS) atau South Equatorial Current (SEC) dan Arus Pulau Jawa (APJ). Arus Khatulistiwa Selatan terbentuk di daerah antara Pantai Selatan Jawa dan Pantai Barat Laut Australia pada umumnya mengalir ke arah barat. Arus permukaan ini menyebar dari barat laut Australia, antara 10° - 20° LS hingga ke arah barat Samudera Hindia mencapai Madagaskar (Purba, 1992). Arus Pulau Jawa (APJ) memiliki suhu yang lebih hangat, karena Arus Pulau Jawa terbentuk akibat Arus Khatulistiwa Samudera Hindia (Equatorial Counter Current) yang menerima panas selama pergerakannya menuju Barat Sumatera di sekitar ekuator. Kemudian arus ini bertemu dengan Arus Khatulistiwa Selatan pada musim Barat sehingga terdesak dan berbelok menyusuri pesisir Barat Sumatera dan menuju ke pantai Selatan Jawa ke arah timur sebagai Arus Pulau Jawa (Purba, 1992).



2.2 Indian Ocean Dipole (IOD)

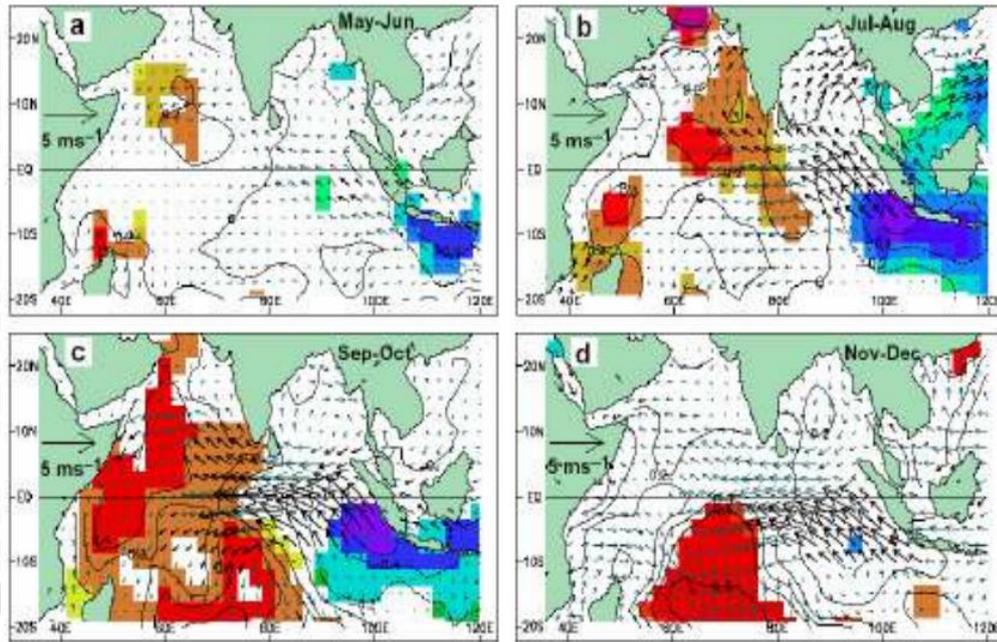
Indian Ocean Dipole (IOD) adalah fenomena yang terjadi karena adanya interaksi antara lautan dan atmosfer di Samudera Hindia. Fenomena ini terbentuk oleh dua kutub anomali suhu permukaan laut (SPL), antara perairan Selatan Jawa dan Barat Sumatera dengan perairan Afrika. Fenomena IOD merupakan suatu pola variabilitas di Samudera Hindia dimana SPL yang lebih rendah daripada biasanya ditemukan dilepas pantai Selatan Jawa dan SPL yang lebih hangat terdapat di sebagian besar Barat Samudera Hindia yang diikuti oleh anomali angin dan presipitasi (Saji *et al.*, 1999).

Fenomena IOD dapat diidentifikasi dengan menggunakan *Dipole Mode Index* (DMI). Indeks ini menggambarkan perbedaan anomali SPL diantara bagian barat tropis Samudera Hindia ($50^{\circ}\text{BT}-70^{\circ}\text{BT}$, $10^{\circ}\text{LS}-10^{\circ}\text{LU}$) dengan bagian tenggara tropis Samudera Hindia ($90^{\circ}\text{BT}-110^{\circ}\text{BT}$, $10^{\circ}\text{LS}-0^{\circ}\text{LU}$). DMI memiliki akurasi 70% dalam mengidentifikasi IOD. Nilai DMI ekstrim positif merupakan indikasi terjadinya IOD. IOD dibagi menjadi dua fase yakni IOD positif dan IOD negatif (Gambar 2). IOD positif terjadi pada saat tekanan udara permukaan di atas wilayah Barat Sumatera relatif bertekanan lebih tinggi dibandingkan wilayah timur Afrika yang bertekanan relatif rendah, sehingga udara mengalir dari bagian Barat Sumatera ke bagian timur Afrika yang mengakibatkan pembentukan awan-awan konvektif di wilayah Afrika dan menghasilkan curah hujan di atas normal, sedangkan di wilayah Sumatera terjadi kekeringan, begitu sebaliknya dengan IOD negatif (Saji *et al.*, 1999).



Gambar 2. Fenomena IOD a) IOD Positif; b) IOD Negatif (Saji *et al.*, 1999)

Proses terbentuknya IOD ditampilkan pada Gambar 3. Siklus dipole mode diawali dengan munculnya anomali suhu permukaan laut negatif di sekitar Selat Lombok hingga Selatan Jawa pada sekitar bulan Mei – Juni. Selanjutnya pada bulan Juli – Agustus, anomali negatif tersebut terus menguat dan semakin meluas sampai pantai barat Sumatera, sementara itu di Samudera Hindia bagian barat muncul pula anomali suhu permukaan laut positif. Adanya perbedaan tekanan di antara keduanya, semakin memperkuat angin tenggara di sepanjang ekuator dan pantai barat Sumatera. Proses pembentukan *Indian Ocean Dipole* dimulai pada bulan Mei hingga Juni (Gambar 3a). Siklus ini mencapai puncaknya pada bulan September – Oktober (Gambar 3c) dan selanjutnya menghilang dengan cepat pada bulan November – Desember (Gambar 3d). Menurut Saji *et al.*, (1999) dan Meyers *et al.*, (2006) fenomena IOD positif terjadi pada tahun 1982, 1983, 1987, 1991, 1994, dan 1997. Sedangkan fenomena IOD negatif terjadi pada tahun 1980, 1981, 1985, 1989, dan 1992.



Gambar 3. Perkembangan kejadian *Indian Ocean Dipole*. Evolusi komposit SPL dan anomali kecepatan angin pada bulan a) Mei-Juni; b) Juli-Agustus; c) September-Oktober; d) November-Desember (Saji *et al.*, 1999).

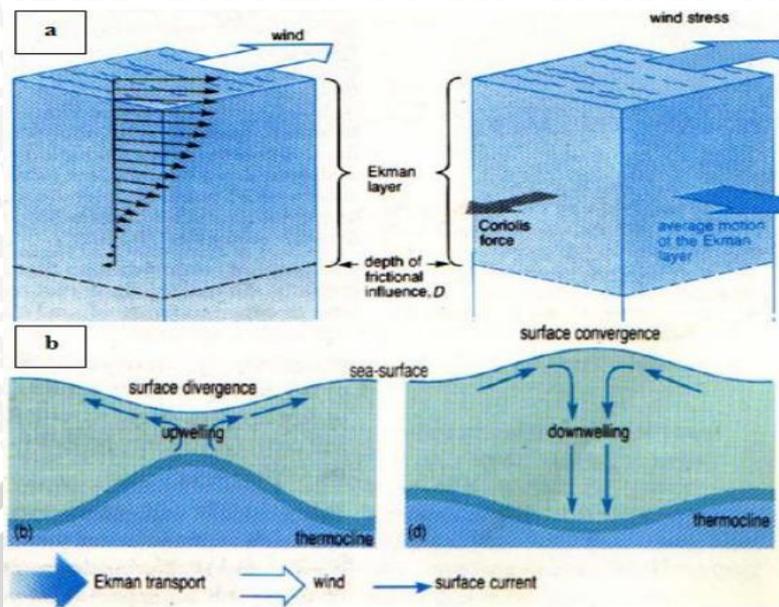
Fenomena IOD memberikan dampak besar baik positif maupun negatif terhadap kondisi lingkungan laut dan atmosfer. Dampak positif di lingkungan laut terjadi pada saat IOD fase positif yang menyebabkan perairan pantai Selatan Jawa terjadi proses *upwelling*. Sebaliknya di atmosfer, dampak negatif terjadi pada saat IOD fase positif yang menyebabkan terjadinya kekeringan. Pada saat IOD fase negatif akan memiliki dampak positif dengan meningkatkan intensitas curah hujan di beberapa wilayah Indonesia terutama bagian barat. Murtugudde *et al.*, (1999) menyatakan bahwa IOD positif mempengaruhi produktivitas primer di lepas pantai Selatan Jawa dengan cara mengubah pola *upwelling*.

2.3 Kenaikan Massa Air (*Upwelling*)

Proses *Upwelling* terjadi karena adanya kekosongan massa air pada lapisan permukaan akibat terbawa arus ke tempat lain. *Upwelling* dapat terjadi di daerah pantai dan juga lepas pantai. Di daerah pantai, *upwelling* terjadi jika

lapisan massa air lapisan permukaan bergerak meninggalkan pantai sehingga terjadi kekosongan massa air. Di laut lepas, karena adanya pola arus permukaan yang menyebar (divergensi) sehingga massa air dari lapisan bawah akan naik dan mengisi kekosongan di permukaan akibat menyebarnya arus (Dahuri et al., 2008).

Supangat dan Susanna (2003), menyatakan secara teoritis terjadinya *upwelling* karena adanya pengaruh angin dan adanya proses divergensi Ekman. Ekman mengungkapkan angin berhembus dipermukaan secara konstan dengan kedalaman laut dan lebar yang tidak terbatas. Angin mengakibatkan pergerakan arus secara vertikal disamping arus permukaan secara horizontal sehingga terjadi transpor massa lapisan permukaan 90° ke arah kanan di belahan bumi utara dan terjadi gesekan hingga kedalaman tertentu. Karena adanya gaya *coriolis* dengan anggapan keseimbangan antara gaya-gaya gesekan dipermukaan dengan gaya *coriolis*, maka ditarik kesimpulan bahwa kecepatan dari arus yang disebabkan oleh angin berkurang secara eksponensial terhadap kedalaman. Arah arus menyimpang 45° dari arah angin dan sudut penyimpangan bertambah dengan bertambahnya kedalaman. Pengaruh angin siklon pada permukaan air di kutub Utara juga mempengaruhi transpor Ekman sehingga pergerakan rata-rata lapisan yang dibawa oleh angin berbelok ke kanan dari angin menyebabkan divergensi air permukaan dan naiknya massa air dari dalam ke permukaan atau *upwelling*.



Gambar 4. (a) Pola arus spiral Ekman, (b) proses upwelling akibat proses divergensi Ekman. (Supangat dan Susanna. 2003)

Menurut Dahuri *et al.*, (1996) *upwelling* dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Jenis tetap (*stationary type*), yang terjadi sepanjang tahun meskipun intensitasnya dapat berubah-ubah, seperti yang ditemukan di lepas pantai Peru. Disini akan berlangsung gerakan naiknya massa air dari lapisan bawah dan setelah mencapai permukaan, massa air akan bergerak secara horizontal keluar.
2. Jenis berkala (*periodic type*) yang terjadi hanya selama satu musim saja. Selama air naik, massa air lapisan permukaan meninggalkan lokasi air naik, dan massa air yang lebih berat dari lapisan bawah bergerak ke atas mencapai permukaan, seperti yang terjadi di Selatan Jawa.
3. Jenis silih berganti (*alternating type*) yang terjadi secara bergantian dengan penenggelaman massa air (*sinking*). Dalam satu musim, air yang ringan di lapisan permukaan bergerak keluar dari lokasi terjadinya air naik dan air lebih berat di lapisan bawah bergerak ke atas kemudian tenggelam, seperti yang terjadi di laut Banda dan Arafura.

2.4 Suhu Permukaan Laut (SPL)

Suhu perairan merupakan faktor yang penting dalam mempelajari fenomena di laut. Data suhu dapat dimanfaatkan untuk mempelajari gejala-gejala fisika di laut, kaitannya dengan kehidupan hewan atau tumbuhan laut serta dapat digunakan untuk pengkajian meteorologi. Suhu air permukaan di Indonesia umumnya berkisar 28- 31°C dengan suhu dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lepas pantai (Nontji, 2005). SPL mempunyai hubungan erat dengan keadaan lapisan air laut yang terdapat di bawahnya, sehingga data SPL dapat digunakan untuk menafsirkan fenomena-fenomena yang terjadi di laut seperti *front* (pertemuan dua massa air yang berbeda), arus, upwelling, sebaran suhu permukaan laut secara horizontal, dan aktifitas biologi (Robinson 1985).

Menurut Wyrcki (1961), tingginya SPL di Indonesia disebabkan oleh posisi geografis Indonesia yang terletak di wilayah ekuator yang merupakan daerah penerima panas matahari yang terbanyak. Suhu tertinggi 30°C umumnya terjadi pada bulan April – Mei, sedangkan suhu terendah 27°C terjadi pada bulan Desember – Januari dan suhu permukaan laut juga dipengaruhi oleh angin musiman dan pola curah hujan.

Suhu perairan dapat mempengaruhi fotosintesis di laut baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh langsung karena reaksi kimia enzimatik yang berperan dalam proses fotosintesis dikendalikan oleh suhu. Peningkatan suhu sampai batas tertentu akan menaikkan laju fotosintesis. Pengaruh tidak langsung adalah karena suhu akan menentukan struktur hidrologis suatu perairan dimana fitoplankton tersebut berada. Suhu akan sangat menentukan berat jenis air. Makin rendah suhu air akan semakin tinggi berat jenisnya (Nontji, 2005). Analisis suhu permukaan laut bukan hanya penting untuk mengetahui keberadaan dan tingkah laku ikan tetapi juga secara tidak langsung

mengindikasikan beberapa proses lain di lautan seperti pencampuran massa air, thermal front, upwelling, arus, perbatasan arus, dan lain sebagainya yang keseluruhannya dapat mempengaruhi keberadaan sumberdaya ikan (Laevastu dan Hela 1970 dalam Panjaitan 2009).

2.5 Klorofil-a

Plankton adalah organisme yang hidup melayang atau mengambang di dalam air dan mudah terbawa arus (Nontji, 2005). Fitoplankton adalah tumbuhan yang melayang di laut dengan ukuran yang sangat kecil (berkisar antara 2-200 μm) yang hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop, fitoplankton sebagai tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil-a mampu melaksanakan reaksi fotosintesis di mana air dan karbon dioksida dengan adanya sinar surya dan garam-garam hara dapat menghasilkan senyawa organik seperti karbohidrat (Nontji, 2005). Kemampuan fitoplankton dalam hal sebagai penyedia energi tersebut, maka fitoplankton termasuk dalam golongan organisme autotroph. Sedangkan kemampuan fitoplankton membentuk zat organik dari zat anorganik maka fitoplankton disebut sebagai produsen primer (primary producer) (Nontji, 2005).

Menurut Barnes dan Hughes (1988) dalam Panjaitan (2009), pada fitoplankton terdapat pigmen klorofil-a yang merupakan zat hijau daun yang terdapat dalam tumbuhan yang mampu melakukan fotosintesis. klorofil-a sangat mempengaruhi jumlah dan laju fotosintesis karena pigmen ini mendominasi konversi radiasi menjadi energi kimia. Dari pengamatan sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan Indonesia diperoleh bahwa konsentrasi klorofil-a tertinggi dijumpai pada musim Timur, yakni pada saat itu terjadi upwelling di beberapa perairan terutama di perairan Indonesia. Sedangkan klorofil-a terendah dijumpai

pada saat muson barat laut, yakni pada saat itu di perairan Indonesia tidak terjadi upwelling sehingga nilai konsentrasi nutrient di perairan lebih kecil.

2.6 Penentuan Musim

Adanya musim disebabkan adanya pola angin yang sangat berpengaruh di Indonesia yakni angin musim (*monsoon*). Angin musim bergerak bergerak kearah tertentu pada suatu periode sedangkan pada periode lainnya angin bergerak dengan arah yang berlainan. Posisi Indonesia yang diantara benua Asia dan Australia menyebabkan angin musim sangat mempengaruhi perairan Indonesia. Angin musim juga mempengaruhi curah hujan di Indonesia. Pada musim Barat biasanya membawa hujan sedangkan pada musim Timur sedikit membawa hujan (Nontji, 1987). Menurut Wyrтки (1961), keadaan musim di Indonesia terbagi menjadi 3 golongan yakni:

1. Musim Barat (Desember-Februari)

Pada musim Barat yakni Desember, Januari, Februari (DJA) pusat tekanan udara tinggi berkembang diatas Benua Asia dan pusat tekanan udara rendah terjadi diatas Benua Australia sehingga angin berhembus dari barat menuju tenggara. Di Pulau Jawa angin ini dikenal sebagai Angin Muson Barat Laut. Musim Barat umumnya membawa curah hujan yang tinggi di Pulau Jawa.

2. Musim Timur (Juni-Agustus)

Pada musim Timur yakni Juni, Juli, Agustus (JJA) pusat tekanan udara rendah yang terjadi diatas Benua Asia dan pusat tekanan udara tinggi diatas Benua Australia menyebabkan angin berhembus dari tenggara menuju barat laut. Pada daerah Pulau Jawa bertiup Angin Muson Tenggara dan selama musim Timur Pulau Jawa biasanya mengalami kekeringan.

3. Musim Peralihan I dan II (Maret-Mei dan September-November)

Periode Maret sampai Mei dikenal sebagai musim peralihan I atau muson pancaroba awal tahun, sedangkan periode September sampai November disebut musim peralihan II sebagai muson pancaroba akhir tahun. Pada musim peralihan ini matahari bergerak melintasi khatulistiwa, sehingga angin melemah dan memiliki arah yang tidak tentu.

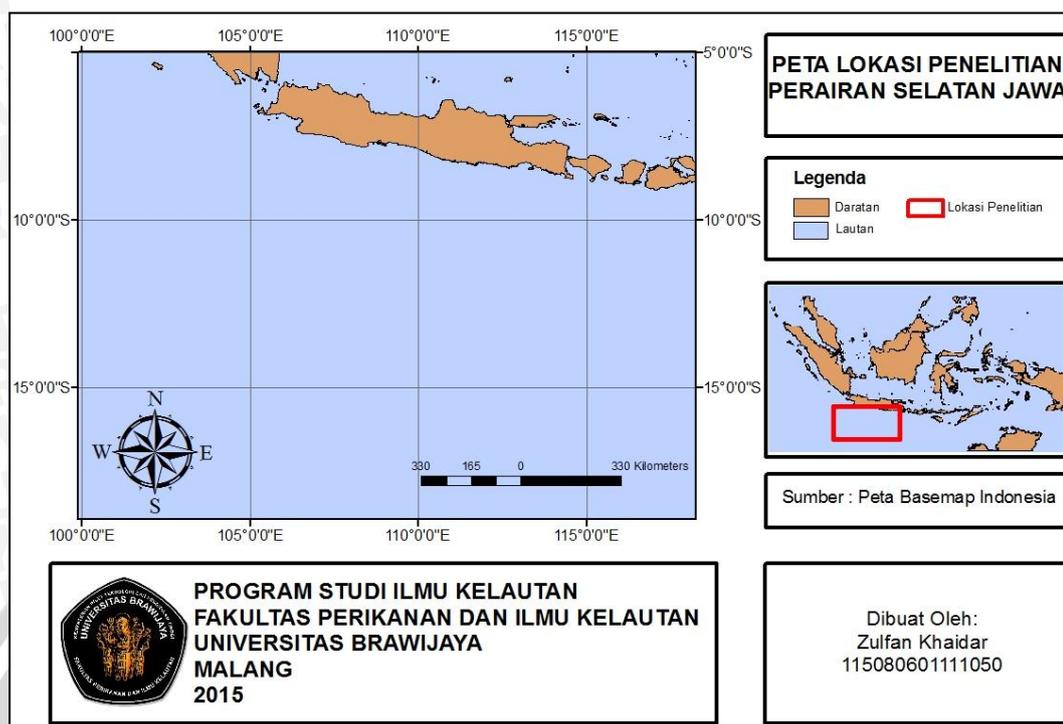


3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian yang berjudul “*Indian Ocean Dipole* (IOD) dan Faktor Oseanografi dalam Hubungannya dengan Dinamika Penangkapan Ikan di Perairan Selatan Jawa” adalah data Suhu Permukaan Laut (SPL) yang diperoleh dari situs resmi NASA yaitu oceancolor.gsfc.nasa.gov, serta data Klorofil-a yang diperoleh dari sumber yang sama dengan komposit bulanan dari tahun 2003 hingga tahun 2014 yang merupakan hasil perekaman dari citra satelit Aqua-MODIS. Untuk mengetahui fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD), digunakan nilai *Dipole Mode Index* (DMI) yang diperoleh dari *Agency For Marine Earth Science And Technology* (JAMSTEC) melalui situs www.jamstec.go.jp/e/database/index.html dari tahun 2003 hingga tahun 2014. Untuk dapat dibandingkan dengan dinamika produksi perikanan tangkap diperairan Selatan Jawa, ditambahkan data ikan hasil tangkap yang diperoleh dari Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Prigi, Trenggalek, Jawa Timur.

Daerah penelitian yang diteliti yaitu perairan selatan Jawa, dengan koordinat 7° sampai 14° LS dan 103° sampai 115° BT. Konsentrasi SPL, Klorofil-a, Index IOD, serta data hasil tangkap perikanan secara temporal dari tahun 2003 hingga 2014 merupakan parameter yang digunakan dalam analisis untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Daerah penelitian tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian Perairan Selatan Jawa yang Terletak pada koordinat 7° LS sampai 14° LS dan 103° BT sampai 115° BT

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini beserta dengan kegunaannya ditampilkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Alat dan Kegunaan

No.	Alat	Kegunaan
1.	<i>ENVI 4.4</i>	Menampilkan sebaran konsentrasi klorofil-a dan SPL
2.	<i>ArcGIS 9.3</i>	Menampilkan peta lokasi penelitian, pembuatan <i>layouting</i> peta persebaran variabilitas oseanografi
3.	<i>Surfer</i>	Mengolah data SPL, Klorofil, dan data tangkap perikanan
4.	<i>Microsoft Excel dan Word</i>	Mengolah data citra satelit dan digunakan sebagai penulisan laporan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini beserta dengan kegunaannya ditampilkan pada Tabel 2:

Tabel 2. Bahan dan Kegunaan

No.	Bahan	Kegunaan	Sumber
1.	Data Suhu	Mengetahui	oceancolor.gsfc.nasa.gov bulanan

	Permukaan Laut (SPL)	data suhu perairan	dari Tahun 2003-2014
2.	Data Klorofil-a	Mengetahui data klorofil-a perairan	oceancolor.gsfc.nasa.gov bulanan dari Tahun 2003-2014
3.	Data bulanan <i>Indian Ocean Dipole</i> (IOD)	Mengetahui data tentang IOD	www.jamstec.go.jp/e/database/index.html Tahun 2003-2014
4.	Data ikan hasil tangkap	Untuk mengetahui dinamika penangkapan	Kantor Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi, Trenggalek, Jawa Timur

3.3 Metode dan Teknik Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah metode deskriptif, yaitu metode penelitian yang dilakukan terhadap suatu objek kemudian menjelaskan fakta, sifat serta hubungan antar fenomena dari penelitian tersebut secara sistematis, faktual dan akurat. Tujuan dari penelitian deskriptif adalah untuk membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antara fenomena yang diselidiki (Nazir, 2005).

Metode deskriptif kuantitatif merupakan suatu metode yang merujuk pada suatu analisis ekstoratif dari sebuah penelitian, menurut Arikunto (1998) data yang telah terkumpul dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif digambarkan dengan kata-kata atau kalimat yang dipisah-pisahkan menurut kategori untuk memperoleh kesimpulan. Selanjutnya data yang bersifat kuantitatif berwujud angka-angka hasil perhitungan atau pengukuran dapat diproses dengan cara: (1) dijumlahkan, dibandingkan dengan jumlah yang diharapkan dan diperoleh persentase, atau (2) dijumlahkan, diklasifikasikan sehingga merupakan suatu susunan urut data (*array*) yang lebih lanjut menjadi perhitungan pengambilan kesimpulan ataupun kepentingan visualisasi data.

3.3.1 Suhu Permukaan Laut (SPL)

Data SPL diperoleh dari perekaman satelit Aqua-MODIS. Data tersebut dapat di-download melalui website resmi NASA yaitu <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> dalam format .bz2 yang kemudian diolah menggunakan software *Envi 4.4* dan *ArcGIS 9.3*. Citra SPL yang di-download yaitu data bulanan dari tahun 2003 hingga 2014 dalam batasan wilayah penelitian yang dilakukan. Data yang telah diolah kemudian dianalisa secara deskriptif dan dicari nilai anomali untuk dapat dihubungkan dengan data index IOD.

3.3.2 Klorofil-a

Data Klorofil-a diperoleh dari situs resmi NASA yaitu <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> dari tahun 2003 hingga 2014 dalam format .bz2 yang memiliki fungsi untuk memberikan informasi tentang *oceancolor* atau fitoplankton dengan analisis klorofil-a yang menggunakan satelit Aqua-MODIS secara temporal. Data klorofil diolah menggunakan software *Envi 4.4* dan *ArcGIS 9.3*.

Menurut Pusat Survei Sumber Daya Alam Laut (2004), konsentrasi klorofil-a dibagi mejadi 5 kelas yakni konsentrasi rendah $<0,3 \text{ mg/m}^3$; konsentrasi sedang $0,3 - 0,5 \text{ mg/m}^3$; konsentrasi tinggi $0,5 - 1,0 \text{ mg/m}^3$; Klorofil-a dan muatan suspensi tinggi $1,0 - 2 \text{ mg/m}^3$; dan muatan suspensi tinggi $>2 \text{ mg/m}^3$, seperti pada Tabel 3

Tabel 3. Klasifikasi Tingkat Konsentrasi Klorofil-a

Kelas	Konsentrasi mg/m^3	Keterangan
I	$<0,3$	Konsentrasi rendah
II	$0,3 - 0,5$	Konsentrasi sedang
III	$0,5 - 1,0$	Konsentrasi tinggi
IV	$1,0 - 2$	Klorofil-a dan muatan suspensi tinggi
V	>2	Muatan suspensi tinggi

Sumber: Pusat Survei Sumber Daya Alam Laut (2004)

Setelah didapatkan nilai SPL dan Klorofil-a dari pengolahan tersebut, kemudian dihitung nilai rata-rata bulanan setiap tahunnya sehingga didapat data musiman setahun selama 2003 hingga 2014 dan dibuat diagram secara temporal untuk melihat nilai rata-rata variasi musiman. Penentuan musim terdiri dari musim Barat bulan Desember, Januari, Februari; musim Peralihan I bulan Maret, April, Mei; musim Timur bulan Juni, Juli, Agustus; dan musim Peralihan II bulan September, Oktober, November.

3.3.3 *Indian Ocean Dipole (IOD)*

Data index IOD atau biasa yang disebut *Dipole Mode Index (DMI)* diperoleh dari *Japan Agency For-Marine Earth Science And Technology (JAMSTEC)* melalui situs www.jamstec.go.jp/e/database/index.html . Data yang diperoleh merupakan data *index* bulanan dari tahun 2003 hingga 2014. DMI memiliki dua fase yakni fase positif dan juga fase negatif. Data yang dianalisis dalam penelitian ini digunakan untuk perbandingan anomali SPL yang terpadat pada perairan Selatan Jawa, yang akan dikelompokkan tahun-tahun tertentu berdasarkan kejadian DMI fase positif dan DMI fase negatif.

3.3.4 *Data Produksi Ikan Hasil Tangkap di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi*

Data tangkap produksi perikanan diperoleh dari kantor Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi, Trenggalek Jawa Timur berupa data tangkap bulanan dari tahun 2003 hingga 2014 untuk semua jenis ikan yang terdata pada pelabuhan perikanan tersebut. Dari semua data jenis ikan selanjutnya diseleksi berdasarkan jenis ikan yang selalu muncul atau ada setiap tahunnya, yang nantinya akan dijadikan studi kasus tentang dinamika produksi penangkapan ikan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi terhadap fenomena IOD yang terjadi dari tahun 2003 hingga 2014.

3.3.5 Penyeleksian Jenis Ikan Dominan

Jenis-jenis ikan yang berhasil terdata dilakukan penyeleksian untuk mencari jenis ikan-ikan tertentu yang selalu tertangkap di setiap tahunnya. Proses penyeleksian tersebut berdasarkan jumlah produksi *Catch per Unit Effort* (CpUE) terbanyak setiap bulannya dalam setahun pada kurun waktu dari tahun 2003 hingga tahun 2014. Nilai produksi berdasarkan CpUE dicari dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$CpUE = \frac{\text{Data tangkap perikana } n \text{ per bulan}}{\text{Jumlah alat tangkap}} \dots\dots\dots(1)$$

Setelah didapatkan nilai CpUE dari masing-masing jenis ikan, kemudian dicari nilai persentasenya untuk melihat seberapa persen nilai persentase dari setiap jenis ikan yang didapat pada setiap tahunnya dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

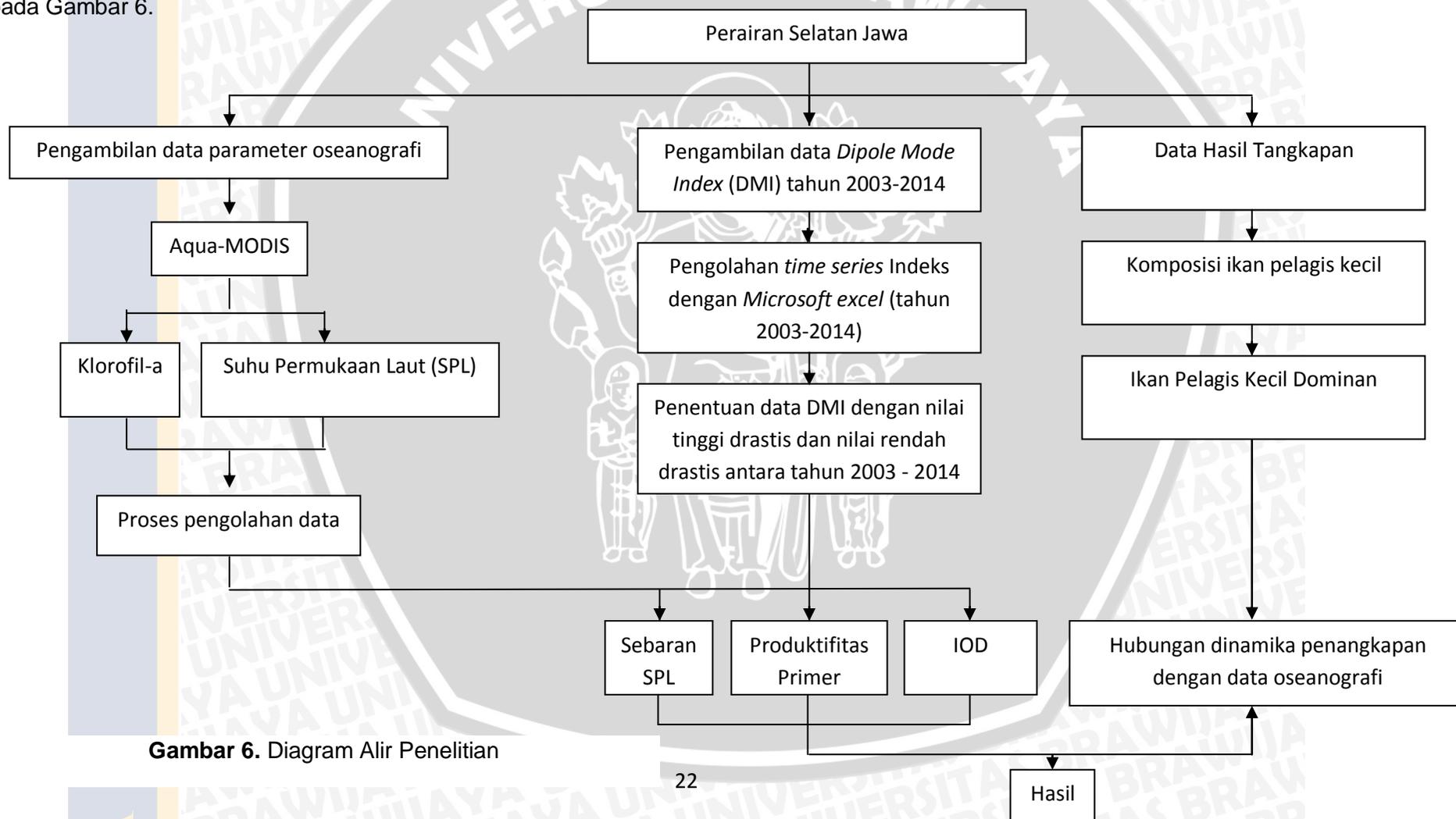
$$\frac{CpUE \text{ jenis ikan}}{\text{Jumlah CpUE per tahun}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Proses penyeleksian ini bertujuan untuk dapat membandingkan data produksi CpUE dengan data oseanografi yang terjadi disetiap bulannya selama kurun waktu 12 tahun.



3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dalam penelitian ini meliputi tahap persiapan hingga analisis data dan hasil. Diagram alir penelitian tersaji pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

3.5 Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Rata-rata

Rata-rata ini digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata dari suatu data yang digunakan. Dalam penelitian ini data yang digunakan untuk menghitung nilai rata-rata yakni data klorofil-a dan data Suhu Permukaan Laut (SPL) bulanan, *Indian Ocean Dipole* (IOD), dan data tangkap perikanan perikanan dari tahun 2003-2014. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel 2007*.

2. Anomali

Analisis anomali digunakan untuk mencari perbedaan dan penyimpangan data dari normalnya. Dalam penelitian ini data yang digunakan untuk menghitung nilai anomali yakni data klorofil-a dan data Suhu Permukaan Laut (SPL). Untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan data dari normalnya, maka dilakukan perhitungan data yaitu:

$$\text{Anomali data} = X_{\text{data}} - \bar{X}_{\text{data}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan: X_{data} = data bulan x

\bar{X}_{data} = rata-rata bulan x, pada seluruh tahun

Setelah dihitung nilai anomalnya, kemudian dibuat grafik untuk melihat kenaikan dan penurunan agar dapat dianalisis penyimpangan dari nilai masing-masing data. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel 2007*.

3. Time Series

Analisis *Time Series* digunakan untuk mengetahui kenaikan dan penurunan dalam suatu data secara temporal, dan disajikan dalam bentuk grafik. Data dari grafik yang digunakan dalam penelitian ini yakni nilai data yang telah



dihitung data anomalnya. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel 2007*.

4. Trend

Analisis *trend* digunakan untuk melihat kenaikan dan penurunan dalam grafik *time series* secara temporal. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel 2007*.

5. Standarisasi Data

Standarisasi data digunakan untuk mencari nilai standart dari suatu data sehingga data yang jumlahnya banyak dapat lebih mudah untuk disajikan dan mempermudah untuk membacanya.

Menurut Sartimbul *et al.*, (2006), analisis standarisasi data bertujuan untuk menstandarkan dari semua data yang ada dan didapat nilai yang standar sehingga memudahkan untuk membuat grafik dan juga dapat mempermudah menganalisis data lewat grafik tersebut dari data yang ada. Untuk menghitung nilai data standarisasi ini, pertama mencari nilai standar deviasi dari semua data yang ada dan merupakan data mentah, bukan data anomali. Adapun perhitungan standar deviasi dapat dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel 2007* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

σ = standar deviasi

X = nilai data

\bar{X} = nilai rata-rata data

n = jumlah / banyak data

Setelah mengetahui nilai standar deviasi, selanjutnya keperhitungan mencari nilai standarisasi. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

Z = Standarisasi

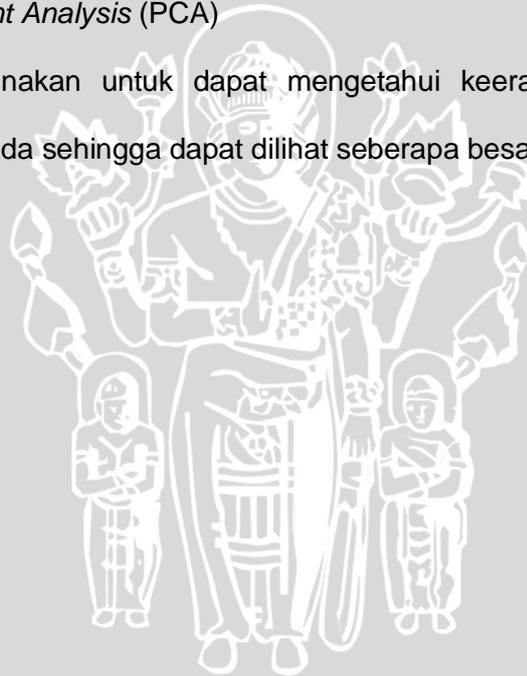
X_i = nilai data ke-i

\bar{X} = nilai rata-rata data

σ = nilai standar Deviasi

6. *Principal Component Analysis (PCA)*

Analisis PCA digunakan untuk dapat mengetahui keeratan dari masing-masing data yang ada sehingga dapat dilihat seberapa besar keeratannya.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Variabilitas Faktor Oseanografi

4.1.1 Suhu Permukaan Laut

Data Suhu Permukaan Laut didapat melalui pengumpulan data yang diambil dari Citra Satelit Aqua MODIS dan selanjutnya diolah sehingga mendapatkan hasil rata-rata nilai SPL bulanan pada perairan Selatan Jawa yang dibuat secara temporal seperti yang akan dibahas pada Sub Bab selanjutnya. Analisis dan pengkajian nilai rata-rata SPL ini selanjutnya akan dihubungkan dengan data-data yang lainnya seperti data klorofil-a, IOD, dan produksi ikan pelagis untuk mengetahui seberapa besar hubungan antara data-data tersebut.

4.1.1.1 Variasi Musiman SPL

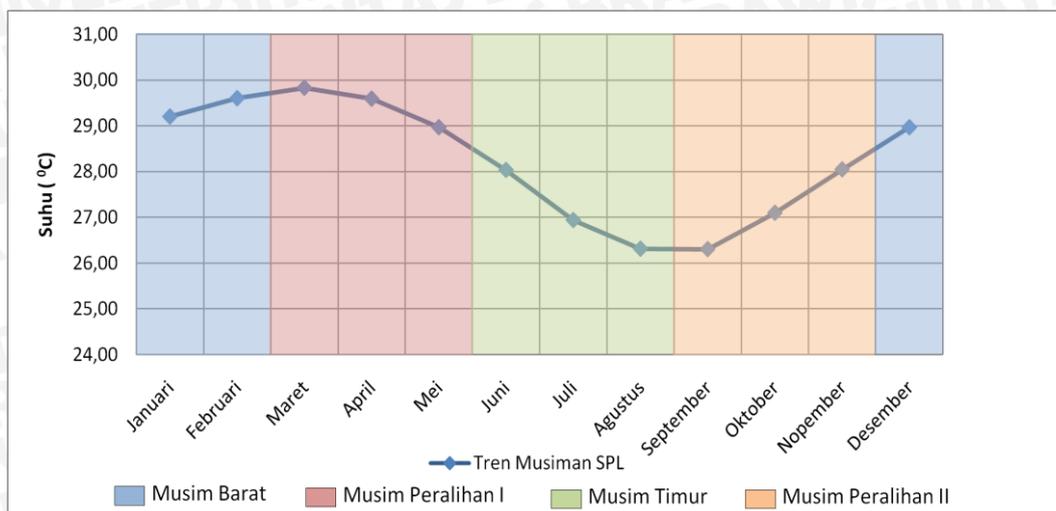
Suhu Permukaan Laut (SPL) pada Perairan Selatan Jawa memiliki keberagaman nilai rata-rata setiap bulannya pada rentan Januari 2003 hingga Desember 2014 (Gambar 7). Berdasarkan variasi musim yang ada di Indonesia terbagi menjadi 4 musim yaitu musim barat yang terjadi antara rentan bulan Desember-Februari, musim peralihan I terjadi antara rentan bulan Maret-Mei, musim timur terjadi antara rentan bulan Juni-Agustus, dan musim peralihan II terjadi antara rentan bulan September-Nopember. Nilai rata-rata SPL tertinggi ditemukan pada bulan Maret $29,83^{\circ}\text{C}$ dan nilai rata-rata terendah ditemukan pada bulan Agustus dan September dengan nilai SPL yakni $26,30^{\circ}\text{C}$.

Keragaman rata-rata SPL setiap bulannya pada kurun waktu setahun diperairan Selatan Jawa ini tidak terlepas dengan adanya pengaruh musim. Pada saat musim timur, angin berhembus dari tenggara menuju barat laut. Adanya hembusan angin pada permukaan laut mengakibatkan timbulnya pergerakan arus laut. Arah arus tersebut bergerak menjauhi pesisir selatan jawa sehingga

akan menyebabkan massa air di sepanjang pesisir pantai Selatan Jawa juga ikut menjauhi pantai. Adanya pergerakan massa air tersebut menyebabkan terjadinya kekosongan massa air yang ada di permukaan laut sehingga terjadi kenaikan massa air dari bawah laut yang memiliki suhu yang lebih rendah. Proses kenaikan massa air membutuhkan waktu untuk mengisi kekosongan massa air di permukaan yang disebut *time lag*, adanya *time lag* ini lah yang menyebabkan SPL terendah lebih sering ditemukan pada antara bulan Agustus dan September. Wilopo (2005) dalam penelitiannya mengkaji bahwa puncak kecepatan rata-rata angin pada perairan Selatan Jawa terjadi pada bulan Agustus (Musim Timur) dengan kisaran antara 6 m/s hingga 9,5 m/s. Kecepatan angin seperti ini pada bulan Agustus diduga mengakibatkan *upwelling* yang sangat intensif di perairan Selatan Jawa (Purba *et al.*, 1992)

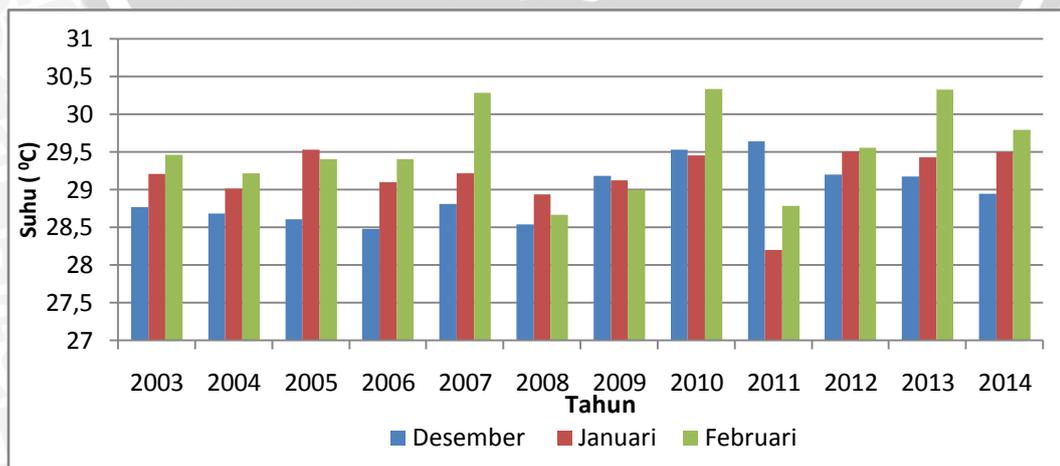
Musim barat SPL cenderung mengalami peningkatan, hal tersebut disebabkan oleh adanya hembusan angin yang berasal dari barat yang mengakibatkan adanya arus yang bergerak ke arah pantai perairan Selatan Jawa, sehingga tidak ditemukan adanya kekosongan massa air dan tidak terjadinya kenaikan massa air. Wyrтки (1961) juga menyatakan bahwa tingginya SPL pada musim barat di wilayah perairan Selatan Jawa diperkirakan akibat adanya pergerakan massa air dari perairan Samudera Hindia dekat ekuator, pergerakan massa air ini dikenal dengan Arus Sakal Khatulistiwa Samudera Hindia (AHS), arus tersebut membawa massa air yang lebih hangat.





Gambar 7. Variasi SPL Musiman selama Periode 2003 - 2014

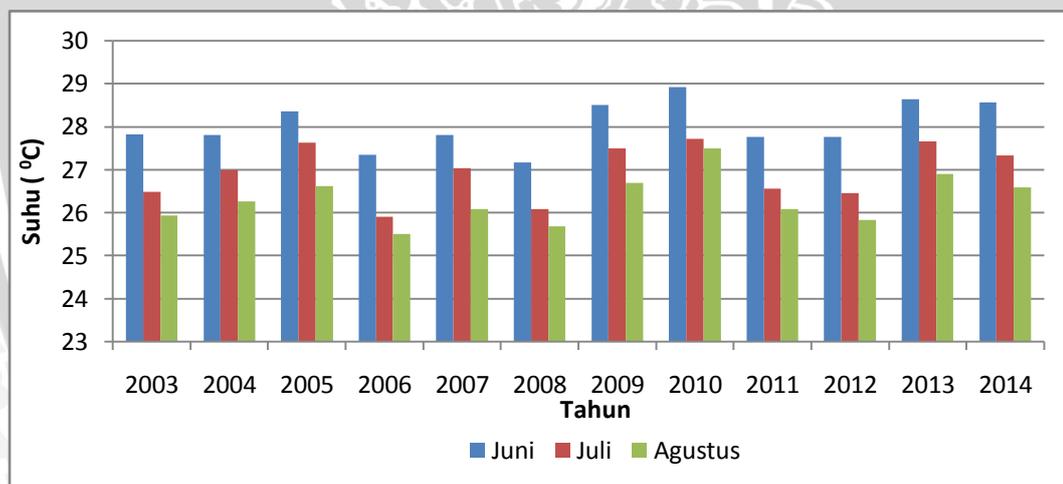
Variasi nilai rata-rata dari SPL juga terjadi setiap bulannya pada musim yang sama yakni musim barat dalam rentang tahun 2003 hingga 2014 (Gambar 8). Pada musim ini memiliki nilai rata-rata SPL yakni 29,22 °C dengan kisaran dari 28,2 °C hingga yang tertinggi mencapai nilai SPL sebesar 30,33 °C. Nilai SPL tertinggi terjadi pada bulan Desember pada setiap tahunnya. Menurut Susanto *et al.*, (2001), tingginya SPL disebabkan karena arus yang membawa massa air yang lebih hangat yang berasal dari Samudera Hindia, dimana kejadian puncaknya terjadi pada bulan Desember disetiap tahunnya. Adanya perbedaan SPL pada musim Barat disetiap tahunnya diduga diakibatkan oleh adanya fenomena-fenomen di Samudera Hindia seperti fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) yang berdampak langsung pada perairan tersebut.



Gambar 8. Rata-rata SPL pada Musim Barat (2003 – 2014)

Musim Timur memiliki nilai SPL yang lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai SPL pada musim Barat yakni dengan rata-rata 27°C yang berkisar antara 25,68°C hingga 27,71°C (Gambar 9). SPL yang rendah disebabkan adanya transpor Ekman pada musim Timur yang menyebabkan adanya kenaikan massa air dari lapisan bawah yang memiliki suhu lebih rendah (Wyrтки, 1961).

Susanto *et al.*, (2001), mengungkapkan terjadinya kenaikan massa air di perairan Selatan Jawa sangat dipengaruhi oleh angin Muson Tenggara. Sehingga adanya perbedaan rata-rata SPL pada musiman Timur setiap bulannya pada tahun yang berbeda, mengindikasikan bahwa kekuatan tiupan angin Muson Tenggara juga memiliki variasi setiap tahunnya. Hal ini terlihat jelas dari variasi SPL yang ditemukan pada musim Barat dan Timur disetiap tahunnya dengan rentang tahun 2003 hingga 2014.

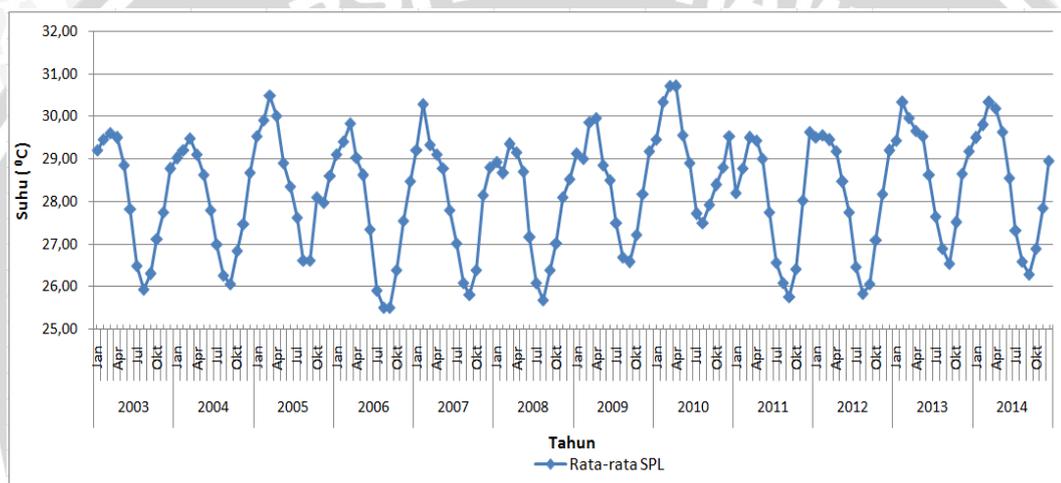


Gambar 9. Rata-rata SPL pada Musim Timur (2003 – 2014)

4.1.1.2 Nilai Rata-rata SPL Secara Temporal (Time Series)

Untuk mengetahui nilai rata-rata SPL secara *Time Series*, maka dibuat grafik seperti pada Gambar 10 sehingga dapat dilihat fluktuasi SPL setiap tahun yang terjadi pada rentang tahun 2003 hingga 2014. Berdasarkan grafik Gambar 10 tersebut didapat nilai rata-rata SPL berada pada kisaran antara 25,50 °C hingga

yang tertinggi mencapai 30,72 °C. Setiap tahunnya rata-rata SPL tertinggi berada pada kisaran bulan antara Desember, Januari, dan Februari. Hal ini tidak terlepas dari kejadian musim barat yang memang pada musim tersebut mengalami peningkatan SPL seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Untuk nilai rata-rata SPL setiap tahunnya terendah berada pada kisaran bulan antara bulan Juni, Juli, dan Agustus yang memang pada bulan tersebut merupakan waktu terjadinya musim timur sehingga nilai SPL lebih rendah dari pada bulan-bulan yang lainnya (Gambar 10)

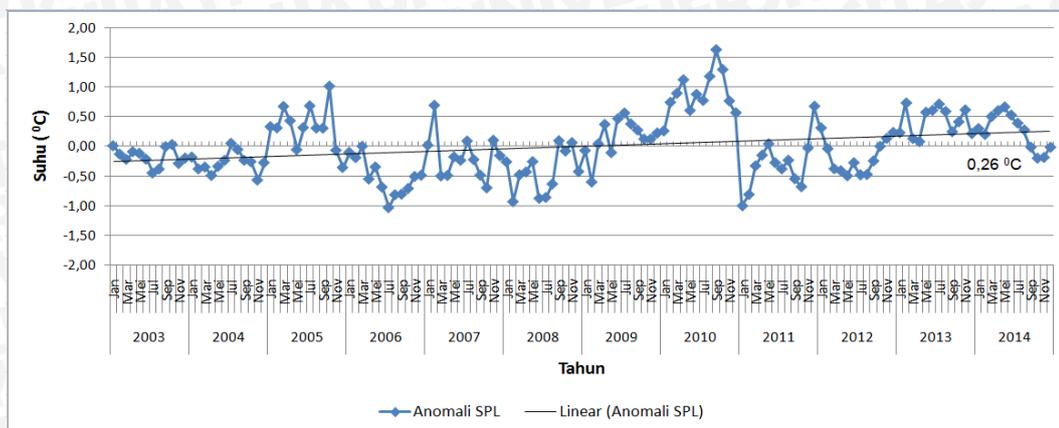


Gambar 10. Nilai Rata-rata SPL Secara Temporal

4.1.1.3 Tren Anomali SPL

Setelah didapat nilai rata-rata SPL setiap bulannya selanjutnya dicari perhitungan nilai anomalnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan SPL dari data normal yang terjadi pada setiap bulannya dari tahun 2003 hingga 2014 tersebut. Setelah didapat nilai anomalnya selanjutnya dibuat grafik seperti pada Gambar 11 untuk mempermudah dalam pembacaan data anomali. Secara umum terlihat bahwa selama rentan tahun 2003 hingga 2014 terjadi fluktuasi tren anomali tertinggi dan terendah. Anomali tertinggi berada pada kisaran tahun antara 2009 dan 2010 dengan nilai penyimpangan

tertinggi mencapai 1,63 °C, anomali SPL yang tinggi juga sempat terjadi pada tahun-tahun yang lainnya yakni pada tahun 2005, 2013, dan tahun 2014. Anomali terendah terjadi pada tahun 2006 dengan nilai penyimpangan yakni -1,03 °C.



Gambar 11. Anomali SPL Tahun 2003 - 2014

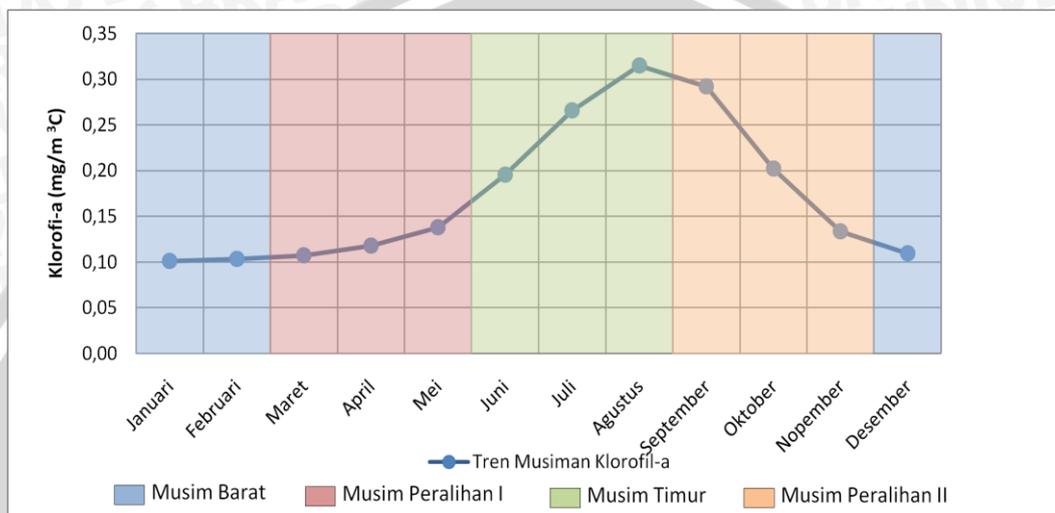
4.1.2 Klorofil-a

Hasil pengolahan data klorofil-a yang diperoleh dari Satelit Aqua MODIS selama kurun waktu 2003 hingga 2014, diperoleh sebaran dan nilai klorofil-a secara temporal (*Time Series*) pada perairan Selatan Jawa. Analisis dan pengkajian nilai konsentrasi klorofil-a ini selanjutnya akan dihubungkan dengan data-data lainnya seperti data SPL, IOD, dan produksi ikan pelagis untuk mengetahui seberapa besar hubungan antara data-data tersebut.

4.1.2.1 Variasi Musiman Konsentrasi Klorofil-a

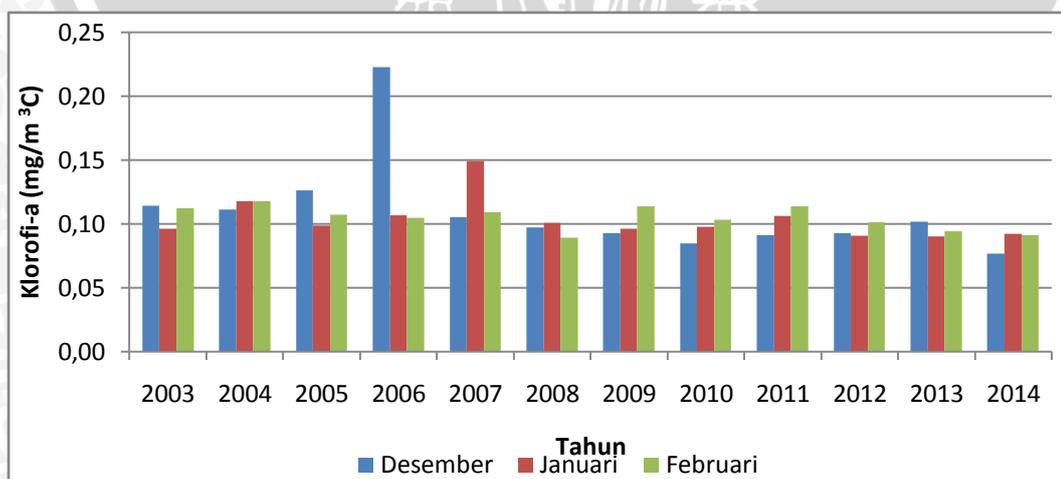
Kandungan konsentrasi klorofil-a dalam rentang tahun 2003 hingga 2014 di Perairan Selatan Jawa mempunyai nilai variasi musiman. Berdasarkan variasi bulanan yang telah didapat, kandungan klorofil-a tertinggi didapat pada bulan Agustus 0,31 mg/m³ (Gambar 12). Pada Gambar 12 terlihat bahwa nilai konsentrasi klorofil-a mulai mengalami peningkatan pada musim Peralihan I dan puncaknya terjadi pada musim timur dan mulai mengalami penurunan pada musim Peralihan II. Adanya variasi peningkatan dan penurunan terhadap nilai

konsentrasi klorofil-a ini tidak terlepas kaitannya dengan tingkat SPL, dimana klorofil-a cenderung lebih banyak pada tingkat SPL yang lebih dingin, dikarenakan adanya pengangkatan nutrien dari dalam laut. Hal ini kemungkinan juga diakibatkan oleh pergerakan massa air, serta adanya pengaruh dari fenomena seperti IOD yang mempengaruhi perairan Selatan Jawa.



Gambar 12. Variasi Musiman Konsentrasi Klorofil-a Periode 2003 - 2014

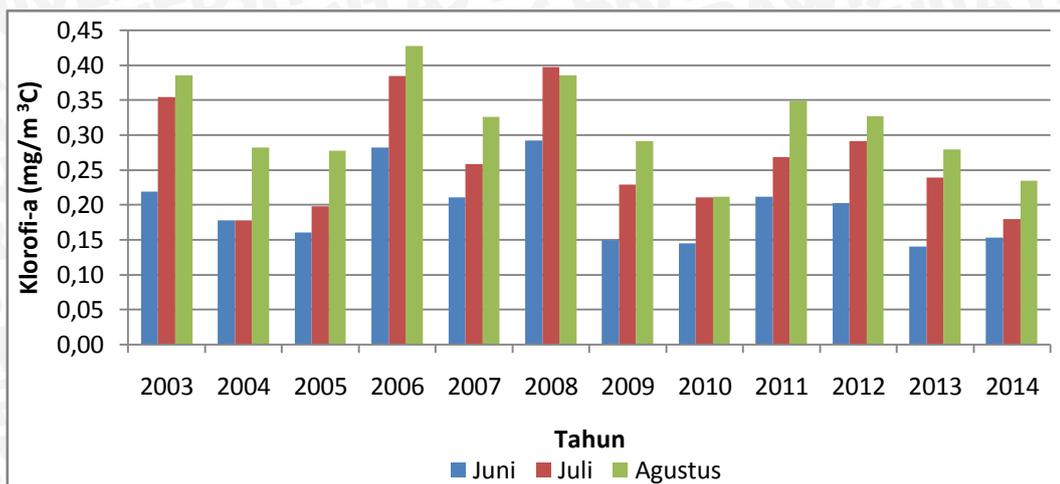
Kandungan konsentrasi klorofil-a musim Barat memiliki rata-rata variasi musiman hanya mencapai 0,10 mg/m³ (Gambar 13). Pada musim ini kandungan klorofil-a memiliki kecenderungan nilai yang lebih rendah, namun terdapat terdapat anomali yang terjadi pada tahun 2006 dengan nilai konsentrasi klorofil-a mencapai 0,22 mg/m³ pada bulan Desember.



Gambar 13. Rata-rata Klorofil-a pada Musim Barat (2003 – 2014)

Anomali klorofil-a yang terjadi pada bulan Desember 2006 disebabkan karena adanya beberapa fenomena yang mempengaruhi perairan Selatan Jawa seperti adanya IOD positif dan juga fenomena *El-Nino* yang kuat pada bulan tersebut. Murtugudde *et al.*, (1999) menyatakan bahwa IOD positif mempengaruhi produktifitas primer di lepas pantai Selatan Jawa dengan cara mengubah pola *upwelling*. Demikian juga dengan Susanto *et al.*, (2001) dalam penelitiannya menemukan bahwa IOD positif mempengaruhi kenaikan massa air (*upwelling*) di Selatan Jawa. Dengan adanya pengaruh dari fenomena ini mengakibatkan kenaikan massa air laut yang terjadi pada musim juga akan semakin tinggi dari biasanya sehingga dampaknya masih ditemukan pada bulan Desember yang telah memasuki musim Barat.

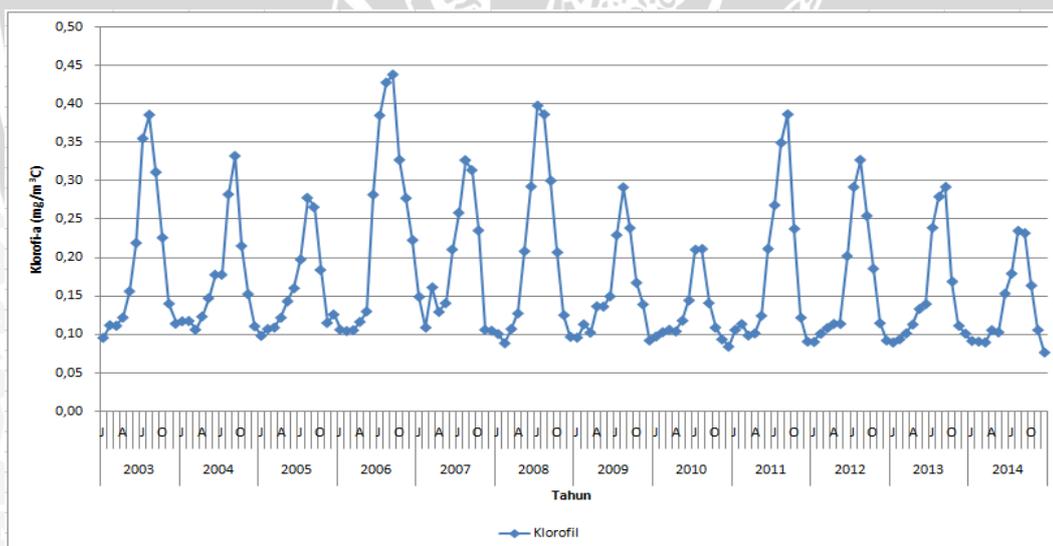
Musim Timur kandungan konsentrasi klorofil-a juga memiliki variasi seperti pada Gambar 14. Seperti halnya pada musim Barat, adanya variasi ini kemungkinan disebabkan oleh pengaruh musim, pergerakan massa air, serta fenomena seperti IOD yang mempengaruhi perairan Selatan Jawa. Kandungan klorofil-a pada musim timur memiliki nilai rata-rata mencapai $0,26 \text{ mg/m}^3$ dengan nilai tertinggi berada pada bulan Agustus 2006. Hal tersebut disebabkan kuatnya intensitas *upwelling* yang terjadi pada tahun itu karena adanya fenomena IOD positif dan *El Nino*. Massa air dari bawah yang naik ke permukaan akan membawa banyak nutrien sehingga akan memacu pertumbuhan fitoplankton. Hal ini didukung oleh adanya penelitian yang dilakukan oleh Kunarso *et al.*, (2012) bahwa kejadian IOD positif memperkuat adanya transpor Ekman.



Gambar 14. Rata-rata Klorofil-a pada Musim Timur (2003 – 2014)

4.1.2.2 Nilai Rata-rata Klorofil-a Secara Temporal (Time Series)

Konsentrasi Klorofil-a yang telah didapat nilai rata-ratanya selanjutnya dibuat grafik secara temporal untuk mempermudah dalam analisis nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a dari tahun 2003 hingga 2014, seperti yang disajikan pada Gambar 15.



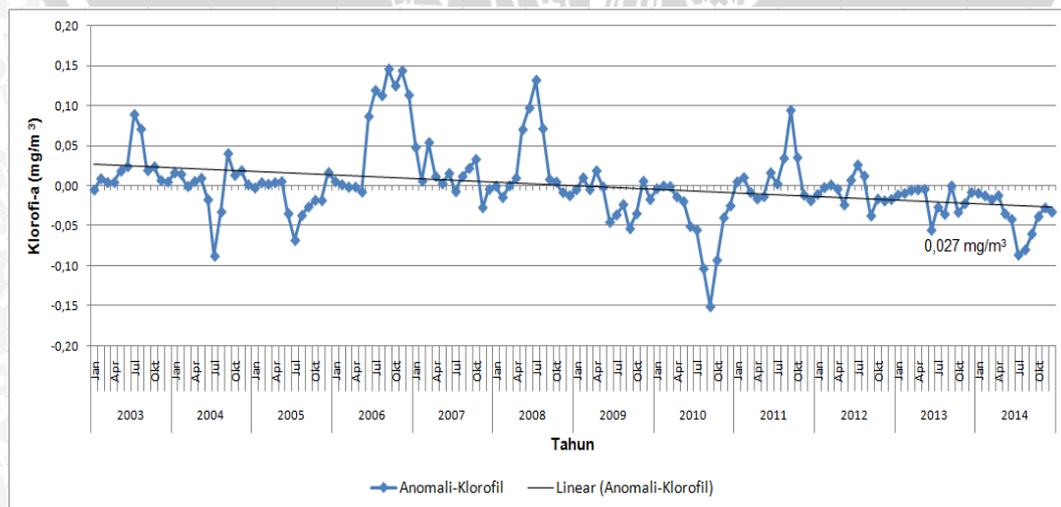
Gambar 15. Nilai Rata-rata Klorofil-a Secara Temporal

Tahun 2003 hingga 2014 didapat kisaran nilai konsentrasi klorofil-a antara 0,08 mg/m³ sampai dengan 0,44 mg/m³. Berdasarkan grafik pada Gambar 15 nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a tertinggi selalu berada pada kisaran bulan

Juni, Juli, dan Agustus (Musim Timur) dan mulai mengalami penurunan pada kisaran bulan Desember, Januari, dan Februari (Musim Barat).

4.1.2.3 Tren Anomali Klorofil-a

Setelah nilai rata-rata klorofil-a bulanan didapat, selanjutnya dilakukan perhitungan anomali klorofil-a selama rentan tahun 2003-2014 untuk mencari tahu penyimpangan klorofil-a yang terjadi pada rentan tahun tersebut. Hasil perhitungan anomali sebagaimana yang tersajikan pada Gambar 16 menjelaskan bahwa fluktuasi dari penyimpangan klorofil-a dengan nilai anomali tertinggi berada pada tahun 2006, yakni $0,15 \text{ mg/m}^3$ yang diindikasikan dengan adanya pengaruh dari fenomena seperti IOD positif dan fenomena *El Nino*. Pada tahun 2008 nilai konsentrasi klorofil-a juga mengalami peningkatan yakni $0,13 \text{ mg/m}^3$ pada bulan Juli (Musim Timur), sedangkan pada tahun-tahun selanjutnya yakni 2009 hingga 2014 cenderung mengalami penurunan anomali dibawah 0, dengan nilai terendah pada bulan Agustus 2010 yakni $-0,15 \text{ mg/m}^3$, meskipun bulan tersebut sudah memasuki musim Timur. Hal ini diakibatkan adanya pengaruh fenomena IOD negatif dan terjadinya fenomena *La Nina* pada bulan tersebut, dimana terjadi peningkatan SPL yang akan berimbas langsung terhadap menurunnya tingkat konsentrasi Klorofil-a.

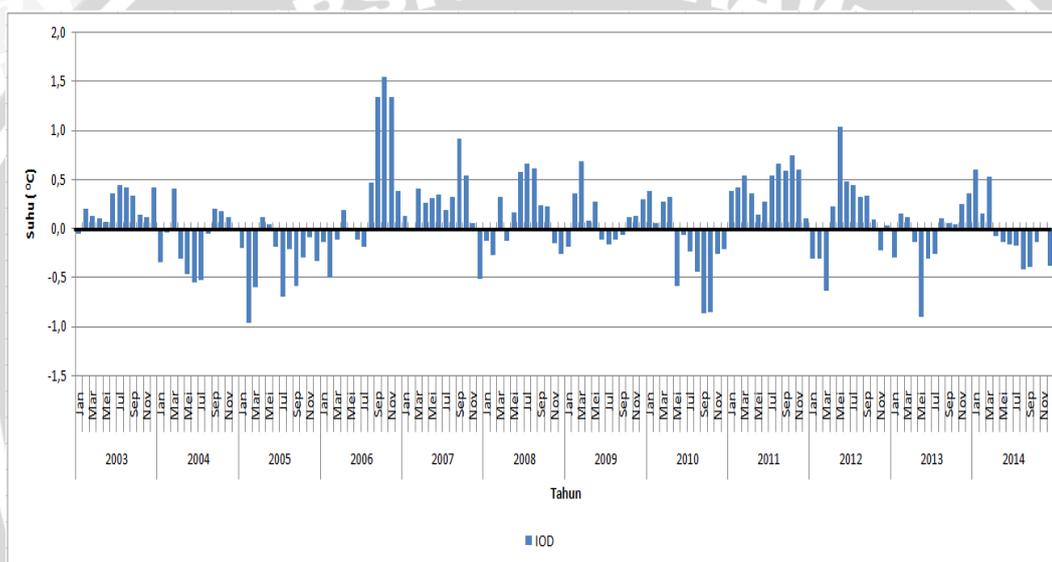


Gambar 16. Tren Anomali Klorofil-a

4.2 Hubungan antara Parameter Oseanografi dan Fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD)

4.2.1 *Indian Ocean Dipole* (IOD)

Data IOD diperoleh dengan cara men-*download* data index bulanan dari situs *jamstec* yakni <http://www.jamstec.go.jp/e/database/index.html> yang kemudian diolah secara temporal dengan menggunakan *Microsoft Excel* untuk mengetahui fluktuasi kejadian IOD selama 2003 hingga 2014 baik itu IOD positif ataupun IOD negatif. Hasil dari pengolahan tersebut tersaji pada Gambar 18.



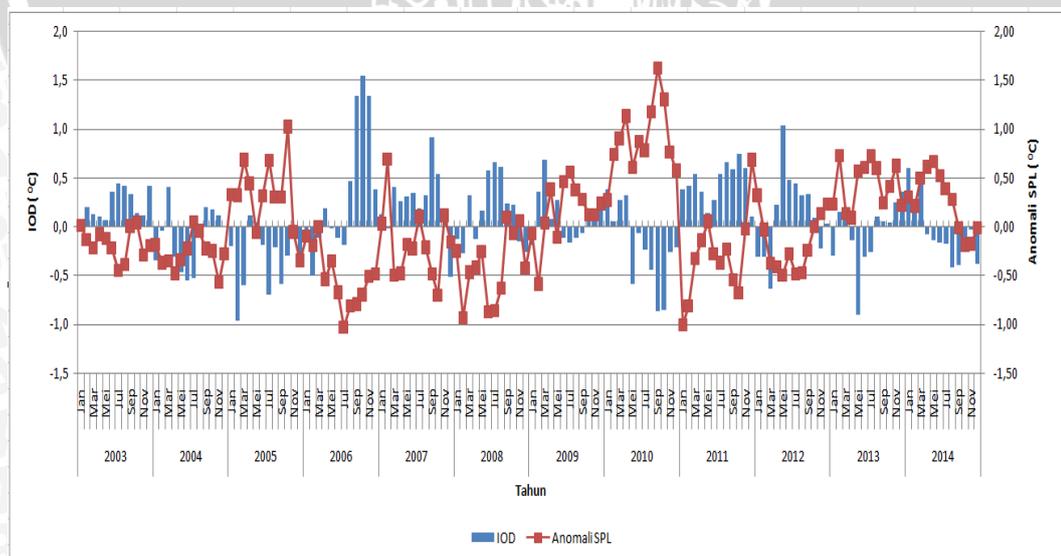
Gambar 18. Tren *Indian Ocean Dipole* Secara Temporal

Berdasarkan Gambar 18, dalam rentan tahun 2003 hingga tahun 2014 terjadi fenomena IOD positif dan negatif secara fluktuatif. Nilai index IOD atau yang biasa disebut dengan *Dipole Mode Index* (DMI) terdapat pada kisaran nilai antara $-0,962^{\circ}\text{C}$ hingga $1,544^{\circ}\text{C}$. Selama rentan tahun tersebut, IOD positif berada pada tahun-tahun seperti tahun 2003, tahun 2006 - 2009, tahun 2011 – 2012, dimana biasanya dicirikan dengan penurunan SPL pada bagian perairan Selatan Jawa. Sebaliknya IOD negatif seperti yang terjadi pada tahun 2004, tahun 2005, tahun 2010, dan tahun 2013 – 2014 yang mengakibatkan kenaikan SPL pada perairan Selatan Jawa. Hal ini diakibatkan karena adanya perbedaan

tekanan antara Samudera Hindia bagian barat dengan Samudera Hindia bagian timur, sehingga menyebabkan pergerakan angin yang mengarah ke tekanan yang lebih rendah. Ketika Samudera Hindia bagian barat memiliki tekanan yang lebih rendah maka angin akan bergerak ke arah barat. Pergerakan angin menimbulkan pergerakan arus yang membawa massa air ke arah barat pula, sehingga akan terjadi kekosongan massa air disebelah Samudera Hindia bagian timur pada permukaan lautnya. Dengan demikian suhu laut bagian dalam yang memiliki suhu lebih rendah akan terangkat ke permukaan yang mengandung banyak nutrisi. Hal sebaliknya juga terjadi pada Samudera Hindia bagian timur yang memiliki tekanan yang rendah.

4.2.2 Hubungan Fenomena *Indian Ocean Dipole* dengan Suhu Permukaan Laut

Data SPL yang telah didapat dan dihitung nilai anomalnya serta index IOD atau *Dipole Mode Index* yang diperoleh selanjutnya dihubungkan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara fenomena IOD terhadap SPL. Grafik hubungan antara fenomena IOD dan SPL terjadi pada Gambar 19.

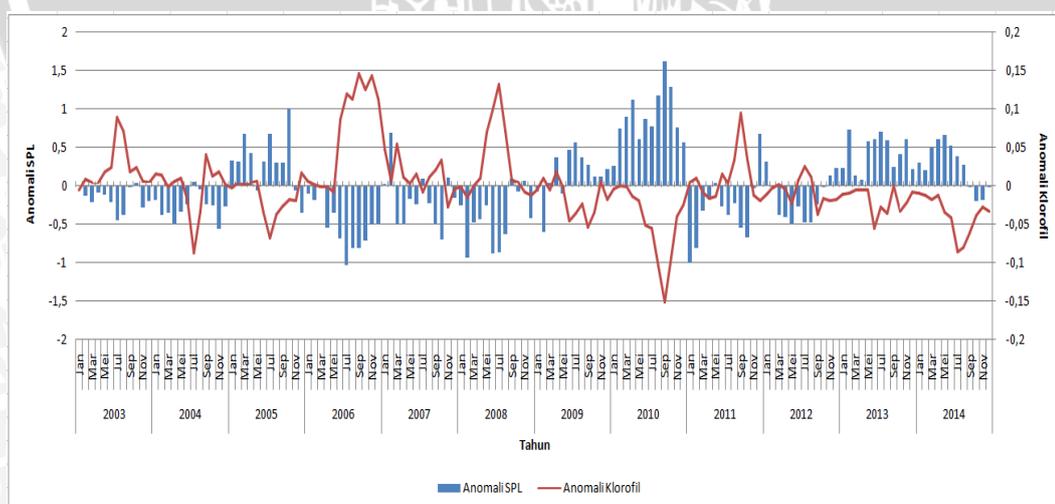


Gambar 19. Hubungan Fenomena Indian Ocean Dipole dengan Suhu Permukaan Laut

Berdasarkan grafik tersebut nilai IOD yang positif akan berdampak langsung terhadap penurunan SPL pada perairan Selatan Jawa, dan sebaliknya IOD negatif akan berdampak kenaikan SPL pada perairan tersebut. Sebagai contoh kejadian IOD positif pada musim Timur yakni pada bulan Juni, Juli, dan Agustus 2006 yang menggambarkan kenaikan nilai IOD mencapai $1,54^{\circ}\text{C}$ menyebabkan penurunan SPL pada perairan Selatan Jawa. Kejadian ini mengindikasikan bahwa banyak terjadinya proses *Upwelling* pada tahun tersebut dikarenakan kosongnya massa air di permukaan laut yang disebabkan oleh arah arus yang terbawa angin bergerak menjauhi pesisir Selatan Pulau Jawa. Pergerakan IOD negatif terjadi pada musim Timur di 2010 dan mengakibatkan meningkatnya SPL, sehingga pada perairan Selatan Jawa menjadi lebih hangat.

4.2.3 Hubungan Suhu Permukaan Laut dengan Klorofil-a

Data anomali SPL dihubungkan dengan data anomali klorofil-a yang telah diolah guna mengetahui seberapa kuat hubungan antara kedua parameter tersebut di Perairan Selatan Jawa. Grafik hubungan anomali SPL dan klorofil-a terjadi pada Gambar 20.



Gambar 20. Hubungan Anomali Suhu Permukaan Laut dengan Klorofil-a

Klorofil-a merupakan salah satu indikator terjadinya peningkatan nutrisi dari suatu perairan, dan erat kaitannya dengan perubahan Suhu Permukaan

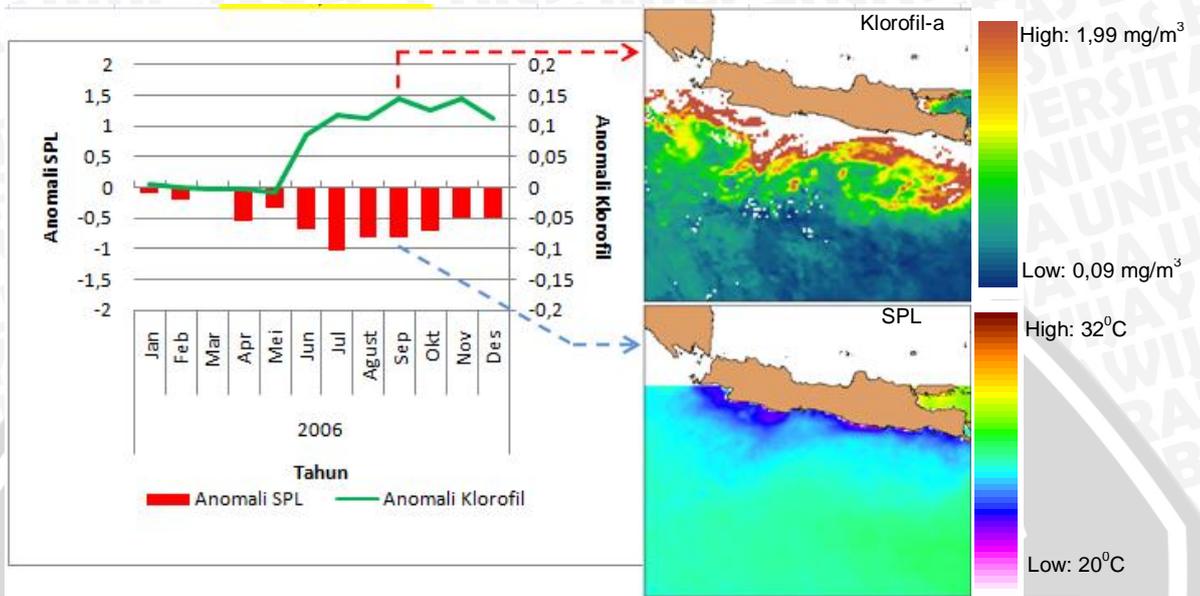
Laut. Klorofil-a lebih cenderung mengalami peningkatan konsentrasi di perairan yang memiliki suhu relatif rendah, yang biasanya diakibatkan oleh kenaikan massa air yang berasal dari dalam laut menuju ke permukaan. Dengan mengetahui perubahan SPL dari suatu perairan maka dapat diduga sebaran konsentrasi klorofi dan tingkat produktifitas dari perairan tersebut. Berdasarkan grafik pada Gambar 20 tersebut terlihat terjadi peningkatan Klorofil-a diikuti dengan penurunan SPL pada tahun – tahun tertentu yakni pada tahun 2003, 2006, 2008, dan 2011, sedangkan penurunan Klorofil-a yang diikuti dengan peningkatan SPL yang cukup drastis terjadi pada tahun 2005, 2009, 2010, 2013, dan 2014. Nilai konsentrasi sebaran SPL dan klorofil-a dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Konsentrasi Anomali SPL dan Klorofil-a yang masuk dalam Kategori Tinggi dan Rendah selama periode 2003-2014

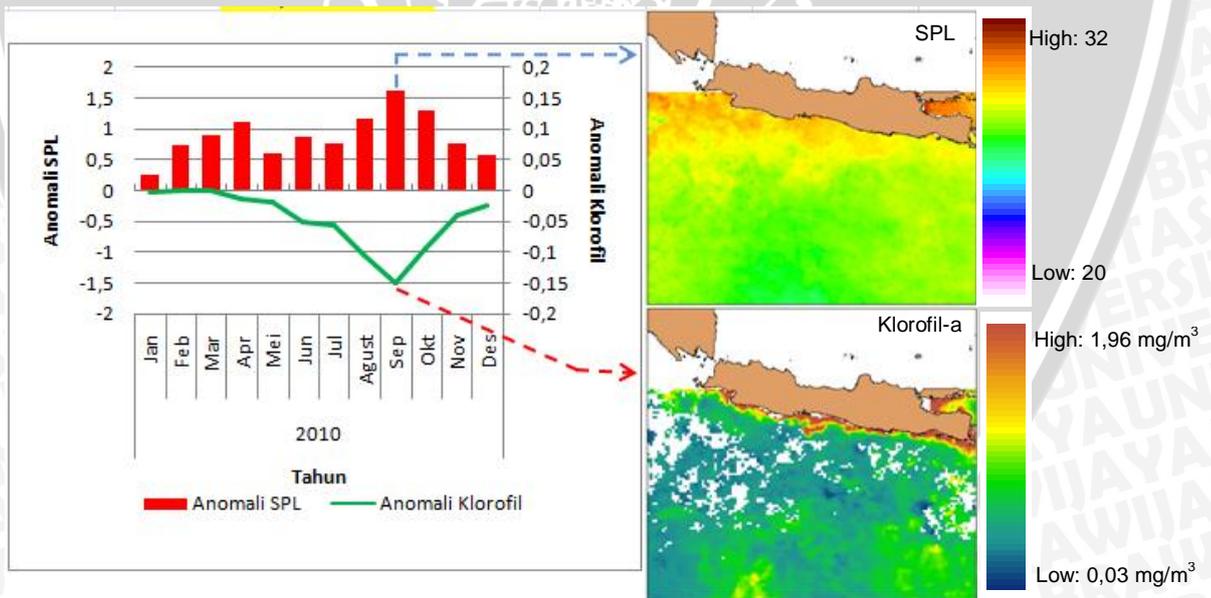
	Tahun	Nilai Konsentrasi Klorofil-a	Nilai SPL
Nilai Konsentrasi Klorofil-a Tinggi dan SPL Rendah	2003	0,09	-0,45
	2006	0,15	-0,80
	2008	0,13	-0,86
	2011	0,09	-0,54
Nilai Konsentrasi Klorofil-a Rendah dan SPL Tinggi	2005	-0,03	0,68
	2009	-0,02	0,28
	2010	-0,15	1,63
	2013	-0,06	0,61
	2014	-0,09	0,39

Tabel 5 menjelaskan bahwa terdapat 2 kelompok kejadian, (1) peningkatan Klorofil-a diikuti dengan penurunan SPL dengan peningkatan klorofil-a terbesar terjadi pada tahun 2006 dengan nilai $0,15 \text{ mg/m}^3$ dan penurunan Klorofil-a sebesar $-0,86 \text{ }^\circ\text{C}$, (2) penurunan klorofil-a diikuti dengan peningkatan SPL, dimana penurunan klorofil-a terendah terjadi pada tahun 2010 dengan nilai $-0,15 \text{ mg/m}^3$ dan peningkatan SPL mencapai $1,63 \text{ }^\circ\text{C}$. Hal ini dijelaskan pada Gambar 21 dan Gambar 22. Kejadian diatas disebabkan karena adanya faktor dari fenomena lain seperti ENSO yang terjadi pada Samudera Pasifik sehingga berimbas pada perairan Indonesia, seperti yang tertera pada

situs resmi NOAA (2015) yang menyebutkan bahwa telah terjadi *El-Nino* dengan intensitas yang sedang pada tahun 2006 dan *La-Nina* dengan intensitas yang cukup kuat pada tahun 2010.



Gambar 21. Nilai Konsentrasi Klorofil-a Tinggi dan SPL Rendah



Gambar 22. Nilai Konsentrasi Klorofil-a Rendah dan SPL Tinggi

4.3 Studi Kasus: Penangkapan Ikan di Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur

4.3.1 Letak Geografis dan Kondisi Topografis

Perairan Prigi merupakan suatu daerah strategis yang ada di Kabupaten Trenggalek. Terletak pada titik Koordinat $08^{\circ}17'22''$ LS dan $111^{\circ}43'58''$ BT. Termasuk dalam Desa Tasikmadu yang terletak ± 47 km dari Kota Trenggalek dan merupakan bagian dari Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur (Gambar 23).



Sumber Peta: Supardan (2009)

Gambar 23. Peta Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi

Perairan Desa Tasikmadu merupakan perairan teluk dengan dasar lumpur bercampur pasir dan sedikit berbatu karang. Teluk ini dinamakan dengan Teluk Prigi yang mempunyai kedalaman 6 – 45 meter (Dinas Kelautan dan Perikanan Trenggalek, 2008).

4.3.2 Karakteristik Perikanan Tangkap di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi

Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi adalah salah satu pelabuhan perikanan terbesar di selatan Jawa Timur. Ikan-ikan yang didaratkan di pelabuhan tersebut sangatlah beragam jenis maupun ukurannya. Total produksi ikan hasil tangkap yang berhasil terdata berdasarkan jenis ikan mencapai 53 lebih jenis ikan, seperti yang tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Jenis-jenis Ikan yang tertangkap di Perairan Prigi yang terdata di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi.

1	Albakora	16	Gurita	31	Lemadang	46	Teri
2	Alu-alu	17	Ikan lidan	32	Lemuru	47	Tetengkek
3	Ayam-ayam	18	Ikan Pendang	33	Manyung	48	Tongkol
4	Banyar	19	Julung-Julung	34	Pari Kembang	49	Ubur-ubur
5	Barakuda	20	Kakap	35	Peperek	50	Bentong
6	Bentong	21	Kembung	36	Selar Hijau	51	Udang Lobster
7	Beloso	22	Kenyar	37	Setuhuk biru	52	Udang Rebon
8	Biji Nangka	23	Kerapu Balong	38	Setuhuk Hitam	53	Lain-lain
9	Cakalang	24	Kurisi	39	Slengseng		
10	Cendro	25	Kwee	40	Sunglir		
11	Cucut Lanyam	26	Layang Anggur	41	Sunglir		
12	Cumi-Cumi	27	Layang benggol	42	Swanggi		
13	Ekor Merah	28	Layang deles	43	Tembang/tanjan		
14	Golok-golok	29	Layaran	44	Tembang/teri ijo		
15	Gulamah	30	Layur	45	Tenggiri		

Sumber: Laporan Tahunan PPN Prigi (2015)

Ditinjau dari daerah penangkapan nelayan Prigi yang sangat luas (Samudera Hindia), potensi perikanan tangkap yang sangat besar, jumlah alat tangkap dan armada yang besar, dan keanekaragaman jenis ikan ekonomis penting yang didaratkan, maka perikanan tangkap di wilayah ini sangat mungkin untuk terus dikembangkan.

Produksi perikanan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi pada lima tahun terakhir mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak menentu. Menurut nelayan setempat hal ini disebabkan karena pada 5 tahun terakhir ini terjadi

musim yang tidak menentu. Untuk lebih jelasnya tentang produksi ikan setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Produksi Perikanan (Ton) per Tahunnya di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi.

No.	Tahun	Produksi (Ton)	Anomali SPL ($^{\circ}\text{C}$)	Anomalo Klorofil-a (mg/m^3)	Index IOD
1	2003	46.756 (Tinggi)	-0,45	0,09	Positif
2	2004	17.794 (Sedang)	0,05	-0,09	Negatif
3	2005	14.346 (Sedang)	0,68	-0,03	Negatif
4	2006	23.603 (Sedang)	-0,80	0,15	Positif
5	2007	22.332 (Sedang)	-0,70	0,03	Positif
6	2008	26.355 (Sedang)	-0,86	0,13	Positif
7	2009	23.571 (Sedang)	0,28	-0,02	Negatif
8	2010	7.676 (Rendah)	1,63	-0,15	Negatif
9	2011	40.896 (Tinggi)	-0,54	0,09	Positif
10	2012	36.375 (Tinggi)	-0,48	0,03	Positif
11	2013	30.509 (Tinggi)	0,61	-0,06	Negatif
12	2014	17.719 (Sedang)	0,39	-0,09	Negatif

Sumber: Laporan Tahunan PPN Prigi (2015), modifikasi

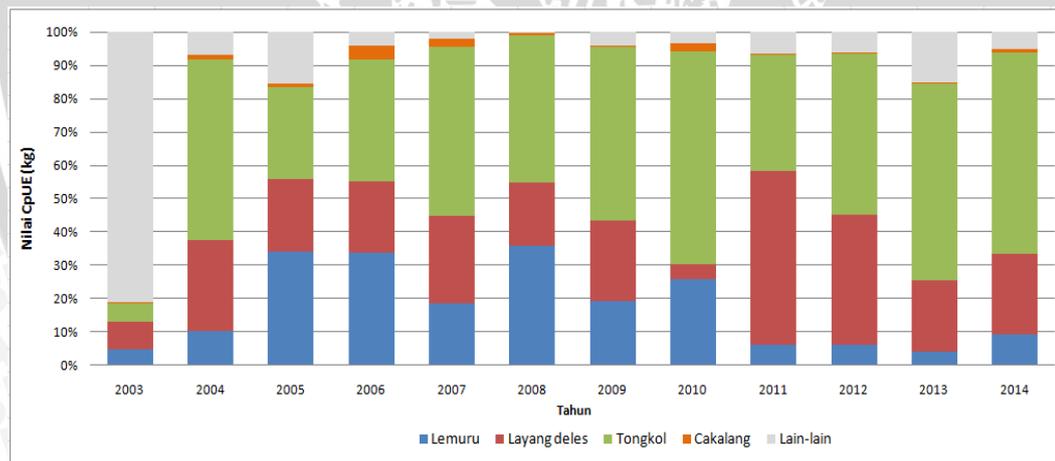
4.3.3 Hasil Seleksi Jenis Ikan Dominan

Dari perhitungan yang dilakukan, didapat beberapa jenis ikan yang telah diseleksi seperti yang disajikan pada Tabel 7. Ikan-ikan yang terseleksi ini merupakan jenis ikan dominan yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi.

Tabel 7. Persentase Jenis Ikan Hasil Seleksi di Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi (%)

Tahun	Lemuru	Layang deles	Tongkol	Cakalang	Lain-lain	Jumlah
2003	3%	4%	6%	0%	87%	100%
2004	10%	27%	54%	2%	7%	100%
2005	34%	22%	27%	2%	15%	100%
2006	33%	22%	37%	4%	4%	100%
2007	18%	26%	51%	3%	2%	100%
2008	36%	19%	44%	1%	0%	100%
2009	19%	25%	52%	1%	3%	100%
2010	25%	5%	64%	2%	4%	100%
2011	6%	53%	35%	0%	6%	100%
2012	6%	39%	49%	0%	6%	100%
2013	4%	21%	59%	1%	15%	100%
2014	9%	24%	61%	1%	5%	100%

Data yang telah diseleksi kemudian dihitung menjadi persentase untuk dilihat persentase jenis ikan pada setiap tahunnya. Hasil persentase dari jenis ikan dominan ini dijelaskan pada Gambar 24.



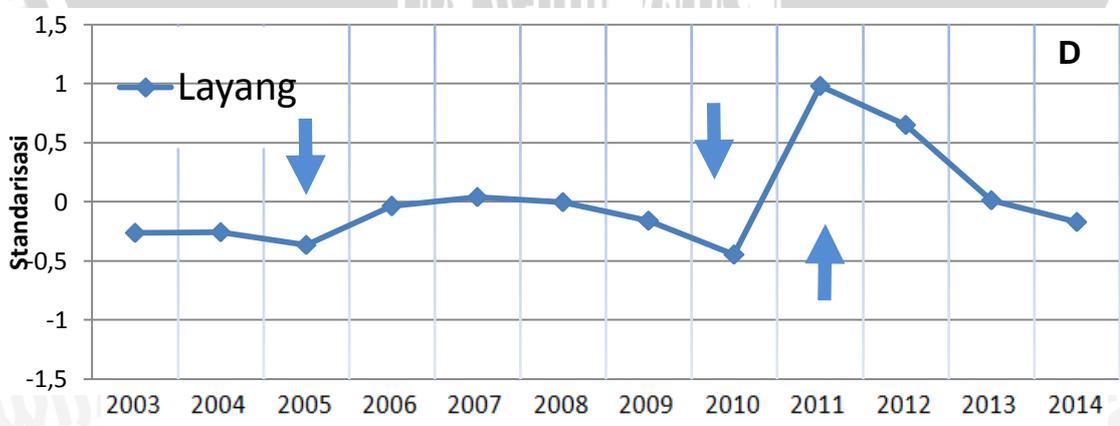
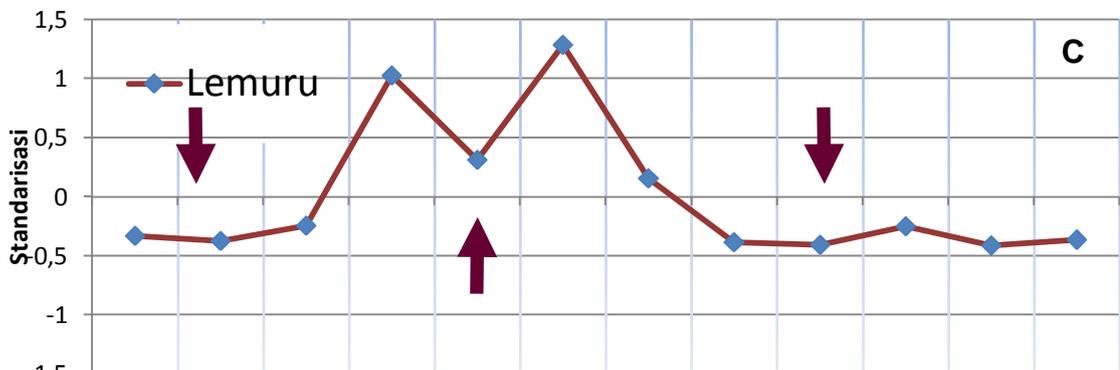
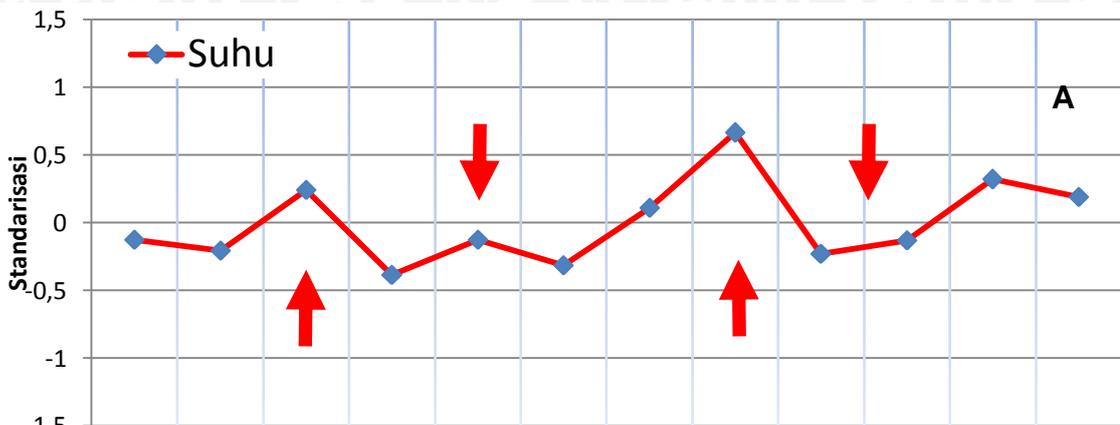
Gambar 24. Persentase Produksi CpUE Ikan per Tahun

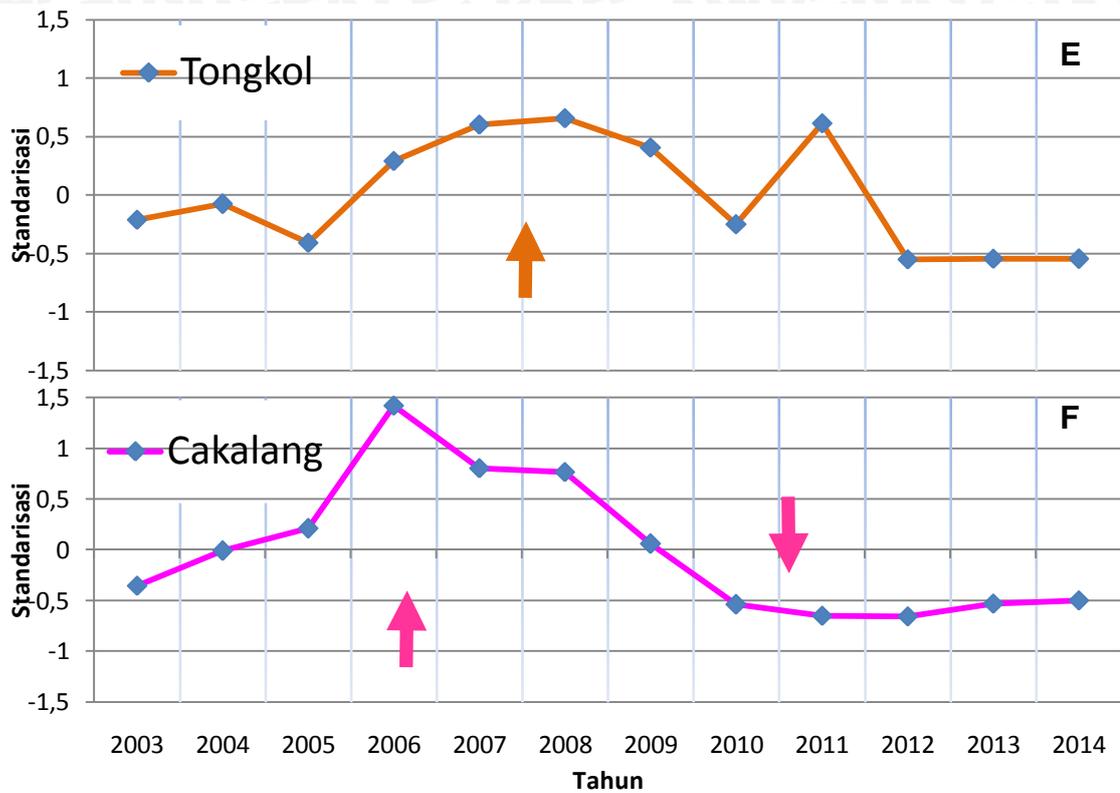
Grafik pada Gambar 24 menunjukkan terjadinya fluktuasi ikan hasil tangkap. Hasil tangkap ikan tongkol memiliki persentase tertinggi yang berada pada tahun 2010 yakni mencapai 64% dari seluruh total produksi pada tahun tersebut. Disusul dengan jenis ikan layang berada di urutan kedua dengan nilai persentase tertinggi berada pada tahun 2011 yang mencapai 53% dari total hasil

produksi. Ketiga yakni ikan lemuru dengan nilai persentase tertinggi terjadi pada tahun 2008 yang mencapai 36% dari total hasil produksi. Pada tahun 2003 persentase hasil tangkapan dalam kategori lain-lain memiliki angka persentase yang cukup besar, hal ini dikarenakan menurut penelitian yang dilakukan oleh Mochtar (2004) pada tahun tersebut terjadi penangkapan jenis ikan ubur-ubur yang dilakukan oleh para nelayan setempat secara besar-besaran dikarenakan permintaan pasar dunia yang diekspor ke berbagai negara seperti Cina, Hongkong, dan Taiwan. Penangkapan ubur-ubur di laut pada umumnya tidak menimbulkan masalah lingkungan. Namun saat pengolahan berlangsung, dampak negatif dari pengolahan ubur-ubur banyak dirasakan oleh masyarakat setempat dan meresahkan sebagian orang. Seperti yang diberitakan oleh Harian Radar Tulungagung (2003), pencemaran limbah akibat pengolahan ubur-ubur sebagai dampak penggunaan bahan kimia seperti kapur, tawas dan kaporit menyebabkan pohon di sekitar Pantai Prigi mati. Sehingga dikeluarkannya kebijakan berupa pembatasan penangkapan terhadap ubur-ubur.

4.3.4 Analisis Standarisasi Data

Perhitungan standarisasi yang telah didapat kemudian dibuat grafik dengan kisaran nilai -1,5 hingga 1,5 pada masing-masing data yakni data SPL, Klorofil-a, ikan lemuru, ikan layang, tongkol, dan cakalang. Kemudian seluruh standarisasi dari masing-masing jenis ikan tersebut akan dibandingkan dengan standarisasi parameter oseanografi untuk melihat keterkaitan dengan faktor-faktor oseanografi. Adapun grafik standarisasi dapat dilihat pada Gambar 25.

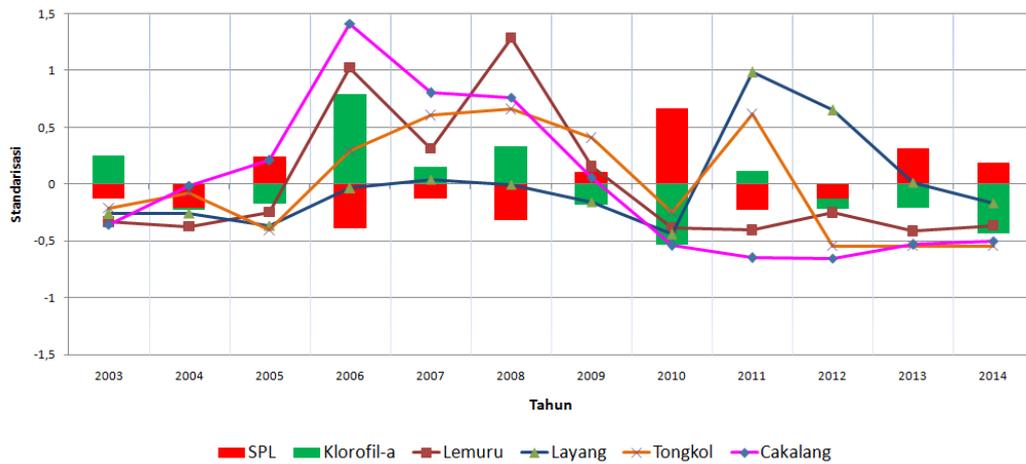




Gambar 25. Nilai Standarisasi A) SPL; B) Klorofil-a, C) Lemuru; D) Layang; E)Tongkol; F) Cakalang

Berdasarkan grafik pada Gambar 25 dapat dilihat bahwa SPL mengalami peningkatan pada tahun 2005 dan 2010 yang mengindikasikan adanya fenomena IOD negatif yang sangat kuat yang terjadi pada bagian barat Samudera Hindia. Kejadian peningkatan tersebut juga diikuti dengan penurunan yang cukup drastis pada nilai konsentrasi Klorofil-a pada tahun-tahun tersebut. Secara umum nilai rata-rata dari SPL mulai tahun 2003 hingga 2014 mengalami peningkatan dari yang awalnya -0,127 pada tahun 2003, dan pada tahun 2014 meningkat menjadi 0,188.

Untuk dapat menganalisis hubungan nilai standarisasi dari data ikan hasil tangkap terhadap faktor oseanografi seperti SPL dan klorofil-a, maka dibuat grafik seperti yang disajikan pada Gambar 26.



Gambar 26. Nilai Standarisasi Gabungan

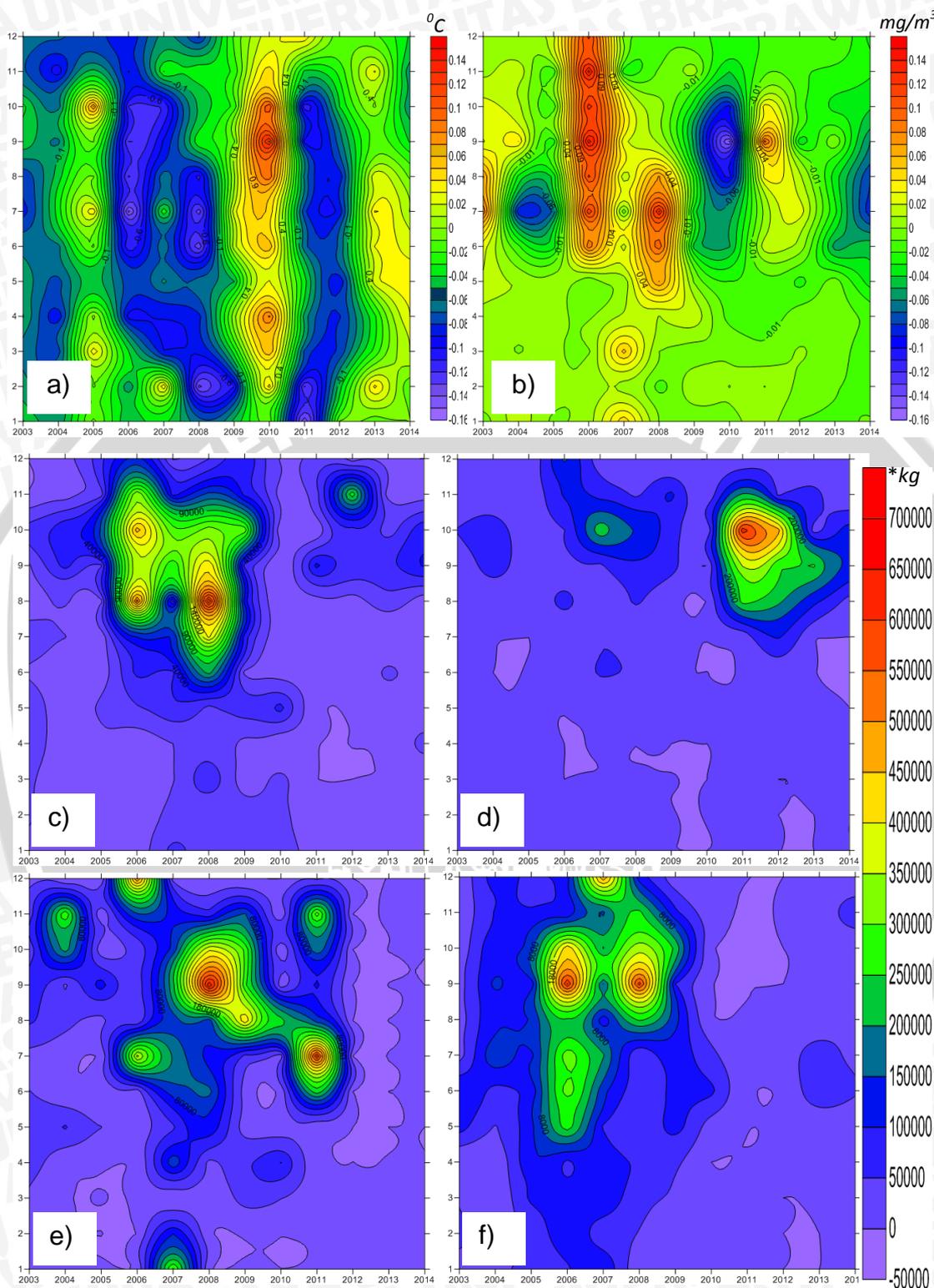
Keempat jenis ikan yang nilai standarisasinya telah disatukan dan dibandingkan dengan nilai standarisasi SPL dan konsentrasi klorofil-a akan terlihat tren dari masing-masing jenis ikan tersebut. Pada ikan jenis lemuru, tren nya cenderung meningkat pada tahun-tahun yang mengalami penurunan suhu seperti pada tahun 2006, 2007, dan 2008 dimana terjadi peningkatan klorofil-a ke permukaan laut yang akan menjadi makanan ikan lemuru yang merupakan ikan pelagis yang hidup dekat pada permukaan perairan. Diikuti pula dengan jenis ikan-ikan yang lainnya seperti ikan layang, tongkol, dan cakalang.

Pada tahun 2011 hingga 2014 produksi tangkapan ikan lemuru, cakalang, dan tongkol mengalami penurunan. Berdasarkan penelitian Purwaningsih (2012), hal ini diakibatkan oleh adanya penangkapan ikan secara besar-besaran pada tahun 2006, 2007, dan 2008 pada saat melimpahnya jenis ikan tersebut dan ditambah dengan adanya pengaruh fenomena IOD negatif pada tahun 2010 yang mengakibatkan peningkatan SPL pada tahun tersebut, dimana ada kecenderungan nilai klorofil-a menurun, sehingga terjadinya penurunan jumlah ikan yang tertangkap.

4.3.5 Hubungan variasi SPL dan Klorofil-a terhadap penangkapan ikan dominan

Analisis variasi SPL yang menggambarkan hubungan SPL dan klorofil-a terhadap penangkapan ikan bertujuan untuk mengetahui perbandingan perubahan nilai SPL dan klorofil-a terhadap dinamika produksi ikan hasil tangkap dari tahun 2003 hingga 2014 secara temporal dan spasial. Semua data tersebut diolah menggunakan *software Surfer* dan didapatkan hasil seperti tersaji pada Gambar 27.

Gambar 27 menampilkan gambaran variasi SPL dan klorofil terhadap data produksi perikanan, terlihat bahwa hubungan antara SPL dan Klorofil-a sangat berkaitan erat, seperti yang terjadi pada tahun 2006, 2007, dan 2008 yang cenderung mengalami penurunan SPL diikuti pula dengan peningkatan konsentrasi klorofil pada tahun tersebut, terutama pada musim timur. Pada tahun tersebut juga diikuti dengan melimpahnya produksi ikan lemuru dan ikan cakalang. Pada tahun selanjutnya yakni tahun 2010 cenderung mengalami peningkatan SPL yang diikuti dengan rendahnya konsentrasi Klorofil-a pada tahun tersebut, namun pada jenis ikan tongkol masih mengalami adanya produksi meskipun jumlahnya relatif sedikit. Kembali mengalami penurunan SPL hampir di sepanjang tahun 2011, yang cenderung masih mengalami adanya produksi pada jenis ikan layang dan tongkol. Pada ikan lemuru dan cakalang semakin menurunnya tingkat produksi dari kedua ikan tersebut mulai dari tahun 2011 hingga 2014, hal ini dikarenakan adanya dampak dari meningkatnya suhu permukaan pada tahun 2010 yang berimbas menurunnya stok produksi ikan pada tahun-tahun berikutnya. Faktor lain juga disebabkan terjadinya *overfishing* terhadap produksi penangkapan ikan lemuru dan dan cakalang pada tahun 2006 hingga 2008 yang memang mengalami kelimpahan pada tahun tersebut.



Gambar 27. a) Variasi SPL ; b) Klorofil-a ; c) Produksi Ikan Lemuru ; d) Produksi Ikan Layang ; e) Produksi Ikan Tongkol ; f) Produksi Ikan Cakalang

Menurut Coleman dan William (2002), secara sederhana *overfishing* dapat diartikan sebagai penurunan jumlah sumberdaya laut yang tajam disebabkan karena aktivitas penangkapan yang semakin tinggi dan berlebihan dari batas yang ditetapkan, sehingga menyebabkan penurunan populasi, penurunan keanekaragaman spesies, serta konsekuensi yang luas terhadap kerusakan ekosistem. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Purwaningsih (2012) menunjukkan bahwa kegiatan *overfishing* yang dilakukan nelayan terjadi ketika terjadi fenomena *El-Nino*. Pada saat itu pasokan ikan pelagis khususnya lemuru meningkat sehingga terjadi peningkatan trip melaut nelayan dan menjadikannya sebagai musim tangkapan ikan. Nelayan cenderung berlomba-lomba melaut dan menguras pasokan ikan tanpa memperhatikan kapasitas lestari yang ada di perairan Selatan Jawa.

4.3.6 Analisis *Principal Component Analysis* (PCA)

Analisis PCA dilakukan menggunakan *software* XLStat. Data yang dianalisis merupakan data SPL, Klorofil-a, dan data produksi ikan CpUE yakni data ikan lemuru, layang, tongkol, dan cakalang. Pada analisis data PCA didapat nilai *correlation matrix*. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara data yang satu dengan data yang lainnya. Hubungan korelasi ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai *Correlation matrix* pada seluruh parameter yang digunakan

<i>Variables</i>	SPL	Klorofil	IOD	Lemuru	Layang	Tongkol	Cakalang
SPL	1	-0,677	-0,591	-0,309	-0,201	-0,163	-0,244
Klorofil	-0,677	1	0,601	0,508	0,178	0,254	0,344
IOD	-0,491	0,601	1	0,413	0,289	0,242	0,168
Lemuru	-0,309	0,508	0,413	1	0,195	0,375	0,622
Layang	-0,201	0,178	0,289	0,195	1	0,226	-0,001
Tongkol	-0,163	0,254	0,242	0,375	0,226	1	0,371
Cakalang	-0,244	0,344	0,168	0,622	-0,001	0,371	1

Tabel 8 menunjukkan keterkaitan atau hubungan antar parameter yang digunakan dalam penelitian ini. Pada variabel SPL mempunyai korelasi yang tinggi dengan klorofil-a dan IOD. Hal ini membuktikan jika SPL berperan penting dalam perubahan tingkat konsentrasi klorofil-a beserta adanya fenomena IOD. Begitupula pada variabel klorofil-a yang memiliki pengaruh kuat terhadap produksi ikan seperti lemuru yang memang sangat berpengaruh terhadap keberadaan klorofil-a sebagai makanan utamanya, diikuti dengan ikan-ikan yang lain seperti layang, tongkol, dan cakalang.

Analisis PCA juga menggunakan jenis analisis lainnya, seperti *Principal Component Loading From Correlation Matrix* (Tabel 9) yaitu untuk mengetahui keeratan dari masing-masing data yang ada sehingga dapat dilihat seberapa besar keeratannya. Menurut Abdi (2010) semakin tinggi nilai *Loading* dari suatu variabel maka variabel tersebut memiliki pengaruh dalam pembentukan *principle component score* dan sebaliknya. Kolom F1 menunjukkan keeratan yang besar dari sebuah data, sedangkan kolom F2, F3, F4, dan F5 menunjukkan bahwa keeratannya semakin

Tabel 9. Nilai *Principal Component Loading from Correlation Matrix*

	F1	F2	F3	F4	F5
SPL	-0,705	0,400	0,287	-0,117	0,422
Klorofil-a	0,826	-0,241	-0,276	0,063	-0,038
IOD	0,723	-0,388	-0,006	0,072	0,501
Lemuru	0,765	0,376	-0,008	-0,321	0,193
Layang	0,370	-0,347	0,772	-0,331	-0,180
Tongkol	0,529	0,398	0,466	0,585	-0,028
Cakalang	0,604	0,649	-0,151	-0,211	-0,166

Principal component loadings from correlation matrix dengan analisis PCA dari SPL, klorofil-a, IOD, dan produksi hasil tangkap ikan (Tabel 9) menunjukkan bahwa SPL, klorofil-a, IOD, dan jenis ikan lemuru berada pada kolom F1, sedangkan untuk ikan layang berada pada kolom F3, ikan tongkol pada kolom 4,

dan ikan cakalang pada kolom F2. Hal ini menunjukkan bahwa variabilitas SPL, klorofil-a, dan IOD berpengaruh besar terhadap produksi hasil tangkap ikan lemuru.

Berdasarkan hasil korelasi antara parameter oseanografi, fenomena IOD, dan produksi hasil tangkapan ikan menunjukkan bahwa pada jenis ikan lemuru didapat hasil yang signifikan terhadap klorofil-a dengan nilai korelasi yaitu 0,508. Hal ini dikarenakan ikan lemuru merupakan jenis ikan pemakan zooplankton dan fitoplankton, makanan utamanya yakni zooplankton dengan persentase sekitar 90,52% - 95,54%, dan juga fitoplankton yang berjumlah sekitar 4,46% - 9,48 (Awaluddin dan Praseno, 1982). Namun dibutuhkan jeda waktu selama kurang lebih 3 bulan dari konsentrasi klorofil-a yang tinggi terhadap peningkatan produksi tangkap ikan lemuru (Sartimbul *et al.*, 2010). Menurut Merta (1992) dalam Panjaitan (2009), lemuru cenderung bergerak secara bergerombol (*schooling*) yang cukup besar pada kedalaman 40 – 80, 20 – 70 m, dan 50 m. Pendapat dari Burhanuddin *et al.*, (1984) juga mengatakan hal yang sama, yaitu ikan lemuru biasa mendiami daerah yang mengalami proses penaikan massa air hingga dapat mencapai biomassa yang tinggi, karena itu nilai produktifitas perairan (klorofil-a) sebagai sumber makanan ikan lemuru mempunyai kontribusi yang besar terhadap kelangsungan hidupnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variabilitas dari parameter oseanografi seperti pada Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Konsentrasi Klorofil-a memiliki keterkaitan yang erat. Variabilitas SPL tertinggi ditemukan pada tahun 2010 dengan suhu mencapai $30,72\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan nilai SPL terendah terjadi pada tahun 2006 dengan suhu $25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Untuk konsentrasi Klorofil-a nilai data tertinggi ditemukan pada tahun 2006 dengan nilai $0,44\text{ mg/m}^3$ (konsentrasi tinggi) dan nilai terendah pada tahun 2010 yakni $0,08\text{ mg/m}^3$ (konsentrasi rendah).
2. Berdasarkan hasil perbandingan tren anomali yang terjadi pada SPL dan Klorofil-a, pengaruh SPL berbanding terbalik terhadap IOD. Ketika mengalami IOD Positif maka akan mengalami penurunan SPL pada perairan Selatan Jawa, begitu juga sebaliknya. Namun pengaruh Klorofil-a berbanding lurus terhadap IOD. Ketika mengalami IOD Positif maka pada perairan Selatan Jawa cenderung mengalami peningkatan Klorofil-a.
3. Berdasarkan hubungan antara dinamika penangkapan ikan dengan fenomena IOD, menunjukkan bahwa produksi ikan hasil tangkapan cukup tinggi antara tahun 2006 hingga 2009, namun pada 5 tahun kebelakang cenderung mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti sering terjadinya IOD negatif ataupun dikarenakan adanya penangkapan ikan secara berlebihan pada tahun 2006 hingga 2009.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, adapun saran yaitu:

1. Untuk melengkapi hasil dari penelitian ini, disarankan adanya penelitian lanjutan dengan penambahan faktor-faktor oseanografi lainnya maupun

faktor-faktor meteorologi, agar dapat diketahui seberapa besar dampak faktor-faktor tersebut terhadap dinamika penangkapan ikan secara holistik.

2. Penggunaan metode analisis lainnya dapat digunakan untuk membantu proses analisis sehingga penyajian hasil analisis akan lebih mudah untuk dipahami.



DAFTAR PUSTAKA

- Adisaputra, A. 2011. **Variabilitas Arus, Suhu, dan Angin di Perairan Barat Sumatera beserta Inter-relasinya dengan Indian Ocean Dipole Mode (IODM) dan El Nino Southern Oscillation (ENSO)**. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. IPB
- Abdi, H. L. J. Williams. 2010. **Principal Component Analysis**. WIREs Comp Stat 2 : 433-459
- Arikunto, S. 1998. **Prosedur Penelitian "Suatu Pendekatan Praktek"**. Rieneka Cipta. Jakarta. 378 hal.
- Awaluddin, M.Y. dan D.P Praseno. 1982. **Lingkungan Perairan Selat Bali. Dalam: Prosiding Seminar Perikanan Lemuru** (S. Nurhakim, Budiharjo dan Suparno). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Jakarta.
- Burhanuddin, M. Hutomo, S. Martosewojo, dan R. Moeljianto. 1984. **Sumber daya Ikan Lemuru**. Lembaga Osenologi Nasional. Jakarta
- Coleman, F. C. dan S. L. Williams. **Overexploiting marine ecosystem engineer : Potential Consequences for Biodiversity : Trends in ecology and Evolution**. 17: 40-44
- Dahuri, R., J. Rais, S. P. Ginting, M.J. Sitepu. 2008. **Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu**. PT. Pradnya Paramita. Cetakan pertama, Jakarta.
- Dinas Kelautan dan Perikanan. 2008. **Laporan Tahunan Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Trenggalek 2008**. Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Trenggalek.
- Gingele, F. X., P. D. Deckker, A. Girault, and F. Guichard. 2001. **History of the South Java Current over the past 80 ka**. Elsevier. Res.183 : 247-260.
- Kunarso, S. Hadi, N.S. Ningsih, dan M.S. Baskoro. 2011. **Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah Upwelling pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor**. Ilmu Kelautan. Vol.16 (3) 171-180
- Kunarso, S. Hadi, dan N.S. Ningsih. 2005. **Kajian Lokasi Upwelling Untuk Penentuan Fishing Ground Potensial Ikan Tuna**. Ilmu Kelautan, 10(2): 61-67.
- Lalli, C.M., dan T.R. Parson. 1994. **Biological Oceanography: An introduction**. Pergamon, BPC Wheatons Ltd, British. 301p.
- Meyers, G., P. McIntosh, L. Pigot, dan M. Pook. 2006. **The Years of El Nino, La Nina and Interactions with the Tropical Indian Ocean**. J. Climate. 20:2,872- 2,880.

Mochtar, J. 2004. **Keragaan Kegiatan Perikanan Ubur-ubur (*Jellyfish*) di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Prigi, Kab. Trenggalek, Jawa Timur.**

Murtugudde, R. G., S.R. Signorini, J. R. Christian, A. J. Busalacchi, C. R. McClain, dan J. Picaut,. 1999. ***Ocean color variability of the tropical Indo-Pacific basin observed by SeaWIFS during 1997-1998.*** J. Geophys. Res.104 : 18351-18366.

Nazir, 2005. **Metode Ilmiah.** PT. Ghalia Indonesia. Jakarta

NOAA, 2015. **Climate Prediction Center.**
http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Di akses pada tanggal 12 Juni 2015.

Nontji, A. 2005. **Laut Nusantara.** Penerbit Djambatan . Jakarta.

Panjaitan, R. 2009. **Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a Dan Suhu Permukaan Laut Dari Citra Satelit Aqua Modis Serta Hubungannya Dengan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru Di Perairan Selat Bali.** Skripsi. Program Studi Perikanan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi, 2015. **Laporan Tahunan PPN Prigi tahun 2003 s/d 2014.** Trenggalek: Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi Kabupaten Trenggalek

Purba, M., I Wayan Nurjaya dan S. Utaminingsih. 1992. **Variasi Suhu Permukaan Laut Yang Diukur Dengan Satelit NOAA dan Kaitannya Dengan Proses Upwelling di Perairan Selatan Jawa.** Laporan Penelitian. Fakultas Perikanan, IPB.

Purba, M., I. N. M. Natih, dan Yuli Naulita. 1997. **Karakteristik dan Sirkulasi Massa Air di Perairan Selatan Jawa-Sumbawa, 5 Maret -2April dan 23 Agustus-30 September, 1990.** Laporan Penelitian. Fakultas Perikanan IPB-BPP Teknologi.

Purwaningsih, R. 2012. **Pengembangan Model Simulasi Kebijakan Pengelolaan Ikan Berkelanjutan.** Jurnal Teknik Industri. Vol. 4. No. 1, Juni 2012 hal. 25-34

Pusat Survey Sumberdaya Alam Laut. 2004. **Inventarisasi Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup “Sebaran Klorofil-a di perairan Indonesia.** Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional. Jakarta.

Radar Tulungagung, 18 Juli 2003. **Dewan Mencak-mencak Soal Ubur-ubur Pemkab dicap Banci.** Radar Tulungagung:26(3-6).

Robinson, I.S., 1985. **Satelite Oceanography On Introduction for Oceanographer and Remote Sensing Scientist.** Ellis Harwood Ltd. John Willey and Sons. New York.

- Saji, N.H, B.N. Goswami, P.N. Vinayachandran, dan T. Yamagata. 1999. **A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean**. *Nature*, 401: 360-363.
- Sartimbul, A., Nakata, H., Rohadi, E., Yusuf, B., H.P Kadarisman. 2010. **Variations in Chlorophyll-A Concentration and The Impact on Sardinella Lemuru Catches in Bali Strait, Indonesia**. *Progress in Oceanography* 87. Vol 168–174
- Sartimbul, A., H. Nakata, I. Perry, E.Rohani, dan B. Yusuf. 2006. **Recent Change in Water Temperature and Its Effect on Fisheries Catch of Bottom Gillnets in A Coastal Region of The Thusima warm Current. Societe Franco-Japonainase d'Oceanographie**. Tokyo.
- Supangat, A. dan Susanna. 2003. Pengantar Oseanografi. **Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non-Hayati. Badan Riset Kelautan dan Perikanan**. Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Supardan, A. **Indonesian Fishing Ports 2009**. Directorate General of Capture Fisheries; Ministry of Marine Affairs and Fisheries. Jakarta.
- Susanto, D., dan J. Marra. 2005. **Effect of the 1997/1998 El Niño on Chlorophyll-a Variability along the Southern Coast of Java and Sumatera**. *J. Oceanography*, 18(4): 124-127
- Susanto, R.D., A.L. Gordon, dan Q. Zheng. 2001. **Upwelling along the Coast of Java and Sumatra and Its relation to ENSO, J**. *Geophysical Research Letters*. 28(8): 1599-1602.
- Wilopo, M.S. 2005. Karakter **Fisik Oseanografi di Perairan Barat Sumatera dan Selatan Jawa – Sumbawa dari Data Satelit Multi Sensor**. Program Studi Ilmu Kelautan. IPB.
- Wyrkti, K. 1961. **Physical Oceanography of South East Asian Water**. Naga Report.Vol 2. Scripps Institution of Oceanography. The University of California. La Jolla. California.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai Rata-rata Suhu Permukaan Laut Perairan Selatan Jawa Tahun 2003 – 2014 ($^{\circ}\text{C}$)

Bulan	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	29,21	29,02	29,53	29,1	29,22	28,94	29,13	29,46	28,2	29,51	29,43	29,5
Februari	29,47	29,22	29,91	29,41	30,29	28,67	29	30,34	28,79	29,56	30,33	29,8
Maret	29,61	29,48	30,5	29,83	29,33	29,35	29,87	30,72	29,5	29,45	29,96	30,33
Aapril	29,5	29,1	30,02	29,04	29,1	29,16	29,96	30,71	29,44	29,18	29,67	30,19
Mei	28,85	28,63	28,91	28,62	28,79	28,71	28,86	29,57	29,01	28,47	29,54	29,63
Juni	27,82	27,8	28,35	27,35	27,8	27,16	28,5	28,91	27,76	27,76	28,64	28,56
Juli	26,49	26,99	27,62	25,91	27,03	26,08	27,5	27,71	26,56	26,46	27,65	27,33
Agustus	25,93	26,26	26,62	25,5	26,09	25,68	26,69	27,49	26,08	25,84	26,9	26,59
September	26,3	26,07	26,61	25,5	25,82	26,4	26,58	27,93	25,76	26,06	26,55	26,29
Oktober	27,13	26,84	28,11	26,39	26,4	27,02	27,22	28,39	26,42	27,1	27,51	26,9
November	27,76	27,48	27,98	27,54	28,15	28,11	28,17	28,81	28,02	28,18	28,66	27,86
Desember	28,77	28,69	28,61	28,48	28,81	28,54	29,19	29,53	29,64	29,2	29,18	28,95

Lampiran 2. Nilai Rata-rata Konsentrasi Klorofil-a Perairan Selatan Jawa Tahun 2003 – 2014 (mg/m³)

Bulan	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	0,10	0,12	0,10	0,11	0,15	0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09
Februari	0,11	0,12	0,11	0,10	0,11	0,09	0,11	0,10	0,11	0,10	0,09	0,09
Maret	0,11	0,11	0,11	0,11	0,16	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,09
Aapril	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11
Mei	0,16	0,15	0,14	0,13	0,14	0,21	0,14	0,12	0,12	0,11	0,13	0,10
Juni	0,22	0,18	0,16	0,28	0,21	0,29	0,15	0,14	0,21	0,20	0,14	0,15
Juli	0,35	0,18	0,20	0,38	0,26	0,40	0,23	0,21	0,27	0,29	0,24	0,18
Agustus	0,39	0,28	0,28	0,43	0,33	0,39	0,29	0,21	0,35	0,33	0,28	0,23
September	0,31	0,33	0,27	0,44	0,31	0,30	0,24	0,14	0,39	0,25	0,29	0,23
Oktober	0,23	0,22	0,18	0,33	0,24	0,21	0,17	0,11	0,24	0,19	0,17	0,16
November	0,14	0,15	0,12	0,28	0,11	0,13	0,14	0,09	0,12	0,11	0,11	0,11
Desember	0,11	0,11	0,13	0,22	0,11	0,10	0,09	0,08	0,09	0,09	0,10	0,08

Lampiran 3. Nilai Index IOD atau Dipole Mode Index (DMI) Tahun 2003 - 2014

Bulan	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	-0,05975	-0,34793	-0,19481	-0,13347	0,132332	-0,1294	-0,18925	0,382767	0,376902	-0,30967	-0,29407	0,603734
Februari	0,203216	-0,04311	-0,96176	-0,49817	-0,01383	-0,26845	0,359119	0,054166	0,422203	-0,30839	0,156797	0,151594
Maret	0,124584	0,407652	-0,59621	-0,11337	0,409656	0,324827	0,688078	0,269977	0,541905	-0,64089	0,111805	0,529088
Aapril	0,103382	-0,3056	0,111346	0,184368	0,263141	-0,12485	0,079849	0,323597	0,360647	0,225835	-0,14245	-0,08338
Mei	0,062073	-0,4717	0,037834	-0,02021	0,307986	0,166898	0,267895	-0,5907	0,135253	1,029766	-0,89649	-0,13327
Juni	0,352441	-0,55587	-0,19348	-0,12051	0,346471	0,574109	-0,11609	-0,06307	0,267696	0,472852	-0,31469	-0,15816
Juli	0,444657	-0,52078	-0,69553	-0,1816	0,189774	0,660507	-0,16749	-0,23045	0,539267	0,438537	-0,25814	-0,18039
Agustus	0,412223	-0,0504	-0,20727	0,470057	0,325356	0,605819	-0,11177	-0,44633	0,65491	0,321754	0,098032	-0,41979
September	0,333577	0,201796	-0,59092	1,334015	0,917256	0,235571	-0,06774	-0,87179	0,593116	0,336517	0,051284	-0,3878
Oktober	0,145374	0,17306	-0,29585	1,544385	0,53533	0,22186	0,118728	-0,85432	0,743491	0,093589	0,039917	-0,13351
November	0,111844	0,113866	-0,09226	1,333177	0,051577	-0,15221	0,12502	-0,26208	0,604578	-0,22421	0,251038	-0,02683
Desember	0,41269	0,000525	-0,33747	0,382667	-0,515	-0,26587	0,295828	-0,21132	0,102386	0,025052	0,352664	-0,37772

Lampiran 4. Data Produksi Ikan Lemuru Tahun 2003 – 2014 (kg)

Bulan	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	6555,556	52,63158	8400	3800	23200	14800	15238,46	13084,08	7237	4108,667	810,3636	2137,615
Februari	12444,44	52,63158	5800	1000	14200	10500	12837,69	12060	3317,231	3846,833	2939	104,1538
Maret	12000	263,1579	4200	900	9300	28300	4720,769	13085,46	72,61538	0	0	552,9231
Aapril	19444,44	368,4211	9250	1700	10000	17100	7218,462	1936,308	301,4615	257,25	905,8182	14381,77
Mei	19333,33	473,6842	12750	19200	28900	16700	24759,23	34060,92	970,1538	791,5	2976,636	1969,846
Juni	8555,556	2368,421	3950	32900	28200	84200	7649,077	6106	356,1538	2698,167	12615,91	7096,692
Juli	16666,67	10473,68	2800	50300	50500	152500	35436,77	4353,462	1930,769	108,3333	883,3636	0
Agustus	2555,556	12000	6500	196300	27700	240700	45095,31	2537	6584,769	4888,5	17026,73	2873
September	9111,111	33684,21	18100	138200	101200	158700	26115,08	0	43292,46	26043,25	28198,27	41665
Oktober	24444,44	38842,11	61500	175700	112800	125000	116522,8	3133,769	789,3846	27178,17	14929,09	38954,54
November	444,4444	5631,579	14300	129800	35500	62700	37048,85	5878,385	16185,85	97901,42	4434,909	5703,846
Desember	222,2222	7421,053	27550	53800	8700	19600	39902,23	8996,077	14000,77	4240,75	5760,091	0

Lampiran 5. Data Produksi Ikan Layang Tahun 2003 – 2014 (kg)

Bulan	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	10111,11	52,63158	5950	0	20100	24200	282,3077	0	199,4615	19,5	0	168,7692
Februari	9444,444	0	6550	500	11300	1300	294,6154	256,3846	2698,462	0	0	84,61538
Maret	0	0	1350	0	400	1700	367,6923	0	2881,846	0	541,4545	1206,308
Aapril	27888,89	0	4700	0	1700	200	0	0	831,5385	1236,75	377,9091	4401,154
Mei	18111,11	1315,789	2200	700	4400	36900	130,7692	8083,769	391,4615	4052,5	4691,091	50,76923
Juni	17000	0	1450	21700	55200	46500	2135,462	292,1538	3269,846	35460,5	1111,727	0
Juli	16555,56	1000	50	6400	49500	31200	28072,85	1334,615	11900	105636,6	528,3636	0
Agustus	10888,89	22210,53	19150	68000	5000	54900	9835,308	1196,846	268720,3	210786,3	112096,2	28717,38
September	17333,33	70263,16	27250	27100	38900	89700	74094,92	176,3846	353798,4	254988,2	255373,5	137881,7
Oktober	51666,67	73105,26	25600	48900	234700	147700	79750	4092,923	630890,9	465675,9	25604,73	125854,1
November	16333,33	26000	6250	106000	82700	39400	112378,6	2564,462	207884,5	41061,67	67632,91	4764,538
Desember	10888,89	17894,74	150	160200	15000	100	8101,538	114,2308	14640	35014,25	23288,91	81,23077

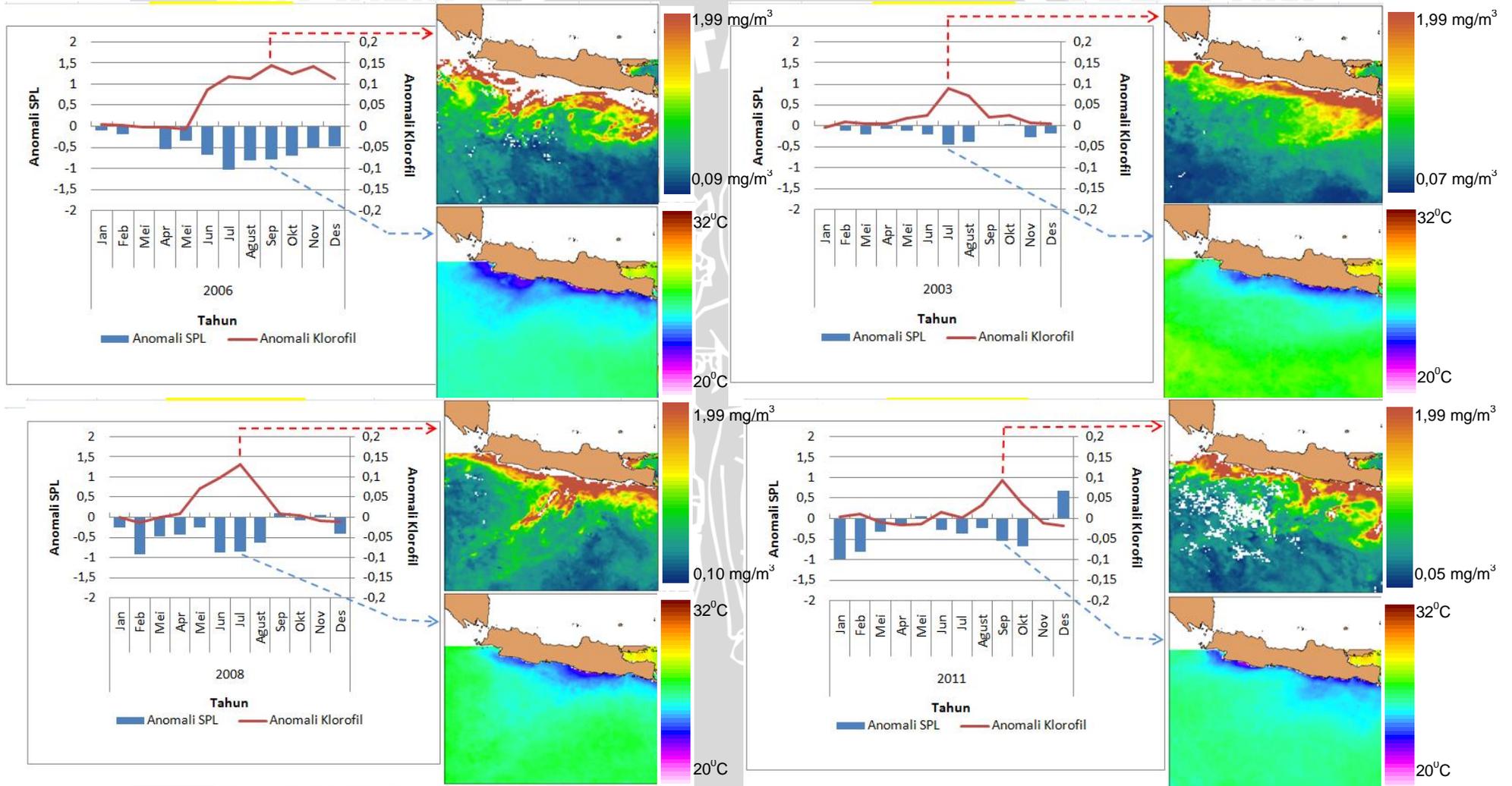
Lampiran 6. Data Produksi Ikan Tongkol Tahun 2003 – 2014 (kg)

Bulan	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	12444,44	684,2105	4500	900	185300	600	4565,385	65,92308	937,1538	93	0	249,6154
Februari	13777,78	736,8421	550	600	79600	1700	1846,154	387,7692	1125,154	3135,417	33,81818	553,1538
Maret	18000	1052,632	1300	3100	3100	3900	29504,62	20554,54	1640,846	3136,833	0	844,7692
Aapril	29666,67	1789,474	2100	2300	96600	14500	37876,15	60938,92	5310,923	112,0833	621,4545	198,8462
Mei	28888,89	42473,68	20500	3900	36600	76400	9072,308	9472,692	4364,923	59,25	64,72727	0
Juni	20555,56	3421,053	5100	7900	90200	107200	11832,15	4648,308	152055,2	43,33333	132,5455	2771,385
Juli	14333,33	7473,684	2050	227300	117300	73100	33743,23	9939	366814,6	0	2103,182	961,0769
Agustus	43666,67	27947,37	15400	21900	89200	86700	257866,3	146876,5	89864,23	0	485,0909	2038,923
September	51333,33	16842,11	69750	32200	134900	397500	164534,3	7672,154	62612	0	535	0
Oktober	25666,67	129368,4	5600	26800	85300	236800	175686,2	1631,385	115064	0	590,3636	287,6923
November	27666,67	179631,6	2450	98200	72900	45900	102102,2	2427,846	191438,4	0	5004,727	816,7692
Desember	12000	1736,842	800	305800	8800	2900	1013,077	136,8462	16502,46	0	850	84,61538

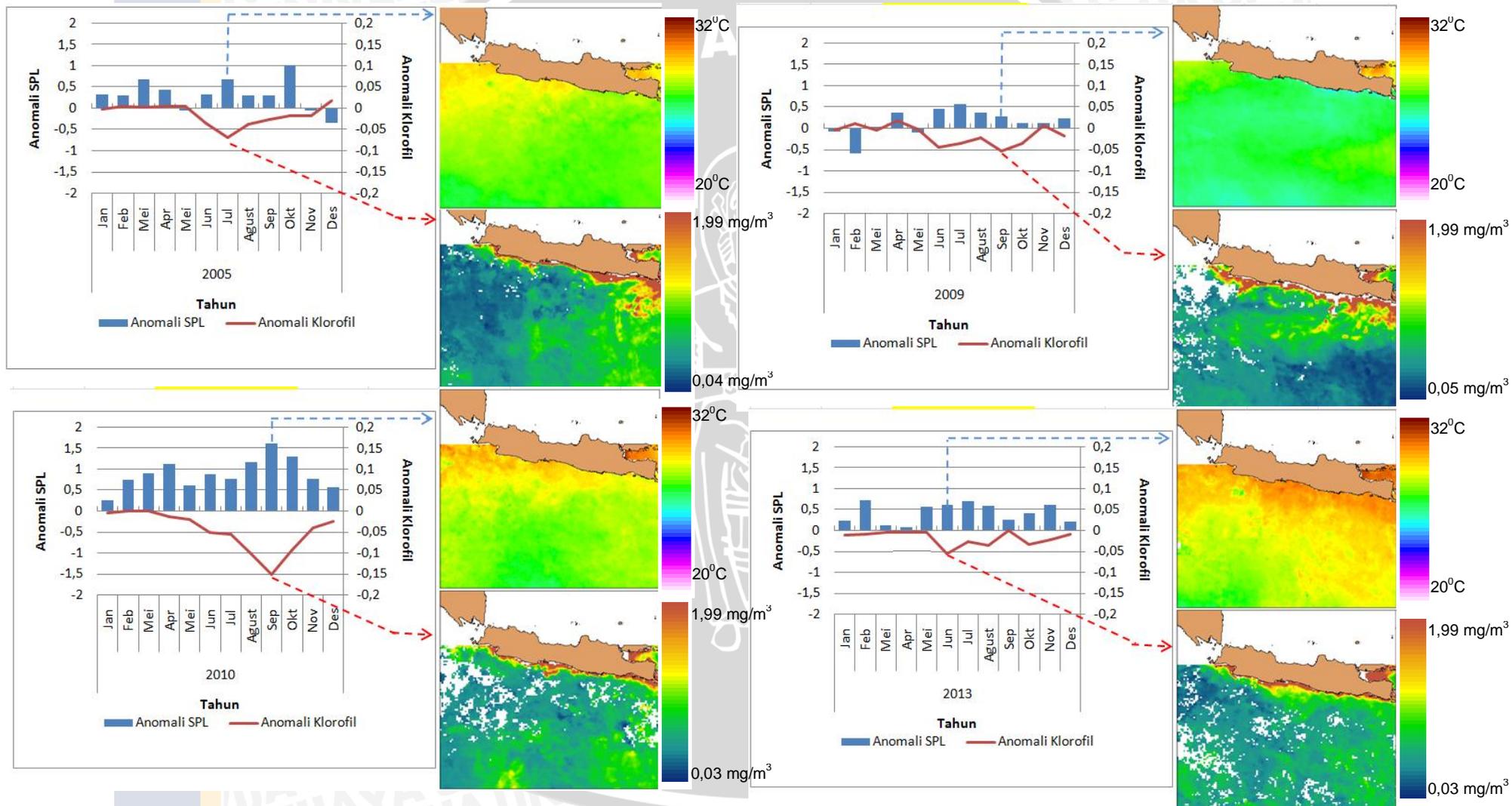
Lampiran 7. Data Produksi Ikan Cakalang Tahun 2003 – 2014 (kg)

Bulan	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	1000	1631,579	2750	3800	5800	300	653,8462	0	197,2308	0	0	51,92308
Februari	3000	0	3050	4800	2900	1900	516,1538	54,69231	922	0	0	203,6923
Maret	1888,889	157,8947	4450	4100	5600	2600	1734,615	0	1014	0	88,63636	299,6154
Aapril	111,1111	210,5263	5900	3500	5200	3800	2354,615	0	114,4615	154,3333	286,3636	390
Mei	5000	1894,737	5500	13200	3700	2200	4866,154	903,1538	28,46154	343,75	364,6364	430,6154
Juni	5888,889	3421,053	4600	15000	6600	3100	4439,462	4502,462	169,5385	140,8333	3743,818	2184,308
Juli	1111,111	7894,737	5450	15200	10200	2000	5201,154	2581,769	0	1032	3157,545	1138
Agustus	1000	5842,105	6150	11800	4600	12400	6786,462	95	392,4615	587,5833	652,1818	1634,923
September	1222,222	6578,947	4450	30200	7900	29000	3957,615	121,6923	0	0	560,7273	1658,538
Oktober	555,5556	5894,737	6700	21500	9900	17300	11556,31	210,8462	0	0	221,8182	394,3077
November	222,2222	4157,895	4250	4300	7600	12500	4487	642,5385	0	86,58333	1093,182	3385,846
Desember	333,3333	5157,895	3450	5300	24200	4700	612,7692	498,6154	18,84615	0	103,0909	384,2308

Lampiran 8. Nilai Konsentrasi Klorofil-a Tinggi dan SPL Rendah Tahun 2006, Tahun 2003, Tahun 2008, dan Tahun 2011



Lampiran 9. Nilai Konsentrasi Klorofil-a Rendah dan SPL Tinggi Tahun 2005, Tahun 2009, Tahun 2010, dan Tahun 2013



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

