



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISA FENOMENA ENSO DI PERAIRAN INDONESIA MENGUNAKAN DATA ALTIMETRI TOPEX/POSEIDON DAN JASON SERIES TAHUN 1993 - 2018

RAGFINSA BUDIASKI FILAILI
NRP 0331144000040

Dosen Pembimbing
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Ir. Yuwono, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR – RG 141536

**ANALISA FENOMENA ENSO DI PERAIRAN
INDONESIA MENGGUNAKAN DATA
ALTIMETRI TOPEX/POSEIDON DAN
JASON SERIES TAHUN 1993 - 2018**

RAGFINSA BUDIASKI FILAILI
NRP 0331144000040

Dosen Pembimbing
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Ir. Yuwono, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT – RG 141536

**ANALYSIS ENSO PHENOMENON IN
INDONESIA SEA USE TOPEX/POSEIDON
AND JASON SERIES ALTIMETERS DATA
1993 - 2018**

RAGFINSA BUDIASKI FILAILI
NRP 0331144000040

Supervisor
Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
Ir. Yuwono, MT.

DEPARTEMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISA FENOMENA ENSO DI PERAIRAN INDONESIA
MENGUNAKAN DATA ALTIMETRI
TOPEX/POSEIDON DAN JASON SERIES TAHUN 1993 -
2018**

Nama Mahasiswa : Ragfinsa Budiaski Filaili

NRP : 0331144000040

Departemen : Teknik Geomatika

Dosen Pembimbing : Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.

Ir. Yuwono, MT.

ABSTRAK

ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) adalah fenomena yang terjadi akibat adanya penyimpangan kondisi interaksi antara lautan dan atmosfer di sepanjang Samudera Pasifik sekitar ekuator dari keadaan normalnya. Salah satu wilayah yang terkena dampak dari fenomena *El Nino Southern Oscillation* adalah perairan Indonesia. Hal yang terpengaruh karena adanya fenomena *El Nino Southern Oscillation* selain cuaca adalah *sea level*. Untuk mengetahui wilayah perairan Indonesia mana saja yang terpengaruh fenomena tersebut maka dilakukan perhitungan korelasi antara nilai *Sea Level Anomaly* dari data satelit altimetri dengan indeks *El Nino Southern Oscillation* yaitu *Multivariate ENSO Index*, *Southern Oscillation Index*, *Oscillation Nino Index*. Nilai korelasi mean *sea level anomaly* dengan indeks *Multivariate ENSO Index* adalah -0,799. Pada korelasi mean *sea level anomaly* dengan indeks *Oscillation Nino Index* adalah -0,858. Sedangkan korelasi mean *sea level anomaly* dengan indeks *Southern Oscillation Index* adalah 0,698. Hal tersebut menunjukkan bahwa hubungan fenomena ENSO dengan *sea level anomaly* memiliki korelasi kuat. Hasil dari korelasi *sea level anomaly* dengan indeks

El Nino Southern Oscillation secara spasial memiliki korelasi terkecil pada 90° BT, 17° LS sedangkan daerah yang memiliki korelasi terbesar terdapat pada 129° BT, 1° LU. Wilayah korelasi *sea level anomaly* dengan indeks ENSO yang memiliki hubungan kuat atau perubahan *sea level anomaly* yang terjadi ketika fenomena *El Nino Southern Oscillation* paling besar pada Laut Halmahera, perairan di Utara Papua, Laut Maluku, Laut Sulawesi dan perairan sekitar Nusa Tenggara Timur. Wilayah yang korelasi *sea level anomaly* dengan indeks ENSO rendah terdapat di sekitar perairan Sumatra, Laut Natuna, perairan Jawa Barat. Sedangkan perairan Jawa Timur, perairan Bali dan Nusa Tenggara Barat (Laut Flores) memiliki nilai korelasi sedang.

Kata Kunci : *El Nino Southern Oscillation, Korelasi, Sea Level Anomaly*

**ANALYSIS ENSO PHENOMENOM IN INDONESIA SEAS
USE TOPEX/POSEIDON AND JASON SERIES
ALTIMETERS DATA 1993-2018**

Nama Mahasiswa : Ragfinsa Budiaski Filaili

NRP : 03311440000040

Departemen : Teknik Geomatika

Dosen Pembimbing : Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.

Ir. Yuwono, MT.

ABSTRACT

ENSO (El Nino Southern Oscillation) is a phenomenon that occurs due to the deviation of the condition of the interaction between oceans and the atmosphere along the Pacific Ocean around the equator from normal state. One of the areas affected by the impact of the El Nino Southern Oscillation phenomenon is the Indonesia sea. El Nino Southern Oscillation phenomenon was affected weather and other affected was to the sea level. To find out the territorial Indonesia waters which affected with ENSO then performed the calculation of correlation between the value of Sea Level Anomaly from satellite altimetri data with the index El Nino Southern Oscillation (Multivariate ENSO Index, Southern Oscillation Index, Nino Oscillation Index). The value of the correlation mean sea level anomaly with ENSO Index Multivariate index is -0.799, in correlation mean sea level anomaly with the Oscillation Nino Index is -0.858. While correlation mean sea level anomaly with the Southern Oscillation Index is 0.698. It shows that the relationship sea level anomaly with the ENSO phenomenon have a strong correlation. The result correlation of sea level anomaly with El Nino Southern Oscillation indices has the smallest value at 90° E, 17° S whereas has the greatest correlation found in 129° E, 1° N. The region of sea level anomaly correlation with ENSO indices that have strong

relationships or most changes in sea level anomaly of the Halmahera sea, sea north of Papua, Maluku sea, Sulawesi sea and sea around East Nusa Tenggara. The area that the correlation of sea level anomaly with ENSO index is low is around the island of Sumatra, Natuna sea, and sea around West Java. While sea around East Java, sea around of Bali and West Nusa Tenggara (Flores sea) has the moderate value of the correlation.

Keywords : *El Nino Southern Oscillation, Correlation, Sea Level Anomaly*

**ANALISA FENOMENA ENSO DI PERAIRAN INDONESIA
MENGUNAKAN DATA ALTIMETRI
TOPEX/POSEIDON DAN JASON SERIES TAHUN 1993 -
2018**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
RAGFINSA BUDIASKI FILAILI
NRP. 03311440000040

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT. (.....)
NIP. 19740727 200003 1 001

Ir. Yuwono, MT. (.....)
NIP. 19590124 198502 1 001



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul **“Analisa Fenomena ENSO di Peraran Indonesia Menggunakan Data Altimetri TOPEX/POSEIDON dan JASON SERIES Tahun 1993 – 2018”** ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun material. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua beserta seluruh keluarga penulis yang selama pelaksanaan tugas akhir sampai pembuatan laporan ini memberikan inspirasi, semangat, kasih sayang dan seluruh dukungannya kepada penulis.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST., M.Sc, Ph.D, selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT., selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan sarannya.
4. Bapak Ir. Yuwono, MT., selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan sarannya.
5. Bapak Lalu Muhamad Jaelani, ST., M.Sc., Ph.D, selaku dosen wali yang telah mendampingi studi saya di Jurusan Teknik Geomatika ITS.
6. Teman-teman G16 yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir dan memberi motivasi.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis sangat mengharapkan saran dan masukan sebagai pembelajaran bagi penulis untuk menjadi lebih baik. Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas segala kesempatan yang telah diberikan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 20 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	Erreur ! Signet non défini.
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Fenomena Iklim.....	5
2.3.1 Kondisi Normal	6
2.3.2 El Nino	7
2.3.3 La Nina.....	8
2.2 Pengaruh ENSO di Indonesia.....	8
2.3 Monitoring ENSO	9

2.3.1	<i>Multivariate ENSO Index (MEI)</i>	9
2.3.2	<i>Southern Oscillation Index (SOI)</i>	10
2.3.3	<i>Oceanic Nino Index (ONI)</i>	11
2.4	Prinsip Dasar Altimetri.....	12
2.5	<i>Sea Surface Height (SSH)</i>	13
2.6	<i>Sea Level Anomaly (SLA)</i>	14
2.7	Koreksi	15
2.8	Misi Satelit Altimetri.....	17
2.9	<i>Intercalibrated Tandem Mission</i>	20
2.10	<i>Time Series Decomposition</i>	22
2.11	<i>Detrending</i>	25
2.12	Korelasi	26
2.13	Penelitian Sebelumnya	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		30
3.1	Lokasi Penelitian	30
3.2	Data dan Peralatan.....	31
3.2.1	Data	32
3.2.2	Peralatan	32
3.3	Metodologi Penelitian	33
3.3.1	Tahap Persiapan	33
3.3.2	Tahap Pelaksanaan	34
3.3.3	Penjelasan Tahap Pelaksanaan	36
3.3.3.1	Koreksi	37
3.3.3.2	Perhitungan SLA	38

3.3.3.3	Rata – Rata dan Gridding SLA Setiap Cycle	38
3.3.3.4	<i>Intercalibrated</i>	39
3.3.3.5	<i>Time Series Decomposition</i>	39
3.3.3.6	<i>Detrending SLA</i>	40
3.3.3.7	Korelasi dan Peta Sebaran SLA	40
3.3.3.8	Tahap Analisa.....	40
3.3.4	Tahap Akhir Penelitian.....	41
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....		42
4.1	Pengecekan Data RADS.....	42
4.2	Perhitungan SLA	43
4.3	<i>Intercalibrated</i>	45
4.4	Dekomposisi Data <i>Time Series</i> dan <i>Detrending</i> Data ..	49
4.5	Korelasi SLA dengan indeks ENSO.....	52
4.6	Korelasi SLA dengan indeks ENSO secara spasial.....	56
4.7	Analisa Korelasi	58
BAB V PENUTUP		62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....		64
LAMPIRAN		68

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kondisi Normal Samudra Pasifik.....	6
Gambar 2. 2 Kondisi El Nino Samudra Pasifik.....	7
Gambar 2. 3 Kondisi La Nina Samudra Pasifik	8
Gambar 2. 4 Konsep jarak, tinggi, dan jangkauan	13
Gambar 2. 5 Pengukuran Topex/Poseidon, Jason-1, dan Jason-2 terputus akibat bias	22
Gambar 2. 6 Dekomposisi Data Time Series MSL	24
Gambar 2. 7 Grafik (a) Global Mean Sea Level dan (b) detrend Global Mean Sea Level.....	25
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	30
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	33
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pelaksanaan	35
Gambar 4. 1 Pengecekan RADS	42
Gambar 4. 2 Script Perhitungan SLA.....	44
Gambar 4. 3 Script Perhitungan Mean SLA setiap Pass	45
Gambar 4. 4 Tandem Misi Satelit Altimetri.....	46
Gambar 4. 5 Tandem Misi Topex/Poseidon dengan Jason-1	47
Gambar 4. 6 Tandem Misi Jason-1 dan Jason-2.....	47
Gambar 4. 7 Tandem Misi Jason-2 dan Jason-3.....	48
Gambar 4. 8 Menghitung bias antara Jason 2 dan 3.....	48
Gambar 4. 9 Mean SLA Terkoreksi	49
Gambar 4. 10 Grafik Seasonal Mean SLA.....	50
Gambar 4. 11 Grafik Error Mean SLA.....	50
Gambar 4. 12 Grafik Trend dan Trend Linier Mean SLA	51
Gambar 4. 13 Mean SLA dan Detren Mean SLA	52
Gambar 4. 14 Grafik Mean SLA dengan SOI.....	53
Gambar 4. 15 Grafik Mean SLA dengan MEI	54
Gambar 4. 16 Grafik Mean SLA dengan ONI	54
Gambar 4. 17 Grafik Mean SLA dan Intensitas ENSO.....	55
Gambar 4. 18 Hasil Gridding SLA 1 Cycle	57
Gambar 4. 19 Contoh Hasil Konversi Data Grid	57

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Satelit Altimetri	19
Tabel 2. 2 Klasifikasi Koefisien Korelasi	27
Tabel 3. 1 Pass (Lintasan Satelit Topex/Poseidon dan Jason Series di Indonesia)	31
Tabel 3. 2 Parameter Koreksi dan Model	37
Tabel 4. 1 Kriteria Kontrol Kualitas Data	43
Tabel 4. 2 Contoh Hasil Pengolahan SLA Jason 1	44

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Perhitungan Korelasi Sea level Anomaly dengan Multivariate ENSO Index
- Lampiran 2. Hasil Perhitungan Korelasi Sea level Anomaly dengan Oscillation Nino Index
- Lampiran 3. Hasil Perhitungan Korelasi Sea level Anomaly dengan Southern Oscillation Index
- Lampiran 4. Peta Korelasi Sea Level Anomaly dengan SOI
- Lampiran 5. Peta korelasi Sea level Anomaly dengan ONI
- Lampiran 6. Peta Korelasi Sea level Anomaly dengan MEI

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) adalah fenomena yang terjadi akibat adanya penyimpangan kondisi interaksi antara lautan dan atmosfer di sepanjang Samudera Pasifik sekitar ekuator dari keadaan normalnya sehingga mempengaruhi variabilitas iklim di wilayah ekuator samudera Pasifik dan beberapa bagian bumi. *El Nino* terjadi ketika suhu permukaan laut di bagian timur Samudera Pasifik meningkat, namun suhu di barat Samudera Pasifik dan sekitar Indonesia mengalami penurunan (penyimpangan) sehingga curah hujan menurun. Hal sebaliknya akan terjadi ketika fenomena *La Nina*. Untuk mengetahui fenomena ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) dapat dilihat dari indikator anomali suhu permukaan laut, Indeks Osilasi Selatan (SOI), dan elevasi permukaan laut (Rejeki dkk. 2017).

Informasi kelautan tentang perubahan permukaan laut sangat diperlukan diantaranya untuk keperluan pengelolaan dan pengembangan wilayah pesisir, termasuk Indonesia yang merupakan negara kepulauan dimana sebagian besar penduduknya tinggal di pesisir. Posisi Indonesia yang berada di *Inter-Tropical Convergence Zone* (ITCZ) menyebabkan cuaca dan iklim di Indonesia dipengaruhi fenomena ENSO. Pengaruh ENSO berbeda-beda antar wilayah bergantung pada lokasi dan topografi (Qian, Robertson, dan Moron 2010). ENSO akan mempengaruhi keadaan meteo-oseanografi yaitu kondisi curah hujan di darat maupun laut, suhu permukaan laut, dan tinggi permukaan laut. Perubahan permukaan laut yang positif atau naik akan menyebabkan intrusi air laut ke air permukaan serta tenggelamnya sejumlah kawasan pantai

sehingga dapat merusak fasilitas pantai seperti kawasan pelabuhan, pemukiman, dan kawasan perniagaan.

Salah satu dampak dari fenomena ENSO adalah perubahan permukaan laut (*sea level anomaly*). Pengukuran terhadap perubahan muka air laut awalnya memanfaatkan pasang surut air laut. Seiring dengan kemajuan teknologi akuisisi data saat ini, data elevasi permukaan laut dapat diamati dengan satelit altimetri. Tahun 1992, NASA dan CNES meluncurkan misi gabungan TOPEX/Poseidon kemudian tahun 2001 meluncurkan misi Jason-1. Tahun 2008 kerjasama bertambah dengan NOAA dan EUMETSAT untuk misi lanjutan Jason-2/OSTM dilanjutkan dengan misi satelit Jason-3 tahun 2016. Satelit altimetri lebih efektif dan efisien digunakan untuk menangani studi dinamika laut secara global dan memiliki kelebihan tidak terbatas oleh kendala cuaca.

Dalam penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian serupa oleh R S Nerem (2010). Penelitian oleh R S Nerem membahas tentang penggunaan satelit altimetri TOPEX dan Jason series untuk mendapatkan *global mean sea level change* 1993 -2009. Dalam penelitian tersebut dilakukan perbandingan data selama *tandem period* dari semua misi, menyelesaikan bias pada misi, melakukan perbandingan hasil dengan pengukuran pasang surut, dan mencari hubungan MSL terkait fenomena ENSO. Selain itu, pada penelitian oleh Handoko, Fernandes, dan Lázaro (2017) yang membahas tentang penilaian variasi jarak, koreksi geofisik dan model *mean sea surface* untuk mendapatkan nilai SLA di perairan Indonesia. Data yang digunakan adalah data satelit altimetri Topex/Poseidon, Jason-1, dan Jason-2 dengan periode waktu 23 tahun. Analisa yang digunakan pada penelitian tersebut adalah variasi hasil SLA, tren linier sea level dan korelasi nilai SLA dengan indeks ENSO (MEI).

Dengan melakukan penghitungan dan analisa *sea level anomaly* dari data satelit altimetri Topex/Poseidon dan Jason Series didukung dengan data indeks ENSO diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang dinamika lautan ketika terjadi ENSO di perairan Indonesia sehingga dapat digunakan untuk monitoring dan studi selanjutnya tentang ENSO (*El Nino Southern Oscillation*).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai korelasi rata-rata *Sea Level Anomaly* di Perairan Indonesia dengan indeks ENSO selama tahun 1993 – 2018 ?
2. Bagaimana korelasi pengaruh ENSO terhadap *Sea Level Anomaly* secara spasial di Perairan Indonesia dari pengamatan Satelit Topex/Poseidon dan Jason Series ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini meliputi :

1. Studi kasus dalam penelitian ini adalah wilayah Perairan Indonesia.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit altimetri Topex/Poseidon, Jason-1, Jason-2, dan Jason-3 tahun 1993 – 2018.
3. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data RADS satelit altimetri Topex/Poseidon dan Jason series adalah Matlab, Surfer, R Program, dan ArcGIS.
4. Data pendukung yang digunakan adalah data indeks ENSO yaitu SOI (*Southern Oscillation Index*), MEI (*Multivariate ENSO Index*), dan ONI (*Oceanic Nino Index*).

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui dan menganalisa nilai korelasi rata-rata *Sea Level Anomaly* di perairan Indonesia dengan indeks ENSO selama tahun 1993 – 2018.
2. Mengetahui dan menganalisa korelasi pengaruh ENSO terhadap *sea level anomaly* secara spasial di Perairan Indonesia selama tahun 1993 – 2018.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberi informasi dan gambaran tentang pengaruh fenomena ENSO terhadap perubahan muka air laut (*sea level anomaly*) di perairan Indonesia Selain itu dapat diketahui wilayah pesisir yang memiliki dampak paling besar karena pengaruh ENSO dari peta korelasi SLA dan indeks ENSO.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mendukung penelitian, maka dalam bab ini dikemukakan beberapa teori yang diambil dari literatur-literatur yang berhubungan dengan penelitian yang dilaksanakan. Teori-teori yang diuraikan adalah sebagai berikut :

2.1 Fenomena Iklim

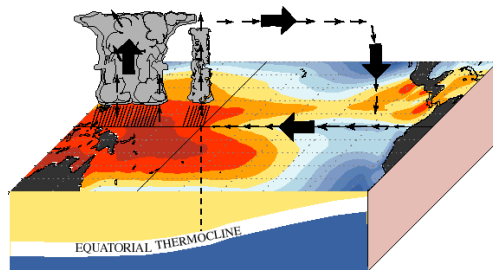
Indonesia sebagai negara kepulauan di wilayah ekuator memiliki cuaca dan iklim yang unik. Posisi matahari yang bergerak semu dari 23,5° LU ke 23,5° LS menyebabkan pengaruh monsun sangat dominan terhadap cuaca dan iklim di Indonesia (Tristania 2012). Walaupun monsun tersebut terjadi secara periodik, tetapi kedatangan dan lama musim hujan dan kemarau di Indonesia dipengaruhi oleh fenomena global seperti ENSO. ENSO biasanya berlangsung sekitar 9-12 bulan. Fenomena ini sering mulai terbentuk pada bulan Juni-Agustus, mencapai puncak pada Desember-April. Rata – rata ENSO terjadi setiap 3-5 tahun. Namun, periodisitas *El Nino* dan *La Nina* sangat tidak teratur, beberapa fenomena berkepanjangan telah berlangsung 2 – 7 tahun (Climate Prediction Center 2015b). Dampak dari ENSO terhadap cuaca global adalah

- a. Angin pasat timur melemah. Angin pasat adalah angin yang bertiup di dua daerah bertekanan maksimum subtropika utara dan selatan secara terus-menerus menuju ke arah ekuator.
- b. Sirkulasi muson melemah. Angin muson atau angin musim adalah angin yang bertiup setengah tahun sekali berganti arah berlawanan.
- c. Kekeringan di beberapa wilayah, seperti Australia, Amerika Tengah, Indonesia bagian selatan, dan beberapa wilayah lainnya.

- d. Potensi hujan di sepanjang Pasifik ekuatorial tengah dan barat serta wilayah Argentina cuaca menjadi cenderung hangat dan lembab.

2.3.1 Kondisi Normal

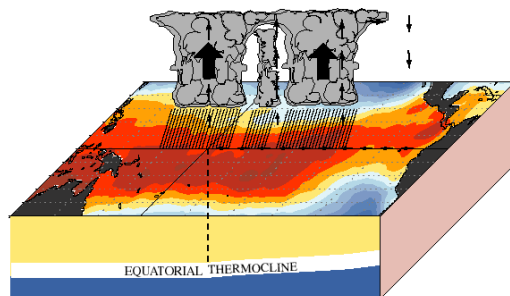
Dalam keadaan normal, tekanan atmosfer di Pasifik timur lebih tinggi dari Pasifik barat sehingga mempengaruhi adanya angin pasat. Angin pasat berhembus dari timur menuju barat mendorong permukaan air di Pasifik menuju Australia dan Filipina membentuk massa air hangat di sebelah barat Pasifik (Indonesia) dengan suhu dan elevasi permukaan air yang tinggi. Saat angin melewati lautan, angin tersebut membawa udara lembab dan menyebabkan hujan di atas kolam hangat. Sementara itu di cekungan timur (Pesisir Peru), air yang bersuhu rendah dan banyak mengandung nutrisi menuju ke permukaan. Air yang lebih hangat memiliki massa jenis yang lebih kecil dari air yang dingin dan menambah volume air lebih banyak. Permukaan air di Asia lebih tinggi daripada di sepanjang pesisir Amerika Selatan dan termoklin (lapisan batas antara permukaan air hangat dan air dingin) akan miring ke timur (AVISO 2008), seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kondisi Normal Samudra Pasifik
(Sumber: Climate Prediction Center 2015)

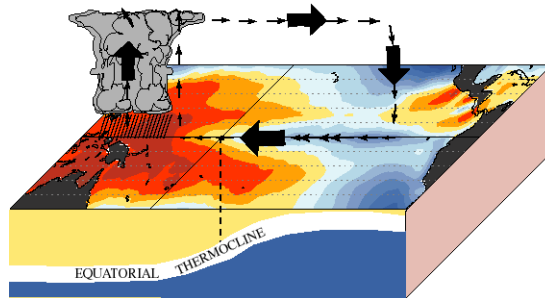
2.3.2 El Nino

Fenomena *El Nino* terjadi akibat adanya penyimpangan kondisi interaksi antara lautan dan atmosfer di sepanjang Samudra Pasifik ekuator dari keadaan normalnya. Selama peristiwa *El Nino*, tekanan atmosfer di Pasifik barat lebih tinggi dari Pasifik timur sehingga angin pasat timur (angin di daerah tropis yang berhembus secara konsisten dari timur ke barat) yang melintasi ekuator Samudra Pasifik melemah. Hal ini akan memperlambat arus samudra yang menarik permukaan air dari pantai barat Amerika Selatan dan mengurangi *upwelling* (arus naik permukaan yang membawa banyak nutrisi dari dasar) air laut yang bersuhu rendah, sehingga meratakan termoklin dan menyebabkan massa air hangat mengalir ke sebelah timur (Pesisir Chili dan Peru), yang dapat dilihat di gambar 2.2. Karena suhu permukaan air yang meningkat dan kelembaban pada atmosfer di atasnya, hal ini akan mendorong pembentukan awan yang meningkatkan curah hujan di kawasan tersebut. Bagian barat Samudra Pasifik tekanan udaranya meningkat sehingga menyebabkan terhambatnya pembentukan awan di lautan bagian timur Indonesia, sehingga curah hujan beberapa wilayah Indonesia menurun.



Gambar 2. 2 Kondisi El Nino Samudra Pasifik
(Sumber : Climate Prediction Center 2015)

2.3.3 La Nina



Gambar 2. 3 Kondisi *La Nina* Samudra Pasifik
(Sumber : Climate Prediction Center 2015)

Berbeda dengan *El Nino*, *La Nina* merupakan anomali kondisi cuaca dimana terjadi penurunan suhu permukaan laut di wilayah perairan ekuator Pasifik Timur dan peningkatan suhu permukaan laut di ekuator Pasifik Barat. Saat terjadi *La Nina* angin pasat timur yang bertiup di sepanjang Samudra Pasifik menguat, sehingga massa air hangat yang terbawa semakin banyak ke arah Pasifik Barat. Akibatnya massa air dingin di Pasifik Timur bergerak ke atas dan menggantikan massa air hangat yang berpindah (*upwelling*). Pergantian massa air menyebabkan suhu permukaan laut mengalami penurunan di Pasifik Timur dan kenaikan di Pasifik barat dari nilai normalnya.

2.2 Pengaruh ENSO di Indonesia

Indonesia sebagai negara kepulauan menyebabkan pola cuaca sangat bervariasi, dibandingkan dengan daerah tropis kontinen atau subtropis. Tidak meratanya energi radiasi matahari yang diterima menyebabkan adanya variasi pola tekanan dari satu pulau ke pulau yang lain. Keadaan ini menimbulkan medan tekanan yang sangat kompleks serta

mempengaruhi sirkulasi atmosfer lokal seperti angin³⁴ darat-laut (Tjasjono dkk. 2009).

Selama *El Nino* dan *La Nina* berlangsung, terjadi gangguan terhadap pola curah hujan daerah tropis. Ketika *El Nino* berlangsung musim kemarau di Indonesia menjadi sangat kering serta *onset* musim hujan yang terlambat 6 hingga 8 minggu menyebabkan kebakaran hutan, kabut asap, dan kegagalan panen. Seperti fenomena *El Nino* tahun 2015/2016 yang sangat mempengaruhi musim tanam dan hasil panen petani, FAO melaporkan bahwa hanya 30% dari rata-rata jumlah ladang yang ditanam tepat waktu. Kemarau panjang terjadi jika ada anomali pola sirkulasi atmosfer skala luas yang berlangsung satu bulan atau satu musim atau lebih lama. Intensitas kekeringan meningkat dan curah hujan turun hingga 100 mm/bulan jika bersamaan dengan peristiwa *El Nino*. Daerah yang paling kering adalah Jawa Timur dan Nusa Tenggara (Ngestu dan Hidayat 2016).

Fenomena *La Nina* akan sangat mempengaruhi curah hujan. Daerah yang paling berdampak terhadap fenomena ini adalah Indonesia bagian timur. Pada saat *La Nina* kondisi berlawanan yang berkembang, waktu musim penghujan akan tiba lebih awal dari biasanya. Curah hujan yang tinggi nantinya beresiko terjadi banjir.

2.3 Monitoring ENSO

ENSO dapat mempengaruhi perubahan permukaan laut terutama pada daerah tropis dan subtropis. Untuk memonitoring ENSO dapat dilihat menggunakan indikator *Southern Oscillation Index* (SOI), *Multivariate ENSO Index* (MEI), dan *Oceanic Nino Index* (ONI).

2.3.1 Multivariate ENSO Index (MEI)

Multivariate ENSO Index (MEI) adalah indeks yang paling mewakili fenomena ENSO. *Multivariate ENSO Index*

(MEI) adalah ukuran multivarian dari sinyal ENSO yang didasarkan dari 6 variabel meteorologi utama pada ekuator Pasifik yaitu tekanan permukaan laut (P), komponen zonal (U) dan meridional angin permukaan (V), suhu permukaan laut (S), suhu permukaan udara (A), dan *total cloudiness fraction of the sky* (C). Pengamatan ini telah dikumpulkan dan diterbitkan dalam *Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set* (COADS) selama bertahun-tahun. COADS adalah database digital berisi data cuaca dari pengamatan kapal dan buoy cuaca. Data MEI diambil dari Laut wilayah Pasifik tropis dengan batas 30°LU - 30°LS dan 100°BT - 70°BB. Nilai negatif /rendah dari MEI mewakili tahap ENSO yang dingin (La Nina), sedangkan nilai positif /tinggi MEI mewakili hangat fase ENSO (El Nino). Nilai setiap bulan dipusatkan antara bulan sebelum dan berikutnya, misalkan nilai Januari mewakili nilai yang berpusat antara Desember-Januari dan seterusnya. Nilai MEI distandarisasi dengan referensi periode 1950 -1993 dan dihitung sebagai *first unrotated principal component* (PC) dari kombinasi keenam variabel yang diamati (Mazzarella, Giuliacci, dan Lirizis 2010).

2.3.2 *Southern Oscillation Index (SOI)*

Southern Oscillation Index adalah indeks ENSO dengan melihat perubahan anomali tekanan udara atau *Sea Level Pressure*. Indeks osilasi selatan (SOI) merupakan indikasi mengenai pertumbuhan dan intensitas dari El Nino atau La Nina. Indeks osilasi selatan menyatakan perbedaan antara tekanan atmosfer di atas permukaan laut di Darwin (Pasifik Barat) dengan tekanan atmosfer di atas permukaan laut Tahiti (Pasifik Timur) akibat perbedaan temperatur muka laut kedua wilayah tersebut. Apabila nilai indeks osilasi selatan berada pada nilai minus minimal dalam jangka waktu 3

bulan berturut-turut maka telah terjadi *El Nino*. Semakin negatif semakin kuat kejadian *El Nino*. Menurut pengamatan *El Nino* berulang dalam rentang 2 sampai 7 tahun atau rata-rata terjadi 4 tahun sekali (Sarachik dan Cane 2010).

2.3.3 *Oceanic Nino Index (ONI)*

Oceanic Nino Index (ONI) adalah salah satu indeks utama yang digunakan untuk memantau *El Nino Southern Oscillation (ENSO)*. ONI dihitung dengan rata-rata suhu permukaan laut anomali di daerah timur-tengah khatulistiwa Samudera Pasifik, yang disebut wilayah Nino 3.4 ($5^{\circ}\text{LS} - 5^{\circ}\text{LU}$; $170^{\circ}\text{BB} - 120^{\circ}\text{BB}$). Alasan digunakan Nino 3.4 dari penelitian ini karena pada Nino 3.4 mencakup wilayah yang sering terjadi perubahan suhu permukaan laut di Pasifik (150°BB), selain itu di wilayah ini dianggap mewakili Pasifik bagian barat dan timur (NOAA 2018). Indeks ONI dari region 3.4 memiliki respon yang baik pada perubahan suhu permukaan laut dibandingkan indeks ONI lainnya dan ONI region 3.4 memiliki korelasi yang kuat dengan SOI (Hanley dkk. 2003). Untuk menghitung ONI, NOAA Climate Prediction Center menghitung suhu permukaan laut rata-rata di wilayah Niño 3.4 untuk setiap bulan, dan kemudian mereka rata-rata itu dengan nilai-nilai dari bulan sebelumnya dan berikutnya. Nilai rata-rata tiga bulan dibandingkan dengan rata-rata 30 tahun. Kemudian diamati perbedaan dari suhu rata-rata di wilayah itu, apakah hangat atau dingin. Peristiwa ENSO didefinisikan dari lima periode berturut-turut jika $\text{ONI} \geq + 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ maka terjadi anomali hangat (El Niño), Jika $\text{ONI} \leq -0.5$ maka terjadi anomali dingin (La Niña). Ambang batas lebih lanjut dipecah menjadi lemah (dengan anomali SST 0,5 - 0,9), moderat/sedang (1,0 - 1,4), kuat (1,5 - 1,9) dan sangat kuat (≥ 2). ENSO dikategorikan sebagai lemah, moderat atau kuat jika setara

atau melebihi ambang batas dengan atau setidaknya tiga nilai berturut-turut saling tumpang tindih dalam periode tiga bulan (Dahlman 2016).

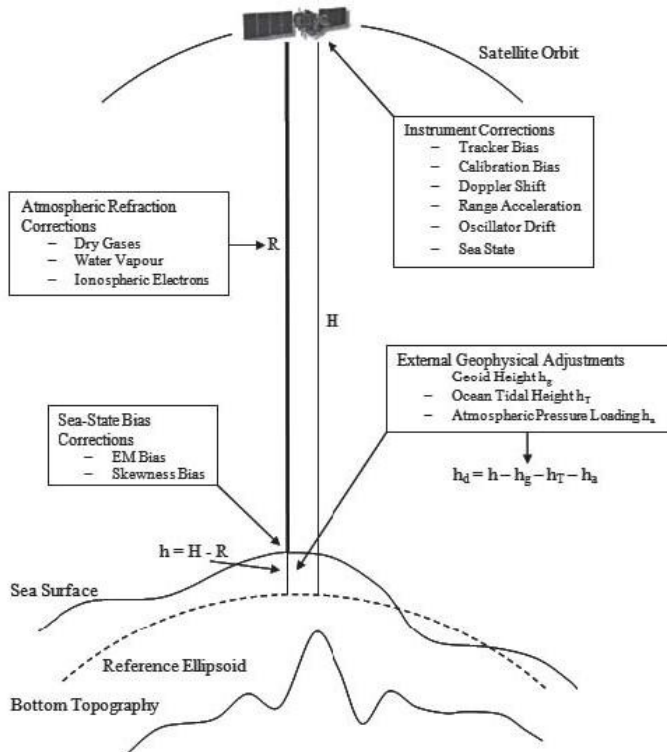
2.4 Prinsip Dasar Altimetri

Studi tentang fenomena ENSO dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi satelit altimetri. Satelit Altimetri adalah wahana untuk mengamati dinamika topografi permukaan laut terhadap referensi tertentu. Referensi tersebut adalah suatu bidang referensi tinggi yang dapat berupa ellipsoid, geoid, atau *mean sea surface*. Satelit Altimetri terdiri atas tiga komponen utama yaitu radar altimeter, radiometer, dan sistem *positioning*. Konsep dasar altimetri adalah untuk mengukur jarak R dari satelit ke permukaan laut seperti Gambar 2.4. Altimeter mengirimkan pulsa pendek radiasi *microwave* dengan kekuatan yang diketahui terhadap permukaan laut. Pulsa berinteraksi dengan permukaan laut sesaat dan sebagian radiasi altimeter akan terefleksi kembali ke altimeter. Teknik penentuan jarak dengan radar yaitu dari waktu t untuk perjalanan pulsa pulang-pergi antara satelit dan permukaan laut. Jarak R dari satelit ke *mean sea level* adalah estimasi dari perjalanan pulang-pergi (Chelton dkk. 2001).

$$\hat{R} = c \frac{\Delta t}{2} \quad (1)$$

dimana \hat{R} merupakan jarak antara satelit dengan permukaan laut mengabaikan pembiasan (m), c merupakan cepat rambat sinyal (m/s), dan Δt perbedaan waktu tempuh saat pemancaran dan saat penerimaan sinyal (s). Jarak estimasi persamaan 1 bervariasi berdasar orbit satelit dengan variasi

along-track dari sea surface topography dan tinggi relatif orbit ke pusat bumi.



Gambar 2. 4 Konsep jarak, tinggi, dan jangkauan
(Sumber : Chelton dkk. 2001)

2.5 Sea Surface Height (SSH)

Sea surface height (SSH) merupakan tinggi muka laut yang tereferensi pada bidang ellipsoid yaitu WGS '84. Pada saat dilakukan pengukuran yang mengkonversi data tempuh gelombang elektromagnetik menjadi data jarak, akan dihasilkan tinggi satelit di atas permukaan laut. Dengan diketahuinya ketinggian satelit altimetri di atas bidang

ellipsoid maka ketinggian permukaan laut di atas bidang ellipsoid dapat dihitung. Hitungan secara sederhana dapat dirumuskan pada persamaan 2 berikut (Chelton dkk. 2000) (2)

$$h = H - \hat{R} - \sum_j \Delta R_j$$

Koreksi yang diterapkan dalam jarak observasi ada pada persamaan 3 (Andersen dan Scharroo 2011).

$$\sum_j \Delta R_j = (\Delta h_{dry} + \Delta h_{wet} + \Delta h_{iono} + \Delta h_{ssb}) \quad (3)$$

dimana :

h	= tinggi permukaan laut diatas ellipsoid / SSH (m)
H	= tinggi satelit diatas ellipsoid (m)
\hat{R}	= jarak observasi dari antenna altimeter satelit – permukaan air sesaat (m)
Δh_{wet}	= koreksi troposfer basah (m)
Δh_{dry}	= koreksi troposfer kering (m)
Δh_{iono}	= koreksi ionosfer (m)
Δh_{SSB}	= <i>Sea State bias</i> (m)

2.6 Sea Level Anomaly (SLA)

Sea level anomaly (SLA) merupakan tinggi muka laut yang tereferensi pada bidang geoid atau *mean sea surface*, dimana efek instrumen, efek jarak, dan efek dinamisnya yaitu gelombang laut, pasang surut dan pengaruh tekanan atmosfer sudah dihilangkan. Untuk studi variabilitas *surface height* lebih sering digunakan *mean sea surface* daripada geoid (Andersen dan Scharroo 2011). Maka *Sea level anomaly* h_{SLA} dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (4) dan direferensikan terhadap MSS seperti berikut (Handoko, Fernandes, dan Lázaro 2017).

$$h_{SLA} = H - \hat{R} - \Delta RGeo_{Corr} - MSS \quad (4)$$

$$\Delta RGeo_{Corr} = (\Delta h_{dry} + \Delta h_{wet} + \Delta h_{iono} + \Delta h_{ssb} + h_{tides} + h_{atm} + h_{RFO}) \quad (5)$$

dimana :

- h_{SLA} = Perubahan permukaan air laut (mm)
- h_{RFO} = *reference frame offset* (m), digunakan jika menggunakan data multi satelit
- h_{atm} = koreksi atmosfer/inverse barometer (m)
- h_{tides} = koreksi pasang surut laut / *Ocean tide* (m)
- MSS = *mean sea surface* (m)

2.7 Koreksi

Pada pengamatan dengan satelit altimetri yang teramati saat pengukuran adalah topografi muka laut sesaat yang mengandung komponen statik dan dinamik, sedangkan yang ingin diketahui pada umumnya adalah komponen statik dan topografi muka laut. Oleh karena itu untuk mendapatkannya maka komponen dinamik harus dihilangkan dari topografi muka sesaat dengan cara mengurangi efek geofisis. Koreksi yang digunakan adalah koreksi jarak dan koreksi geofisis. Koreksi jarak adalah koreksi yang berhubungan dengan kecepatan radar dan proses *scattering*-nya seperti koreksi atmosfer dan *sea state bias*. Sedang yang termasuk koreksi geofisis adalah pasang surut dan tekanan atmosfer. Dalam penghitungan SSH dan SLA dilakukan koreksi karena saat pengambilan data altimetri banyak gangguan yang terjadi. Ada koreksi yang sudah ada di RADS yang dapat digunakan. Koreksi yang perlu dilakukan adalah (Handoko, Fernandes, dan Lázaro 2017)

- a. Koreksi *Dry Tropospheric*

Jalur sinyal radar altimetri melewati atmosfer terhambat oleh adanya gas netral di troposfer. Keterlambatan pada jalur sinyal balik altimetri ini dikoreksi dengan *dry tropospheric correction*. Model yang dapat digunakan adalah ECMWF Re-analysis (ERA) interim atau NCEP.

b. Koreksi *Wet Tropospheric*

Wet Tropospheric adalah salah satu sumber ketidakpastian utama dalam satelit altimetri. Koreksi ini diperlukan untuk menghilangkan keterlambatan sinyal balik altimetri akibat kandungan uap air dan butiran awan pada troposfer. Model yang dapat digunakan adalah ERA Interim atau GDP.

c. Koreksi Ionosfer

Lapisan ionosfer mengandung elektron bebas dan ion yang dapat mempengaruhi propagansi gelombang elektromagnetik baik dalam kecepatan dan dalam arah propagansi sinyal. Kecepatan sinyal diperlambat oleh elektron bebas di atmosfer. Model yang dapat digunakan adalah *smoothed dual frequency*.

d. Koreksi *Sea State Bias*

Sea State Bias adalah koreksi altimeter yang disebabkan oleh pengaruh efek kondisi laut dalam pengukuran altimeter radar, karena elemen hamburan permukaan tidak berkontribusi sama terhadap radar yang kembali. Koreksi SSB terdiri dari bias elektromagnetik, bias pelacak, dan *skewness*. Untuk koreksi ini pada Topex menggunakan model CLS atau BM-4 sedangkan pada Jason series dapat menggunakan CLS atau Tran2012 SSB.

e. Koreksi *Dynamic Atmospheric*

Respon permukaan laut terhadap perubahan tekanan atmosfer memiliki efek yang besar terhadap tinggi

permukaan yang diukur. Model yang dapat digunakan adalah MOG2D

f. Koreksi *Tides*

Koreksi pasang surut terdiri dari *Ocean tide*, *Load Tide*, *Solid Earth Tide*, dan *Pole Tide*. *Ocean tide* mendominasi sinyal air pasang yang diamati di atas laut. Kesalahan *Ocean Tide* sekitar 1 m di tengah laut dan 15-20 m di dekat garis pantai. Kesalahan *Load Tide* sekitar 30 cm. Kesalahan *pole tide* 2 cm. Dan kesalahan *Solid tide* sekitar 50 cm. Untuk koreksi *Tides* dapat menggunakan model GOT4.10 atau FES 2012 .

g. Koreksi *Reference Frame Offset*

Koreksi yang digunakan jika menggunakan data multi satelit.

2.8 Misi Satelit Altimetri

Satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah satelit altimetri TOPEX/Poseidon, Jason-1, Jason-2, dan Jason-3. 10 Agustus 1992 satelit TOPEX/Poseidon diluncurkan oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administrations*) dan CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*). Topex/Poseidon mengukur ketinggian permukaan laut menggunakan sistem radar altimetri untuk mempelajari dinamika sirkulasi samudra. *Cycle* TOPEX/Poseidon adalah 9,9156 hari (~ 10 hari), altitudenya 1336 km, dan *Ground track control band* +/- 1km (Blanc dkk. 1996).

Jason-1 adalah misi lanjutan misi TOPEX / POSEIDON yang diluncurkan pada tanggal 7 Desember 2001 dan dinonaktifkan pada tanggal 21 Juni 2013. Misi Jason-1 bersama-sama dilakukan oleh Badan Antariksa Perancis, CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*) dan Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional Amerika Serikat yaitu NASA (*National Aeronautics and Space Administration*).

Tujuan utama misinya adalah untuk mempertahankan pengukuran altimeter akurasi tinggi, memastikan kesinambungan dalam mengamati dan memantau laut, untuk perubahan intraseasonal ke antar tahunan, permukaan laut rata-rata, dan pasang surut. Setiap pengukuran permukaan laut dari Jason 1 harus memiliki akurasi $\pm 4,2$ cm (Bronner dkk. 2016)

Satelit Jason-2 atau OSTM (*Ocean Surface Topography Mission*) mulai diluncurkan 20 Juni 2008 dan merupakan misi kerjasama antara Perancis CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*), Amerika Serikat NASA (*National Aeronautics and Space Administrations*), European Organisations for the Exploitation of Meteorological Satellites dan NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Data yang digunakan menggunakan Satelit ini mengikuti misi satelit Jason-1 yang saat ini sudah tidak beroperasi lagi. Tujuan utama diluncurkannya satelit ini adalah untuk menghitung topografi muka air laut (*Sea Surface Topography*) dengan akurasi pengukuran hingga 2,5 cm. Satelit ini memiliki gangguan instrumen lebih rendah dan algoritma yang mampu melakukan tracking lebih baik di atas daratan dan es (Dumont dkk. 2017).

Satelit lain yang digunakan pada penelitian ini adalah satelit Jason-3 yang mulai diluncurkan 17 Januari 2016 dan merupakan misi kerjasama yang sama dengan satelit Jason-2. Tujuan utama diluncurkannya satelit ini adalah melanjutkan misi Jason-2 yaitu untuk misi topografi muka air laut (*Sea Surface Topography*) global. Satelit ini memiliki orbit, instrumen, dan akurasi pengukuran yang sama dengan Jason-2. Untuk menentukan orbit instrumen, misi Jason-3 menggunakan kombinasi pengukuran GPS, DORIS, dan *laser ranging*. Instrumen utama Jason-3 adalah radar

altimeter, radar altimeter dapat mengukur sea level *variation* dengan akurasi hingga 2,5 cm (Dumont dkk. 2016).

Orbit satelit Jason adalah *non-sun-synchronous* berbentuk lingkaran, altitude 1336 km, inklinasi = $66,038^\circ$, jarak antar jalur sebesar 315 km di ekuator. Sepanjang jalur pengukuran data diambil tiap detik dengan jarak antar titik pengukuran sejauh 5 km. Satelit Jason melewati satu tempat yang sama di permukaan bumi dalam satu periode disebut *cycle*. Satu *cycle* satelit Jason adalah 10 hari, atau $\pm 9,91$ hari, yang melewati 254 *pass*. *Pass* adalah perjalanan satelit dari kutub ke kutub. Yang disebut dengan 1 *pass* adalah perjalanan satelit dari kutub utara ke kutub selatan untuk *pass* bernomor genap (*descending pass*), atau kutub selatan ke utara untuk *pass* bernomor ganjil (*ascending pass*).

Tabel 2. 1 Karakteristik Satelit Altimetri

Parameter	T/P	Jason-1	Jason-2	Jason-3
Berat Satelit	2169 kg	500 kg	525 kg	510 kg
Kekuatan Satelit	2100 W	450 W	511 W	703 W
Inklinasi	$66,039^\circ$	$66,04^\circ$	$66,04^\circ$	$66,042^\circ$
Kendaraan peluncur	MSS (Multimission Modular Sattelite) , Fairchild	Dual Delta II	Delta II (7320)	Falcon 9
Cycle	001-364	001-259	001-280	001 - ..
Tinggi dari ellipsoid	1336 km	1336 km	1336 km	1339,65 km
Jarak antar lintasan	315 km	315 km	315 km	315,55 km
Kecepatan Orbit	7,2 km/s	7,2 km/s	7,2 km/s	7,2 km/s
Kecepatan	5,8 km/s	5,8 km/s	5,8 km/s	5,8 km/s

Parameter	T/P	Jason-1	Jason-2	Jason-3
saat melintas				
Periode pengulangan	9,9156 hari	9,9156 hari	9,9156 hari	9,91564 hari
Sensor	NRA (Topex), SSLAT (Poseidon), TMR, IRA, DORIS, dan GPSDR	Poseidon-2 Altimeter, DORIS, JMR, LRA, dan TRSR	Poseidon-3 Altimeter, DORIS, AMR, LRA, GPS Receiver, CARMEN-2, LPT Detection, dan T2L2 Detectors	Poseidon-3B Altimeter, DORIS, AMR, LRA, GPS Receiver, CARMEN-3, dan LPT Detection

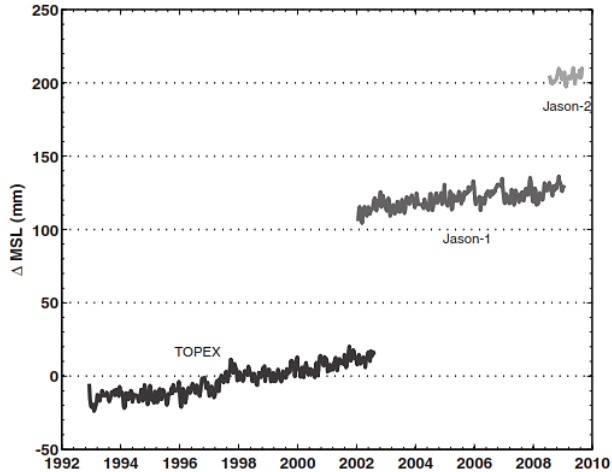
(Sumber : Blanc dkk. 1996; Bronner dkk. 2016; Dumont dkk. 2016; Dumont dkk. 2017)

2.9 Intercalibrated Tandem Mission

Peluncuran setiap misi baru dalam *tandem mission* diimplementasi dengan keberadaan satelit pada *ground track* secara bersamaan menyebabkan adanya periode tandem 180 hari antara Jason-1 dan Jason-2, 240 hari antara Jason-2 dan Jason-3. Karena dua satelit di wilayah yang hampir sama (perbedaan jarak sekitar 1 menit) satu sama lain, keduanya harus mengamati variabilitas samudera yang sama. Apabila kedua pengukuran tersebut berbeda dari variabilitas sebenarnya, hal ini menyebabkan adanya nilai residu. Nilai residu disebabkan karena masing-masing satelit memiliki perbedaan koreksi instrumen dan model. Periode tandem sangat penting untuk mendeteksi masalah dalam model *sea state bias*, kesalahan dalam radiografi, dan kesalahan yang

berkorelasi secara geografis yang berkaitan dengan perbedaan dalam kerangka referensi yang digunakan untuk menghitung orbit (Chambers, Ries, dan Urban 2003).

Kesalahan *sea state bias* berkontribusi terhadap perubahan bias global, meskipun hal ini dapat dihapus dari studi laut global rata-rata dengan menghitung bias relatif rata-rata selama overlap. Hampir semua studi di permukaan laut, terutama mengenai permukaan laut rata-rata global, penting untuk memperbaiki data altimetri untuk bias pengukuran relatif, dimana bias dihitung dengan menggunakan perbedaan dalam GMSL (Leuliette, Nerem, dan G 2004). Mengubah model SSB Jason-1 dengan memindahkan bias relatif ke atas atau ke bawah beberapa cm, namun itu tidak sepenuhnya menghapus bias. Kenyataan bahwa dua altimeter identik dapat memiliki bias yang berbeda lebih dari 7 cm menggarisbawahi sifat kritis untuk memiliki periode kalibrasi/ validasi misi tandem, sehingga dapat ditentukan secara tepat. Sumber bias utama antar satelit Jason adalah kombinasi dari perbedaan dalam pemangkasan frekuensi pengulangan pulsa (PRF), perbedaan parameter karakterisasi Ku-band dan sisa bias 12 mm masih belum terjelaskan. Sumber bias relatif antar satelit tandem belum diketahui secara pasti (Desjonquieres 2009).



Gambar 2. 5 Pengukuran Topex/Poseidon, Jason-1, dan Jason-2 terputus akibat bias.

(Sumber: Nerem dkk. 2010)

Penghitungan bias dalam tandem misi untuk keseluruhan periode altimetri dihitung dengan menggabungkan *time series* dari ketiga satelit sebelum dilakukan *time series decomposition*. Untuk penerapan pada perhitungan SLA, bias ini dihitung sebagai perbedaan rata-rata SLA antara dua misi pada periode yang sama selama beberapa siklus pada persamaan berikut (Masters 2012).

$$\text{Corrected SLA (J1)} = \text{SLA(J1)} - \text{bias(J1,T/P)} \quad (5)$$

$$\text{Corrected SLA (J2)} = \text{SLA(J2)} - \text{bias(J1,J2)} - \text{bias(J1,T/P)} \quad (6)$$

$$\text{Corrected SLA (J3)} = \text{SLA(J3)} - \text{bias(J2,J3)} - (\text{bias J2,J1,T/P}) \quad (7)$$

2.10 Time Series Decomposition

Metode peramalan didasarkan pada konsep bahwa dalam rangkaian data ada sebuah pola yang terdistribusi

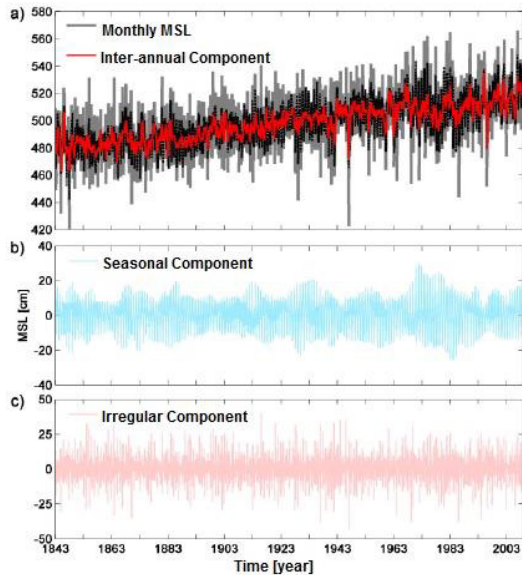
didalamnya. Tingkat keacakan dari pola tersebut dapat dihilangkan dengan menghaluskan nilai. Penghalusan nilai dilakukan dengan memecah polanya atau dekomposisi menjadi *subpattern* yang mengidentifikasi setiap komponen dari deret waktu secara terpisah. Pemecahan pola tersebut membantu pemahaman yang lebih baik terhadap perilaku sebuah rangkaian data *time series*, sehingga mampu meningkatkan akurasi dalam peramalan. Metode pemecahan atau dekomposisi bisa untuk mengidentifikasi dua komponen terpisah dari pola dasar yang mendasari karakteristik. Hal ini disebabkan oleh siklus tren dan faktor musiman. Faktor musiman dikaitkan dengan fluktuasi periodik dari data yang panjang dan konstan. Siklus tren merupakan perubahan jangka panjang di tingkat seri (Makridakis, Wheelwright, dan Hyndman 1998). Dekomposisi dilakukan dengan asumsi bahwa data memiliki struktur sebagai berikut :

$$\text{Data} = \text{pattern} + \text{Error} \quad (10)$$

$$\text{Data} = \text{Seasonal} + \text{Siklus Tren} + \text{Error} \quad (11)$$

Dekomposisi time-series diasumsikan terdiri dari tiga komponen yaitu *seasonal*, siklus tren, dan *error*. Komponen *seasonal* biasanya diasumsikan memiliki pola pengulangan yang berubah sangat lambat atau tetap konstan seiring berjalannya waktu. Komponen tren biasanya dianggap berubah lebih cepat daripada komponen musiman. Tren adalah kecenderungan jangka panjang suatu peubah deret waktu yang secara grafis trend digambarkan sebagai garis atau kuva yang halus dan menunjukkan naik turun peubah deret waktu. Komponen *error* adalah bagian yang paling cepat berubah atau disebut polanya acak. Komponen *error* ini sering disebut komponen *remainder* atau *irregular*.

Seluruh rangkaian waktu dihitung sebagai fungsi dari ketiga bagian ini (Dokumentov dan Hyndman 2015).



Gambar 2. 6 Dekomposisi Data Time Series MSL.
(Sumber : Dangendorf dkk. 2013)

Dekomposisi *time series* merupakan hal penting dalam banyak konteks dimana variasi musiman dalam data *time series* diamati. Ada dua pendekatan alternatif untuk dekomposisi data *time series* dengan tujuan untuk mendapatkan komponen seakurat mungkin. Konsep dasarnya yaitu dilakukan dengan penghapusan siklus tren sehingga menghasilkan komponen musiman. Pendekatan pertama adalah *Multiplicative Decomposition* dan *Pseudo-Additive Decomposition*. Pendekatan *multiplicative* digunakan ketika besarnya fluktuasi musiman proporsional dengan pola serinya. Pendekatan *additive* digunakan ketika

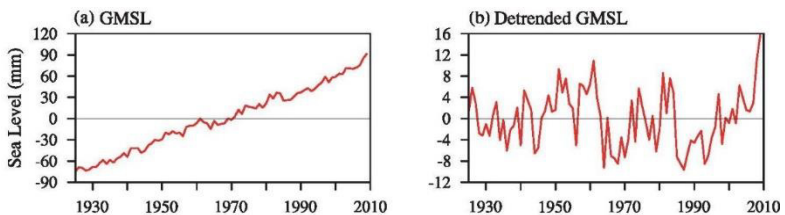
ada satu bulan yang lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan bulan lainnya (Makridakis, Wheelwright, dan Hyndman 1998).

2.11 *Detrending*

Detrending adalah proses menghilangkan tren linier dari suatu *time series*, biasanya digunakan untuk proses *Fast Fourier Transform* (FFT). Tren linier adalah kecenderungan data dimana perubahannya berdasarkan waktu adalah tetap. *Detrending* digunakan untuk menghilangkan distorsi pada proses korelasi dan untuk mendapatkan data yang stasioner. Ada 3 metode mendapatkan *detrending* yaitu *Fourier based method*, *average removing method* dan ADA, yang digunakan untuk menghilangkan tren. Umumnya, *time series* dapat dianggap sebagai kombinasi banyak komponen dengan frekuensi yang berbeda. Transformasi Fourier dapat menguraikan seri yang diberikan ke dalam komponen ini, dan komponen terdekomposisi dapat direkonstruksi kembali ke seri asli menggunakan *inverse Fourier transform*. *Average removing method* biasanya digunakan untuk menangani siklus periodik yang relatif teratur (Liu dkk. 2010). Persamaan untuk mendapatkan detren terdapat pada persamaan 12.

(12)

Detren data = Data RAW – Trend Linear



Gambar 2. 7 Grafik (a) *Global Mean Sea Level* dan (b) *detrend Global Mean Sea Level*.

(Sumber : Wang dkk. 2015)

2.12 Korelasi

Korelasi merupakan istilah yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar variabel. Analisis korelasi adalah cara untuk mengetahui ada atau tidak adanya hubungan antarvariabel misalnya hubungan dua variabel. Analisa korelasi dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu diagram pencar, tabel korelasi, koefisien korelasi, dan regresi. Cara yang digunakan pada penelitian ini adalah koefisien korelasi Pearson. Korelasi nantinya digunakan untuk menganalisa hubungan antara masing-masing indeks ENSO (MEI, SOI, dan ONI) dengan perubahan permukaan air laut (*sea level anomaly*).

Koefisien korelasi pearson adalah indeks yang digunakan untuk mengukur hubungan antara dua variabel yang datanya berbentuk data interval. Metode yang digunakan salah satunya dengan metode *least square* pada persamaan berikut (Mikhail dan Gracie 1981).

$$r_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (13)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum(X - \mu_x)(Y - \mu_y)}{n} \quad (14)$$

dimana :

r_{xy}	= koefisien korelasi	μ_x	= rata – rata variabel X
X	= variabel X	μ_y	= rata – rata variabel Y
Y	= variabel Y	σ_y	= standar deviasi Y
n	= jumlah data	σ_x	= standar deviasi X
σ_{xy}	= kovarian XY		

Nilai korelasi yang dihasilkan antara $-1 < \rho_{xy} < +1$. Jika $\rho_{xy} = 0$, artinya tidak ada korelasi antar dua variabel. Jika $\rho_{xy} = -1$ maka korelasi antar dua variabel sempurna dan bersifat tidak searah, yaitu ketika variabel X naik maka variabel Y turun dan sebaliknya. Jika $\rho_{xy} = +1$ maka korelasi dua variabel sempurna dan searah. Tingkat hubungan dalam korelasi dapat dibagi menjadi 5 kelas yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Koefisien Korelasi

Interval	Tingkat Hubungan
0,00 – 1,999	Sangat Rendah
2,00 – 3,999	Rendah
4,00 – 5,999	Sedang
6,00 – 7,999	Kuat
8,00 – 1,00	Sangat Kuat

(Sumber : Evans 1996)

2.13 Penelitian Sebelumnya

Dalam melaksanakan penelitian ini dilakukan studi literatur pada beberapa penelitian sebelumnya yang terkait. Pertama dalam penelitian yang berjudul “*Estimating Mean Sea Level Change from the TOPEX and Jason Altimeter Missions*”, membahas tentang penggunaan satelit altimetri TOPEX dan Jason series untuk mendapatkan *global mean sea level change* 1993 -2009. Dalam penelitian tersebut dilakukan perbandingan data selama *tandem period* dari misi, menyelesaikan bias pada misi, dan melakukan perbandingan hasil dengan pengukuran pasang surut. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan tingkat rata-rata kenaikan muka laut tahun 1993 -2009 adalah $3,4 \pm 0,4$ mm /tahun. Ada variasi interannual terkait fenomena ENSO, menunjukkan *sea level rise* menurun selama terjadi La Nina (Nerem dkk. 2010).

Kedua, pada penelitian yang berjudul “*Estimating ENSO Influence on the Global Mean Sea Level, 1993-2010*” oleh Cazenave, A dkk (2012). Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi korelasi variasi interannual *global mean sea level* (GMSL) dengan ENSO. Analisis yang dilakukan adalah kontribusi samudra Atlantik, Hindia, dan Pasifik (terkait ENSO) interannual GMSL yang diamati sejak tahun 1993 dengan penekana pada fenomena El Nino 1997-1998. Hasil yang didapatkan bahwa perubahan massa samudera Pasifik tropis terutama di wilayah $0^{\circ} - 25^{\circ}\text{LU}$, sebagian besar anomali GMSL terpengaruh ENSO.

Ketiga, pada penelitian oleh Handoko, Fernandes, dan Lázaro (2017) yang membahas tentang penilaian variasi jarak, koreksi geofisik dan model *mean sea surface* di perairan Indonesia. Data yang digunakan adalah data satelit altimetri Topex/Poseidon, Jason-1, dan Jason-2 dengan periode waktu 23 tahun untuk mendapatkan nilai SLA. Analisa yang digunakan pada penelitian tersebut adalah perbedaan hasil SLA terhadap variasi model koreksi yang digunakan, tren linier sea level dan korelasi nilai SLA dengan indeks ENSO (MEI). Hasil tren di perairan Indonesia adalah $4,2 \pm 2,2$ mm/tahun selama 23 tahun pengamatan. Nilai korelasi antara MEI dengan detrended SLA adalah negatif.

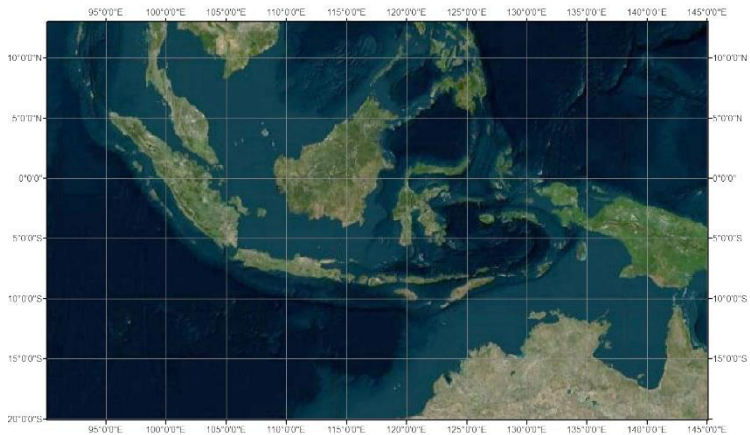
Perbedaan dari penelitian ini adalah studi mengenai penghitungan perubahan muka air laut (*sea level anomaly*) dan analisa hubungan perubahan *sea level anomaly* dengan terjadinya fenomena ENSO. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh ENSO terhadap dinamika permukaan laut di Perairan Indonesia. Dimana dalam penelitian ini menggunakan data satelit altimetri Topex/Poseidon dan Jason series tahun 1993 – 2018 didukung dengan data indeks ENSO yaitu MEI, SOI, dan ONI.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah wilayah perairan Indonesia. Wilayah penelitian ini secara geografis terletak pada koordinat antara 13° LU - 20° LS dan 90° BT - 144° BT. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth)

Pass (lintasan) dari satelit Topex/Poseidon dan Jason Series yang melewati seluruh perairan Indonesia sebanyak 44 pass dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 1 Pass (Lintasan Satelit Topex/Poseidon dan Jason Series di Indonesia)

No.	Nomor Pass	Arah Pass	No.	Nomor Pass	Arah Pass
1	1	<i>ascending</i>	23	125	<i>ascending</i>
2	12	<i>descending</i>	24	127	<i>ascending</i>
3	14	<i>descending</i>	25	138	<i>descending</i>
4	23	<i>ascending</i>	26	140	<i>descending</i>
5	25	<i>ascending</i>	27	151	<i>ascending</i>
6	27	<i>ascending</i>	28	153	<i>ascending</i>
7	36	<i>descending</i>	29	164	<i>descending</i>
8	38	<i>descending</i>	30	166	<i>descending</i>
9	49	<i>ascending</i>	31	177	<i>ascending</i>
10	51	<i>ascending</i>	32	179	<i>ascending</i>
11	62	<i>descending</i>	33	190	<i>descending</i>
12	64	<i>descending</i>	34	192	<i>descending</i>
13	75	<i>ascending</i>	35	201	<i>ascending</i>
14	77	<i>ascending</i>	36	203	<i>ascending</i>
15	88	<i>descending</i>	37	205	<i>ascending</i>
16	90	<i>descending</i>	38	214	<i>descending</i>
17	99	<i>ascending</i>	39	216	<i>descending</i>
18	101	<i>ascending</i>	40	227	<i>ascending</i>
19	103	<i>ascending</i>	41	229	<i>ascending</i>
20	112	<i>descending</i>	42	240	<i>descending</i>
21	114	<i>descending</i>	43	242	<i>descending</i>
22	116	<i>descending</i>	44	253	<i>ascending</i>

(Sumber : AVISO 2018)

3.2 Data dan Peralatan

Data dan peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut :

3.2.1 Data

Adapun data yang digunakan adalah :

- a. Data RADS Topex/Poseidon tahun 1993 - 2001
- b. Data RADS Jason-1 tahun 2001 – 2008
- c. Data RADS Jason-2 tahun 2008 - 2016
- d. Data RADS Jason-3 tahun 2016 -2018
- e. Data SOI, MEI, dan ONI tahun 1993 – 2018
- f. Data Vektor Garis Pantai Indonesia

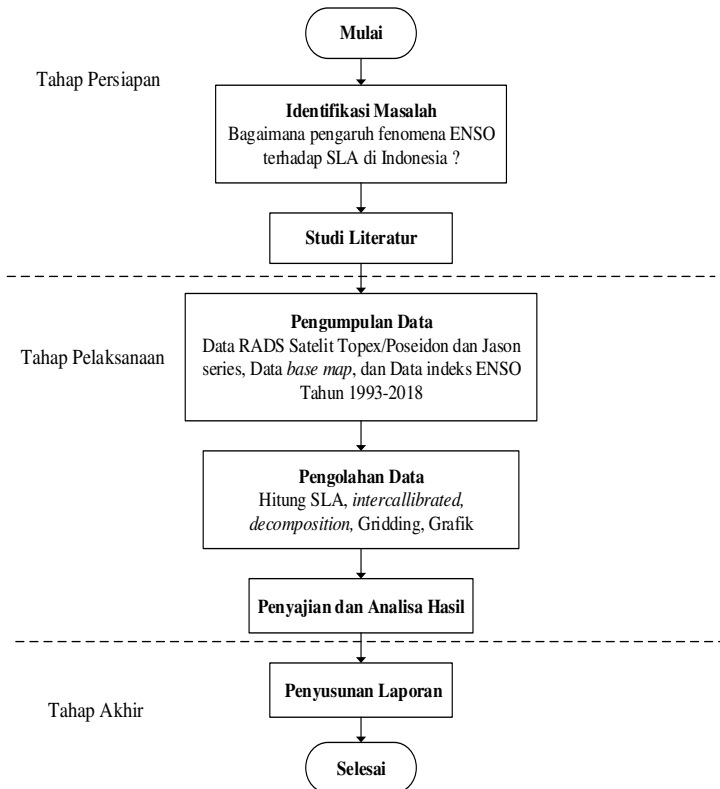
3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat lunak sebagai berikut:

- a. MATLAB R2014a untuk menghitung koreksi, SLA, *intercalibrated*, dan detren.
- b. Perangkat Lunak R untuk melakukan dekomposisi data.
- c. Surfer 13 untuk gridding persebaran SLA di Indonesia.
- d. ArcGIS 10.3 untuk *layouting* peta.

3.3 Metodologi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan-tahapan seperti yang dijelaskan pada diagram alir berikut :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Diagram alir pelaksanaan penelitian tersebut dijelaskan dalam uraian berikut :

3.3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi tahap identifikasi masalah dan studi literatur sebagai berikut :

a. Identifikasi Masalah

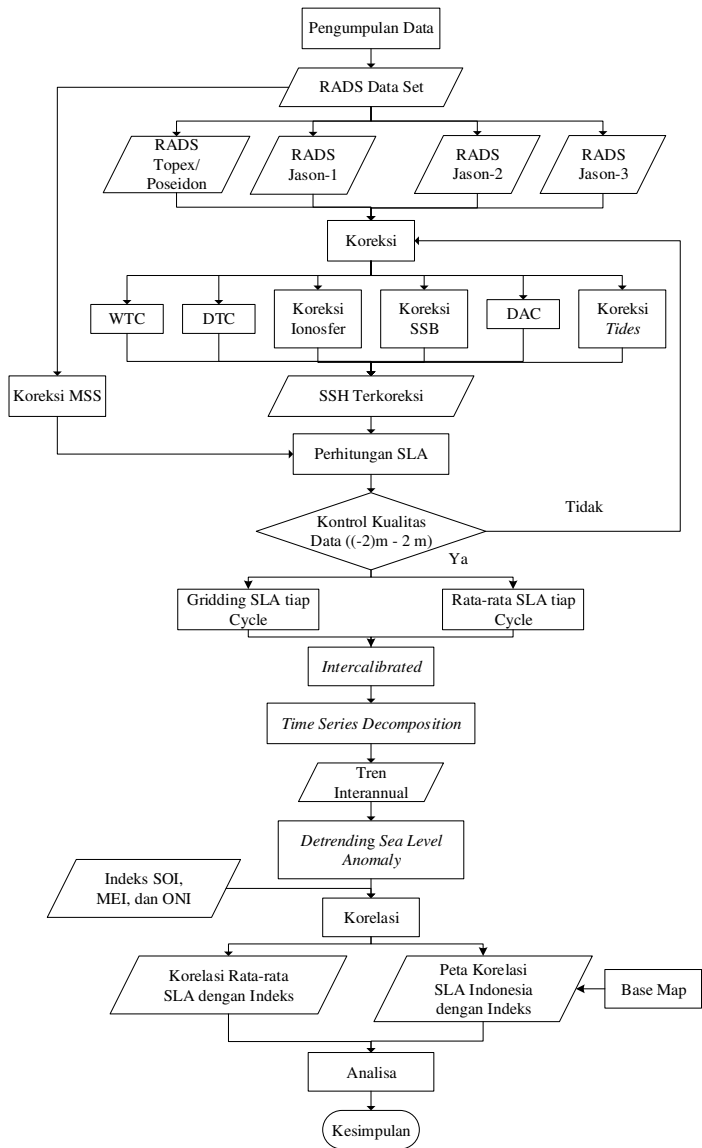
Identifikasi masalah bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengerucutkan permasalahan yang akan dibahas dalam suatu penelitian. Adapun masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah menganalisa fenomena ENSO dan pengaruhnya di perairan Indonesia dengan satelit altimetri.

b. Studi literatur

Bertujuan untuk mendapatkan referensi dan pemahaman yang berhubungan dengan ENSO (*El Nino Southern Oscillation*), SLA (*Sea Level Anomaly*), prinsip satelit altimetri dan data satelit altimetri serta koreksi yang diberikan. Untuk keperluan pengolahan data juga diperlukan pemahaman mengenai perangkat lunak yang digunakan. Referensi yang digunakan dapat berasal dari buku, jurnal, internet dan sumber informasi lainnya.

3.3.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan dijelaskan dalam diagram alir pada gambar 3.3 sebagai berikut



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pelaksanaan

Berikut adalah penjelasan diagram alir tahap pengolahan data Gambar 3.3.

3.3.3 Penjelasan Tahap Pelaksanaan

Tahap pengumpulan data bertujuan untuk menghimpun data-data utama serta data-data pendukung yang akan digunakan dalam proses penelitian. Dalam penelitian ini, data yang dibutuhkan adalah

a. Data Set RADS

Radar Altimetry Database System (RADS) merupakan sebuah sistem basis data yang menyediakan data satelit altimetri berformat ASCII dari berbagai misi satelit altimetri seperti GEOSAT, ERS-1, Topex/Poseidon, Jason-1, dan sebagainya. RADS dikembangkan oleh *Delft Institute for Earth-Oriented Space Research* dan *NOAA Laboratory for satellite Altimetry*.

Data Set RADS terdiri dari nilai pengamatan berupa *range* dan *altitude* dari referensi ellipsoid, data model MSS, dan berbagai parameter koreksi satelit altimetri. Data Set RADS berformat NetCDF. Data RADS dapat didownload di <http://rads.tudelft.nl/rads/rads.shtml/>.

b. Data Indeks ENSO

Data indeks ENSO yang digunakan yaitu MEI, SOI, dan ONI. Data tersebut adalah data setiap bulan mulai tahun 1993 – 2018. Data MEI dapat diperoleh dari <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/table.html>, data SOI dapat diperoleh dari <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>, dan data MEI dapat diperoleh dari <https://catalog.data.gov/dataset/climate-prediction-center-cpcoceanic-nino-index>

c. Data vektor *base map*

Base Map digunakan sebagai layouting peta persebaran pengaruh ENSO di Perairan Indonesia. Data *base map* berupa data vektor garis pantai Indonesia dengan format data DAT. Data didapatkan dari GSHHG (*A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database*) yang memiliki datum horizontal WGS 84 dan datum vertikal *Mean High Water* (MHW).

3.3.3.1 Koreksi

Proses koreksi dipilih dari model koreksi yang terbaik dan paling akurat untuk penggunaan data altimetri di wilayah Indonesia. Perhitungan koreksi ini akan menghasilkan SSH dan SLA terkoreksi. Perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak Matlab.

Tabel 3. 2 Parameter Koreksi dan Model

Parameter	T/P	Jason-1	Jason-2	Jason-3
DTC	ERA-Interim	ERA-Interim	ERA-Interim	ERA-Interim
WTC	ERA-Interim	ERA-Interim	ERA-Interim	ERA-Interim
Ionosfer	<i>smoothed dual frequency</i>	<i>smoothed dual frequency</i>	<i>smoothed dual frequency</i>	<i>smoothed dual frequency</i>
SSB	TOPEX_A : CLS Poseidon : CLS	Tran2012	Tran2012	Tran2012
DAC	<i>local mean of MOG2D</i>	<i>local mean of MOG2D</i>	<i>local mean of MOG2D</i>	<i>local mean of MOG2D</i>
<i>Ocean Tides</i>	GOT4.10	GOT4.10	GOT4.10	GOT4.10
<i>Load Tides</i>	GOT4.10	GOT4.10	GOT4.10	GOT4.10

Parameter	T/P	Jason-1	Jason-2	Jason-3
MSS	CNES-CLS11	CNES-CLS11	CNES-CLS11	CNES-CLS11

(Sumber : Handoko, Fernandes, dan Lázaro 2017)

3.3.3.2 Perhitungan SLA

SLA dihitung dengan MATLAB sesuai persamaan (4). Model MSS yang digunakan adalah CNES-CLS11. Hasil perhitungan nilai SLA harus dikontrol kualitasnya (*flagging* dan *editing*) dengan rentang nilai -2 meter hingga 2 meter karena fluktuasi nilai SLA di perairan Indonesia tidak terlalu besar, serta dilakukan perhitungan standar deviasi dan varians untuk mengetahui tingkat persebaran datanya. Apabila nilai akurasi memenuhi nilai akurasi maksimum dari masing-masing kualitas oleh TOPEX/Poseidon, Jason 1, Jason 2, dan Jason 3 maka akan dilanjutkan ke proses berikutnya (Scharroo 2018). Apabila tidak memenuhi berarti kemungkinan ada kesalahan dalam pengolahan sehingga data SLA yang *outlayer* dari batas dihilangkan atau tidak digunakan.

3.3.3.3 Rata – Rata dan Gridding SLA Setiap Cycle

Nilai SLA dirata-rata setiap *cycle* terlebih dahulu. Rata-rata SLA dibobotkan berdasarkan lintang dengan cosinus lintang. Kemudian proses gridding dilakukan dengan tujuan untuk mengisi kekosongan data terhadap nilai lintang-bujur, agar didapatkan hasil pemodelan yang lebih baik. Gridding data dilakukan untuk menampilkan perubahan berupa peta kontur warna 2D serta mendapatkan gambar visualisasinya. Gridding SLA dilakukan dengan ukuran $3^\circ \times 3^\circ$, sebelumnya harus dihitung terlebih dahulu untuk setiap siklus (~ 10 hari) untuk mendistribusikan pengukuran yang sama di seluruh permukaan lautan. Pemilihan ukuran grid berdasarkan jarak antar pass pada satelit Topex/Poseidon dan Jason. Metode gridding yang

digunakan adalah data metrik ($z=\text{mean}$) pada perangkat lunak surfer.

3.3.3.4 *Intercalibrated*

Proses ini dilakukan karena masing-masing satelit memiliki perbedaan koreksi instrumen dan model. Kemudian proses yang dilakukan adalah dengan menghitung nilai bias pada *cycle* yang mengalami tandem misi. Bias dihitung menggunakan perataan data *sea level anomaly* yang mengalami tandem misi dari empat satelit yaitu TOPEX/Poseidon, Jason-1, Jason-2, dan Jason-3. Kemudian nilai *sea level anomaly* setiap *cycle* dikoreksi dengan bias yang sudah didapatkan seperti pada persamaan (5) hingga (7).

3.3.3.5 *Time Series Decomposition*

Salah satu metode dekomposisi yang sering digunakan dalam banyak peramalan adalah STL (*A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Loess*). Upaya pertama untuk menguraikan *time series* ke dalam berbagai komponen atau bisa dikatakan alat untuk menghilangkan keacakan dari tren dan fluktuasi musiman. Metode ini menggunakan *iterative loess smoothing* untuk mendapatkan perkiraan tren dan kemudian *loess smoothing* lagi untuk mengekstrak komponen musiman aditif yang berubah. Keuntungan besar menggunakan model ini adalah memungkinkan perhitungan interval keyakinan dan prediksi yang mudah, yang tidak tersedia dalam banyak metode. Selain itu, model ini memiliki ketahanan yang sangat tinggi terhadap data observasi yang ekstrem (Dokumentov dan Hyndman 2015). Dekomposisi dikerjakan menggunakan program R sehingga didapatkan tren SLA baik annual maupun interannual.

3.3.3.6 Detrending SLA

Adalah proses menghilangkan trend linier dari sebuah grafik. Tujuan trend linier dihilangkan karena trend linier menyebabkan distorsi hubungan antar variabel input dan output. Untuk mengitung trend linier digunakan perhitungan regresi linier. Data time series yang masih memiliki trend linier dapat disebut data non-stasioner. Data time series yang digunakan untuk korelasi adalah data stasioner yaitu data yang rata-rata dan variansnya konstan. Detren dihitung menggunakan perangkat lunak MATLAB.

3.3.3.7 Korelasi dan Peta Sebaran SLA

Korelasi dilakukan antara nilai detrending SLA dengan nilai masing-masing indeks ENSO yaitu MEI, SOI, dan ONI. Hasil yang diharapkan adalah nilai hubungan kedua parameter dengan klasifikasi pada tabel 2.2. Korelasi dilakukan 2 kali yaitu korelasi rata-rata SLA dengan indeks dan korelasi SLA setiap titik dengan indeks. Karena nilai indeks SOI setiap 1 bulan maka nilai SLA dirata-rata setiap bulan sebelum mengkorelasikan. Begitu pula dengan indeks MEI yaitu indek dengan data rata-rata 2 bulan dan indeks ONI adalah indeks rata-rata 3 bulan. Kemudian menampilkan hasil korelasi secara spasial dengan plotting data setiap titik. Selanjutnya, hasil plotting di-*overlay* dengan dengan data vektor garis pantai, kemudian dilakukan *layouting* di ArcGIS.

3.3.3.8 Tahap Analisa

Analisa yang dilakukan adalah menghitung dan menganalisa korelasi antara SLA dengan masing-masing indeks ENSO (MEI, SOI dan ONI) di perairan Indonesia. Selain itu melakukan analisa pada peta sebaran pengaruh ENSO yang

menunjukkan wilayah yang mendapatkan pengaruh yang signifikan.

3.3.4 Tahap Akhir Penelitian

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penyusunan laporan agar hasil dari penelitian ini bisa bermanfaat.

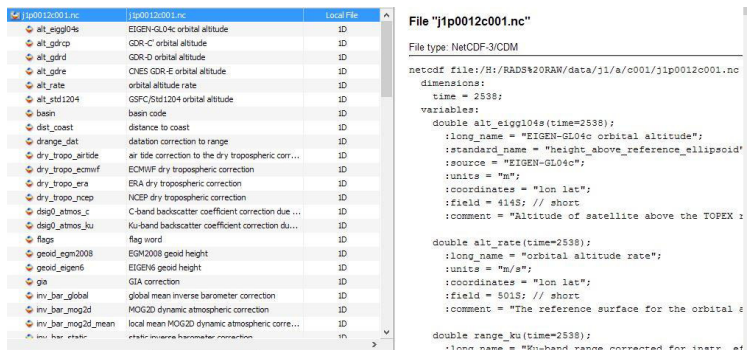
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini akan diuraikan hasil dan pembahasan dari penelitian mulai dari pengecekan data RADS, perhitungan SLA, intercalibrated, dekomposisi, detren, dan analisa korelasi mean SLA dengan indeks ENSO dan analisa korelasi SLA dengan indeks ENSO secara spasial.

4.1 Pengecekan Data RADS

Tahap awal yang dilakukan dalam pengolahan data adalah pengecekan data. Format data hasil download dari tudelft adalah (.nc). Data RADS sebelum diolah dibaca terlebih dahulu parameter apa saja yang ada di dalamnya. Dalam pengolahan SLA yang dibutuhkan adalah *altitude*, *MSS (Mean Sea Surface)*, koreksi *dry tropospheric*, *wet tropospheric*, ionosfer, *tides*, *sea state bias*, *Dynamic Atmospheric*, dan *reference frame offset*. Dalam RADS banyak model koreksi yang disediakan, model koreksi yang digunakan untuk penelitian ini adalah seperti tabel 3.2. Selain itu juga diperlukan waktu pengambilan data. Waktu yang digunakan nanti dalam format *MJD (Modified Julian Date)* dan *fraction of year*. Setelah pemilihan model koreksi maka dapat dilakukan pengolahan tahap selanjutnya.



Gambar 4. 1 Pengecekan RADS

4.2 Perhitungan SLA

Perhitungan nilai SLA dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Nilai SLA merupakan tinggi permukaan laut yang tereferensi pada bidang geoid atau MSS, dimana efek dinamisnya dan pengaruh atmosfer sudah dihilangkan. Cara menghitung SLA sesuai dengan persamaan (4). Jika menggunakan *Sea Surface Height* (SSH) nilainya masih mengandung efek variasi periode pendek, salah satunya pasang surut. Selanjutnya efek tersebut harus dieliminasi sehingga perubahan muka laut dapat terlihat melalui analisis seacara temporal. SLA dihitung setiap *pass* dalam 1 *cycle*. SLA yang diambil dibatasi yaitu -2 m hingga 2 m. Nilai koreksi juga ditentukan batasnya sesuai dengan *handbook* RADS pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kriteria Kontrol Kualitas Data

Parameter	Kondisi yang diterima
Sea Level Anomaly	$-2 \text{ m} < x(m) < 2 \text{ m}$
Dry Tropospheric	$-2,4 \text{ m} < x(m) < 2,1 \text{ m}$
Wet Tropospheric	$-0,6 \text{ m} < x(m) < 0,05 \text{ m}$
Ionosphere	$-0,4 \text{ m} < x(m) < 0,04 \text{ m}$
Sea State Bias	$-1 \text{ m} < x(m) < 1 \text{ m}$
Atmospheric Correction	$-1 \text{ m} < x(m) < 1 \text{ m}$
Ocean Tide	$-5 \text{ m} < x(m) < 5 \text{ m}$
Load Tide	$-0,5 \text{ m} < x(m) < 0,5 \text{ m}$
Solid Tide	$-1 \text{ m} < x(m) < 1 \text{ m}$
Pole Tide	$-0,1 \text{ m} < x(m) < 0,1 \text{ m}$

(Sumber : Scharroo 2018)

Nilai koreksi yang bernilai NaN (*Not a Number*) dianggap bernilai 99,99 m. Hasil SLA dan koreksi yang *outlayer* tidak akan digunakan, hal itu dilakukan untuk menghilangkan nilai yang

kosong dan melonjak tinggi atau rendah. Berikut adalah script perhitungan SLA dari pengolahan di MATLAB.

```

% Seconds since 1985-01-01 00:00:00 UTC
time_sec1985 = ncread(dir_file, 'time');
% Latitude and Longitude
lat = ncread(dir_file, 'lat');
lon = ncread(dir_file, 'lon');
% Range and Altitude
alt_sat = ncread(dir_file, 'alt_gdre');
range = ncread(dir_file, 'range_ku');
% RFO and Mean Sea Surface
MSS = ncread(dir_file, 'mss_cnescls11');
rfo = ncread(dir_file, 'ref_frame_offset');
% distance from coast
dcoast = ncread(dir_file, 'dist_coast');
%Determine cycle and pass
cycle = ncreadatt(dir_file, '/', 'cycle_number');
pass = ncreadatt(dir_file, '/', 'pass_number');
%"seconds since 1985-01-01 00:00:00 UTC";
mjd19850 = 46066;
% Decimal days since 1985-01-01 00:00:00 UTC
time_days = time_sec1985/86400;
% time vector in mjd
MJD = time_days + mjd19850;
% compute decimal year
[year, month, day, hour, minute, second] = datevec(MJD + 678942);
% time vector in decimal year
dec_year = deyear([year, month, day, hour, minute, second]);
% Sea Surface Heigh (SSH) and Sea Level Anomaly (SLA)
SSH = alt_sat - range - dry - wet - iono - ssb - dac - tides - rfo - gia;
SLA = SSH - MSS;

```

Gambar 4. 2 Script Perhitungan SLA

Berikut adalah hasil dari SLA yang didapatkan dalam format *text file* (.txt).

Tabel 4. 2 Contoh Hasil Pengolahan SLA Jason 1

cyc	pass	lintang	bujur	SLA(m)	SSH(m)	YYF
12	1	-19,9967	92,3834	0,256	-46,079	2002,33781565
12	1	-19,9474	92,4041	0,271	-46,108	2002,33781568
12	1	-19,8981	92,4248	0,219	-46,204	2002,33781571
12	1	-19,8488	92,4455	0,186	-46,275	2002,33781574

12	1	-19,7995	92,4661	0,229	-46,253	2002,33781578
12	1	-19,7502	92,4868	0,193	-46,302	2002,33781581

Dari tabel 4.1 dapat dilihat nilai lintang, bujur, SLA, SSH, koreksi, dan waktu (*fraction of year* dan *Modified Julian Date*) setiap *pass* dalam 1 *cycle*. Satuan SLA dan SSH yang digunakan adalah m. Nilai rata-rata seluruh SLA adalah 50,259 mm. Untuk SLA tertinggi terjadi pada *cycle* 86 Jason-2 sebesar 204,202 mm dan nilai rata-rata SLA terendah terdapat pada *cycle* 191 Topex/Poseidon sebesar -121,600 mm.

4.3 *Intercalibrated*

Setelah dilakukan perhitungan SLA pada semua misi satelit, nilai SLA dirata – rata setiap *cycle*. Perhitungan dilakukan di perangkat lunak MATLAB. Rata-rata dihitung dengan pembobotan berdasarkan lintang, berikut adalah script perhitungannya.

```

%read cycle pass SLA SSH MJD YF
cyc = data(1,1);
pass = data(1,2);
lat = data(:,4);
mjd = data(:,3);
sla = data(:,6);
ssh = data(:,7);
yyf = data(:,16);

%hitung rata-rata per pass
weight = cosd(lat);
meanSLA = sum(sla.*weight)/sum(weight);
meanSSH = sum(ssh.*weight)/sum(weight);
meanMJD = mean(mjd);
meanYYF = mean(yyf);

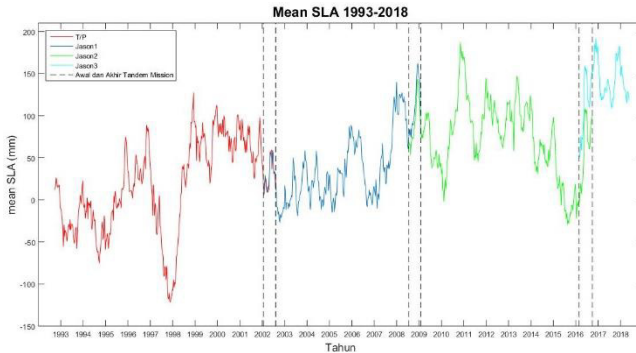
%output rata-rata per pass
hasil(k,:)=[cyc pass meanSLA meanSSH meanMJD meanYYF];

```

Gambar 4. 3 *Script* Perhitungan Mean SLA setiap *Pass*

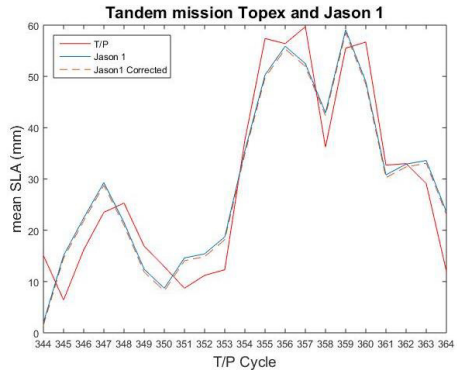
Rata-rata setiap *cycle* di buat grafik untuk mengetahui *tandem mission*. *Tandem mision* terjadi karena adanya pengambilan data oleh 2 satelit dalam periode waktu yang sama dengan jalur yang sama. Berikut adalah grafik yang menunjukkan

adanya *tandem mission* 4 misi satelit altimetri yang digunakan pada penelitian ini.

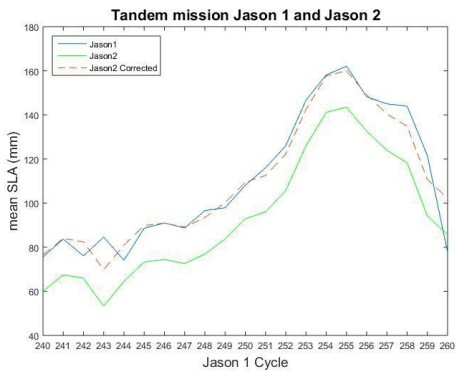


Gambar 4. 4 Tandem Misi Satelit Altimetri

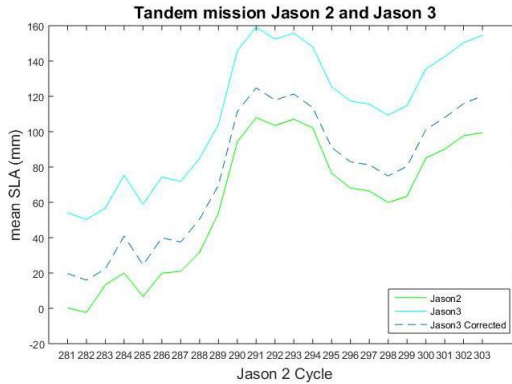
Dapat dilihat dari gambar bahwa dalam waktu yang sama nilai SLA berbeda, rentang tandem misi ditunjukkan dengan garis putus-putus. Hal ini disebabkan adanya perbedaan sistem satelit Topex/Poseidon dan Jason series, sedangkan antar satelit Jason memiliki *error* sistematis. Antara satelit Topex/Poseidon dengan Jason terdapat tandem misi 21 cycle yaitu cycle 1-21 Jason 1 dan cycle 344 – 364 T/P. Untuk tandem misi satelit Jason 1 dengan Jason 2 adalah cycle 240 – 260 pada Jason 1 dan Jason 2 adalah cycle 1 – 21. Tandem misi satelit Jason 2 dan Jason 3 adalah cycle 1-23 pada Jason 3 dan cycle 281-303 pada Jason 2.



Gambar 4. 5 Tandem Misi Topex/Poseidon dengan Jason-1



Gambar 4. 6 Tandem Misi Jason-1 dan Jason-2



Gambar 4. 7 Tandem Misi Jason-2 dan Jason-3

Setelah diketahui rentang cycle yang mengalami *tandem mission*, dilakukan perhitungan bias. Bias dihitung dengan hitung perataan yaitu masing-masing nilai mean SLA per *cycle* dihitung selisihnya kemudian dirata-rata.

```

% j2 dan j3 : cyc 281 - 303 dan cyc 010 - 023
cyc2_j2 = j2(281:303,1);
sla2_j2 = j2(281:303,2);

cyc_j3 = j3(1:23,1);
sla_j3 = j3(1:23,2);

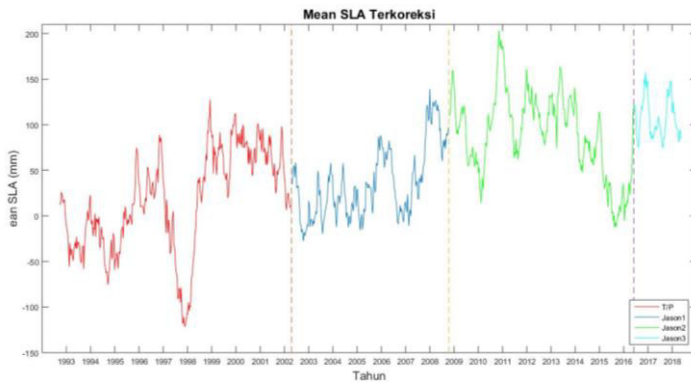
%bias antar satelit
j2_j3 = sla_j3-sla2_j2;
dj2_j3 = mean(j2_j3);
devj2_j3 = std(j2_j3);

```

Gambar 4. 8 Menghitung bias antara Jason 2 dan 3

Nilai bias antara satelit Jason-1 dengan T/P adalah 0,619 mm, nilai bias antara Jason 1 dan Jason 2 adalah -18,16 mm, dan nilai bias anantara Jason-2 dengan Jason-3 adalah 50,09 mm. Setelah mendapatkan bias kemudian nilai mean SLA Jason 1, 2, dan 3 dikoreksi dengan persamaan (5) – (7). Hasil SLA terkoreksi dapat dilihat pada Gambar 4.5 hingga gambar 4.7 ditunjukkan dengan garis putus-putus. Setelah dikoreksi data yang digunakan

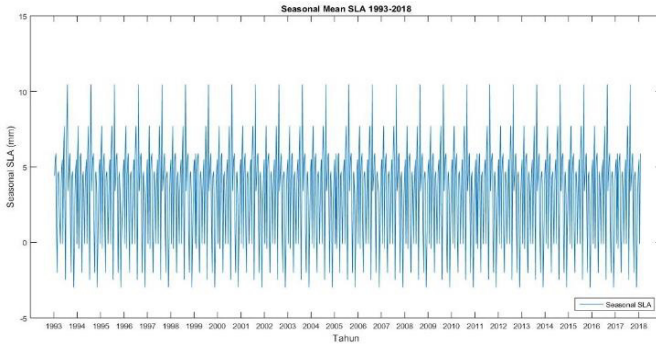
harus difilter. Data SLA pada range *tandem mission* yang digunakan hanya setengah saja masing-masing satelit. Misalkan antara satelit Topex/Poseidon dengan Jason 1, Data Topex/Poseidon yang digunakan hingga *cycle* 353 sedangkan Jason 1 data yang digunakan mulai *cycle* 12. Data SLA yang digunakan pada Topex/Poseidon adalah *cycle* 11-353, Jason-1 adalah *cycle* 11-249, Jason-2 adalah *cycle* 12-291, dan Jason-3 adalah *cycle* 12-73. Berikut adalah hasil intercalibrated semua misi satelit altimetri yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4. 9 Mean SLA Terkoreksi

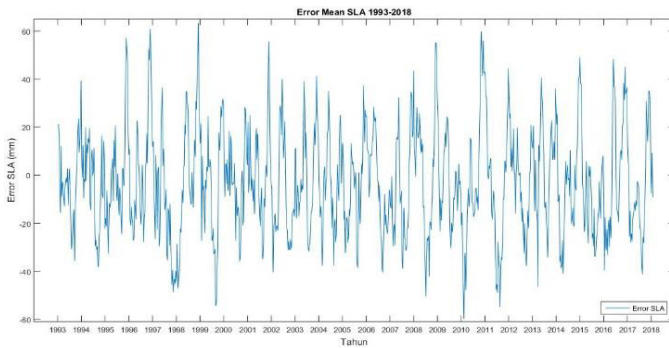
4.4 Dekomposisi Data *Time Series* dan *Detrending Data*

Dekomposisi data dilakukan setelah data semua satelit sudah difilter dan digabungkan. Proses dekomposisi dilakukan di perangkat lunak R. Dekomposisi data adalah proses memecah RAW data menjadi komponen musiman, trend, dan error. Pada penelitian ini hasil dari dekomposisi adalah untuk mendapatkan trend dari data. Trend yang digunakan selanjutnya adalah trend liniernya. Berikut pada Gambar 4.10 adalah hasil dekomposisi dari data mean SLA perairan Indonesia terdiri dari komponen musiman/*seasonal*, trend, dan *error/remainder*.



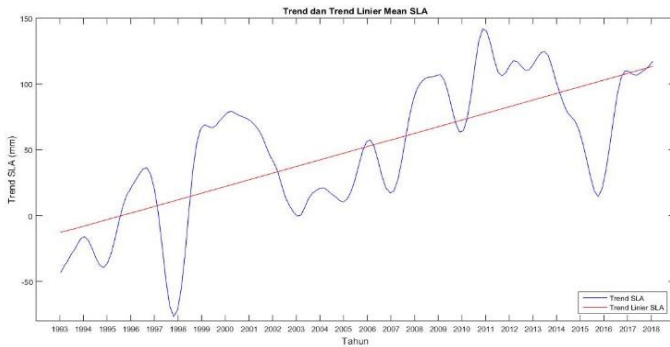
Gambar 4. 10 Grafik Seasonal Mean SLA

Dari gambar 4.10 diatas dapat dijelaskan bahwa terdapat pola yang teratur dengan nilai rentang yang sama setiap tahunnya. Nilai seasoanl yang paling tinggi selalu berulang pada bulan Agustus setiap tahun dan nilai seasonal terendah pada bulan Nopember setiap tahun. Pola seasonal selalu berulang setiap tahun.



Gambar 4. 11 Grafik Error Mean SLA

Komponen error adalah komponen yang memiliki pola perubahan tidak teratur. Dapat dilihat dari gambar 4.11 diatas bahwa nilai error pada data SLA 1993 – 2018 antara -59,8333 mm hingga 63,297 mm.

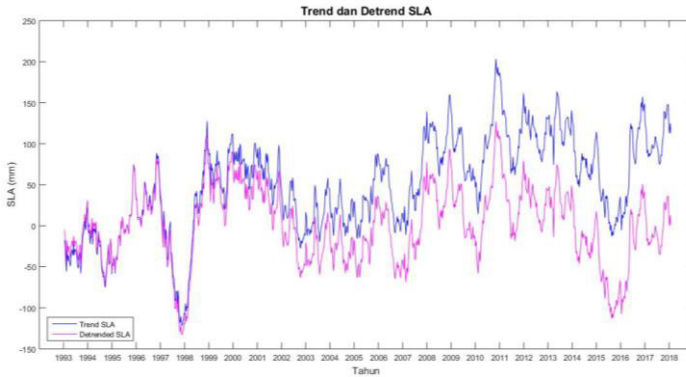


Gambar 4. 12 Grafik Trend dan Trend Linier Mean SLA

Untuk komponen trend sendiri adalah komponen yang memiliki pola naik atau turun. Hal itu ditunjukkan dari hasil pengolahan SLA terdapat pola naik. Namun untuk proses korelasi data harus dihilangkan trend liniernya. Tren linier perlu dihilangkan sebelum melakukan proses korelasi karena tren linier menyebabkan data menjadi non-stasioner. Cara menghitung trend linier adalah dengan regresi linier sesuai dengan persamaan berikut

$$y = ax + b \quad (15)$$

dimana, y adalah variabel terikat atau trend linier, x adalah variabel bebas, a adalah tingkat kenaikan (*slope, trend*) dan b adalah intersep/ koefisien regresi. Hasil persamaan dari regresi linier dari persamaan (15) adalah $y = 5,064x - 10107$. Untuk mendapatkan trend linier maka x diisi dengan waktu data SLA. Setelah itu dilakukan proses detren dan dilakukan sesuai pada persamaan (12). Gambar dibawah menunjukkan hasil dari detrend dengan keterangan grafik warna biru menunjukkan RAW mean SLA sedangkan grafik warna jingga menunjukkan detren mean SLA.



Gambar 4. 13 Mean SLA dan Detren Mean SLA

Dari gambar grafik berwarna jingga merupakan data SLA yang sudah dihilangkan komponen trend linier dan dalam data tersebut tidak memiliki pola naik atau turun serta pola seasonalnya sudah hilang.

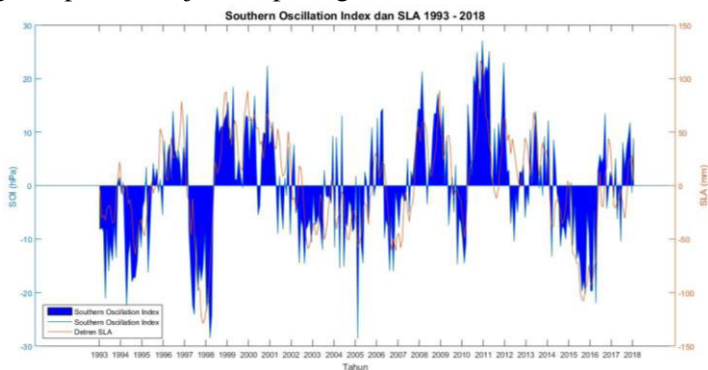
4.5 Korelasi SLA dengan indeks ENSO

Hasil detren mean SLA dihitung korelasinya dengan indeks ENSO. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh dan hubungan antara fenomena ENSO terhadap keadaan perairan di Indonesia. ENSO adalah fluktuasi periodik suhu permukaan laut dan tekanan udara pada atmosfer yang menyebrangi ekuator samudra Pasifik. Indeks ENSO yang digunakan ada 3 jenis. Pertama indeks SOI (*Southern Oscillation Index*), indeks ini didapatkan dari parameter perbedaan tekanan atmosfer di atas permukaan laut wilayah Tahiti dan Darwin. Indeks kedua adalah ONI (*Oscillation Nino Index*). ONI diperoleh dari parameter rata-rata anomali suhu permukaan laut di wilayah ONI 3.4 yaitu 5° LU – 5° LS and 120° – 170° BB. Indeks yang digunakan adalah nilai ONI 3.4 karena indeks ini bertujuan untuk mengetahui lebih jauh suhu permukaan laut wilayah kritis di region 3 dan 4. Penyebab awal El Nino dan perubahan SST (*Sea Surface Temperature*)

terbesar terjadi di pertemuan region 3 dan 4 (150° BB) (NOAA 2018). Indeks ketiga adalah MEI yaitu indeks yang diperoleh dari 6 parameter meteorologi yaitu tekanan permukaan laut (P), komponen zonal (U) dan meridional angin permukaan (V), suhu permukaan laut (S), suhu permukaan udara (A), dan *total cloudiness fraction of the sky* (C).

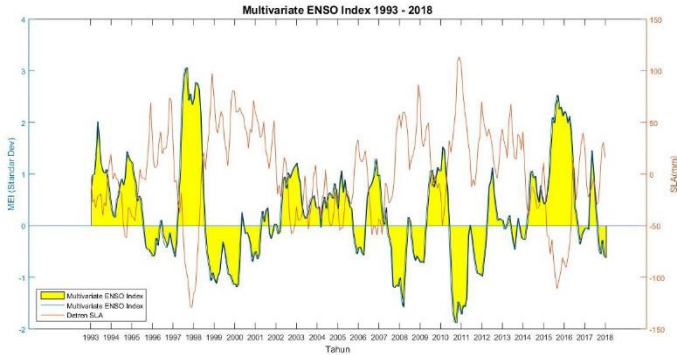
Korelasi SLA dilakukan dengan persamaan (13) dan (14). Karena data indeks ENSO adalah data bulanan maka nilai SLA dirata-rata setiap bulan sesuai indeks. Indeks SOI adalah indeks setiap 1 bulan maka data SLA dirata-rata setiap bulan. Sedangkan untuk indeks MEI adalah indeks yang dihitung dari rata-rata bulan tersebut dengan bulan sebelumnya (*bi-monthly season*) sehingga data SLA dihitung setiap 2 bulan. Untuk indeks ONI dihitung dari nilai rata-rata indeks bulan tersebut dengan bulan sesudah dan sebelumnya, jadi nilai SLA dirata-rata setiap 3 bulan dengan nilai bulan tersebut dan bulan sebelum dan sesudahnya.

Setelah dikelompokkan sesuai dengan waktu indeks maka dapat dihitung korelasinya. Hasil korelasi yang didapatkan dari korelasi mean SLA dengan indeks SOI sebesar 0,6986, hal ini menunjukkan bahwa terjadi korelasi positif yang kuat. Jika nilai indeks SOI tinggi maka SLA di perairan Indonesia akan tinggi juga. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.14 berikut.



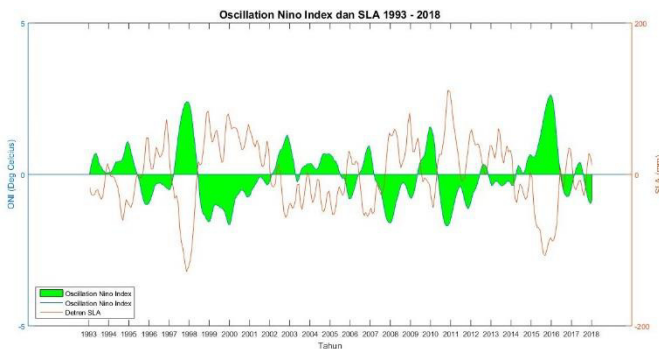
Gambar 4. 14 Grafik Mean SLA dengan SOI

Korelasi mean SLA dengan indeks MEI adalah sebesar - 0,7994. Hal itu menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat dan kearah negatif antara 2 variabel. Berikut adalah hasil korelasi mean SLA dengan indeks MEI.

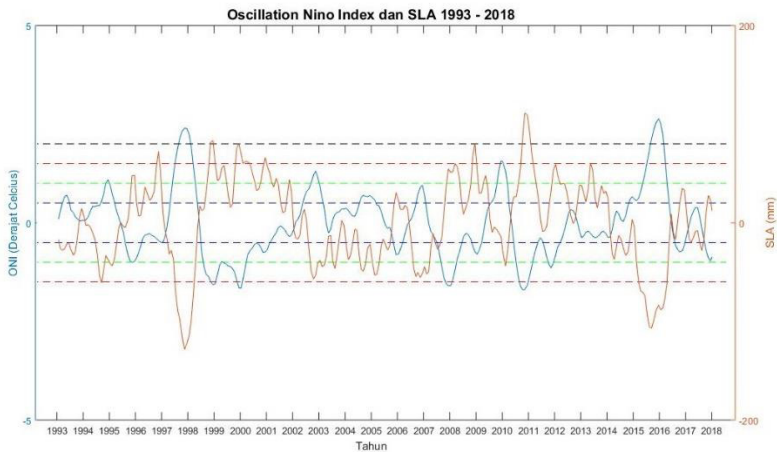


Gambar 4. 15 Grafik Mean SLA dengan MEI

Korelasi mean SLA dengan indeks ONI adalah sebesar - 0,8584. Hal itu menunjukkan bahwa terjadi hubungan kearah negatif dan tingkat yang sangat kuat. Jika nilai indeks ONI tinggi maka SLA di perairan Indonesia akan rendah, yang ditunjukkan pada gambar 4.14 berikut.



Gambar 4. 16 Grafik Mean SLA dengan ONI



Gambar 4. 17 Grafik Mean SLA dan Intensitas ENSO

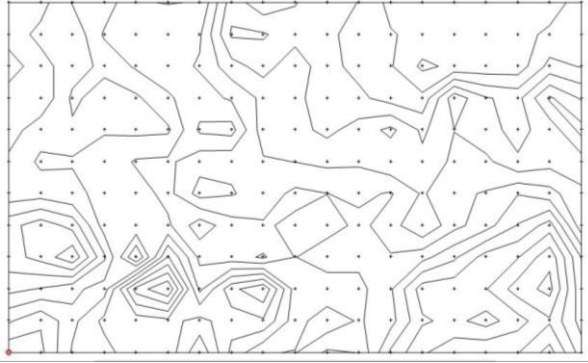
Dari grafik pada gambar 4.17 keterangan garis merah adalah sea level anomaly tahun 1993-2018, garis biru adalah indeks ONI tahun 1993-2018, garis putus-putus warna biru adalah batas maksimal keadaan normal yaitu -0,5 dan 0,5, garis putus-putus warna hijau adalah batas maksimal ENSO intensitas lemah yaitu 1 dan -1, garis putus-putus merah adalah batas ENSO intensitas sedang yaitu -1,5 dan 1,5, dan garis putus-putus warna hitam adalah batas maksimal ENSO intensitas kuat yaitu -2 dan 2. Pada indeks ONI nilai negatif menyatakan fase dingin atau *La Nina* sedangkan nilai positif menyatakan fase hangat atau *El Nino* nilai. Dapat dilihat sea level anomaly tahun 1997-1998 adalah yang paling rendah selama kurun waktu pengamatan hal itu disebabkan terjadi *El Nino* berintensitas sangat kuat. *El Nino* akan mengakibatkan tinggi permukaan laut di Indonesia menurun, curah hujan menurun dan kekeringan. Pada tahun 2015-2016 juga terjadi *El Nino* yang berintensitas sangat kuat dilihat dari penurunan SLA yang tinggi. Pada tahun 1999-2000 terjadi peningkatan SLA dan indeks ONI menunjukkan nilai kategori *La Nina* kuat dan tahun

2016-2017 menunjukkan *La Nina* kategori rendah. Dari pola grafik diatas dapat disimpulkan bahwa setelah terjadi *El Nino* selama 1 periode akan diikuti dengan fenomena *La Nina* walaupun dengan intensitas yang berbeda.

4.6 Korelasi SLA dengan indeks ENSO secara spasial

Hal pertama untuk pengolahan korelasi SLA dengan indeks ENSO secara spasial adalah menyiapkan data SLA yang sudah dikoreksi. Nilai SLA Jason 1, 2, dan 3 dikoreksi dengan bias karena *tandem mission* yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya. Selain itu juga dilakukan konversi satuan SLA menjadi mm dan filtering data sesuai dengan cycle yang digunakan sebelumnya yaitu Topex/Poseidon adalah cycle 11-353, Jason-1 adalah cycle 11-249, Jason-2 adalah cycle 12-291, dan Jason-3 adalah cycle 12-73.

Setelah dilakukan koreksi data kemudian melakukan gridding nilai SLA di perangkat lunak surfer. Gridding dilakukan dengan metode data metrik ($z=\text{mean}$) dan ukuran grid yang digunakan adalah $3^\circ \times 3^\circ$. Ukuran gridding disesuaikan dengan sumber data yaitu jarak antar jalur dalam satelit altimetri adalah 315 km ($\pm 3^\circ$). Alasan digunakan data metric karena metode ini paling baik untuk data yang beraturan. Grid dihitung setiap cycle dengan format akhir data (.gdr). Karena batas wilayah yang digunakan adalah $13^\circ\text{LU} - 20^\circ\text{LS}$ dan $90^\circ\text{BT} - 144^\circ\text{BT}$ maka hasil titik grid yang didapatkan adalah 228 dengan melintang 19 baris dan membujur 12 baris.



Gambar 4. 18 Hasil Gridding SLA 1 Cycle

Setelah dilakukan gridding data (.gdr), data gridding diubah menjadi format *text file* (.txt) agar dapat dihitung korelasinya. Berikut adalah hasil export data (.gdr) menjadi (.txt). Hasil grid yang diubah dalam format *text file* dibuat matriks berukuran 12x19 dengan urutan data dari bawah ke atas yaitu baris bawah adalah batas x maksimal (lintang utara).

1_c011_gr_Z.txt * x				
1,7946250e+02	-2,3178125e+01	3,7659375e+01	1,1536563e+02	-2,7250000e+01
9,8612500e+01	5,5850000e+01	1,0684219e+02	7,6821875e+01	-1,2045312e+01
1,0571875e+02	7,4195313e+01	1,0013750e+02	4,0045312e+01	4,0120313e+01
1,6653125e+01	1,0192188e+01	6,8325000e+01	2,1560938e+01	-1,6290625e+01
-5,6471875e+01	2,8859375e+00	6,8106250e+01	9,5781250e+00	6,3167187e+01
7,5746875e+01	4,2103125e+01	1,9418750e+01	3,3825000e+01	-1,3534375e+01
2,1990625e+01	4,7703125e+00	8,7812500e-01	4,3368750e+01	2,0173438e+01
2,8631250e+01	-5,4601562e+01	4,7328125e+00	6,8031250e+00	4,4779687e+01
-4,3781250e+01	1,3484375e+01	-5,3596875e+01	-6,8787500e+01	-8,0625000e+00
7,3471875e+01	4,8193750e+01	-4,0703125e+00	-8,9767187e+01	4,4176562e+01
8,0143750e+01	7,6681250e+01	-1,4401563e+01	-2,0376563e+01	1,0957188e+02
8,0662500e+01	-2,0875000e+02	5,8837500e+01	8,3468750e+00	1,2005312e+02

Gambar 4. 19 Contoh Hasil Konversi Data Grid

Pengolahan selanjutnya adalah melakukan detrending data setiap titik untuk menghilangkan trend linier dari RAW data. Pengolahan dilakukan dengan perangkat lunak MATLAB dan cara yang sama sesuai persamaan (12).

Hasil detrend akan digunakan untuk perhitungan korelasi SLA dengan indeks ENSO. Korelasi dilakukan per titik grid, sehingga akan menghasilkan 228 korelasi setiap indeks ENSO. Hasil korelasi dapat dilihat pada lampiran 1, 2, dan 3.

Nilai korelasi yang sudah didapatkan di plot menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Metode yang digunakan adalah mengubah data titik menjadi raster. Data raster dibuat *cell* dengan ukuran $3^{\circ} \times 3^{\circ}$. Satu *cell* raster mewakili nilai satu titik dan 1 nilai korelasi dianggap sebagai titik tengahnya. Setelah itu mengatur klasifikasi dan warna raster. Klasifikasi interpretasi koefisien korelasi dibuat menjadi 5 kelas sesuai tingkat hubungannya yaitu sangat rendah, rendah, sedang, kuat, dan sangat kuat. Peta *dioverlay* dengan garis pantai seluruh kawasan yang tercakup. Langkah akhir dalam pengolahan data adalah melakukan layouting peta. Layout dilakukan pada kertas A3 dengan skala 1:20.000.000. Peta yang dihasilkan ada 3 jenis yaitu peta korelasi SLA dengan masing-masing indeks. Peta terlampir.

4.7 Analisa Korelasi

ENSO adalah fenomena fluktuasi periodik dari suhu permukaan laut dan tekanan udara pada atmosfer diatas Samudra Pasifik bagian ekuator. Nilai korelasi antara SLA dengan ONI paling besar nilainya (sangat kuat korelasinya), hal itu disebabkan karena data diambil dari wilayah yang sering menjadi awal terjadinya fluktuasi SST (Nino 3.4). Nilai korelasi antara SLA di Indonesia dengan SOI adalah paling rendah. Letak stasiun pengambilan data indeks SOI ada di lintang selatan yaitu di Tahiti (18° LS) dan Darwin (12° LS). Sedangkan fenomena ENSO lebih fokus pada wilayah ekuator sehingga nilai indeks SOI terbatas untuk mewakili pengaruh fenomena ENSO di Indonesia. Sedangkan nilai korelasi MEI memiliki nilai yang kuat korelasinya karena diambil dari 6 parameter meteorologi termasuk suhu permukaan laut dan tekanan udara pada laut

Samudra Pasifik tropis. Alasan digunakannya 3 indeks untuk mengetahui pengaruh fenomena ENSO di Indonesia karena fenomena ENSO dipengaruhi oleh banyak parameter baik dari laut maupun atmosfer. Penggunaan indeks juga dapat disesuaikan berdasarkan lokasi. Seperti di Indonesia adalah wilayah yang dekat dengan ekuator Pasifik sehingga lebih memperhitungkan parameter SST. Dapat dilihat dari hasil perhitungan korelasi pada lampiran.

Nilai korelasi SOI kearah positif sedangkan nilai korelasi ONI dan MEI kearah negatif hal ini disebabkan karena ketika terjadi El Nino, indeks ONI dan MEI adalah positif. Sedangkan pada indeks SOI nilai indeks adalah negatif. Saat El Nino nilai tekanan di Tahiti dibawah normal dan tekanan di Darwin diatas normal. Hal itu menyebabkan angin pasat dari timur-barat melemah bahkan berbalik arah, dan kemudian air hangat yang ada di Pasifik barat bergerak menuju Pasifik timur. Suhu permukaan laut di Pasifik Timur akan lebih tinggi dibandingkan Pasifik Barat. Hal ini berkaitan dengan siklus walker yaitu sirkulasi atmosfer yang secara tidak langsung dipengaruhi oleh rotasi bumi dari barat – timur membawa materi (massa air) dan terjadi penumpukan di pasifik barat. Sehingga nilai *sea level* di bagian barat Pasifik (Indonesia) menurun.

Dari hasil korelasi SLA dengan MEI wilayah yang memiliki hubungan kuat atau perubahan SLA paling besar ketika fenomena ENSO terjadi pada laut di Utara Papua, Laut Arafura, Laut Maluku, Laut Sulawesi, dan Laut sekitar Nusa Tenggara Timur. Wilayah yang korelasi SLA dengan MEI bernilai rendah terdapat di sekitar Pulau Sumatra, perairan sekitar Jawa bagian barat, dan Laut Natuna. Wilayah dengan korelasi sangat kuat ada di Laut Halmahera.

Korelasi SLA dengan ONI yang memiliki hubungan kuat pada Laut Maluku, Laut Sulawesi, dan Laut Banda, dan Laut Arafura. Wilayah yang korelasi SLA dengan ONI yang rendah

terdapat di sekitar Pulau Sumatra bagian utara dan Laut Natuna. Wilayah Laut Jawa dan perairan selatan pulau Jawa dan Bali korelasinya sedang. Wilayah perairan utara Papua dan Laut Halmahera memiliki perubahan SLA paling besar ketika fenomena ENSO

Wilayah yang memiliki korelasi SLA dengan SOI dengan hubungan kuat ada di laut Utara Papua, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Sulawesi, dan Laut sekitar Nusa Tenggara Timur. Wilayah dengan korelasi SLA dengan SOI bernilai rendah terdapat di sekitar Pulau Sumatra dan Laut Natuna. Wilayah perairan sekitar Jawa Timur, Kalimantan, Laut Banda, dan Laut Flores (Bali, Nusa Tenggara Barat) korelasinya sedang.

Dari ketiga korelasi yang sudah dilakukan titik yang memiliki korelasi terkecil adalah titik 90° BT, 17° LS yaitu di Samudera Hindia sedangkan titik yang memiliki korelasi terbesar terdapat pada titik 129° BT, 1° LU pada Laut Halmahera. Daerah timur Indonesia memiliki korelasi yang kuat hal itu disebabkan Indonesia dilewati arus lintas Indonesia (Arlindo) yaitu arus yang membawa massa air dari Samudera Pasifik barat ke Samudera Hindia melewati Laut Suawesi, Selat Makasar, Laut Flores lalu terbagi menjadi dua arah. Satu arah menuju ke Selat Lombok kemudian Samudera Hindia dan ara kedua menuju Laut Banda, Laut Timor kemudian menuju Samudera Indonesia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Nilai rata-rata seluruh SLA adalah 50,259 mm. Untuk SLA tertinggi terjadi pada *cycle* 86 Jason-2 sebesar 204,202 mm dan nilai rata-rata SLA terendah terdapat pada *cycle* 191 Topex/Poseidon sebesar -121,600 mm. Korelasi rata-rata SLA dengan indeks MEI adalah -0,799 , pada korelasi rata-rata SLA dengan indeks ONI -0,858. Sedangkan korelasi rata-rata SLA dengan indeks SOI adalah 0,698. Hal tersebut menunjukkan bahwa hubungan fenomena ENSO dengan *sea level anomaly* di perairan Indoonesia memiliki korelasi kuat.
2. Hasil koefisien korelasi dari wilayah pengamatan pada indeks MEI adalah pada rentang -0,814 hingga 0,076. Koefisien korelasi pada indeks SOI memiliki rentang -0,091 hingga 0,691. Rentang koefisien korelasi pada indeks ONI adalah -0,863 hingga 0,221. Titik yang memiliki korelasi terkecil adalah titik 90° BT, 17° LS sedangkan titik yang memiliki korelasi terbesar terdapat pada titik 129° BT, 1° LU. Dari hasil korelasi SLA dengan indeks ENSO wilayah yang memiliki hubungan kuat atau perubahan SLA paling besar ketika fenomena ENSO terjadi pada laut di Utara Papua, Laut Arafura, Laut Maluku, Laut Sulawesi, dan Laut sekitar Nusa Tenggara Timur. Hasil korelasi sedang ada di perairan sekitar Jawa Timur (Laut Jawa), Bali, Laut Flores, dan Selat Makasar. Wilayah yang korelasi SLA dengan MEI bernilai rendah terdapat di sekitar Pulau Sumatra, perairan sekitar Jawa bagian barat (Laut Jawa), dan Laut

Natuna. Wilayah dengan korelasi sangat kuat ada di Laut Halmahera.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya yang terkait dengan fenomena ENSO menggunakan data altimetri perlu ditambahkan data *in situ* pasang surut untuk melakukan validasi hasil. Selain itu dapat menggunakan data yang lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, O B, dan R Scharroo. 2011. "Range and Geophysical Corrections in Coastal Regions : And Implications for Mean Sea Surface Determination." In *Coastal Altimetry*, 103–45. Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12796-0_5.
- AVISO, CNES. 2008. "What is El Niño?" AVISO+. 2008. <https://www.aviso.altimetry.fr/en/applications/climate/el-nino/what-is-el-ninola-nina.html>. diakses pada tanggal 2 Februari 2018
- Blanc, Frederique, Catherine Schgounn, Monique Borra, dan Pierrette Boudou. 1996. *User Handbook TOPEX / POSEIDON Products. AVISO*.
- Bronner, E, N Picot, Desai S, Hausman J, dan Carrere L. 2016. *Jason-1 Products Handbook*. Diedit oleh CNES dan NASA. Berlin: CNES dan NASA.
- Cazenave, A., O. Henry, S. Munier, T. Delcroix, A. L. Gordon, B. Meyssignac, W. Llovel, H. Palanisamy, dan M. Becker. 2012. "Estimating ENSO Influence on the Global Mean Sea Level, 1993-2010." *Marine Geodesy* 35 (SUPPL. 1):82–97. <https://doi.org/10.1080/01490419.2012.718209>.
- Chambers, D, J Ries, dan T Urban. 2003. "Calibration and Verification of Jason-1 Using Global Along-Track Residuals with TOPEX Special Issue : Jason-1 Calibration / Validation Calibration and Verification of Jason-1 Using Global Along-Track Residuals with TOPEX." *Marine Geodesy* 26 (3–4):305–17. <https://doi.org/10.1080/01490410390256691>.
- Chelton, Dudley B., L L Fu, Anny Cazenave, dan Jhon C. Ries. 2001. *Satellite Altimetry*.
- Climate Prediction Center. 2015. "The ENSO Cycle." NOAA National Weather Service. 2015. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/enso_cycle.shtml. diakses pada tanggal 2

- Februari 2018.
- Dahlman, Luann. 2016. "Climate Variability Oceanic Nino Index." NOAA Climate. 2016. <https://www.climate.gov/news-features/understan1 ding-climate/climate-variability-oceanic-niño-index>. diakses pada tanggal 3 Februari 2018.
- Dangendorf, Sönke, Thomas Wahl, Christoph Mudersbach, dan Jürgen Jensen. 2013. "The Seasonal Mean Sea Level Cycle in the Southeastern North Sea." *Journal of Coastal Research* 165 (March 2013):1915–20. <https://doi.org/10.2112/SI65-324.1>.
- Desjonqueres, J D. 2009. "POSEIDON 3 Instrumen investigations corrections and upgrades." In *Ocean Surface Topography Science Team (OSTST) Meeting*. Washington.
- Dokumentov, Alexander, dan Rob J Hyndman. 2015. "STR : A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Regression STR : A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Regression."
- Dumont, J P, V Rosmorduc, L Carrere, E Bronner, dan N Picot. 2016. *Jason-3 Products Handbook*.
- Dumont, J P, V Rosmorduc, L Carrere, E Bronner, dan N Picot. 2017. *Jason-2 Products Handbook*. EUMESTAT CNES NASA dan NOAA.
- Evans, J D. 1996. *Straightforward Statistic for the Behavioral Science*. Pasific Grove, CA:Brook/Core Publishing.
- Handoko, Eko Yuli, Maria Joana Fernandes, dan Clara Lázaro. 2017. "Assessment of altimetric range and geophysical corrections and mean sea surface models-Impacts on sea level variability around the Indonesian seas." *Remote Sensing* 9 (2). <https://doi.org/10.3390/rs9020102>.
- Hanley, Deborah E, Mark A Borassa, James J O'Bren, Shawn R Smith, dan Elizabeth R Spade. 2003. "A Quantitative Evaluation of ENSO Indices." *Journal Of Climate* 16:1249–58.
- Leuliette, E, R Nerem, dan Mitchum G. 2004. "Calibration of

- TOPEX/Poseidon and Jason altimeter data to construct a continuous record of mean sea level change.” *Marine Geodesy*, 79–94.
- Liu, Xueyuan, Yuguang Liu, Lin Guo, Zengrui Rong, Yanzhen Gu, dan Yahao Liu. 2010. “Interannual changes of sea level in the two regions of East China Sea and different responses to ENSO.” *Global and Planetary Change* 72 (3). Elsevier B.V.:215–26.
<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.04.009>.
- Makridakis, Spyros G, Steven C Wheelwright, dan Rob J Hyndman. 1998. “Forecasting: Methods and Applications.” *Journal of Forecasting*, 1.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Masters, D. 2012. “Comparison of Global Mean Sea Level Time Series from TOPEX/Poseidon , Jason-1, and Jason-2.” *Marine Geodesy*, 20–41.
- Mazzarella, Adriano, Andrea Giuliacci, dan Ioannis Liritzis. 2010. “On the 60-month cycle of multivariate ENSO index.” *Springer*, 23–27. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0159-0>.
- Mikhail, Edward M., dan Gordon Gracie. 1981. *Analysis and Adjustment of Survey Measurement*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Nerem, R. S., D. P. Chambers, C. Choe, dan G. T. Mitchum. 2010. “Estimating Mean Sea Level Change from the TOPEX and Jason Altimeter Missions.” *Marine Geodesy* 33 (June 2012):435–46.
<https://doi.org/10.1080/01490419.2010.491031>.
- Ngestu, Murni, dan Rahmat Hidayat. 2016. “Influences of IOD and ENSO to Indonesian Rainfall Variability: Role of Atmosphere-ocean Interaction in the Indo-pacific Sector,” no. May. Elsevier B.V.:196–203.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.070>.
- NOAA National Center for Environmental Information. 2018. “Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures.” 2018.

- <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>. diakses pada tanggal 24 Juni 2018.
- Qian, J H, A W Robertson, dan V Moron. 2010. "Interaction Among ENSO, the Monsoon, and Diurnal Cycle in Rainfall Variability Over JAva, Indonesia." *Journal of the Atmospheric Sciences*, no. 67:3509–24.
- Rejeki, H. A, Munasik, dan Kunarso. 2017. "The Effect of ENSO to the Variability of Sea Surface Height in Western Pacific Ocean and Eastern Indian Ocean and its Connectivity to the Indonesia Throughflow (ITF)." *IOP Conference Series : Earth and Enviromental Science* 55. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>.
- Sarachik, Edwars S., dan Mark A. Cane. 2010. "The El Niño–Southern Oscillation Phenomenon." *The Cambridge University Press*.
- Scharroo, Remko. 2018. "RADS Data Manual," no. March.
- Tjasjono, Bajong, Indratmo Soekarno, M. Syahril Badri Kusuma, Zadrach L. Dupe, Armi Susandi, Tri Wahyu Hadi, dan Ketut Wikantika. 2009. *Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tristania, Sona. 2012. "Pengaruh El Nino Modoki Terhadap Curah Hujan di Indonesia." *Program Studi Meteorologi, ITB*.
- Wang, Lin, Gang Huang, Wen Zhou, dan Wen Chen. 2015. "Historical Change and Future Scenarios of Sea Level Rise in Macau." *Advances in Atmospheroc Science* 33 (4):462–75. <https://doi.org/10.1007/s00376-015-5047-1>.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Perhitungan Korelasi Sea level Anomaly dengan Multivariate ENSO Index

Lintang	Bujur	Korelasi
-20°	90°	-0,0380
-20°	93°	-0,1547
-20°	96°	-0,2294
-20°	99°	-0,1924
-20°	102°	-0,2301
-20°	105°	-0,2337
-20°	108°	-0,2554
-20°	111°	-0,3245
-20°	114°	-0,4163
-20°	117°	-0,5532
-20°	120°	-0,4807
-20°	123°	-0,4326
-20°	126°	-0,4427
-20°	129°	-0,5165
-20°	132°	-0,4438
-20°	135°	-0,4246
-20°	138°	-0,3686
-20°	141°	-0,3686
-20°	144°	-0,3488
-17°	90°	0,0768
-17°	93°	-0,0480
-17°	96°	-0,1428
-17°	99°	-0,1688
-17°	102°	-0,1737

Lintang	Bujur	Korelasi
-2°	90°	-0,1731
-2°	93°	-0,1861
-2°	96°	-0,2237
-2°	99°	-0,2996
-2°	102°	-0,3415
-2°	105°	-0,3805
-2°	108°	-0,3561
-2°	111°	-0,4102
-2°	114°	-0,5154
-2°	117°	-0,5600
-2°	120°	-0,6487
-2°	123°	-0,6485
-2°	126°	-0,6575
-2°	129°	-0,7091
-2°	132°	-0,7414
-2°	135°	-0,7623
-2°	138°	-0,7099
-2°	141°	-0,7477
-2°	144°	-0,7270
1°	90°	-0,1454
1°	93°	-0,1623
1°	96°	-0,2030
1°	99°	-0,2965
1°	102°	-0,3467

Lintang	Bujur	Korelasi
-17°	105°	-0,2195
-17°	108°	-0,2448
-17°	111°	-0,2917
-17°	114°	-0,4133
-17°	117°	-0,5694
-17°	120°	-0,5776
-17°	123°	-0,4054
-17°	126°	-0,4382
-17°	129°	-0,4809
-17°	132°	-0,4550
-17°	135°	-0,4395
-17°	138°	-0,4031
-17°	141°	-0,3898
-17°	144°	-0,3905
-14°	90°	0,0608
-14°	93°	0,0208
-14°	96°	-0,0326
-14°	99°	-0,0937
-14°	102°	-0,1395
-14°	105°	-0,1579
-14°	108°	-0,1685
-14°	111°	-0,2283
-14°	114°	-0,2940
-14°	117°	-0,3833
-14°	120°	-0,5335
-14°	123°	-0,6404
-14°	126°	-0,5808
-14°	129°	-0,5246

Lintang	Bujur	Korelasi
1°	105°	-0,2208
1°	108°	-0,2873
1°	111°	-0,3630
1°	114°	-0,5962
1°	117°	-0,6155
1°	120°	-0,7338
1°	123°	-0,7079
1°	126°	-0,7395
1°	129°	-0,8142
1°	132°	-0,7683
1°	135°	-0,7411
1°	138°	-0,7408
1°	141°	-0,7260
1°	144°	-0,7643
4°	90°	-0,0683
4°	93°	-0,1453
4°	96°	-0,2162
4°	99°	-0,2435
4°	102°	-0,2996
4°	105°	-0,2126
4°	108°	-0,2365
4°	111°	-0,2957
4°	114°	-0,5099
4°	117°	-0,5828
4°	120°	-0,6634
4°	123°	-0,7346
4°	126°	-0,7907
4°	129°	-0,7154

Lintang	Bujur	Korelasi
-14°	132°	-0,4909
-14°	135°	-0,3999
-14°	138°	-0,3969
-14°	141°	-0,3725
-14°	144°	-0,3531
-11°	90°	0,0479
-11°	93°	0,0251
-11°	96°	-0,0311
-11°	99°	-0,0924
-11°	102°	-0,1364
-11°	105°	-0,2031
-11°	108°	-0,3086
-11°	111°	-0,3527
-11°	114°	-0,3525
-11°	117°	-0,4686
-11°	120°	-0,5656
-11°	123°	-0,6902
-11°	126°	-0,6936
-11°	129°	-0,6505
-11°	132°	-0,5897
-11°	135°	-0,4955
-11°	138°	-0,4295
-11°	141°	-0,4044
-11°	144°	-0,3220
-8°	90°	0,0763
-8°	93°	0,0240
-8°	96°	-0,1254
-8°	99°	-0,2363

Lintang	Bujur	Korelasi
4°	132°	-0,6400
4°	135°	-0,6657
4°	138°	-0,7503
4°	141°	-0,7115
4°	144°	-0,7468
7°	90°	-0,0637
7°	93°	-0,1716
7°	96°	-0,2082
7°	99°	-0,3140
7°	102°	-0,1692
7°	105°	-0,2123
7°	108°	-0,2515
7°	111°	-0,0731
7°	114°	-0,3840
7°	117°	-0,4920
7°	120°	-0,5845
7°	123°	-0,6351
7°	126°	-0,6616
7°	129°	-0,6201
7°	132°	-0,6326
7°	135°	-0,6324
7°	138°	-0,6291
7°	141°	-0,6555
7°	144°	-0,6827
10°	90°	-0,1278
10°	93°	-0,1776
10°	96°	-0,1877
10°	99°	-0,2763

Lintang	Bujur	Korelasi
-8°	102°	-0,3421
-8°	105°	-0,3618
-8°	108°	-0,3650
-8°	111°	-0,3995
-8°	114°	-0,4322
-8°	117°	-0,5097
-8°	120°	-0,5702
-8°	123°	-0,5732
-8°	126°	-0,6613
-8°	129°	-0,7089
-8°	132°	-0,6620
-8°	135°	-0,6121
-8°	138°	-0,5229
-8°	141°	-0,4964
-8°	144°	-0,6703
-5°	90°	-0,1156
-5°	93°	-0,1376
-5°	96°	-0,2512
-5°	99°	-0,3066
-5°	102°	-0,3526
-5°	105°	-0,3838
-5°	108°	-0,3360
-5°	111°	-0,4498
-5°	114°	-0,4584
-5°	117°	-0,4693
-5°	120°	-0,5196
-5°	123°	-0,5710
-5°	126°	-0,5982

Lintang	Bujur	Korelasi
10°	102°	-0,1616
10°	105°	-0,1904
10°	108°	-0,2396
10°	111°	0,0009
10°	114°	0,0192
10°	117°	-0,4391
10°	120°	-0,5601
10°	123°	-0,5049
10°	126°	-0,5401
10°	129°	-0,5962
10°	132°	-0,6445
10°	135°	-0,6358
10°	138°	-0,6490
10°	141°	-0,6663
10°	144°	-0,6711
13°	90°	-0,1135
13°	93°	-0,1311
13°	96°	-0,1860
13°	99°	-0,2589
13°	102°	-0,1711
13°	105°	-0,1617
13°	108°	-0,2365
13°	111°	-0,0377
13°	114°	0,0106
13°	117°	-0,3478
13°	120°	-0,4621
13°	123°	-0,4478
13°	126°	-0,4995

Lintang	Bujur	Korelasi
-5°	129°	-0,5779
-5°	132°	-0,6071
-5°	135°	-0,6011
-5°	138°	-0,5899
-5°	141°	-0,7045
-5°	144°	-0,6891

Lintang	Bujur	Korelasi
13°	129°	-0,5314
13°	132°	-0,5578
13°	135°	-0,5645
13°	138°	-0,5676
13°	141°	-0,5824
13°	144°	-0,5882

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Korelasi Sea level Anomaly dengan Oscillation Nino Index

Lintang	Bujur	Korelasi
-20°	90°	0,0256
-20°	93°	-0,0460
-20°	96°	-0,1157
-20°	99°	-0,1041
-20°	102°	-0,1955
-20°	105°	-0,2705
-20°	108°	-0,3054
-20°	111°	-0,4336
-20°	114°	-0,5493
-20°	117°	-0,6676
-20°	120°	-0,5964
-20°	123°	-0,5740
-20°	126°	-0,5766
-20°	129°	-0,5916
-20°	132°	-0,4046
-20°	135°	-0,3814
-20°	138°	-0,2871
-20°	141°	-0,2871
-20°	144°	-0,2924
-17°	90°	0,2216
-17°	93°	0,1018
-17°	96°	0,0028
-17°	99°	-0,0825
-17°	102°	-0,1427
-17°	105°	-0,2391

Lintang	Bujur	Korelasi
-2°	90°	-0,3092
-2°	93°	-0,3248
-2°	96°	-0,3610
-2°	99°	-0,4278
-2°	102°	-0,4320
-2°	105°	-0,3612
-2°	108°	-0,3042
-2°	111°	-0,3801
-2°	114°	-0,5106
-2°	117°	-0,5544
-2°	120°	-0,6540
-2°	123°	-0,6607
-2°	126°	-0,6762
-2°	129°	-0,7187
-2°	132°	-0,7578
-2°	135°	-0,8042
-2°	138°	-0,7571
-2°	141°	-0,7921
-2°	144°	-0,7727
1°	90°	-0,2825
1°	93°	-0,2984
1°	96°	-0,3337
1°	99°	-0,4367
1°	102°	-0,3420
1°	105°	-0,1074

Lintang	Bujur	Korelasi
-17°	108°	-0,2880
-17°	111°	-0,4044
-17°	114°	-0,5427
-17°	117°	-0,6851
-17°	120°	-0,6872
-17°	123°	-0,5587
-17°	126°	-0,5785
-17°	129°	-0,5875
-17°	132°	-0,4626
-17°	135°	-0,4298
-17°	138°	-0,3602
-17°	141°	-0,3498
-17°	144°	-0,3971
-14°	90°	0,2141
-14°	93°	0,1623
-14°	96°	0,0771
-14°	99°	-0,0395
-14°	102°	-0,1385
-14°	105°	-0,1970
-14°	108°	-0,2384
-14°	111°	-0,3421
-14°	114°	-0,4280
-14°	117°	-0,5443
-14°	120°	-0,6709
-14°	123°	-0,7572
-14°	126°	-0,6695
-14°	129°	-0,5326
-14°	132°	-0,4703

Lintang	Bujur	Korelasi
1°	108°	-0,1886
1°	111°	-0,2988
1°	114°	-0,6062
1°	117°	-0,6239
1°	120°	-0,7716
1°	123°	-0,7535
1°	126°	-0,7685
1°	129°	-0,8631
1°	132°	-0,8444
1°	135°	-0,8117
1°	138°	-0,7990
1°	141°	-0,7848
1°	144°	-0,8126
4°	90°	-0,2155
4°	93°	-0,2841
4°	96°	-0,3603
4°	99°	-0,4014
4°	102°	-0,2872
4°	105°	-0,0959
4°	108°	-0,1317
4°	111°	-0,2069
4°	114°	-0,4742
4°	117°	-0,5823
4°	120°	-0,7286
4°	123°	-0,7753
4°	126°	-0,8500
4°	129°	-0,8079
4°	132°	-0,7491

Lintang	Bujur	Korelasi
-14°	135°	-0,3968
-14°	138°	-0,3193
-14°	141°	-0,3018
-14°	144°	-0,3246
-11°	90°	0,1762
-11°	93°	0,1459
-11°	96°	0,0493
-11°	99°	0,0524
-11°	102°	0,0873
-11°	105°	-0,3457
-11°	108°	-0,4691
-11°	111°	-0,4858
-11°	114°	-0,4584
-11°	117°	-0,5589
-11°	120°	-0,6157
-11°	123°	-0,7311
-11°	126°	-0,7596
-11°	129°	-0,7117
-11°	132°	-0,5995
-11°	135°	-0,4785
-11°	138°	-0,3757
-11°	141°	-0,3385
-11°	144°	-0,3215
-8°	90°	0,1488
-8°	93°	0,0520
-8°	96°	-0,1675
-8°	99°	-0,3279
-8°	102°	-0,4727

Lintang	Bujur	Korelasi
4°	135°	-0,7754
4°	138°	-0,8412
4°	141°	-0,8077
4°	144°	-0,8153
7°	90°	-0,1578
7°	93°	-0,2933
7°	96°	-0,3342
7°	99°	-0,3845
7°	102°	-0,0533
7°	105°	-0,0952
7°	108°	-0,1460
7°	111°	-0,0211
7°	114°	-0,3367
7°	117°	-0,4930
7°	120°	-0,6434
7°	123°	-0,7033
7°	126°	-0,7524
7°	129°	-0,7089
7°	132°	-0,7251
7°	135°	-0,7260
7°	138°	-0,7565
7°	141°	-0,7691
7°	144°	-0,7921
10°	90°	-0,2154
10°	93°	-0,2521
10°	96°	-0,2900
10°	99°	-0,2121
10°	102°	-0,0362

Lintang	Bujur	Korelasi
-8°	105°	-0,4958
-8°	108°	-0,4714
-8°	111°	-0,4998
-8°	114°	-0,5208
-8°	117°	-0,6001
-8°	120°	-0,6372
-8°	123°	-0,6578
-8°	126°	-0,7491
-8°	129°	-0,7620
-8°	132°	-0,6730
-8°	135°	-0,5987
-8°	138°	-0,5095
-8°	141°	-0,4600
-8°	144°	-0,7270
-5°	90°	-0,2522
-5°	93°	-0,2737
-5°	96°	-0,3966
-5°	99°	-0,4389
-5°	102°	-0,4628
-5°	105°	-0,5157
-5°	108°	-0,4947
-5°	111°	-0,5669
-5°	114°	-0,4906
-5°	117°	-0,4735
-5°	120°	-0,5125
-5°	123°	-0,5719
-5°	126°	-0,6095
-5°	129°	-0,5960

Lintang	Bujur	Korelasi
10°	105°	-0,0718
10°	108°	-0,1280
10°	111°	0,0204
10°	114°	0,0307
10°	117°	-0,4202
10°	120°	-0,5904
10°	123°	-0,5851
10°	126°	-0,6321
10°	129°	-0,6961
10°	132°	-0,7396
10°	135°	-0,7433
10°	138°	-0,7600
10°	141°	-0,7758
10°	144°	-0,7831
13°	90°	-0,1850
13°	93°	-0,1596
13°	96°	-0,2651
13°	99°	-0,1775
13°	102°	-0,0525
13°	105°	-0,0528
13°	108°	-0,1281
13°	111°	-0,0555
13°	114°	-0,0077
13°	117°	-0,3784
13°	120°	-0,5233
13°	123°	-0,5521
13°	126°	-0,5970
13°	129°	-0,6317

Lintang	Bujur	Korelasi
-5°	132°	-0,6055
-5°	135°	-0,5814
-5°	138°	-0,5772
-5°	141°	-0,7152
-5°	144°	-0,7595

Lintang	Bujur	Korelasi
13°	132°	-0,6549
13°	135°	-0,6738
13°	138°	-0,6726
13°	141°	-0,6940
13°	144°	-0,6984

Lampiran 3. Hasil Perhitungan Korelasi Sea level Anomaly dengan Southern Oscillation Index

Lintang	Bujur	Korelasi
-20°	90°	0,0221
-20°	93°	0,1300
-20°	96°	0,1961
-20°	99°	0,1701
-20°	102°	0,2092
-20°	105°	0,1904
-20°	108°	0,1536
-20°	111°	0,2337
-20°	114°	0,3599
-20°	117°	0,4902
-20°	120°	0,4497
-20°	123°	0,4140
-20°	126°	0,4446
-20°	129°	0,4763
-20°	132°	0,4332
-20°	135°	0,4309
-20°	138°	0,3789
-20°	141°	0,3789
-20°	144°	0,3628
-17°	90°	-0,0916
-17°	93°	0,0122
-17°	96°	0,1058
-17°	99°	0,1002
-17°	102°	0,1444
-17°	105°	0,1703

Lintang	Bujur	Korelasi
-2°	90°	0,1847
-2°	93°	0,2312
-2°	96°	0,2629
-2°	99°	0,3210
-2°	102°	0,3682
-2°	105°	0,3699
-2°	108°	0,3250
-2°	111°	0,3949
-2°	114°	0,4912
-2°	117°	0,4989
-2°	120°	0,5461
-2°	123°	0,5438
-2°	126°	0,5724
-2°	129°	0,6244
-2°	132°	0,6416
-2°	135°	0,6345
-2°	138°	0,5723
-2°	141°	0,6191
-2°	144°	0,5664
1°	90°	0,1802
1°	93°	0,2308
1°	96°	0,2437
1°	99°	0,3225
1°	102°	0,3450
1°	105°	0,2172

Lintang	Bujur	Korelasi
-17°	108°	0,1799
-17°	111°	0,2172
-17°	114°	0,3862
-17°	117°	0,5223
-17°	120°	0,5175
-17°	123°	0,4153
-17°	126°	0,4524
-17°	129°	0,4688
-17°	132°	0,4610
-17°	135°	0,4591
-17°	138°	0,4264
-17°	141°	0,4026
-17°	144°	0,4116
-14°	90°	-0,0652
-14°	93°	0,0361
-14°	96°	0,0183
-14°	99°	0,0519
-14°	102°	0,0662
-14°	105°	0,0770
-14°	108°	0,0853
-14°	111°	0,1319
-14°	114°	0,2325
-14°	117°	0,3402
-14°	120°	0,4637
-14°	123°	0,5752
-14°	126°	0,5462
-14°	129°	0,4931
-14°	132°	0,4830

Lintang	Bujur	Korelasi
1°	108°	0,2588
1°	111°	0,3261
1°	114°	0,5328
1°	117°	0,5329
1°	120°	0,5920
1°	123°	0,5912
1°	126°	0,6422
1°	129°	0,6910
1°	132°	0,6357
1°	135°	0,6120
1°	138°	0,5942
1°	141°	0,5725
1°	144°	0,5879
4°	90°	0,1239
4°	93°	0,1874
4°	96°	0,2474
4°	99°	0,2660
4°	102°	0,3174
4°	105°	0,2137
4°	108°	0,2175
4°	111°	0,2386
4°	114°	0,4265
4°	117°	0,4936
4°	120°	0,5422
4°	123°	0,6037
4°	126°	0,6747
4°	129°	0,6007
4°	132°	0,5422

Lintang	Bujur	Korelasi
-14°	135°	0,4017
-14°	138°	0,3983
-14°	141°	0,3775
-14°	144°	0,3741
-11°	90°	-0,0664
-11°	93°	-0,0745
-11°	96°	-0,0261
-11°	99°	0,0524
-11°	102°	0,0873
-11°	105°	0,1644
-11°	108°	0,2537
-11°	111°	0,3296
-11°	114°	0,3410
-11°	117°	0,4324
-11°	120°	0,5174
-11°	123°	0,6209
-11°	126°	0,6377
-11°	129°	0,6047
-11°	132°	0,5708
-11°	135°	0,4976
-11°	138°	0,4354
-11°	141°	0,4046
-11°	144°	0,3165
-8°	90°	-0,0771
-8°	93°	-0,0421
-8°	96°	0,0931
-8°	99°	0,2190
-8°	102°	0,2826

Lintang	Bujur	Korelasi
4°	135°	0,5904
4°	138°	0,6268
4°	141°	0,6025
4°	144°	0,6096
7°	90°	0,0591
7°	93°	0,1472
7°	96°	0,1930
7°	99°	0,3359
7°	102°	0,1854
7°	105°	0,2135
7°	108°	0,2258
7°	111°	0,0082
7°	114°	0,3124
7°	117°	0,3990
7°	120°	0,4735
7°	123°	0,5019
7°	126°	0,5636
7°	129°	0,5529
7°	132°	0,5600
7°	135°	0,5651
7°	138°	0,5506
7°	141°	0,5488
7°	144°	0,5592
10°	90°	0,1572
10°	93°	0,1505
10°	96°	0,1795
10°	99°	0,2658
10°	102°	0,1675

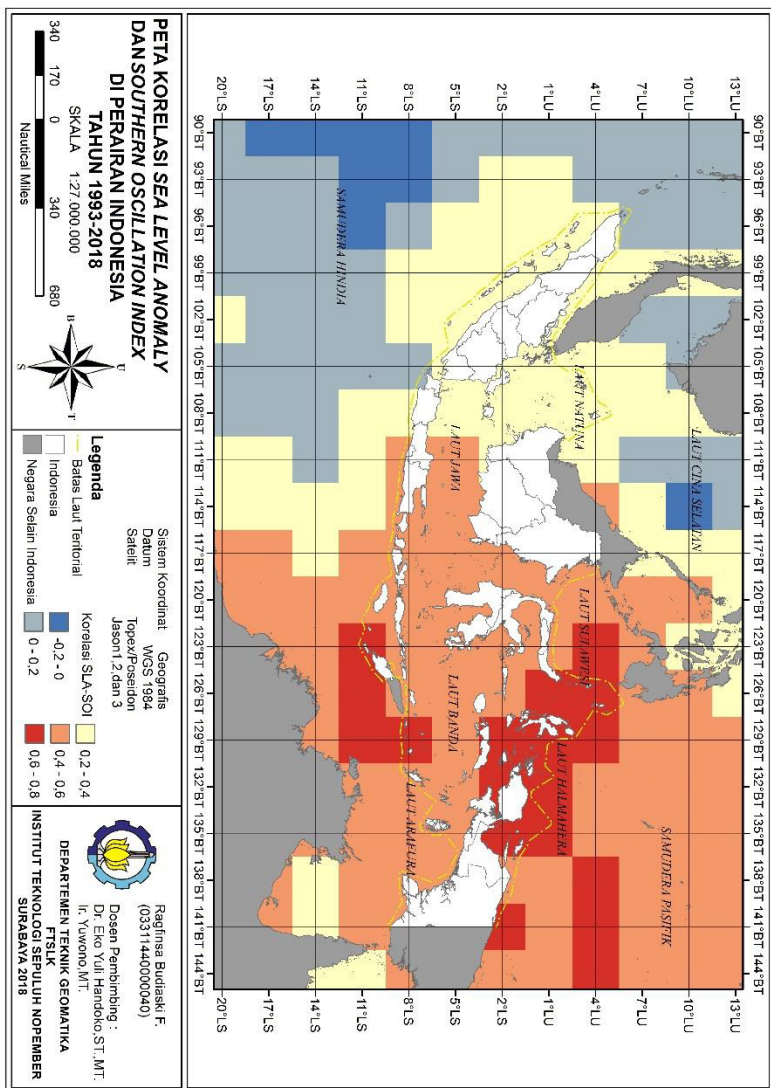
Lintang	Bujur	Korelasi
-8°	105°	0,0770
-8°	108°	0,3886
-8°	111°	0,4156
-8°	114°	0,4384
-8°	117°	0,4661
-8°	120°	0,4815
-8°	123°	0,5145
-8°	126°	0,5755
-8°	129°	0,6085
-8°	132°	0,5900
-8°	135°	0,5689
-8°	138°	0,4948
-8°	141°	0,4691
-8°	144°	0,5648
-5°	90°	0,1202
-5°	93°	0,1613
-5°	96°	0,2764
-5°	99°	0,3164
-5°	102°	0,3768
-5°	105°	0,3829
-5°	108°	0,3033
-5°	111°	0,4042
-5°	114°	0,4629
-5°	117°	0,4360
-5°	120°	0,4686
-5°	123°	0,5166
-5°	126°	0,5332
-5°	129°	0,5335

Lintang	Bujur	Korelasi
10°	105°	0,1889
10°	108°	0,2356
10°	111°	0,0011
10°	114°	-0,0227
10°	117°	0,3565
10°	120°	0,4409
10°	123°	0,3929
10°	126°	0,4262
10°	129°	0,4876
10°	132°	0,5320
10°	135°	0,5354
10°	138°	0,5263
10°	141°	0,5315
10°	144°	0,5286
13°	90°	0,1271
13°	93°	0,1230
13°	96°	0,1717
13°	99°	0,2047
13°	102°	0,1692
13°	105°	0,1719
13°	108°	0,2413
13°	111°	0,0977
13°	114°	0,0285
13°	117°	0,3069
13°	120°	0,3413
13°	123°	0,3568
13°	126°	0,3953
13°	129°	0,4471

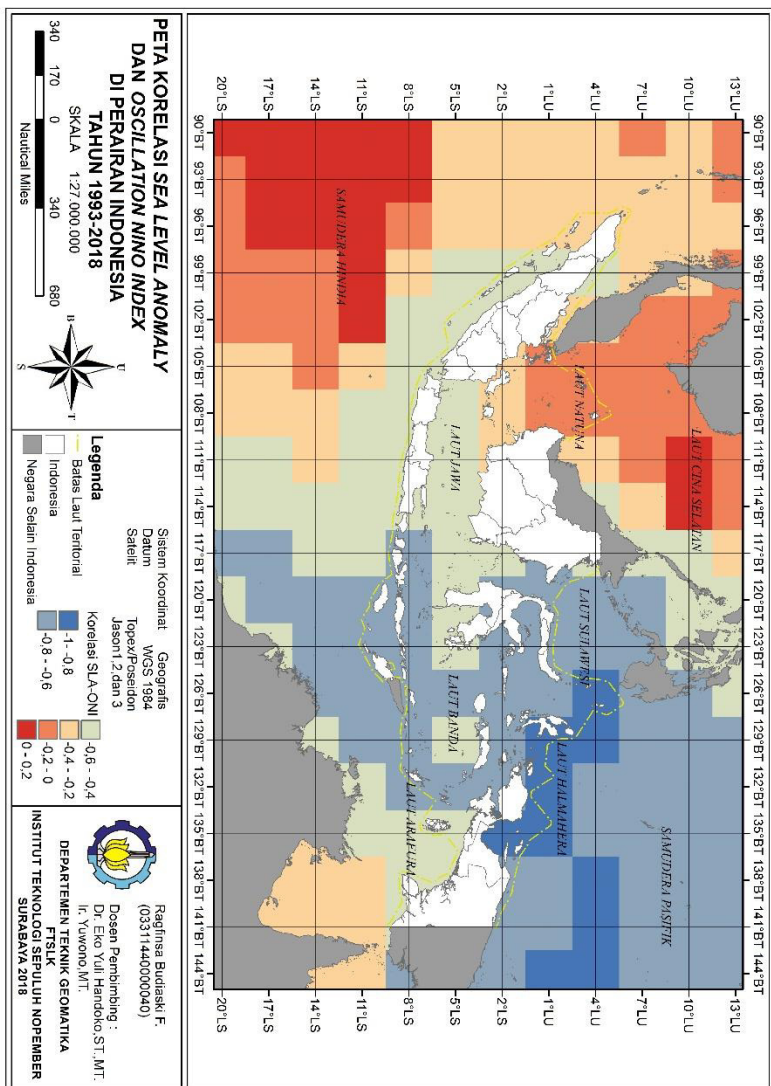
Lintang	Bujur	Korelasi
-5°	132°	0,5583
-5°	135°	0,5655
-5°	138°	0,5473
-5°	141°	0,6168
-5°	144°	0,5655

Lintang	Bujur	Korelasi
13°	132°	0,4578
13°	135°	0,4716
13°	138°	0,4505
13°	141°	0,4570
13°	144°	0,4436

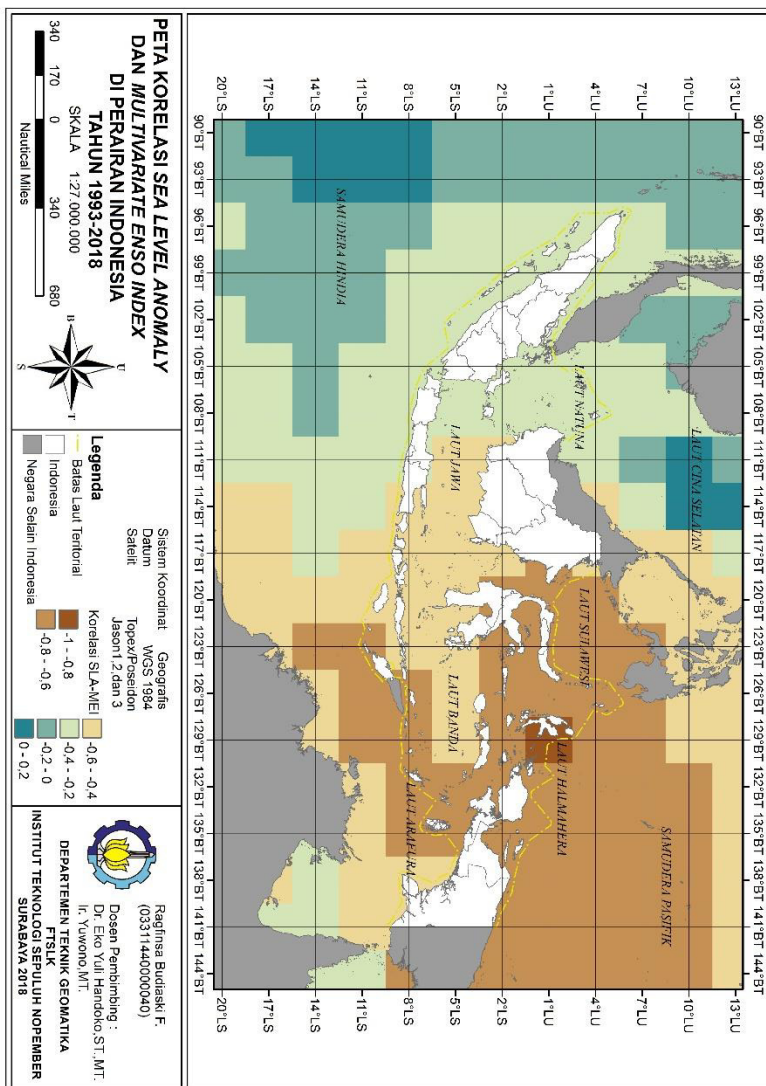
Lampiran 4. Peta Korelasi Sea Level Anomaly dengan SOI



Lampiran 5. Peta korelasi Sea level Anomaly dengan ONI



Lampiran 6. Peta Korelasi Sea level Anomaly dengan MEI



BIODATA PENULIS



Penulis Ragfinsa Budiaski Filaili, lahir di kota Kediri, 12 September 1995 dan merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Campurejo 2, SMPN 4 Kediri, kemudian melanjutkan ke SMAN 1 Kediri dan mengemban amanah sebagai Ketua / Pradana Ekstrakurikuler Pramuka periode 2012-2013. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan S1 dengan mengikuti program SNMPTN dan diterima di Departemen Teknik Geomatika FTSLK ITS pada tahun 2014 dan tergabung sebagai angkatan G16. Pada masa perkuliahan penulis aktif di organisasi sebagai staff Departemen Dalam Negeri HIMAGE-ITS periode 2015-2016, kemudian diamanahi menjadi Sekretaris Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMAGE-ITS periode 2016-2017. Pada masa perkuliahan penulis juga mengikuti kepanitiaan ITS EXPO 2016 sebagai sie kesekretariat, kepanitiaan GERIGI ITS 2016 sebagai pendamping, dan kepanitiaan lainnya yang diadakan himpunan maupun BEM. Penulis pernah mengikuti kegiatan kerja praktik pada tahun 2017 di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.