



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RM184831

**ANALISIS ARUS GEOSTROPIK DI PERAIRAN INDONESIA
MENGUNAKAN DATA SATELIT ALTIMETRI JASON-2
DAN JASON-3**

DESI SUCI RICHASARI
NRP 03311640000008

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

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR - RM184831

**ANALISIS ARUS GEOSTROPIK DI PERAIRAN INDONESIA
MENGUNAKAN DATA SATELIT ALTIMETRI JASON-2
DAN JASON-3**

DESI SUCI RICHASARI
NRP 0331164000008

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

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RM184831

**GESTROPHIC CURRENT ANALYSIS IN THE
INDONESIAN SEAS USING ALTIMETRY SATELLITE DATA
JASON-2 AND JASON-3**

DESI SUCI RICHASARI
NRP 03311640000008

Supervisor

Dr. Eko Yuli Handoko,ST.,MT.

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS ARUS GEOSTROPIK DI PERAIRAN INDONESIA MENGGUNAKAN DATA SATELIT ALTIMETRI JASON-2 DAN JASON-3

Nama Mahasiswa : Desi Suci Richasari
NRP : 0331164000008
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Dr. Eko Yuli Handoko,ST.,MT.

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan dan menganalisis arus geostropik terhadap indeks angin musim dan indeks ENSO. Lokasi pada penelitian ini adalah di sekitar lautan Indonesia dengan batas koordinat $20^{\circ}\text{LU} - 20^{\circ}\text{LS}$ dan $90^{\circ}\text{BT} - 150^{\circ}\text{BT}$. Data altimetri satelit *Jason Series* sangat berguna sebagai penyedia data laut global, termasuk informasi tentang arus laut permukaan dan dinamika permukaan laut. Untuk menentukan arus geostropik, kami menggunakan algoritma perhitungan geostropik dan metode analisis menggunakan koefisien korelasi sederhana dari hasil antara parameter penelitian dengan indeks. Analisis temporal dilakukan menggunakan Matlab kemudian ArcMap digunakan untuk memvisualisasikan sebaran spasial dari pola arus yang telah dihitung. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa korelasi antara anomali permukaan laut (SLA) dengan *Multivariate ENSO Index* (MEI) menunjukkan nilai negatif. Ini berarti bahwa, ketika El Nino terjadi SLA menunjukkan nilai yang rendah dan ketika La Nina terjadi SLA mempunyai nilai tinggi. El Nino yang paling kuat terjadi pada tahun 2015 dan La Nina paling kuat terjadi pada tahun 2010. Perbedaan SLA mempengaruhi kecepatan arus geostropik. Korelasi komponen arus geostropik zonal dengan AUSMI adalah 0,720 dan WNPMI adalah 0,446. Ini berarti bahwa arah arus geostropik memiliki hubungan kuat dengan aliran angin musim.

Kata Kunci— altimetri, arus geostropik, Indeks Monsun,
Multivariate ENSO Index, *sea surface height*.

GEOSTROPHIC CURRENT ANALYSIS IN THE INDONESIAN SEAS USING ALTIMETRY SATELLITE DATA JASON-2 AND JASON-3

Student Name : Desi Suci Richasari
NRP : 03311640000008
Departement : Geomatics Engineering
Supervisor : Dr. Eko Yuli Handoko,ST.,MT.

ABSTRACT

The aim of this research was to determine and analyze the geostrophic current towards the monsoon index and the ENSO index. The location of this research is around Indonesian seas with coordinates of 20 ° N - 20 ° S and 90 ° E - 150 ° E. Jason Series altimetry satellite data is very useful as a provider of data on global marine affairs, including information about sea surface and sea level currents. To determine the geostrophic current, we used the geostrophic algorithm and the method of analysis used the coefficient correlation of the results between the research parameters with the index. Temporal and spatial analysis using Matlab and ArcMap to visualize the parameters which is obtained. The results of this study indicate that the corelation between sea level anomalies (SLA) to the Multivariate ENSO Index (MEI) shows the negative value. It means that SLA at Indonesian seas have opposite condition, when El Nino happened SLA is lower, when La Nina happened SLA is higher. The strong El Nino occurred in 2015 and La Nina occurred in 2010. The SLA difference does not affect the direction of geostrophic current but affect its velocity. The correlation of zonal component geotrophic current to AUSMI 0,720 and WNPMI is 0,446. It means that the geostrophic current have the strong relation with the wind flow respectively at the moonson season.

*Keyword – altimetry, geostrophic current, Moonson Index,
Multivariate ENSO Index, sea surface height*

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS ARUS GEOSTROPIK DI PERAIRAN INDONESIA MENGGUNAKAN DATA SATELIT ALTIMETRI JASON-2 DAN JASON-3

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DESI SUCI RICHASARI

NRP. 0331164000008

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Eko Yuli Handoko, S.T., M.T.

NIP. 19740727 200003 1 001

(*eko yuli*)



SURABAYA, 4 AGUSTUS 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “Analisis Arus Geostropik Di Perairan Indonesia Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-2 dan Jason-3” 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 motivasi kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT., selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan sarannya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS, selaku dosen wali yang telah mendampingi studi penulis di Jurusan Teknik Geomatika ITS.
4. Pihak penyedia data yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
5. Teman-teman G18 yang telah membantu penulis dengan memberikan semangat hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
6. 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 mohon maaf yang sebesar-besarnya. Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas segala kesempatan yang telah diberikan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 4 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Arus Geostropik.....	5
2.1.1 Arus Geostropik pada Altimetri	8
2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Arus Geostropik.....	10
2.2 Konsep Satelit Altimetri	10
2.2.1 Koreksi Satelit Altimetri.....	11
2.2.2 Satelit Jason.....	13
2.2.3 <i>Intercalibrated Tandem Mission</i>	15
2.3 <i>Dekomposisi Time Series</i>	16
2.4 <i>Sea Surface Height (SSH)</i>	17
2.5 <i>Sea Level Anomaly (SLA)</i>	18

2.6	<i>El Nino Southern Oscillation (ENSO)</i> di Indonesia	19
2.5.1	<i>Multivariate ENSO Index (MEI)</i>	20
2.7	Angin Muson	20
2.6.1	<i>Australian Monsoon Index (AUSMI)</i>	21
2.6.2	<i>Western North Pacific Monsoon Index (WNPMI)</i>	22
2.8	Korelasi	24
2.9	Penelitian Terdahulu	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Lokasi	27
3.2	Data dan Peralatan	28
3.3	Metodologi Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN ANALISIS		37
4.1	Pengecekan Data RADS	37
4.2	Perhitungan SSH dan SLA	38
4.3	Rata-rata SLA per cycle	40
4.4	<i>Intercalibrated Tandem Mission</i>	41
4.5	<i>Gridding</i>	43
4.6	Perhitungan Arus	44
4.7	Validasi Data Arus	45
4.8	Dekomposisi Data <i>Time Series</i> dan Pembuatan <i>Trend</i> SLA	47
4.9	Pola Arus dan Angin	64
4.10	Identifikasi ARLINDO	69
4.11	Analisis Kecepatan Angin dengan Kecepatan Arus	71

4.12 Analisis Periodogram Densitas Spektral SLA	71
4.13 Analisis SLA dan Arus dengan Indeks	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN	94
BIODATA PENULIS.....	100

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustrasi Perbedaan Tekanan A dan B (Ocean Circulation 2 nd Edition 2001)	5
Gambar 2.2. Penentuan ζ dan r yang Digunakan Untuk Menentukan Tekanan Tepat Dibawah Permukaan Laut (Stewart 2008).....	9
Gambar 2.3 Efek Coriolis (NOAA 2019)	10
Gambar 2.4. Prinsip Radar Altimetri.....	11
Gambar 2.5 Komponen dalam Satelit Jason-2/OSTM (NASA 2007).....	14
Gambar 2.6 Pengukuran Topex/Poseidon, Jason-1, dan Jason-2 terputus akibat bias (Nerem et al 2010).....	16
Gambar 2.7. AUSMI Region.....	21
Gambar 2.8. WNPMI Region.....	23
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian a) Peta Lokasi Penelitian, b) Lintasan Satelit Jason di Lokasi Penelitian	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3.3 Diagram alir pengolahan data.....	31
Gambar 4.1. Pengecekan Data RADS	38
Gambar 4.2. Script Pembacaan Data .nc	38
Gambar 4.3. Script Perhitungan SSH.....	39
Gambar 4.4. Script Perhitungan SLA.....	40
Gambar 4.5. Hasil Perhitungan SSH dan SLA.....	40
Gambar 4.6. Script Perhitungan Rata-rata SLA	41
Gambar 4.7. Grafik Time Series SLA sebelum Interkalibrasi	42
Gambar 4.8. Grafik SLA Terinterkalibrasi.....	42
Gambar 4.9. Grafik Time Series SLA Sesudah Interkalibrasi	43
Gambar 4.10. Hasil Gridding pada Surfer.....	44
Gambar 4.11. Kuadran Aritmatik.....	45
Gambar 4.12. Grafik Validasi Nilai Komponen U dan V	46

Gambar 4.13 a) Scatter Plot Validasi Komponen U, b) Scatter Plot Validasi Komponen V.....	47
Gambar 4.14. Dekomposisi Rata-rata SLA.....	62
Gambar 4.15. Tren Linier SLA.....	63
Gambar 4.16. Detrended SLA.....	63
Gambar 4.17. Distribusi spasial angin (kiri) dan overlapping arus geostropik permukaan dengan SSH selama Musim Barat.	65
Gambar 4.18. Distribusi spasial angin (kiri) dan overlapping arus geostropik permukaan dengan SSH selama Musim Peralihan I....	67
Gambar 4.19. Distribusi spasial angin (kiri) dan overlapping arus geostropik permukaan dengan SSH selama Musim Timur	68
Gambar 4.20. Distribusi spasial angin (kiri) dan overlapping arus geostropik permukaan dengan SSH selama Musim Peralihan II. .	69
Gambar 4.21. ARLINDO di Perairan Indonesia	70
Gambar 4.22. Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Kecepatan Arus	71
Gambar 4.23. Periodogram Seasonal SLA (2008-2018).....	72
Gambar 4.24. Relasi antara SLA dan MEI.....	73
Gambar 4.25. Sea Level Anomaly Variability a) La Nina 2010 b) El Nino 2015	74
Gambar 4.26. Kecepatan arus geostropik selama fenomena ENSO (2009-2018).....	75
Gambar 4.27. Pola Arus Geostropik dan SLA. a) 2010, b) 2013, c) 2015.....	76
Gambar 4.28. Pola Arus Geostropik <i>Overlay</i> dengan SLA (La Nina).....	78
Gambar 4.29. Pola Arus Geostropik <i>Overlay</i> dengan SLA (Normal).....	79
Gambar 4.30. Pola Arus Geostropik <i>Overlay</i> dengan SLA (El Nino).....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai AUSMI (http://apdrc.soest.hawaii.edu/)	22
Tabel 2.2. Nilai WNPMI (http://apdrc.soest.hawaii.edu/).....	23
Tabel 3.1. Data Penelitian	32
Tabel 3.2 Parameter Koreksi dan Model (Handoko, Fernandes, dan Lázaro 2017).....	33
Tabel 4.1. Kriteria Kontrol Kualitas Data (Scharroo 2018)	39
Tabel 4.2. Hasil Dekomposisi Time Series	47
Tabel 4.3. Perbandingan SLA dan Kecepatan Arus	77
Tabel 4.4. Arus Zonal dan Indeks AUSMI (2009-2015).....	80
Tabel 4.5. Arus Zonal dan Indeks WNPMI (2009-2015).....	83

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan UNCLOS 1982 total wilayah perairan Indonesia seluas $\pm 5,9$ juta km² (Lasabuda 2013). Hal ini mengindikasikan bahwa Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Untuk itu, studi mengenai kelautan menjadi sangat penting mengingat sirkulasi dan dinamika air laut selalu terjadi secara terus menerus. Sirkulasi tersebut terjadi pada laut permukaan maupun laut dalam. Salah satu bentuk sirkulasi laut adalah arus laut (Prayogo T. 2014). Sirkulasi yang sering terjadi di perairan Indonesia dipengaruhi oleh siklus musim barat laut dan tenggara yang berubah secara berkala setiap tahun. Hal ini menyebabkan adanya perubahan musiman dalam parameter oseanografi seperti densitas, suhu dan salinitas (Gordon 1996). Perairan Indonesia juga menjadi jalur *Indonesian Trough Flow* (ITF) yang merupakan aliran massa air dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia yang juga menjadi salah satu penyebab perubahan suhu permukaan laut (Gordon 2005). Arus memainkan peranan penting dalam memodifikasi cuaca dan iklim dunia (Duxbury 2002). Jenis arus laut yang berdampak pada iklim global adalah arus geostropik.

Arus geostropik adalah arus yang terjadi karena adanya keseimbangan geostropik. Keseimbangan geostropik terjadi apabila gradien tekanan horizontal pada massa air yang bergerak diimbangi oleh gaya coriolis yang timbul akibat rotasi bumi (Brown 1989). Arus ini terkait dengan kemiringan (*slope*) permukaan laut lebih tinggi dengan yang lebih rendah yang dibentuk oleh transpor Ekman (Thomas 2017). Transpor Ekman adalah transpor massa air yang arahnya tegak lurus ke kanan arah angin di belahan bumi utara dan ke arah kiri di belahan bumi selatan yang dikarenakan adanya perubahan kecepatan arus terhadap kedalaman (Aziz 2006). Karena itu, pergerakan arus ini terkait dengan ketinggian permukaan laut.

Menurut AVISO (2015) Ketinggian permukaan laut atau *Sea Surface Height* (SSH) merupakan tinggi muka laut di atas ellipsoid referensi. Perkembangan teknologi satelit altimetri menjadi alternatif dalam memenuhi kebutuhan data-data oseanografi berupa ketinggian permukaan laut dan dinamika laut lainnya dengan daerah cakupan regional maupun global. Data ketinggian muka airlaut (SSH) ini dapat menghasilkan pola arus geostropik permukaan (Stewart 2008).

Penelitian tentang variabilitas arus geostropik telah banyak dilakukan, namun belum untuk perairan Indonesia. Penelitian variasi permukaan laut dan geostropik permukaan pernah dilakukan di Laut Arafura dan Selat Sunda, dimana ditemukan bahwa variasi musiman pada ketinggian permukaan laut Selat Sunda menyebabkan musim hujan (Manurung 2011). Penelitian variasi musiman arus geostropik di perairan Arafura -Timor menemukan bahwa dinamika arus geostropik permukaan di perairan Arafura -Timor terjadi akibat perubahan ketinggian permukaan laut akibat muson setiap musim (Radjawane 2013). Hasil dari dua penelitian ini menyatakan bahwa muson sangat mempengaruhi variabilitas arus geostropik. Faktor lain yang berperan dalam sirkulasi arus geostropik adalah ITF (Gordon 2005).

Karena lokasi perairan Indonesia secara strategis dipengaruhi oleh muson yang berhembus secara berkala sepanjang tahun, maka perlu dilakukan penelitian tentang dinamika permukaan laut dan arus geostropik untuk memahami distribusi dinamika anomali tinggi permukaan laut dan pola sebaran arus geostropik. Analisis perubahan pola arus dilakukan dengan mempertimbangkan komponen *zonal* (u) dan *meridional* (v) yang diwakilkan dalam periode waktu bulanan. Pembagian ini menyesuaikan tipe angin muson yang bertiup di Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana hasil pemodelan pola arus geostropik permukaan di Perairan Indonesia dari data satelit altimetri Jason-2 dan Jason-3 pada tahun 2008-2018?
2. Bagaimana analisis pola arus geostropik perairan Indonesia terhadap pergerakan angin muson dan *Multivariat Enso Index*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Daerah penelitian meliputi perairan Indonesia dengan letak koordinat diantara 20° LU - 20° LS dan 90° BT- 150° BT.
2. Pola arus laut yang dianalisis adalah arus geostropik permukaan di perairan Indonesia.
3. Analisis pola arus geostropik permukaan yang dilakukan adalah berdasarkan pergerakan angin muson dan *Multivariat Enso Index*.
4. Data yang digunakan adalah data RADS Jason-2 dan Jason-3 dari tahun 2008-2018.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pemodelan pola arus geostropik permukaan di perairan Indonesia dari data satelit altimetri Jason-2 dan Jason-3 pada tahun 2008 -2018.
2. Menganalisis pola arus geostropik permukaan di perairan Indonesia terhadap pergerakan angin muson dan *Multivariat Enso Index*.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Menyediakan bahan kajian mengenai arus geostropik permukaan di perairan Indonesia yang mencakup kepentingan penduduk Indonesia yang hidup di wilayah pesisir khususnya.
2. Menyediakan data pola dan nilai kecepatan arus geostropik dengan periode waktu bulanan sehingga dapat dilakukan pengkajian mengenai pengaruh arus terhadap perubahan musim dan iklim di Indonesia pada penelitian lainnya.

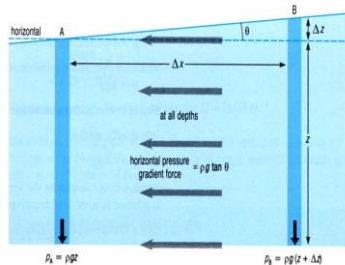
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

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 Arus Geostropik

Menurut Brown et al (1989) arus geostropik terjadi akibat adanya keseimbangan antara gaya coriolis dengan gaya gradien tekanan horizontal yang bekerja pada massa air di kolom perairan. Gaya ini yang mengakibatkan adanya putaran arus pada belahan bumi utara ke kanan dan belahan bumi selatan berlawanan ke kiri.

Penentuan besaran gaya gradien tekanan persatuan massa dapat ditinjau dari kondisi laut dimana permukaannya tidak datar tetapi membentuk suatu *slope* tertentu, maka gradien tekanan antara A dan B adalah :



Gambar 2.1. Ilustrasi Perbedaan Tekanan A dan B
(*Ocean Circulation 2nd Edition* 2001)

Tekanan pada B lebih besar daripada tekanan A, sehingga selisih tekanan B-A adalah:

$$\Delta p = p_B - p_A = \rho g(z + \Delta z) - \rho g z = \rho g \Delta z \quad 2.1$$

Jika A dan B berjarak sebesar Δx , besar gradien tekanan horizontalnya diberikan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\Delta p}{\Delta x} = \rho g \frac{\Delta z}{\Delta x} \quad 2.2$$

Dan karena,

$$\frac{\Delta z}{\Delta x} = \tan \theta \quad 2.3$$

Maka,

$$\frac{\Delta p}{\Delta x} = \rho g \tan \theta \quad 2.4$$

Jika kita mengasumsikan Δp dan Δx sangat kecil, maka dapat diganti dengan dp dan dx , dimana dp peningkatan tekanan secara bertahap pada jarak horizontal dx . Persamaan 2.4 menjadi,

$$\frac{dp}{dx} = \rho g \tan \theta \quad 2.5$$

Persamaan 2.5 adalah laju perubahan tekanan, atau gaya gradien tekanan horizontal, dalam arah x. Lebih tepatnya, gaya gradien tekanan horizontal bekerja pada satuan volume air laut. Untuk mendapatkan gaya yang bekerja pada satuan massa air laut, cukup dibagi dengan densitasnya,

$$\begin{aligned} \text{horizontal pressure gradient force per unit mass} = \\ \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} = g \tan \theta \quad 2.6 \end{aligned}$$

Oleh karena itu gradien tekanan horizontal yang bekerja pada sebidang air bermassa m diberikan oleh $mg \tan \theta$. Kita juga tahu bahwa gaya coriolis yang bekerja pada parcel air yang bergerak dengan kecepatan u adalah mfu , di mana f adalah parameter gaya coriolis. Dalam kondisi keseimbangan geostropik, gaya gradien tekanan horizontal dan gaya coriolis menyeimbangkan satu sama lain, maka dapat dituliskan:

$$\begin{aligned} mg \tan \theta &= mfu \\ \text{atau } \tan \theta &= \frac{fu}{g} \quad 2.7 \end{aligned}$$

dimana

$$f = 2\Omega \sin\varphi \quad 2.8$$

Keterangan :

u	: kecepatan zonal (m/s)
v	: kecepatan meridional (m/s)
f	: gaya coriolis (N)
Ω	: kecepatan sudut rotasi bumi (rad/s)
φ	: lintang geografis ($^{\circ}$)
θ	: sudut kemiringan ($^{\circ}$)
p	: tekanan (Pa)
g	: konstanta gravitasi (m/s ²)

Pada suatu saat tertentu magnitudo gaya coriolis dapat mengimbangi tekanan horizontal dan akibatnya terbentuklah arus geostropik yang bergerak dengan kecepatan konstan (*steady*). Stewart (2008) menyatakan bahwa sebelum menentukan keseimbangan geostropik, kita asumsikan lebih dahulu untuk laut dengan keadaan diam atau stasioner sehingga :

$$u = v = w = 0 \quad 2.9$$

atau,

$$\frac{du}{dt} = \frac{dv}{dt} = \frac{dw}{dt} = 0 \quad 2.10$$

Persamaan geostropik diturunkan dari persamaan gerak dengan mengasumsikan bahwa kecepatan horizontal adalah jauh lebih besar daripada kecepatan vertikal, $w \ll u, v$ dan gaya eksternalnya adalah gaya gravitasi dan gesekannya sangat kecil. Dengan demikian maka persamaannya menjadi :

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho f v; \quad \frac{\partial p}{\partial y} = -\rho f u; \quad \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \quad 2.11$$

Dapat dituliskan menjadi:

$$u = -\frac{1}{f\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \quad v = \frac{1}{f\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \quad 2.12$$

$$p = p_0 + \int_{-h}^{\zeta} g(\varphi, z)\rho(z)dz \quad 2.13$$

Dimana p_0 tekanan atmosfer pada $z = 0$ dan ζ adalah tinggi dari permukaan laut. Dengan permukaan laut dapat berada diatas atau dibawah permukaan $z = 0$ dan gradien tekanan pada permukaan laut diimbangi oleh arus permukaan us. Substitusi persamaan (2.12) ke persamaan (2.13) sehingga menghasilkan :

$$u = -\frac{1}{f\rho} \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^0 g(\varphi, z)\rho(z)dz - \frac{g}{f} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \quad 2.14$$

$$u = -\frac{1}{f\rho} \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^0 g(\varphi, z)\rho(z)dz - u_s \quad 2.15$$

Dengan cara yang serupa dapat diturunkan untuk kecepatan v :

$$v = -\frac{1}{f\rho} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^0 g(\varphi, z)\rho(z)dz + \frac{g}{f} \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad 2.16$$

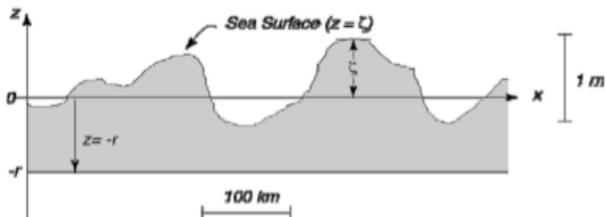
$$v = -\frac{1}{f\rho} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^0 g(\varphi, z)\rho(z)dz + v_s \quad 2.17$$

Jika dalam keadaan homogen dimana densitas (ρ) dan gravitasi (g) konstan, maka nilai kedua persamaan tersebut adalah 0, sehingga gradien tekanan horizontal di lautan sama dengan gradien tinggi permukaan laut. Jika lautan berlapis , maka gradien tekanan horizontal memiliki dua komponen, pertama tergantung dari kemiringan permukaan laut, dan kedua tergantung dari perbedaan densitas pada arah horizontal. Prinsip inilah yang mendasari penggunaan dua metode perhitungan arus geostropik, yaitu dengan menggunakan data SSH dari satelit altimetri.

2.1.1 Arus Geostropik pada Altimetri

Pendekatan geostropik pada $z = 0$ mengarah ke hubungan yang sangat sederhana, permukaan arus geostropik sebanding dengan kemiringan permukaan laut. Pertimbangkan permukaan

tepat di bawah permukaan laut, misalkan dua meter dibawah permukaan laut, pada $z = -r$.



Gambar 2.2. Penentuan ζ dan r yang Digunakan Untuk Menentukan Tekanan Tepat Dibawah Permukaan Laut (Stewart 2008)

Tekanan pada level permukaan :

$$p = \rho g(\zeta + r) \quad 2.18$$

Diasumsikan bahwa ρ dan g memiliki nilai yang konstan pada beberapa meter dari permukaan laut. Selanjutnya substitusikan rumus diatas ke persamaan berikut :

$$u = -\frac{g}{f} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \quad v = \frac{g}{f} \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad 2.19$$

g : konstanta gravitasi (m/s^2)

f : gaya coriolis (N)

ζ : tinggi absolut permukaan laut (m)

Untuk kecepatan arus geostropik dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$velocity = \sqrt{u^2 + v^2} \text{ (m/s)} \quad 2.20$$

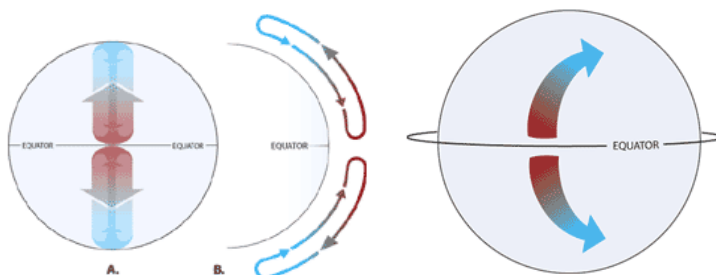
Dan arah arus geotropik dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$direction = \tan^{-1} \sqrt{\left(\frac{v}{u}\right)^2} \text{ (}^\circ\text{)} \quad 2.21$$

2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Arus Geostropik

Secara umum, gerakan arus permukaan laut terutama disebabkan oleh adanya angin yang bertiup di atasnya. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi arus permukaan laut antara lain (Hutabarat 1985) :

1. Bentuk dasar topografi dasar laut dan pulau-pulau yang ada di sekitarnya.
2. Gaya Coriolis dan Arus Ekman.
3. Perbedaan tekanan air.
4. Arus musiman.
5. *Upwelling* dan *downwelling*.
6. Perbedaan densitas.



Gambar 2.3 Efek Coriolis
(NOAA 2019)

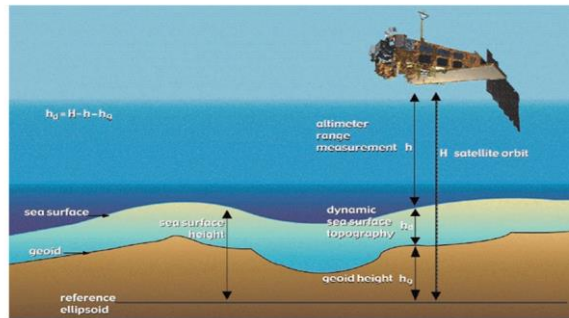
2.2 Konsep Satelit Altimetri

Konsep dasar dari satelit altimetri adalah mengukur jarak R dari satelit ke permukaan laut. Satelit altimetri mengirim sinyal gelombang pendek ke permukaan laut. Sinyal tersebut mengenai permukaan laut yang kemudian dipantulkan kembali ke penerima sinyal di satelit altimetri yang dilengkapi dengan pencatat waktu

yang sangat teliti (Chelton 2001). Sehingga jarak R yang didapat satelit merupakan waktu tempuh (t) radar bolak-balik atau dapat disimpulkan sebagai dua kali jarak antara posisi satelit dengan permukaan yang dipengaruhi oleh kecepatan transfer sinyal (c). Apabila ditulis persamaan sebagai berikut.

$$R_{\text{obs}} = c t/2 \quad 2.22$$

Jarak R_{obs} tersebut belum merupakan jarak yang akurat. Sehingga jarak R_{obs} perlu dikoreksi untuk dapat digunakan. Berikut adalah ilustrasi prinsip dari radar altimetri.



Gambar 2.4. Prinsip Radar Altimetri

2.2.1 Koreksi Satelit Altimetri

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 geofisik. Koreksi yang digunakan adalah koreksi jarak dan koreksi geofisik. Koreksi jarak adalah koreksi yang berhubungan dengan kecepatan radar dan proses *scattering*-nya seperti koreksi atmosfer dan *sea state bias*. Sedangkan yang termasuk koreksi geofisik adalah pasang

surut dan tekanan atmosfer. Dalam penghitungan *Sea Surface Height* (SSH) dan *Sea Level Anomaly* (SLA) dilakukan koreksi karena saat pengambilan data altimetri banyak gangguan yang terjadi. Ada koreksi yang sudah ada pada RADS data set yang dapat digunakan. Koreksi yang perlu dilakukan antara (Handoko 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 propagasi gelombang elektromagnetik baik dalam kecepatan dan dalam arah propagasi sinyal. Kecepatan sinyal diperlambat oleh elektron bebas di atmosfer. Model yang dapat digunakan adalah *smoothed dual frequency*.
- d. *Koreksi Sea State Bias (SSB)*
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 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.

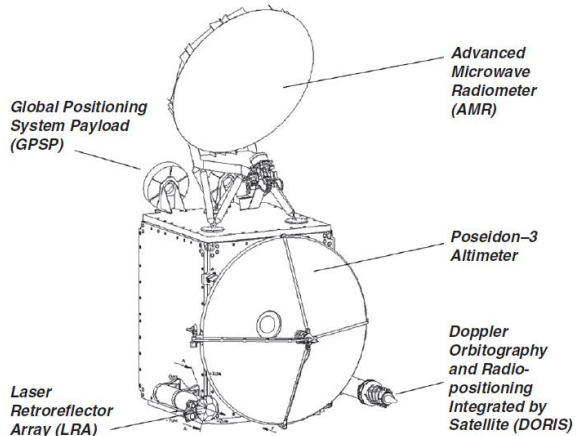
f. Koreksi *Tides*

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 FES 2014 .

g. Koreksi *Reference Frame Offset* Koreksi yang digunakan jika menggunakan data multi satelit.

2.2.2 Satelit Jason

Jason-2/OSTM (*Ocean Surface Topography Mission*) merupakan misi satelit altimetri lanjutan dari Jason-1 yang dibuat oleh kerja sama 4 badan, yaitu NASA, CNES, NOAA, dan *European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites* (Eumetsat). Jason-2 diluncurkan pada bulan Juni 2008 menggunakan pesawat *United Launch Alliance Delta II* milik *California's Vandenberg Air Force Base* . Satelit Jason-2 diorbitkan pada lintasan orbit yang sama dengan Jason-1 dengan melalui masa tandem 180 hari sebelum Jason-1 menurunkan ketinggian orbit menjadi 1324 km (Nerem 2010). Jason-1 kemudian mengorbit bumi dengan posisi paralel dengan lintasan berada ditengah-tengah antara 2 *ground tracks* dan bersama dengan Jason-2 akan meningkatkan kualitas perekaman data untuk model pasang surut dan perairan dangkal. Jason-2 didesain untuk beroperasi minimal 3 tahun. Akurasi yang dihasilkan dalam pengukuran data pengamatan mencapai 3,4 cm. Gambaran Instrumen dan komponen yang dibawa oleh satelit Jason-2 ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.5 Komponen dalam Satelit Jason-2/OSTM
(NASA 2007)

Berikut adalah spesifikasi satelit altimetri Jason series ditunjukkan pada table 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Satelit Altimetri Topex/Poseidon dan Jason Series (www.aviso.altimetry.fr)

NO.	Spesifikasi	T/P, Jason Series
1.	Instrumen	<ul style="list-style-type: none"> - Poseiden-3B altimeter - DORIS - <i>Advanced Microwave Radiometer (AMR)</i> - <i>GPS Payload (GPSP) receiver</i> - <i>Laser Retro-reflector Array (LRA)</i> - <i>Passengers: JRE (Carmen3 Radiation Detectors + LPT/Light Particle Telescope)</i> - <i>T2L2 (Time Transfer by Laser Link)</i>

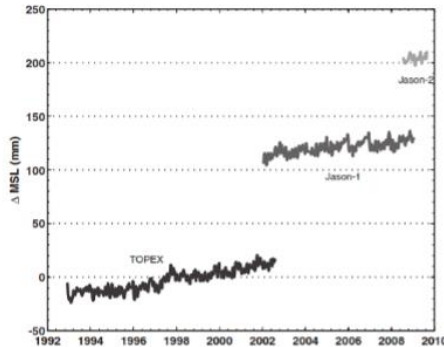
2.	Orbit: Inklinasi <i>Altitude</i> <i>Cycle periode</i> Jumlah revolusi Jumlah Fase Kecepatan orbital	66,04° 1,336 km 9,9156 hari 127 254 7,2 km/s
3.	Misi yang dibawa	- Pengukuran SSH (tinggi permukaan air laut) akurasi \leq 3,4 cm, setiap 10 hari - Pengukuran sirkulasi dan pengamatan perubahan iklim serta kenaikan permukaan air laut

2.2.3 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 2003).

Kesalahan SSB berkontribusi terhadap perubahan bias global, meskipun begitu 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 *Global Mean Sea Level* (GMSL) (Leuliette 2004).



Gambar 2.6 Pengukuran Topex/Poseidon, Jason-1, dan Jason-2 terputus akibat bias (Nerem et al 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).

$$\text{Corrected SLA (J3)} = \text{SLA(J3)} - \text{bias(J3-J2)} \quad 2.23$$

2.3 Dekomposisi Time Series

Dekomposisi dilakukan sebagai prosedur dasar dari perhitungan *seasonal* yang digunakan untuk memisahkan data *time series* menjadi beberapa komponen (Dokumentov dan Hyndman 2015). Salah satu prosedur dekomposisi yang digunakan adalah *seasonal-trend decomposition prosedur based on Loess* (STL). Bentuk fungsi data *time series* (Y_t) tergantung pada metode dekomposisi yang digunakan. Metode dekomposisi ini dibagi

menjadi dua jenis, yaitu Metode *Additive* dan Metode *Multiplicative*.

Bentuk persamaan untuk metode *additive* adalah penjumlahan dari komponen *trend* (T_t), komponen *seasonal* (S_t), dan komponen *remainder* (E_t). Komponen *tren* merupakan variasi dari frekuensi rendah dalam data yang menunjukkan perubahan level jangka panjang yang tidak stationer. Komponen *seasonal* merupakan variasi nilai dari frekuensi musiman yang bergantung periode dari data. Komponen *remainder* merupakan variasi sisa diluar nilai *trend* dan *seasonal* atau disebut juga residu (Cleveland, dkk 1990). Kemudian dijadikan persamaan seperti dalam persamaan 2.4.

$$Y_t = T_t + S_t + R_t \quad 2.24$$

Dimana :

Y_t : raw data
 T_t : nilai *trend*
 S_t : nilai *seasonal*
 R_t : nilai *remainder*
 t : waktu

Setelah di dapatkan *trend* hasil dekomposisi , dilakukan pengolahan *detrend* untuk menghilangkan pengaruh *trend* nilai SLA yang digunakan untuk perhitungan korelasi. Rumus detrend sebagai berikut (Cleveland,dkk 1990):

$$\text{Detrended SLA} = \text{SLA_raw} - (\text{Trend}_{\text{dekomposisi}} - \text{Trend}_{\text{linear}}) \quad 2.25$$

2.4 Sea Surface Height (SSH)

Sea surface height merupakan tinggi muka laut yang tereferensi pada bidang ellipsoid yaitu WGS 84. Pada saat dilakukan pengukuran yang mengkonversi data tempuh gelombang elektromagnetik mejadi data jarak, akan dihasilkan tinggi satelit di atas permukaan laut. Ketinggian satelit yang telah diketahui diatas

bidang ellipsoid maka ketinggian permukaan laut diatas bidang ellipsoid dapat dihitung. Rumus hitungannya secara sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$h = H - \hat{R} - \sum_j \Delta R_j \quad 2.26$$

Koreksi yang diterapkan dalam jarak observasi ada pada persamaan 2.26 (Andersen dan Scharroo 2011).

$$\sum_j \Delta R_j = \Delta h_{dry} + \Delta h_{wet} + \Delta h_{iono} + \Delta h_{ssb} + \Delta h_{tides} + \Delta h_{DAC} + \Delta h_{RFO} \quad 2.27$$

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_{dry} = koreksi troposfer basah (m)
- Δh_{wet} = koreksi troposfer kering (m)
- Δh_{iono} = koreksi ionosfer (m)
- Δh_{SSB} = *sea state bias* (m)
- Δh_{DAC} = *dynamic atmospheric correction* (m)
- Δh_{RFO} = *reference frame offset* (m)
- Δh_{tides} = koreksi pasang surut (m)

2.5 Sea Level Anomaly (SLA)

Sea level anomaly (SLA) merupakan tinggi muka laut yang menghilangkan efek geoid atau *mean sea surface*, dimana efek instrumen, efek jarak, dan efek dinamisnya yaitu gelombang laut, pasang surut dan pengaruh tekanan atmosfer sudah dihilangkan. (Andersen dan Scharroo 2011). Maka *Sea level Anomaly* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.28) seperti berikut:

$$h_{SLA} = H - (R) - (\Delta R_{GeoCorr}) - MSS \quad 2.28$$

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

dimana:

h_{SLA} = Perubahan permukaan air laut (mm)

h_{RFO} = *reference frame offset* (m)

h_{atm} = *dynamic atmospheric correction* (m)

h_{tides} = koreksi pasang surut (m)

MSS = *mean sea surface* (m)

2.6 El Nino Southern Oscillation (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 angin darat dan laut (Pribadi 2010).

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 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, 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 (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. Untuk memonitoring ENSO dapat menggunakan indikator *Multivariate ENSO Index* (MEI).

2.5.1 Multivariate ENSO Index (MEI)

Multivariate ENSO Index (MEI) adalah salah satu indikator fenomena ENSO. 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 ENSO dengan fase hangat (El Nino). Batas ambang untuk El Nino dan La Nina dikatakan ekstrim adalah sebesar +/- 0,5. Nilai setiap bulan dipusatkan antara bulan sebelum dan sesudahnya, 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 Liritzis 2010).

2.7 Angin Muson

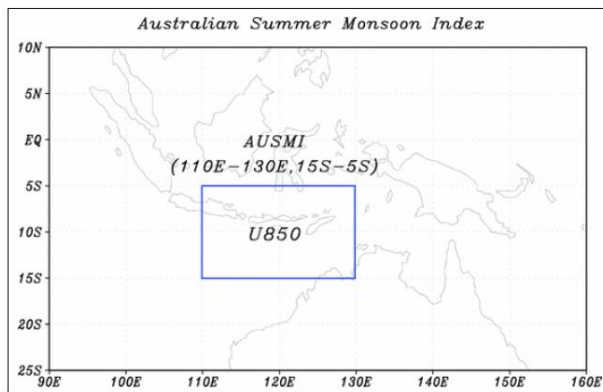
Monsun merupakan angin musiman yang disebabkan oleh pengaruh pemanasan dan tekanan udara yang berbeda-beda antara benua (daratan) dan lautan yang ada di sekitarnya serta selalu berubah pada setiap musim (As-syakur 2012). Monsun merupakan rata-rata waktu (misalnya, bulanan) dari sistem konvektif daratan di daerah tropis (Pandia 2019). Angin muson dibagi menjadi dua yaitu angin muson Barat yang terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari, dan maksimal pada bulan Januari, dan angin

muson Timur yang terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, dan maksimal pada bulan Juli. Disamping itu terdapat masa peralihan yakni masa perubahan dari angin muson Barat ke angin muson Timur atau sebaliknya. Biasanya bertiup antara Maret-Mei dan September-November.

2.6.1 *Australian Monsoon Index (AUSMI)*

AUSMI didefinisikan sebagai nilai rata-rata angin zonal pada level ketinggian 850 milibar dalam area antara 5°LU –15°LS dan 110°BT–130°BT seperti pada Gambar 2.7. Indeks muson Australia tersebut merepresentasikan dengan sangat baik curah hujan musonal pada skala musiman, antarmusiman, tahunan, antartahunan, hingga skala 10-tahunan (Yulihastin 2011).

Fungsi dari Indeks Monsun Australia yaitu dapat dijadikan pedoman bagi variabilitas curah hujan di Australia bagian utara. Sebagaimana diketahui, curah hujan tahunan (*annual oscillation*) di Australia dipengaruhi kuat oleh intensifikasi daerah bertekanan rendah selama periode musim panas (*Australian Summer Monsoon*) (Yulihastin 2011).



Gambar 2.7. AUSMI Region

Indeks AUSMI merupakan indeks muson angin timur (Australia) yang membawa awan kering sehingga wilayah yang

dilalui akan mengalami musim kemarau.terjadi pada bulan Desember Januari dan Februari (DJF). Tabel 2.1 menunjukkan nilai AUSMI.

Tabel 2.1. Nilai AUSMI (<http://apdrc.soest.hawaii.edu/>)

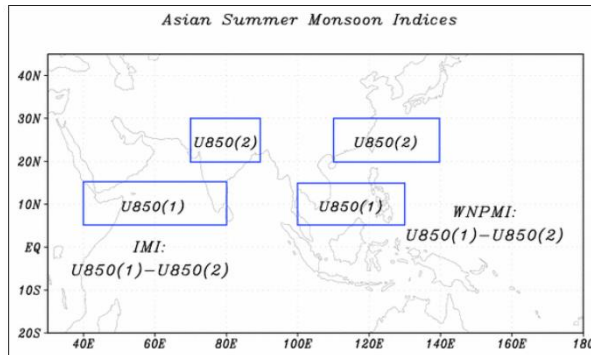
AUSMI			
TAHUN	DES	JAN	FEB
2008	0,794	0,200	1,359
2009	-0,161	0,434	0,427
2010	1,092	0,579	-0,645
2011	0,122	1,491	0,911
2012	-1,200	0,127	-1,563
2013	-0,492	0,758	-0,424
2014	-0,244	0,769	0,388
2015	0,895	1,041	-1,277

Penentuan pengaruh indeks angin monsun timur dilihat dari arah angin zonalnya, yaitu tanda (-) angin monsun barat dan (+) angin monsun timur. Jadi, pada bulan yang bertanda (+) dipengaruhi oleh angin monsun timur. Besarnya nilai indeks AUSMI menunjukkan semakin besar nilai indeks AUSMI maka intensitas curah hujan semakin rendah (musim kemarau/puncak) dan semakin kecil indeks ASUMI maka intensitas curah hujan lebih tinggi dari keadaan AUSMI rendah (musim kemarau/bukan puncak) (Pandia 2019).

2.6.2 *Western North Pacific Monsoon Index (WNPMI)*

Menurut Tao dan Chen (1897) WNPM adalah angin musim yang digerakkan terutama oleh gradien meridional suhu permukaan laut dengan batasan wilayah 5°LU –15°LU dan 110°BT–130°BT. Sirkulasi WNPM dicirikan oleh monsun

berorientasi barat laut-tenggara dengan curah hujan yang intens. WNPM untuk *seasonal index* terjadi pada bulan Juni, Juli, Agustus dan September (JJAS). Nilai WNPMI disajikan pada Tabel 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.8. WNPMI Region

Tabel 2.2. Nilai WNPMI (<http://apdrc.soest.hawaii.edu/>)

WNPMI				
TAHUN	JUN	JUL	AGT	SEPT
2008	-0,887	-0,297	-1,386	0,133
2009	0,579	1,018	0,068	2,075
2010	-1,117	-1,805	-0,395	-2,113
2011	0,480	0,657	-0,188	1,037
2012	1,410	0,796	0,604	0,467
2013	-0,029	-0,201	-0,156	1,336
2014	0,194	1,605	-1,335	-0,546
2015	-0,892	0,386	-0,642	-0,91

2.8 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. Analisis 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*.

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).

$$r_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad 2.28$$

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

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 $-1 < r_{xy} < +1$. Jika $r = 0$, artinya tidak ada korelasi antar dua variabel. Jika $r_{xy} = -1$ maka korelasi antar dua variabel sempurna dan bersifat tidak searah, yaitu ketika variabel X naik maka variabel Y turun dan sebaliknya. Jika $r_{xy} = +1$ 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 (Evans 1996)

Interval	Tingkat Hubungan
$0,80 \leq \rho_{xy} \leq 1,00$	Sangat kuat
$0,60 \leq \rho_{xy} < 0,80$	Kuat
$0,40 \leq \rho_{xy} < 0,60$	Cukup Kuat
$0,20 \leq \rho_{xy} < 0,40$	Lemah
$\rho_{xy} < 0,20$	Sangat Lemah

2.9 Penelitian Terdahulu

Dalam melaksanakan penelitian ini dilakukan studi literature pada beberapa penelitian sebelumnya yang terkait. Pertama “*The Dynamics of Sea Surface Height and Geostrophic Current in the Arafura Sea*” membahas tentang keterkaitan upwelling dan downwelling dengan dinamika permukaan air laut dan arus geostropik. Lokasi yang dipilih adalah Laut Arafura pada koordinat $5^{\circ}\text{S} - 15^{\circ}\text{S}$ and $124^{\circ}\text{E} - 141^{\circ}\text{E}$. Dalam penelitian tersebut dilakukan analisis ketinggian permukaan laut dan anomali arus geostropik yang dapat menggambarkan peristiwa *upwelling* terjadi di permukaan laut rendah dengan *eddy* siklon . *Upwelling* sebagian besar terjadi selama muson tenggara. *Downwelling* terjadi didaerah dengan permukaan laut yang tinggi dan *eddy* antiklonik, sebagian besar terjadi selama muson transisi kedua hingga muson barat laut (Umaroh 2016).

Kedua, pada penelitian yang berjudul “Arus Geostropik Permukaan Musiman Berdasarkan Data Satelit Altimetri Tahun 2012-2013 Di Samudera Hindia Bagian Timur”. Dari penelitian yang telah dilakukan telah didapatkan pola arus geostropik permukaan rerata musiman pada tahun 2012-2013 berdasarkan data satelit altimetri di Samudera Hindia Timur yang terbentuk memiliki kecepatan dan arah yang bervariasi. Kecepatan arus geostropik permukaan paling kuat terjadi pada musim barat dengan kecepatan berkisar antara 0,013 - 1,078 m/s dengan pergerakan secara umum menuju ke timur. Kecepatan arus geostropik

permukaan paling lemah terjadi pada musim peralihan barat ke musim timur dengan kecepatan berkisar antara 0,010-0,929 m/s, dengan dominasi arah di sekitar pantai mengarah ke barat laut dan di perairan lepas mengarah ke timur. Arus geostropik permukaan juga mempunyai pola disetiap musimnya membentuk pusaran arus (*eddy current*) dan menyebabkan terjadinya fenomena *downwelling* dan *upwelling* masing-masing dengan lokasi yang berbeda (Rendhy Dimas 2015)

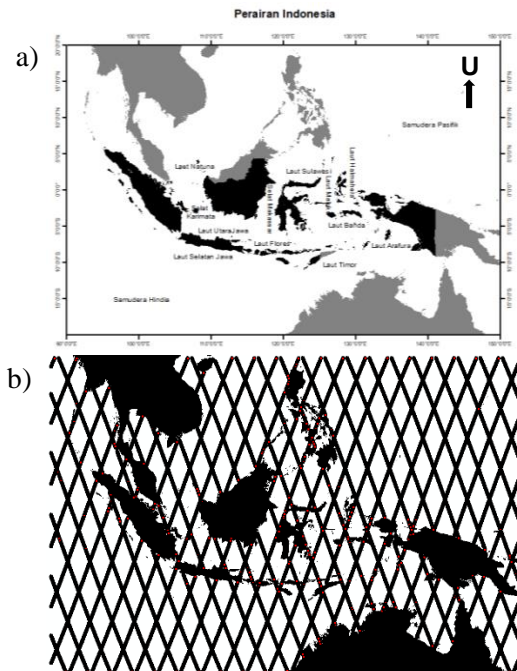
Ketiga, penelitian ini berjudul “Dinamika Tinggi Paras Laut Dan Pola Arus Geostropik Dari Data Satelit Altimetri Di Perairan Selatan Jawa”, membahas tentang analisis variasi tinggi permukaan laut menggunakan data altimetry, analisis pola arus permukaan dan melihat indikasi terbentuknya mesoscale eddy secara spasial dan temporal, serta menganalisis hubungan antara konsentrasi klorofil-a dan sebaran SPL untuk menduga terjadinya fenomena *upwelling* dan *downwelling* (Matullesy 2014).

Perbedaan dari penelitian ini adalah studi mengenai perhitungan SLA dan arus geostropik yang dianalisis keterkaitannya dengan fenomena ENSO dan pergerakan angin muson di Indonesia. Dengan menggunakan *Multivariate Enso Index* dan *Australian Monsoon Index* akan didapatkan nilai korelasi antara model pola arus geostropik dengan masing-masing indeks.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi

Pada penelitian ini, perairan Indonesia dibagi menjadi 12 wilayah antara lain Laut Natuna, Selat Karimata, Laut Utara Jawa, Laut Selatan Jawa, Laut Flores, Laut Timor, Laut Arafura, Laut Banda, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Sulawesi dan Selat Makasar. Studi kasus lokasi penelitian dengan koordinat antara 20° LU - 20° LS dan 90° BT- 150° BT.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian a) Peta Lokasi Penelitian, b) Lintasan Satelit Jason di Lokasi Penelitian

3.2 Data dan Peralatan

Dalam penelitian ini data dan peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Perangkat keras (*hardware*)

- Laptop

2. Perangkat lunak (*software*)

- Bahasa Pemrograman MatLab digunakan untuk mengolah data satelit altimetri.
- Perangkat Surfer 10 dan ODV.
- ArcGIS 10.6.1

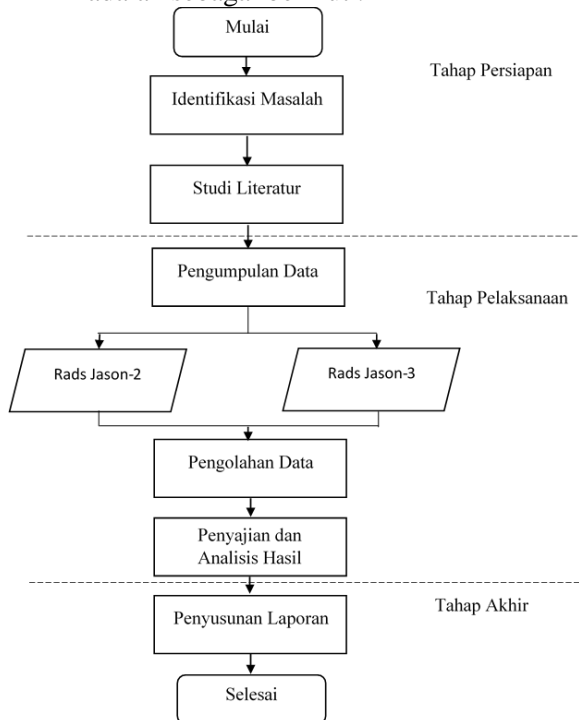
3. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Data RADS dari satelit altimetri Jason-2 tahun 2008-2016.
2. Data RADS dari satelit altimetri Jason-3 tahun 2016-2018.
3. Data angin bulanan ECMWF tahun 2008-2018.
4. Data *Multivariate ENSO Index* (MEI) tahun 2008-2018.
5. Data *Australian Monsoon Index* (AUSMI) tahun 2008-2015.
6. Data *Western North Pacific Monsoon Index* (WNPMI) tahun 2008-2015.
7. Data arus (komponen u dan v) dari *Copernicus Marine Service* (CMEMS) tahun 2008-2018.
8. Data vektor Garis Pantai Indonesia tahun 2017.

3.3 Metodologi Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan dari Gambar 3.2 :

3.1.1 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 penelitian ini. Masalah yang diangkat dalam penelitian ini

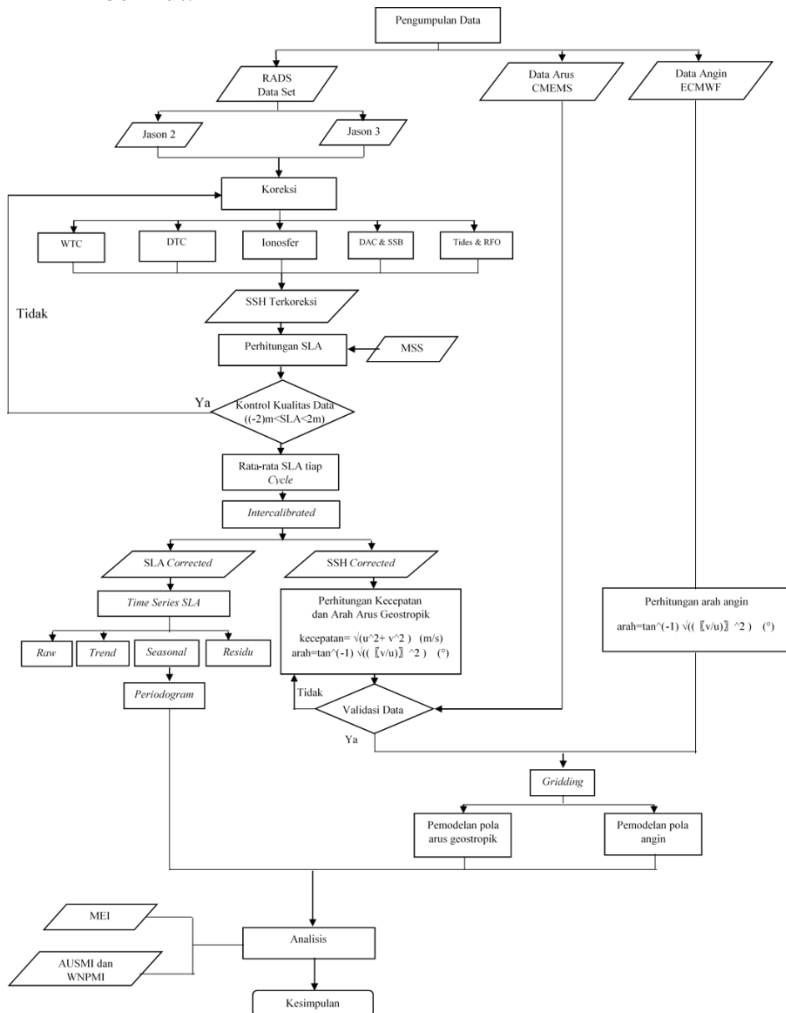
mengenai arus geostropik permukaan di perairan Indonesia menggunakan satelit altimetri.

b) Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi untuk memahami arus geostropik, SSH, MEI, angin muson, prinsip dan data satelit altimetri serta koreksi yang diberikan. Untuk keperluan pengolahan data dan analisis data juga diperlukan. Referensi yang digunakan dapat berasal dari buku, jurnal, internet dan sumber informasi lainnya.

3.1.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram alir pengolahan data

Penjelasan dari diagram alir pengolahan di atas adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data bertujuan untuk menghimpun data-data utama serta data-data pendukung yang akan digunakan dalam penelitian. Spesifikasi data yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Data Penelitian

No.	Jenis Data	Keterangan
1	Data Jason2 dan Jason 3	-Sumber: (http://rads.tudelft.nl/rads/rads.shtml) -Format:.nc
2	Data Arus Permukaan	-Sumber:CMEMS (https://resources.marine.copernicus.eu/) -Format:.nc Dengan spesifikasi: 1. Ukuran grid $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ 2. Komponen u dan v 3. <i>Moethly Data</i>
3	Data Angin	-Sumber:ECMWF (https://apps.ecmwf.int/datasets/data/) -Format:.nc Dengan spesifikasi: 1. Ukuran grid $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ 2. Komponen u dan v 3. <i>Moethly Data</i>
4	<i>Multivariate ENSO Index</i>	-Sumber:NOAA (https://psl.noaa.gov/enso/mei/) -Format:.txt - <i>Bi-monthly Data</i>

5	AUSMI dan WNPMI	-Sumber: Moonsonal Monitoring Page (http://apdrc.soest.hawaii.edu/projects/monsoon/seasonal-monidx.html) -Format: .txt
6	Vektor Garis Pantai	-Sumber: <i>Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Shoreline Database</i> (GSHHG) (https://www.soest.hawaii.edu/wessel/gshhg/) -Format: .shp, <i>terupdate</i> tahun 2017

2. 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 (Handoko, Fernandes, dan Lázaro 2017)

Parameter	Jason-2 dan Jason 3
DTC	ERA Interim
WTC	ERA Interim
Ionosfer	<i>Smoothed dual frequency</i>
Parameter	Jason-2 dan Jason 3
SSB	Tran2012
DAC	<i>local mean of MOG2D</i>
<i>Tides</i>	GOT4.10
MSS	CNES-CLS11

3. Perhitungan SSH dan SLA

SSH dan SLA dihitung dengan MATLAB. SSH dihitung terlebih dahulu sesuai dengan persamaan (2.26). Kemudian SLA menggunakan persamaan (2.28). Model MSS yang digunakan adalah CNES-CLS11. Hasil perhitungan nilai SLA harus dikontrol kualitasnya dengan rentang nilai -2 m hingga 2 m (Scharroo 2018) karena fluktuasi nilai SLA di perairan Indonesia tidak terlalu besar. Apabila tidak memenuhi berarti kemungkinan ada kesalahan dalam pengolahan sehingga data SLA yang *outlayer* dari batas dihilangkan atau tidak digunakan.

4. *Intercalibrated*

Interkalibrasi ini dilakukan untuk data Jason-2 dan Jason-3 karena satelit tersebut mengalami tandem misi dan masing-masing satelit memiliki perbedaan koreksi instrumen dan model. Proses yang dilakukan adalah dengan menghitung nilai bias pada *cycle* yang mengalami tandem misi, kemudian SSH dan SLA dari Jason-3 di subtraksikan dengan bias yang telah dihitung sebelumnya.

5. *Time Series* SLA

Dekomposisi *time series* dan pembuatan tren SLA. Data input untuk proses dekomposisi adalah data SLA yang sudah di interkalibrasi dan diurutkan berdasarkan *fraction of year*. Dekomposisi data dilakukan dengan menggunakan R studio. Data *output* dari proses ini menghasilkan 3 komponen yaitu *seasonal*, *trend*, dan *remainder*. Data *seasonal* yang terbentuk di kelompokkan per tahun untuk di jadikan periodogram tahunan.

6. Perhitungan Kecepatan dan Arah Arus Geostropik

Dari SSH yang sudah terkoreksi dan terinterkalibrasi selanjutnya dilakukan perhitungan komponen arus geostropik (u dan v) sesuai dengan persamaan (2.19). Kecepatan dan arah arus geostropik dihitung menggunakan MATLAB sesuai dengan persamaan (2.20) dan (2.21).

7. Validasi Arus Hitungan dengan Arus Model

Validasi data arus dengan cara membuat *scatter plot* dan perhitungan *RMS- Error* antara data arus hitungan dengan data arus model (CMEMS). Kemudian dihitung juga nilai korelasi antara arus hitungan dengan arus model.

8. Perhitungan kecepatan dan arah angin

Data angin yang diperoleh dalam bentuk 2 komponen yang harus diolah lagi menjadi kecepatan dan arah. Pada prinsipnya perhitungannya sama dengan perhitungan kecepatan dan arah arus.

9. *Gridding*

Proses *gridding* dilakukan dengan tujuan untuk menyamakan ukuran grid untuk masing-masing data arus dan angin sehingga didapatkan ukuran grid yang sama. *Gridding* data dilakukan untuk menampilkan perubahan warna 2D serta mendapatkan gambar visualisasinya. *Gridding* SLA dilakukan dengan ukuran $3^\circ \times 3^\circ$, karena jarak per pass satelit Jason sebesar 315 km.

10. Analisis

Analisis yang dilakukan adalah menghitung koefisien korelasi antara nilai SLA dengan nilai indeks MEI kemudian arah arus geostropik dengan AUSMI dan WNPMI. Nilai korelasi tersebut dianalisis hubungan dengan fenomena iklim yang terjadi di Indonesia.

3.1.3 Tahap Akhir Penelitian

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penyusunan laporan. Diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini akan diuraikan hasil dan pembahasan dari penelitian mulai dari pengecekan data RADS, perhitungan SSH dan SLA, perhitungan arus geostropik, analisis korelasi rata-rata SLA dengan indeks ENSO, dan analisis korelasi arus geostropik dengan indeks angin muson. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

4.1 Pengecekan Data RADS

Tahap awal yang dilakukan dalam pengolahan data adalah pengecekan parameter data satelit Jason-2 dan Jason-3 yang berformat .nc. Dalam pengolahan SSH dibutuhkan data *altitude*, koreksi *dry tropospheric*, *wet tropospheric*, *ionosphere*, *tides*, *sea state bias*, *Dynamic Atmospheric Correction* dan RFO. Untuk pengolahan data SLA diperlukan SSH, dan *MSS (Mean Sea Surface)*.

Dalam RADS banyak model koreksi yang disediakan, model koreksi yang digunakan untuk penelitian ini adalah seperti pada Gambar 4.1. Selain itu juga diperlukan waktu pengambilan data. Data waktu diambil dalam format MJD (*Modified Julian Date*) dan *fraction of year*.

nama	long name	Typ	File 'Data36to38.nc'
@_lat_min	lat of min sea surface pressure	ID	File type: NetCDF-3/64-bit
@_lat_max	lat of max sea surface pressure	ID	
@_lon_min	lon of min sea surface pressure	ID	
@_lon_max	lon of max sea surface pressure	ID	
@_lat_min_0.5	lat of 0.5 bar depth mean height	ID	
@_lat_min_1	lat of 1 bar depth mean height (PRT0)	ID	
@_lat_min_2	lat of 2 bar depth mean height	ID	
@_lat_min_3	lat of 3 bar depth mean height (PRT3)	ID	
@_lat_min_4	lat of 4 bar depth mean height (PRT4)	ID	
@_lat_min_5	lat of 5 bar depth mean height (PRT5)	ID	
@_lat_min_6	lat of 6 bar depth mean height (PRT6)	ID	
@_lat_min_7	lat of 7 bar depth mean height (PRT7)	ID	
@_lat_min_8	lat of 8 bar depth mean height (PRT8)	ID	
@_lat_min_9	lat of 9 bar depth mean height (PRT9)	ID	
@_lat_min_10	lat of 10 bar depth mean height (PRT10)	ID	
@_lat_min_11	lat of 11 bar depth mean height (PRT11)	ID	
@_lat_min_12	lat of 12 bar depth mean height (PRT12)	ID	
@_lat_min_13	lat of 13 bar depth mean height (PRT13)	ID	
@_lat_min_14	lat of 14 bar depth mean height (PRT14)	ID	
@_lat_min_15	lat of 15 bar depth mean height (PRT15)	ID	
@_lat_min_16	lat of 16 bar depth mean height (PRT16)	ID	
@_lat_min_17	lat of 17 bar depth mean height (PRT17)	ID	
@_lat_min_18	lat of 18 bar depth mean height (PRT18)	ID	
@_lat_min_19	lat of 19 bar depth mean height (PRT19)	ID	
@_lat_min_20	lat of 20 bar depth mean height (PRT20)	ID	
@_lat_min_21	lat of 21 bar depth mean height (PRT21)	ID	
@_lat_min_22	lat of 22 bar depth mean height (PRT22)	ID	
@_lat_min_23	lat of 23 bar depth mean height (PRT23)	ID	
@_lat_min_24	lat of 24 bar depth mean height (PRT24)	ID	
@_lat_min_25	lat of 25 bar depth mean height (PRT25)	ID	
@_lat_min_26	lat of 26 bar depth mean height (PRT26)	ID	
@_lat_min_27	lat of 27 bar depth mean height (PRT27)	ID	
@_lat_min_28	lat of 28 bar depth mean height (PRT28)	ID	
@_lat_min_29	lat of 29 bar depth mean height (PRT29)	ID	
@_lat_min_30	lat of 30 bar depth mean height (PRT30)	ID	
@_lat_min_31	lat of 31 bar depth mean height (PRT31)	ID	
@_lat_min_32	lat of 32 bar depth mean height (PRT32)	ID	
@_lat_min_33	lat of 33 bar depth mean height (PRT33)	ID	
@_lat_min_34	lat of 34 bar depth mean height (PRT34)	ID	
@_lat_min_35	lat of 35 bar depth mean height (PRT35)	ID	
@_lat_min_36	lat of 36 bar depth mean height (PRT36)	ID	
@_lat_min_37	lat of 37 bar depth mean height (PRT37)	ID	
@_lat_min_38	lat of 38 bar depth mean height (PRT38)	ID	
@_lat_min_39	lat of 39 bar depth mean height (PRT39)	ID	
@_lat_min_40	lat of 40 bar depth mean height (PRT40)	ID	
@_lat_min_41	lat of 41 bar depth mean height (PRT41)	ID	
@_lat_min_42	lat of 42 bar depth mean height (PRT42)	ID	
@_lat_min_43	lat of 43 bar depth mean height (PRT43)	ID	
@_lat_min_44	lat of 44 bar depth mean height (PRT44)	ID	
@_lat_min_45	lat of 45 bar depth mean height (PRT45)	ID	
@_lat_min_46	lat of 46 bar depth mean height (PRT46)	ID	
@_lat_min_47	lat of 47 bar depth mean height (PRT47)	ID	
@_lat_min_48	lat of 48 bar depth mean height (PRT48)	ID	
@_lat_min_49	lat of 49 bar depth mean height (PRT49)	ID	
@_lat_min_50	lat of 50 bar depth mean height (PRT50)	ID	
@_lat_min_51	lat of 51 bar depth mean height (PRT51)	ID	
@_lat_min_52	lat of 52 bar depth mean height (PRT52)	ID	
@_lat_min_53	lat of 53 bar depth mean height (PRT53)	ID	
@_lat_min_54	lat of 54 bar depth mean height (PRT54)	ID	
@_lat_min_55	lat of 55 bar depth mean height (PRT55)	ID	
@_lat_min_56	lat of 56 bar depth mean height (PRT56)	ID	
@_lat_min_57	lat of 57 bar depth mean height (PRT57)	ID	
@_lat_min_58	lat of 58 bar depth mean height (PRT58)	ID	
@_lat_min_59	lat of 59 bar depth mean height (PRT59)	ID	
@_lat_min_60	lat of 60 bar depth mean height (PRT60)	ID	
@_lat_min_61	lat of 61 bar depth mean height (PRT61)	ID	
@_lat_min_62	lat of 62 bar depth mean height (PRT62)	ID	
@_lat_min_63	lat of 63 bar depth mean height (PRT63)	ID	
@_lat_min_64	lat of 64 bar depth mean height (PRT64)	ID	
@_lat_min_65	lat of 65 bar depth mean height (PRT65)	ID	
@_lat_min_66	lat of 66 bar depth mean height (PRT66)	ID	
@_lat_min_67	lat of 67 bar depth mean height (PRT67)	ID	
@_lat_min_68	lat of 68 bar depth mean height (PRT68)	ID	
@_lat_min_69	lat of 69 bar depth mean height (PRT69)	ID	
@_lat_min_70	lat of 70 bar depth mean height (PRT70)	ID	
@_lat_min_71	lat of 71 bar depth mean height (PRT71)	ID	
@_lat_min_72	lat of 72 bar depth mean height (PRT72)	ID	
@_lat_min_73	lat of 73 bar depth mean height (PRT73)	ID	
@_lat_min_74	lat of 74 bar depth mean height (PRT74)	ID	
@_lat_min_75	lat of 75 bar depth mean height (PRT75)	ID	
@_lat_min_76	lat of 76 bar depth mean height (PRT76)	ID	
@_lat_min_77	lat of 77 bar depth mean height (PRT77)	ID	
@_lat_min_78	lat of 78 bar depth mean height (PRT78)	ID	
@_lat_min_79	lat of 79 bar depth mean height (PRT79)	ID	
@_lat_min_80	lat of 80 bar depth mean height (PRT80)	ID	
@_lat_min_81	lat of 81 bar depth mean height (PRT81)	ID	
@_lat_min_82	lat of 82 bar depth mean height (PRT82)	ID	
@_lat_min_83	lat of 83 bar depth mean height (PRT83)	ID	
@_lat_min_84	lat of 84 bar depth mean height (PRT84)	ID	
@_lat_min_85	lat of 85 bar depth mean height (PRT85)	ID	
@_lat_min_86	lat of 86 bar depth mean height (PRT86)	ID	
@_lat_min_87	lat of 87 bar depth mean height (PRT87)	ID	
@_lat_min_88	lat of 88 bar depth mean height (PRT88)	ID	
@_lat_min_89	lat of 89 bar depth mean height (PRT89)	ID	
@_lat_min_90	lat of 90 bar depth mean height (PRT90)	ID	
@_lat_min_91	lat of 91 bar depth mean height (PRT91)	ID	
@_lat_min_92	lat of 92 bar depth mean height (PRT92)	ID	
@_lat_min_93	lat of 93 bar depth mean height (PRT93)	ID	
@_lat_min_94	lat of 94 bar depth mean height (PRT94)	ID	
@_lat_min_95	lat of 95 bar depth mean height (PRT95)	ID	
@_lat_min_96	lat of 96 bar depth mean height (PRT96)	ID	
@_lat_min_97	lat of 97 bar depth mean height (PRT97)	ID	
@_lat_min_98	lat of 98 bar depth mean height (PRT98)	ID	
@_lat_min_99	lat of 99 bar depth mean height (PRT99)	ID	
@_lat_min_100	lat of 100 bar depth mean height (PRT100)	ID	

Gambar 4.1. Pengecekan Data RADS

4.2 Perhitungan SSH dan SLA

Perhitungan SSH dan SLA dilakukan setelah melakukan pembacaan data .nc dan pengambilan variabel-variabel yang digunakan untuk menghitung SSH dan SLA. Berikut adalah *script* pembacaan data .nc.

```

% Seconds since 1985-01-01 00:00:00UTC
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');
% Range and Geophysical Corrections, % if NaN, set it to 9.999
dry = ncread(dir_file, 'dry_tropo_era'); dry(isnan(dry)) = 9.999 ;
wet = ncread(dir_file, 'wet_tropo_era'); wet(isnan(wet)) = 9.999 ;
iono = ncread(dir_file, 'iono_alt_smooth'); iono(isnan(iono)) = 9.999 ;
ssb = ncread(dir_file, 'ssb_tran2012'); ssb(isnan(ssb)) = 9.999 ;
dac = ncread(dir_file, 'inv_bar_mog2d'); dac(isnan(dac)) = 9.999 ;
load_tide = ncread(dir_file, 'tide_load_got410'); load_tide(isnan(load_tide)) = 9.999 ;
ocean_tide = ncread(dir_file, 'tide_ocean_got410'); ocean_tide(isnan(ocean_tide)) = 9.999 ;
polar_tide = ncread(dir_file, 'tide_pole'); polar_tide(isnan(polar_tide)) = 9.999 ;
solid_tide = ncread(dir_file, 'tide_solid'); solid_tide(isnan(solid_tide)) = 9.999 ;
tides = polar_tide + solid_tide + load_tide + ocean_tide;
% RPO and Mean Sea Surface
mss = ncread(dir_file, 'mss_cnescl11');
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');

```

Gambar 4.2. *Script* Pembacaan Data .nc

Perhitungan nilai SSH dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Nilai SSH merupakan tinggi permukaan laut

yang tereferensi pada ellipsoid. SSH dihitung dengan menggunakan persamaan (2.26) dengan *script* sebagai berikut.

```
% Sea Surface Heigh (SSH)
SSH = alt_sat - range - dry - wet - iono - ssb - dac - tides - rfo;
```

Gambar 4.3. *Script* Perhitungan SSH

Setelah didapatkan nilai SSH, dilakukan perhitungan nilai SLA seperti pada persamaan (2.28). SLA menggambarkan perbedaan antara ketinggian permukaan laut (SSH) dengan ketinggian muka laut rata-rata (MSS) dimana efek dinamis dan pengaruh atmosfernya sudah dihilangkan. Kemudian, SLA dihitung setiap *pass* dalam 1 *cycle*. SLA yang diambil dibatasi dengan kriteria yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 4.1. Kriteria Kontrol Kualitas Data (Scharroo 2018)

Parameter	Kriteria
<i>Sea Level Anomaly</i>	$-2,00 \text{ m} < x(m) < 2,00 \text{ m}$
<i>Dry Tropospheric</i>	$-2,40 \text{ m} < x(m) < 2,10 \text{ m}$
<i>Wet Tropospheric</i>	$-0,60 \text{ m} < x(m) < 0,05 \text{ m}$
<i>Ionosphere</i>	$-0,40 \text{ m} < x(m) < 0,04 \text{ m}$
<i>Sea State Bias</i>	$-1,00 \text{ m} < x(m) < 1,00 \text{ m}$
<i>Atmospheric Correction</i>	$-1,00 \text{ m} < x(m) < 1,00 \text{ m}$
<i>Ocean Tide</i>	$-5,00 \text{ m} < x(m) < 5,00 \text{ m}$
<i>Load Tide</i>	$-0,50 \text{ m} < x(m) < 0,50 \text{ m}$
<i>Solid Tide</i>	$-1,00 \text{ m} < x(m) < 1,00 \text{ m}$
<i>Pole Tide</i>	$-0,10 \text{ m} < x(m) < 0,10 \text{ m}$

Nilai koreksi yang bernilai 9,999 m yang tertera pada Gambar (4.1) dianggap NaN (*Not a Number*) untuk menghilangkan nilai yang kosong dan nilai lonjakan signifikan baik tinggi maupun

rendah. Hasil SLA dan koreksi yang *outlayer* tidak akan digunakan. Berikut adalah *script* perhitungan SLA.

```
% Sea Level Anomaly (SLA)
SLA = SSH - MSS;
```

Gambar 4.4. *Script* Perhitungan SLA

Adapun hasil dari perhitungan SSH dan SLA didapatkan dengan file output dengan format *text file* (.txt) sebagai berikut.

cyc	pass	mjd	lat	lon	SSH	MSS	dry	wet	iono	ssb	tides	DAC	dist	YYF
1	251	54668.82989692	-19.959192	149.097754	0.0095	58.7705	58.7700	-2.3183	-0.2773	-0.0105	-0.0175	-0.0076	-0.0738	18.0
1	251	54668.82990873	-19.909880	149.118460	-0.0230	58.8044	58.8274	-2.3182	-0.2767	-0.0103	-0.0133	-0.7844	-0.0725	23.0
1	251	54668.82992053	-19.860565	149.119151	-0.0683	58.8224	58.8907	-2.3180	-0.2761	-0.0108	-0.0320	-0.7603	-0.0711	29.0
1	251	54668.82993234	-19.811245	149.119826	0.0162	58.9086	58.9784	-2.3179	-0.2755	-0.0113	-0.0053	-0.7355	-0.0695	34.0
1	251	54668.82994776	-19.063264	149.221760	-0.0000	59.2278	59.2298	-2.3175	-0.2737	-0.0117	-0.0244	-0.6560	-0.0607	52.0
1	251	54668.82997957	-19.613930	149.242374	0.0032	59.3163	59.3131	-2.3174	-0.2730	-0.0120	-0.0387	-0.6277	-0.0566	57.0
1	251	54668.82999138	-19.564592	149.262973	0.0286	59.4453	59.4167	-2.3173	-0.2723	-0.0122	-0.0188	-0.5987	-0.0526	63.0
1	251	54668.83000319	-19.513250	149.282557	0.0315	59.5396	59.5081	-2.3172	-0.2717	-0.0122	-0.0266	-0.5688	-0.0406	69.0
1	251	54668.83001499	-19.465904	149.304126	0.0195	59.5927	59.5732	-2.3171	-0.2710	-0.0121	-0.0502	-0.5494	-0.0454	75.0
1	251	54668.83002680	-19.416555	149.324680	0.0216	59.6365	59.6149	-2.3169	-0.2703	-0.0125	-0.0583	-0.5355	-0.0425	81.0
1	251	54668.83003861	-19.367202	149.345219	0.0375	59.7000	59.6631	-2.3168	-0.2696	-0.0126	-0.0584	-0.5219	-0.0390	87.0
1	251	54668.83005042	-19.317845	149.365744	0.0561	59.7091	59.7150	-2.3167	-0.2689	-0.0126	-0.0670	-0.5089	-0.0367	92.0
1	251	54668.83006222	-19.268485	149.386253	0.0735	59.8170	59.7435	-2.3166	-0.2680	-0.0128	-0.0610	-0.4965	-0.0339	98.0

Gambar 4.5. Hasil Perhitungan SSH dan SLA

Berdasarkan Gambar (4.5) dihasilkan nilai *cycle*, *pass*, MJD, *latitude*, *longitude*, SSH, SLA, MSS, *dry*, *wet*, *iono*, SSB, *tides*, DAC, *distance coast*, dan YYF (*fraction of year*). Satuan SSH dan SLA yang digunakan pada tahap ini adalah meter.

4.3 Rata-rata SLA per cycle

Jumlah *cycle* yang digunakan untuk Jason-2 sebanyak 303 *cycle* dan Jason-3 sebanyak 106 *cycle*. Tiap *cycle* terdiri dari beberapa *pass* yang mempunyai nilai berbeda setiap *pass* seperti pada Gambar (4.6). Maka dari itu dilakukan perhitungan rata-rata nilai MJD, SSH, SLA dan YYF untuk mengetahui besar nilai tersebut untuk setiap *cycle* nya.

Perhitungan rata-rata yang dilakukan dibobotkan menurut lintangnya. Pembobotan menurut Berikut adalah *script* perhitungan rata-rata SLA per *cycle*.


```

jumlah_w2=0;
for i=1:length(lat_rad)
    jumlah_w2=jumlah_w2+ p2(i);
end

slai=0; sshl=0;
for j=1:length(lat_rad)
    slal=slai+((p2(j))*SLAgab(j));
    sshl=sshl+((p2(j))*SSHgab(j));
end

rata_berat_slal = slal/jumlah_w2;
rata_berat_sshl = sshl/jumlah_w2;

%satuan mm MILLIMETER
std_slal=1000*std(SLAgab);
std_sshl=1000*std(SSHgab);

mean_slal_mm = 1000*rata_berat_slal;
mean_sshl_mm = 1000*rata_berat_sshl;

file_out = fopen(sprintf('%s%s%s', dir_out, 'c280.txt'), 'w');
fprintf(file_out, ' cyc      mean_MJD      mean_SSH(mm) mean_SLAl(mm) mean_YYF\n');
fprintf(file_out, '%3d %16.8f %13.4f %9.4f %16.8f\n', cycle, mean_MJD, mean_sshl_mm, mean_slal_mm, mean_YYF);

fclose(file_out);

```

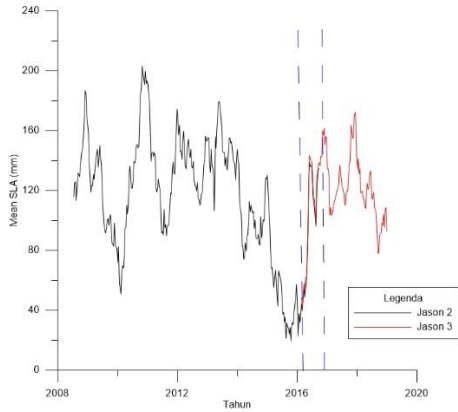
Gambar 4.6. *Script* Perhitungan Rata-rata SLA

Nilai rata-rata semua SLA adalah 116,144 mm. Untuk SLA tertinggi pada *cycle* 86 Jason 2 sebesar 211,723 mm. Nilai SLA terendah pada *cycle* 268 Jason 2 sebesar 19,509 mm.

4.4 *Intercalibrated Tandem Mission*

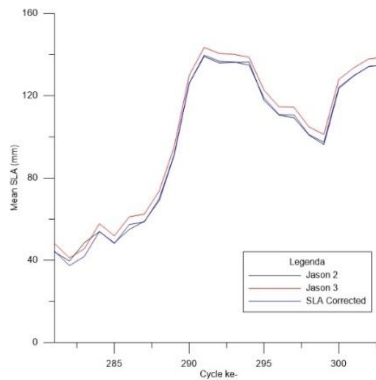
Interkalibrasi dilakukan karena adanya *tandem mission* satelit Jason-2 dan Jason-3. *Tandem mission* adalah pengambilan data oleh 2 satelit dalam periode waktu yang sama dengan jalur yang sama, sehingga terjadi penumpukan akuisisi data.

Data rata-rata per *cycle* dibuat untuk mengetahui dimana letak *tandem mission* ini. Dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik *Time Series SLA* sebelum Interkalibrasi

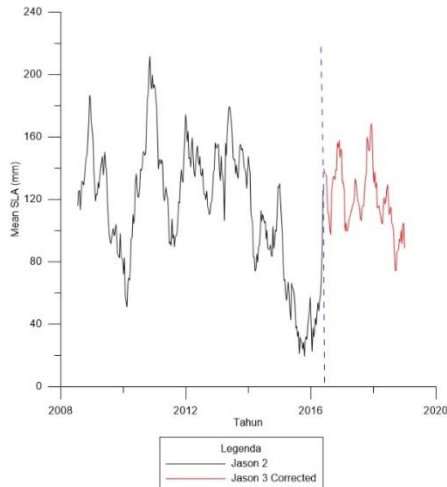
Dari grafik diatas diketahui bahwa *tandem mission* untuk Jason-2 dan Jason-3 masing-masing terjadi pada *cycle* 281-303 (J2) dan *cycle* 1-23 (J3). Berikut adalah visualisasi dalam bentuk grafik sebelum dan sesudah dilakukan interkalibrasi pada Jason-2 dan Jason-3.



Gambar 4.8. Grafik SLA Terinterkalibrasi

Setelah diketahui rentang *cycle* yang mengalami *tandem mission*, dilakukan perhitungan bias. Bias dihitung dengan hitung perataan yaitu selisih SLA antara Jason-3 dan Jason-2 per *cycle* dihitung kemudian dirata-rata. Nilai bias *mean* SLA antara Jason-2 dan Jason-3 adalah 3.757 mm, sedangkan untuk bias *mean* SSH sebesar 169.640 mm. Setelah didapatkan nilai bias kemudian nilai SLA Jason-3 dikoreksi dengan persamaan (2.23). Hasil SLA terkoreksi dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Dari proses diatas data yang digunakan pada proses selanjutnya adalah *cycle* 1 hingga 290 (J2) dan *cycle* 11 hingga 106 (J3). Berikut adalah hasil interkalibrasi misi satelit pada penelitian ini.

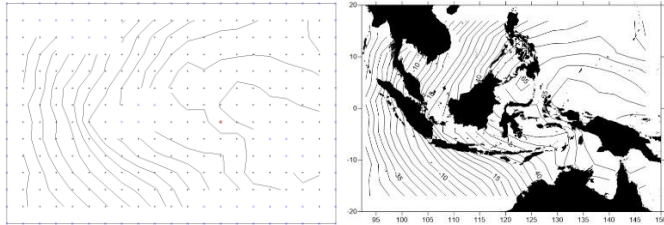


Gambar 4.9. Grafik *Time Series* SLA Sesudah Interkalibrasi

4.5 Gridding

Gridding dilakukan pada data SSH, SLA, dan arus model. Tahap ini dilakukan menggunakan *software* Surfer. *Gridding* SLA dan SSH dilakukan dengan metode *data metric* ($z=mean$) dan ukuran grid yang digunakan adalah $3^{\circ} \times 3^{\circ}$. Ukuran ini disesuaikan

dengan jarak antar lintasan satelit altimetri yaitu sebesar 315 km ($\pm 3^\circ$). Grid dihitung untuk setiap *cycle* dengan format akhir data (.gdr). Batas wilayah yang digunakan 20LU -20 LS dan 90 BT - 150 BT maka hasil titik grid yang dihasilkan adalah melintang 14 baris dan membujur 21 baris.



Gambar 4.10. Hasil *Gridding* pada Surfer

Data *gridding* diubah formatnya dari .gdr menjadi .txt agar dapat muncul angka pada setiap grid sehingga dapat dilanjutkan untuk perhitungan korelasi nantinya. Berikut adalah hasil export data (.gdr) menjadi (.txt).

Data arus model di *gridding* menggunakan *software Ocean Data View* dengan ukuran grid yang sama SLA. Metode yang dirasa menghasilkan data mendekati arus hitungan dengan ukuran grid yang sama.

4.6 Perhitungan Arus

Perhitungan arus dapat dimulai ketika telah didapatkan nilai SSH terkoreksi, ter-interkalibrasi dan telah ter-*gridding*. Data dikelompokkan setiap bulan dalam satu tahun mulai bulan Januari hingga Desember pada rentang tahun 2009-2018. Elemen yang dihitung untuk mendapatkan kecepatan dan arah arus geostropik adalah u dan v . Masing-masing komponen tersebut dihitung berdasarkan persamaan (2.19). Perhitungan dilakukan dengan perangkat lunak Matlab dan Ms. Excel.

Setelah didapatkan u dan v , proses selanjutnya adalah menghitung kecepatan arus sesuai dengan persamaan (2.20), sedangkan untuk arah dihitung dengan persamaan (2.21). Arah arus laut dihitung dengan menggunakan kuadran aritmatik seperti pada Gambar 4.11 berikut.

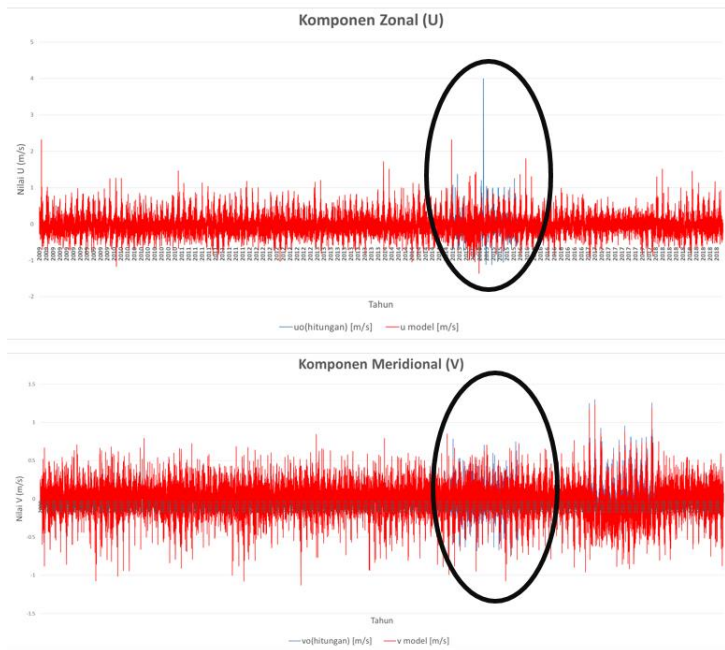
Kuadran II $a + 180^\circ$	Kuadran I $a + 0^\circ$
Kuadran III $a + 180^\circ$	Kuadran IV $a + 360^\circ$

Gambar 4.11. Kuadran Aritmatik

Dimana a adalah sudut yang dihasilkan dari perhitungan persamaan (2.21). Perhitungan arus dilakukan perbulan dalam setiap tahun selama kurun waktu 2009-2018. Tabel hasil perhitungan arus terlampir.

4.7 Validasi Data Arus

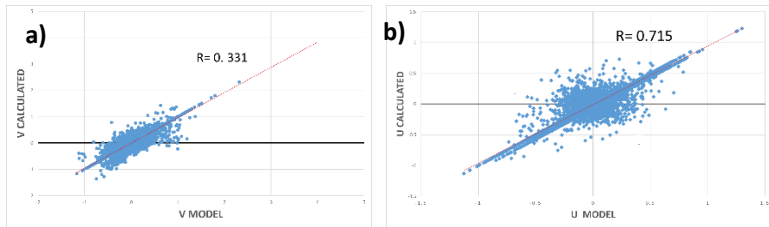
Validasi data arus hitungan dengan arus model yang telah di *download* sebelumnya dan grid arus model dengan arus hitungan sudah disamakan dengan ukuran $3^\circ \times 3^\circ$. Pada Gambar 4.12 terdapat grafik antara data model dengan data hitung dimana terdapat perenggangan data di tahun 2015 hingga pertengahan 2016 dan selebihnya pola dari kedua grafik menunjukkan kemiripan. Nilai korelasi pada titik ini masing-masing untuk komponen u sebesar 0,715 dan untuk komponen v sebesar 0,331. Dengan *RMS-Error* komponen u sebesar 0,217 m/s dan komponen v sebesar 0,180 m/s. Nilai korelasi yang mendekati satu dan *RMS-Error* yang kecil menunjukkan data model dan data hitungan memiliki korelasi yang tinggi dan perbedaan nilai data yang rendah.



Gambar 4.12. Grafik Validasi Nilai Komponen U dan V

Hasil validasi komponen u dan v untuk data hitungan dengan data model menunjukkan pola yang cenderung sama. *Scatter plot* u dan v untuk tahun 2009-2018 yang ditunjukkan oleh Gambar 4.13.

Menurut Khotimah (2012) nilai *RMS-Error* dengan rentang 0,01-0,299 tergolong memiliki kesalahan yang kecil, sehingga membuat data hasil hitungan menjadi layak untuk digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4.13 a) *Scatter Plot* Validasi Komponen U, b) *Scatter Plot* Validasi Komponen V

Dalam Gambar 4.13 diberlakukan tingkat kepercayaan 2σ dengan nilai untuk komponen u sebesar 0,476 dan komponen v sebesar 0,327. Terdapat total keseluruhan 29881 data arus hitungan yang masuk kedalam toleransi 2σ .

4.8 Dekomposisi Data *Time Series* dan Pembuatan *Trend SLA*

Metode yang digunakan untuk seasonal dan *trend* dekomposisi adalah *Loess*. Metode *Loess* adalah metode untuk memperkirakan hubungan nonlinear. Metode *STL* dikembangkan oleh Cleveland, Cleveland, McRae, & Terpenning (1990). Berikut hasil dari proses dekomposisi dapat dilihat pada Tabel.. sebagai berikut:

Tabel 4.2. Hasil Dekomposisi Time Series

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
1	2008.541	115.94	141.83	-10.10	-15.80	116.63
2	2008.568	125.34	141.67	-10.10	-6.23	127.13
3	2008.595	125.84	141.51	-9.21	-6.46	127.95
4	2008.622	113.39	141.34	-9.21	-18.74	114.67
5	2008.649	122.66	141.18	-7.15	-11.37	125.03
6	2008.676	131.75	141.02	-7.15	-2.11	135.19
7	2008.703	131.09	140.85	-4.59	-5.17	134.74

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
8	2008.730	129.26	140.57	-4.59	-6.72	133.14
9	2008.757	135.13	140.29	-2.33	-2.83	139.91
10	2008.785	142.07	140.01	-2.33	4.39	147.85
11	2008.812	146.88	139.73	-0.71	7.85	153.46
12	2008.839	148.47	139.45	-0.71	9.72	155.57
13	2008.866	158.36	139.17	-0.18	19.37	166.73
14	2008.893	169.93	138.82	-0.18	31.28	179.76
15	2008.920	186.78	138.48	0.42	47.89	198.55
16	2008.947	184.08	138.13	0.42	45.53	196.06
17	2008.974	169.96	137.79	0.75	31.42	181.14
18	2009.001	164.38	137.44	14.79	12.15	175.52
19	2009.029	158.21	137.10	14.11	7.00	169.25
20	2009.056	137.95	136.66	14.54	-13.24	147.73
21	2009.083	129.58	136.21	11.79	-18.43	139.15
22	2009.110	118.84	135.77	11.10	-28.03	127.98
23	2009.137	123.49	135.33	8.78	-20.62	133.57
24	2009.164	123.19	134.89	7.17	-18.87	133.77
25	2009.192	130.95	134.45	7.17	-10.68	142.74
26	2009.219	127.27	133.23	2.74	-8.70	139.84
27	2009.246	134.48	132.02	2.74	-0.28	148.79
28	2009.273	139.95	130.80	-2.28	11.43	155.85
29	2009.300	143.56	129.59	-2.28	16.26	160.88
30	2009.327	147.65	128.38	-5.65	24.92	166.43
31	2009.355	135.58	127.16	-5.65	14.07	154.40
32	2009.382	141.55	125.18	-7.67	24.04	162.87
33	2009.409	150.30	123.20	-7.67	34.78	174.38
34	2009.436	142.08	121.22	-10.03	30.89	167.41

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
35	2009.463	137.36	119.23	-10.03	28.15	164.24
36	2009.490	118.74	117.25	-10.69	12.18	145.96
37	2009.518	107.54	115.27	-10.69	2.96	135.75
38	2009.545	98.18	113.17	-10.10	-4.89	127.59
39	2009.572	93.76	111.07	-10.10	-7.20	124.80
40	2009.599	91.68	108.97	-9.21	-8.08	124.54
41	2009.626	94.84	106.86	-9.21	-2.82	130.01
42	2009.653	99.58	104.76	-7.15	1.97	137.18
43	2009.681	101.37	102.66	-7.15	5.86	141.15
44	2009.708	96.67	101.06	-4.59	0.20	137.49
45	2009.735	100.29	99.45	-4.59	5.43	142.88
46	2009.762	104.05	97.85	-2.33	8.53	148.42
47	2009.789	94.95	96.24	-2.33	1.04	139.97
48	2009.816	85.06	94.64	-0.71	-8.87	130.65
49	2009.844	84.02	93.03	-0.71	-8.30	130.98
50	2009.871	82.54	92.66	-0.18	-9.95	129.72
51	2009.898	98.23	92.29	-0.18	6.12	147.16
52	2009.925	83.33	91.92	0.42	-9.00	131.31
53	2009.952	82.43	91.54	0.42	-9.52	130.69
54	2009.979	81.16	91.17	14.79	-24.79	129.67
55	2010.007	72.03	90.80	14.11	-32.87	120.09
56	2010.034	82.62	91.85	14.54	-23.77	130.58
57	2010.061	57.92	92.90	11.79	-46.78	102.67
58	2010.088	54.75	93.96	11.10	-50.31	98.19
59	2010.115	51.05	95.01	8.78	-52.75	93.13
60	2010.142	66.56	96.06	7.17	-36.68	108.98
61	2010.169	69.82	97.12	7.17	-34.47	111.50

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
62	2010.197	68.12	99.47	2.74	-34.09	107.35
63	2010.224	75.78	101.82	2.74	-28.77	113.40
64	2010.251	94.66	104.17	-2.28	-7.23	131.65
65	2010.278	95.40	106.52	-2.28	-8.84	130.14
66	2010.305	110.36	108.87	-5.65	7.14	144.13
67	2010.333	104.39	111.22	-5.65	-1.18	135.34
68	2010.360	110.86	114.53	-7.67	4.01	139.25
69	2010.387	130.61	117.83	-7.67	20.46	157.61
70	2010.414	136.28	121.13	-10.03	25.18	160.65
71	2010.441	126.97	124.43	-10.03	12.57	147.39
72	2010.468	121.29	127.73	-10.69	4.25	138.08
73	2010.495	121.77	131.03	-10.69	1.43	135.47
74	2010.523	127.43	133.98	-10.10	3.55	138.81
75	2010.550	139.42	136.93	-10.10	12.59	149.04
76	2010.577	138.50	139.88	-9.21	7.83	145.21
77	2010.604	141.38	142.83	-9.21	7.76	145.52
78	2010.631	150.07	145.77	-7.15	11.45	152.15
79	2010.659	150.83	148.72	-7.15	9.26	150.15
80	2010.686	148.36	150.24	-4.59	2.71	145.97
81	2010.713	149.55	151.75	-4.59	2.39	145.78
82	2010.740	168.31	153.26	-2.33	17.38	164.70
83	2010.767	184.36	154.77	-2.33	31.92	180.69
84	2010.794	187.84	156.28	-0.71	32.26	182.98
85	2010.822	203.34	157.80	-0.71	46.25	198.36
86	2010.849	211.72	157.71	-0.18	54.19	207.57
87	2010.876	194.47	157.63	-0.18	37.01	188.89
88	2010.903	190.68	157.55	0.42	32.72	184.85

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
89	2010.930	199.76	157.47	0.42	41.87	194.82
90	2010.957	191.34	157.39	0.75	33.21	185.75
91	2010.985	193.55	157.30	14.79	21.46	188.24
92	2011.012	191.54	155.92	14.11	21.52	187.34
93	2011.039	185.14	154.53	14.54	16.07	181.66
94	2011.066	179.43	153.14	11.79	14.49	176.74
95	2011.093	160.85	151.76	11.10	-2.01	157.81
96	2011.120	139.52	150.37	8.78	-19.63	135.89
97	2011.148	145.12	148.98	7.17	-11.04	143.27
98	2011.175	145.72	146.89	7.17	-8.34	145.84
99	2011.202	142.64	144.80	2.74	-4.90	144.40
100	2011.229	145.40	142.70	2.74	-0.04	149.32
101	2011.256	142.94	140.61	-2.28	4.62	148.57
102	2011.283	122.77	138.51	-2.28	-13.46	128.54
103	2011.311	119.01	136.42	-5.65	-11.76	126.36
104	2011.338	122.41	134.74	-5.65	-6.68	131.62
105	2011.365	127.90	133.07	-7.67	2.51	139.17
106	2011.392	122.85	131.39	-7.67	-0.87	135.23
107	2011.419	120.81	129.71	-10.03	1.13	134.59
108	2011.446	107.19	128.04	-10.03	-10.82	121.33
109	2011.473	91.63	126.36	-10.69	-24.03	105.97
110	2011.501	92.80	125.83	-10.69	-22.34	107.77
111	2011.528	90.39	125.31	-10.10	-24.82	105.67
112	2011.555	107.47	124.78	-10.10	-7.21	124.80
113	2011.582	95.08	124.25	-9.21	-19.96	111.84
114	2011.609	97.43	123.72	-9.21	-17.08	114.93
115	2011.637	89.67	123.19	-7.15	-26.37	107.02

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
116	2011.664	95.85	123.68	-7.15	-20.68	113.33
117	2011.691	96.53	124.17	-4.59	-23.06	113.66
118	2011.718	99.24	124.66	-4.59	-20.83	116.20
119	2011.745	108.24	125.15	-2.33	-14.58	125.58
120	2011.772	118.45	125.64	-2.33	-4.86	136.28
121	2011.800	117.79	126.13	-0.71	-7.63	135.16
122	2011.827	131.85	127.22	-0.71	5.33	149.50
123	2011.854	139.07	128.32	-0.18	10.93	156.41
124	2011.881	132.15	129.41	-0.18	2.91	147.92
125	2011.908	130.94	130.50	0.42	0.01	145.65
126	2011.935	146.57	131.60	0.42	14.55	161.71
127	2011.963	159.25	132.69	14.79	11.77	174.55
128	2011.990	174.44	133.75	14.11	26.59	190.12
129	2012.017	168.68	134.80	14.54	19.34	182.89
130	2012.044	157.23	135.86	11.79	9.58	169.46
131	2012.071	163.67	136.91	11.10	15.66	175.50
132	2012.098	146.19	137.97	8.78	-0.56	155.52
133	2012.125	146.64	139.02	7.17	0.44	155.04
134	2012.152	140.75	139.33	7.17	-5.76	148.31
135	2012.179	152.85	139.65	2.74	10.46	161.14
136	2012.206	159.54	139.97	2.74	16.84	168.10
137	2012.233	147.88	140.28	-2.28	9.89	155.08
138	2012.261	136.94	140.60	-2.28	-1.37	142.84
139	2012.288	134.55	140.91	-5.65	-0.71	139.90
140	2012.315	143.25	140.56	-5.65	8.34	149.62
141	2012.342	150.17	140.21	-7.67	17.63	157.40
142	2012.369	154.38	139.86	-7.67	22.20	162.23

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
143	2012.396	145.71	139.51	-10.03	16.24	153.05
144	2012.423	141.91	139.16	-10.03	12.79	149.17
145	2012.450	147.66	138.81	-10.69	19.55	155.67
146	2012.477	136.29	138.29	-10.69	8.69	143.72
147	2012.504	135.00	137.78	-10.10	7.32	142.75
148	2012.532	139.79	137.26	-10.10	12.62	148.38
149	2012.559	127.10	136.75	-9.21	-0.44	135.00
150	2012.586	123.14	136.24	-9.21	-3.89	131.12
151	2012.613	123.23	135.72	-7.15	-5.34	131.64
152	2012.640	119.82	135.50	-7.15	-8.52	128.11
153	2012.667	125.34	135.27	-4.59	-5.34	134.30
154	2012.694	115.21	135.04	-4.59	-15.24	123.46
155	2012.721	113.98	134.81	-2.33	-18.50	122.30
156	2012.748	110.18	134.59	-2.33	-22.08	118.35
157	2012.775	111.39	134.36	-0.71	-22.26	119.85
158	2012.803	117.99	134.78	-0.71	-16.09	126.65
159	2012.830	118.78	135.20	-0.18	-16.25	127.13
160	2012.857	127.67	135.63	-0.18	-7.78	136.42
161	2012.884	137.52	136.05	0.42	1.06	146.76
162	2012.911	139.07	136.47	0.42	2.19	148.07
163	2012.938	156.40	136.89	0.75	18.76	166.54
164	2012.965	153.15	137.75	14.79	0.61	162.24
165	2012.992	153.17	138.60	14.11	0.46	161.50
166	2013.019	155.32	139.46	14.54	1.33	163.08
167	2013.046	155.08	140.31	11.79	2.97	162.04
168	2013.074	138.62	141.17	11.10	-13.65	143.37
169	2013.101	132.15	142.02	8.78	-18.66	135.55

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
170	2013.128	147.87	142.89	7.17	-2.19	151.87
171	2013.155	137.33	143.76	7.17	-13.60	139.61
172	2013.182	134.86	144.62	2.74	-12.50	136.13
173	2013.209	128.62	145.49	2.74	-19.61	128.54
174	2013.233	106.45	146.36	-2.28	-37.62	103.62
175	2013.268	156.06	147.22	-2.28	11.12	156.81
176	2013.291	148.20	147.59	-5.65	6.27	147.90
177	2013.318	161.21	147.95	-5.65	18.91	161.68
178	2013.345	170.06	148.32	-7.67	29.42	170.95
179	2013.372	178.73	148.68	-7.67	37.72	180.02
180	2013.400	179.53	149.05	-10.03	40.52	180.53
181	2013.427	175.96	149.42	-10.03	36.58	176.27
182	2013.454	169.46	148.91	-10.69	31.25	169.59
183	2013.481	161.77	148.40	-10.69	24.06	161.60
184	2013.508	146.53	147.90	-10.10	8.73	145.41
185	2013.535	145.28	147.39	-10.10	7.99	144.43
186	2013.563	145.85	146.89	-9.21	8.16	145.43
187	2013.590	136.43	146.38	-9.21	-0.75	135.56
188	2013.617	142.18	144.96	-7.15	4.37	143.10
189	2013.644	135.84	143.54	-7.15	-0.55	137.46
190	2013.667	133.53	142.12	-4.59	-4.01	136.22
191	2013.705	147.34	140.70	-4.59	11.22	152.52
192	2013.726	154.32	139.28	-2.33	17.37	161.40
193	2013.753	155.35	137.86	-2.33	19.82	163.78
194	2013.780	151.55	135.99	-0.71	16.26	161.41
195	2013.807	152.77	134.12	-0.71	19.36	164.52
196	2013.834	147.89	132.25	-0.18	15.82	160.98

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
197	2013.861	140.41	130.38	-0.18	10.21	154.61
198	2013.889	139.78	128.52	0.42	10.85	155.69
199	2013.916	136.78	126.65	0.42	9.72	154.19
200	2013.943	127.11	124.94	14.79	-12.62	145.34
202	2013.997	147.51	123.24	14.11	10.15	169.22
203	2014.024	142.10	121.54	14.54	6.02	170.90
204	2014.052	137.59	119.84	11.79	5.95	166.70
205	2014.079	110.72	118.14	11.10	-18.51	163.46
206	2014.106	107.78	116.43	8.78	-17.43	135.91
207	2014.133	104.08	114.99	7.17	-18.08	134.15
208	2014.160	83.02	113.54	7.17	-37.70	131.57
209	2014.187	83.05	112.09	2.74	-31.78	110.09
210	2014.215	74.08	110.65	2.74	-39.31	111.57
211	2014.242	75.54	109.20	-2.28	-31.38	103.25
212	2014.269	85.10	107.75	-2.28	-20.37	106.29
213	2014.296	79.72	106.64	-5.65	-21.27	117.89
214	2014.323	89.64	105.54	-5.65	-10.25	113.22
215	2014.350	90.34	104.43	-7.67	-6.41	125.21
216	2014.378	100.06	103.32	-7.67	4.42	127.16
217	2014.405	112.94	102.21	-10.03	20.77	138.93
218	2014.432	106.04	101.10	-10.03	14.97	154.14
219	2014.459	110.37	100.60	-10.69	20.46	147.26
220	2014.486	107.24	100.10	-10.69	17.84	152.61
221	2014.513	104.94	99.60	-10.10	15.44	149.85
222	2014.541	106.09	99.10	-10.10	17.09	147.98
223	2014.568	94.49	98.59	-9.21	5.10	149.86
224	2014.595	100.41	98.09	-9.21	11.52	137.87

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
225	2014.622	88.88	97.66	-7.15	-1.63	144.80
226	2014.649	87.77	97.23	-7.15	-2.31	132.74
227	2014.676	88.31	96.80	-4.59	-3.90	132.01
228	2014.704	90.87	96.37	-4.59	-0.92	133.08
229	2014.731	84.28	95.94	-2.33	-9.33	136.34
230	2014.758	83.44	95.51	-2.33	-9.74	129.66
231	2014.785	102.65	94.58	-0.71	8.77	129.58
232	2014.812	88.58	93.65	-0.71	-4.37	151.32
233	2014.839	93.08	92.73	-0.18	0.53	136.85
234	2014.866	100.51	91.80	-0.18	8.89	142.58
235	2014.894	99.58	90.87	0.42	8.29	151.50
236	2014.921	112.85	89.94	0.42	22.50	151.33
237	2014.948	128.36	88.49	0.75	39.13	167.15
238	2014.975	127.67	87.04	14.79	25.84	185.40
239	2015.002	130.23	85.59	14.11	30.53	186.01
240	2015.030	119.24	84.15	14.54	20.55	190.17
241	2015.057	107.49	82.70	11.79	13.00	179.57
242	2015.084	98.15	81.25	11.10	5.81	168.16
243	2015.111	79.27	79.47	8.78	-8.98	159.72
244	2015.138	67.99	77.69	7.17	-16.86	140.88
245	2015.165	68.69	75.90	7.17	-14.38	130.33
246	2015.193	59.81	74.12	2.74	-17.05	132.81
247	2015.220	55.20	72.34	2.74	-19.88	124.87
248	2015.247	61.23	70.56	-2.28	-7.04	121.57
249	2015.274	67.14	68.46	-2.28	0.96	130.13
250	2015.301	60.31	66.37	-5.65	-0.40	138.56
251	2015.328	48.96	64.28	-5.65	-9.66	133.13

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
252	2015.356	42.70	62.18	-7.67	-11.80	122.77
253	2015.383	66.37	60.09	-7.67	13.95	117.96
254	2015.410	62.97	57.99	-10.03	15.00	145.71
255	2015.437	62.64	56.06	-10.03	16.62	143.93
256	2015.464	59.16	54.12	-10.69	15.73	145.51
257	2015.491	49.97	52.18	-10.69	8.49	143.64
258	2015.519	37.36	50.24	-10.10	-2.78	135.58
259	2015.546	38.79	48.30	-10.10	0.59	123.78
260	2015.573	32.06	46.36	-9.21	-5.09	127.26
261	2015.600	35.35	45.36	-9.21	-0.81	121.11
262	2015.627	21.20	44.36	-7.15	-16.00	125.84
263	2015.654	31.75	43.36	-7.15	-4.46	111.61
264	2015.682	28.96	42.36	-4.59	-8.80	124.25
265	2015.709	28.18	41.35	-4.59	-8.59	122.38
266	2015.736	23.97	40.35	-2.33	-14.05	122.69
267	2015.763	28.49	40.79	-2.33	-9.97	117.88
268	2015.790	19.51	41.23	-0.71	-21.01	122.56
269	2015.817	29.73	41.66	-0.71	-11.22	112.55
270	2015.844	31.96	42.10	-0.18	-9.97	123.44
271	2015.872	30.35	42.54	-0.18	-12.01	125.63
272	2015.899	39.60	42.97	0.42	-3.79	123.64
273	2015.926	44.33	44.92	0.42	-1.01	132.01
274	2015.953	49.68	46.87	14.79	-11.98	135.45
275	2015.980	57.30	48.82	14.11	-5.63	139.57
276	2016.007	41.86	50.77	14.54	-23.45	146.16
277	2016.035	22.78	52.72	11.79	-41.74	127.66
278	2016.062	37.77	54.68	11.10	-28.00	105.19

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
279	2016.089	31.79	57.62	8.78	-34.62	118.79
280	2016.116	35.36	60.57	7.17	-32.38	109.55
281	2016.143	44.10	63.52	7.17	-26.59	110.73
282	2016.170	39.66	66.46	2.74	-29.54	117.52
283	2016.197	48.59	69.41	2.74	-23.56	109.97
284	2016.224	53.91	72.36	-2.28	-16.16	116.97
285	2016.250	48.51	75.67	-2.28	-24.87	119.58
286	2016.278	55.03	78.98	-5.65	-18.30	110.52
287	2016.306	58.94	82.29	-5.65	-17.70	114.43
288	2016.333	69.06	85.61	-7.67	-8.87	115.51
289	2016.360	91.22	88.92	-7.67	9.98	123.34
290	2016.387	126.04	92.23	-10.03	43.85	144.26
11	2016.414	143.47	95.27	-10.03	58.23	179.12
12	2016.441	140.57	98.31	-10.69	52.95	195.04
13	2016.468	140.13	101.36	-10.69	49.46	188.84
14	2016.495	138.72	104.40	-10.10	44.42	185.31
15	2016.522	122.66	107.44	-10.10	25.32	180.73
16	2016.549	114.65	110.48	-9.21	13.37	160.22
17	2016.577	114.41	112.57	-9.21	11.05	149.26
18	2016.604	104.87	114.66	-7.15	-2.64	146.76
19	2016.631	101.18	116.75	-7.15	-8.41	134.14
20	2016.658	127.94	118.84	-4.59	13.69	127.89
21	2016.685	133.60	120.92	-4.59	17.26	154.76
22	2016.712	137.94	123.01	-2.33	17.26	158.68
23	2016.739	138.66	123.89	-2.33	17.10	162.28
24	2016.766	136.37	124.76	-0.71	12.32	161.93
25	2016.793	142.84	125.63	-0.71	17.92	158.31

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
26	2016.820	142.36	126.51	-0.18	16.03	164.22
27	2016.847	160.06	127.38	-0.18	32.85	162.57
28	2016.874	157.04	128.26	0.42	28.36	180.70
29	2016.901	161.69	128.30	0.42	32.97	177.17
30	2016.929	150.56	128.35	0.75	21.46	182.01
31	2016.956	156.16	128.39	14.79	12.98	169.66
32	2016.983	154.72	128.44	14.11	12.18	175.52
33	2017.010	134.36	128.48	14.54	-8.66	173.72
34	2017.037	134.51	128.53	11.79	-5.81	151.34
35	2017.064	128.55	128.35	11.10	-10.91	151.63
36	2017.091	103.48	128.18	8.78	-33.48	145.28
37	2017.119	108.82	128.01	7.17	-26.36	118.14
38	2017.146	103.31	127.84	7.17	-31.70	124.08
39	2017.173	104.82	127.67	2.74	-25.59	118.22
40	2017.200	107.42	127.50	2.74	-22.81	120.00
41	2017.227	111.71	127.43	-2.28	-13.43	122.89
42	2017.254	113.26	127.35	-2.28	-11.81	127.62
43	2017.282	115.75	127.28	-5.65	-5.88	129.36
44	2017.309	117.55	127.20	-5.65	-4.00	132.12
45	2017.336	120.52	127.13	-7.67	1.06	134.14
46	2017.363	120.85	127.05	-7.67	1.47	137.43
47	2017.390	125.04	127.35	-10.03	7.72	137.57
48	2017.417	136.97	127.65	-10.03	19.35	141.92
49	2017.444	134.25	127.95	-10.69	17.00	154.68
50	2017.472	127.67	128.25	-10.69	10.12	151.51
51	2017.499	123.03	128.55	-10.10	4.59	144.13
52	2017.526	120.96	128.84	-10.10	2.21	138.86

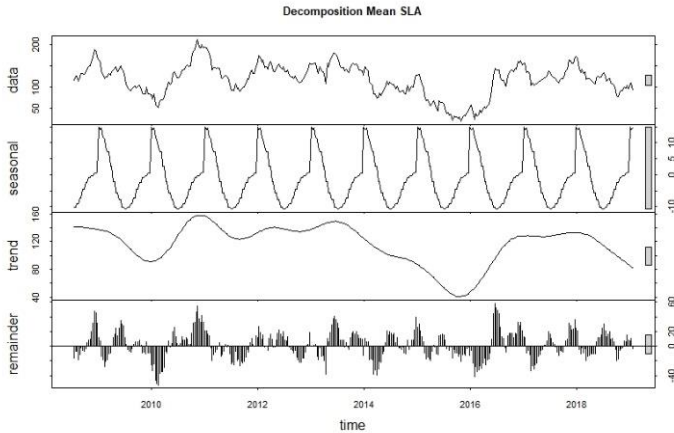
Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
53	2017.553	118.63	129.32	-9.21	-1.48	136.20
54	2017.580	112.42	129.80	-9.21	-8.18	133.27
55	2017.608	110.11	130.28	-7.15	-13.02	126.10
56	2017.635	118.26	130.76	-7.15	-5.34	123.19
57	2017.662	119.73	131.24	-4.59	-6.92	131.66
58	2017.689	119.56	131.72	-4.59	-7.57	132.85
59	2017.716	130.25	131.91	-2.33	0.66	132.44
60	2017.743	137.01	132.11	-2.33	7.23	143.85
61	2017.771	140.56	132.30	-0.71	8.96	150.98
62	2017.798	163.70	132.50	-0.71	31.91	154.62
63	2017.825	160.75	132.69	-0.18	28.24	179.57
64	2017.852	154.91	132.89	-0.18	22.20	176.15
65	2017.879	156.33	132.81	0.42	23.10	169.82
66	2017.906	169.13	132.73	0.42	35.98	171.39
67	2017.933	172.43	132.65	14.79	24.99	185.35
68	2017.961	167.51	132.57	14.11	20.82	188.98
69	2017.988	143.09	132.50	14.54	-3.94	183.64
70	2018.015	134.37	132.42	11.79	-9.84	157.11
71	2018.042	141.29	131.89	11.10	-1.69	148.07
72	2018.069	131.24	131.35	8.78	-8.90	156.05
73	2018.097	134.50	130.82	7.17	-3.50	145.56
74	2018.124	118.32	130.29	7.17	-19.15	149.55
75	2018.151	118.88	129.76	2.74	-13.61	132.40
76	2018.178	119.76	129.23	2.74	-12.20	133.47
77	2018.205	115.02	127.77	-2.28	-10.47	135.76
78	2018.232	113.31	126.31	-2.28	-10.72	131.93
79	2018.259	109.13	124.85	-5.65	-10.07	131.41

Cycle	Tahun	Raw data (mm)	Trend (mm)	Seasonal (mm)	Remainder (mm)	Detrended SLA (mm)
80	2018.287	108.03	123.39	-5.65	-9.71	128.20
81	2018.314	120.81	121.93	-7.67	6.55	128.34
82	2018.341	124.99	120.47	-7.67	12.19	143.58
83	2018.368	120.74	118.87	-10.03	11.90	149.67
84	2018.395	122.38	117.26	-10.03	15.15	146.59
85	2018.423	130.05	115.66	-10.69	25.09	149.91
86	2018.450	133.25	114.05	-10.69	29.89	159.80
87	2018.477	123.05	112.45	-10.10	20.70	164.82
88	2018.504	114.00	110.84	-10.10	13.26	155.26
89	2018.531	116.70	109.28	-9.21	16.63	146.92
90	2018.558	118.90	107.71	-9.21	20.40	151.37
91	2018.586	108.42	106.14	-7.15	9.43	155.28
92	2018.613	107.59	104.58	-7.15	10.17	145.38
93	2018.640	104.07	103.01	-4.59	5.65	146.00
94	2018.667	91.85	101.45	-4.59	-5.01	143.67
95	2018.694	78.22	99.84	-2.33	-19.28	131.93
96	2018.721	78.12	98.22	-2.33	-17.78	118.66
97	2018.749	90.07	96.61	-0.71	-5.84	120.10
98	2018.776	90.98	95.00	-0.71	-3.32	134.67
99	2018.803	91.41	93.39	-0.18	-1.80	137.22
100	2018.830	98.35	91.78	-0.18	6.74	139.25
101	2018.857	96.91	90.14	0.42	6.36	148.41
102	2018.884	104.15	88.49	0.42	15.25	148.44
103	2018.911	95.33	86.84	0.75	7.75	157.92
104	2018.939	106.99	85.19	14.79	7.00	149.93
105	2018.966	108.69	83.55	14.11	11.04	164.22
106	2018.993	92.69	81.90	14.54	-3.75	167.68

□ : Jason-2

■ : Jason-3

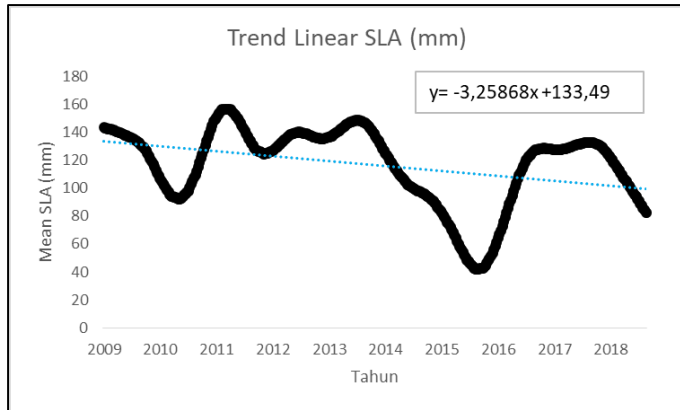
Kemudian data pada Tabel 4.2 dijadikan bentuk grafik seperti pada Gambar 4.14 dari 4 komponen yaitu *raw data*, *seasonal*, *trend* dan *remainder*.



Gambar 4.14. Dekomposisi Rata-rata SLA

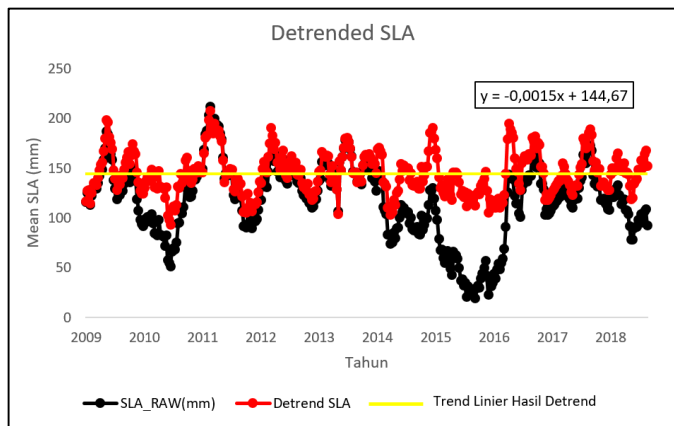
Grafik *seasonal* menunjukkan pola yang teratur. Sedangkan pada grafik *trend* berfluktuasi naik turun. Nilai *trend* linier pada grafik *trend* sebesar $y = -3,25868x + 133,49$. Gradien pada persamaan *trend* linier bernilai negatif, artinya terjadi penurunan nilai SLA dari tahun 2008-2018. Selanjutnya dilakukan proses *detrend* untuk menghilangkan efek nilai *trend* linier pada data *raw*. *detrend* dihitung dengan menggunakan persamaan 2.25

Hasil *detrend* dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.16.



Gambar 4.15. Tren Linier SLA

Nilai *trend* linier dihilangkan karena dianggap menjadi nilai distorsi pada saat korelasi. Hasil grafik *detrend* menunjukkan sudah hilangnya pola penurunan pada data SLA *time series* dengan persamaan linier $y = 0,0015x + 144,67$.



Gambar 4.16. *Detrended* SLA

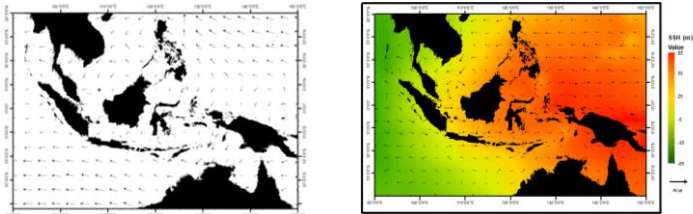
4.9 Pola Arus dan Angin

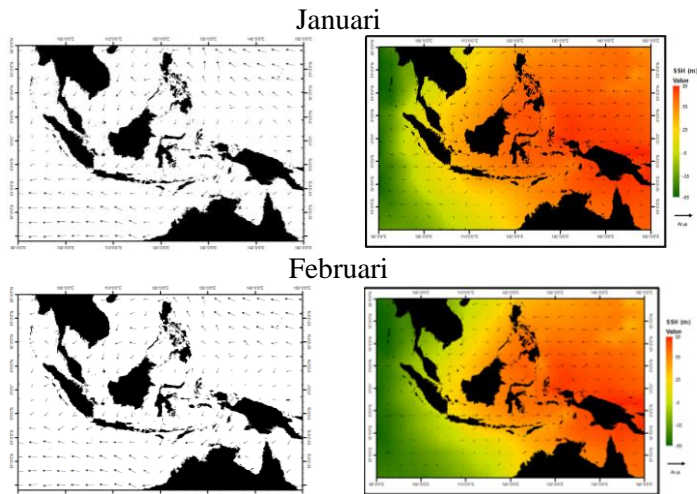
Data SSH dan arus geostropik per bulan selama 2009-2018 di perairan Indonesia sudah didapatkan. Pemodelan angin dan arus geostropik dilakukan dengan kurun waktu pengamatan 2009-2018 yang telah dikelompokkan perbulan berdasarkan pola musiman. Pola musiman di daerah tropis terbagi menjadi dua yaitu Musim Barat (Desember, Januari, Februari) dan Musim Timur (Juni, Juli, Agustus). Diantaranya terdapat Musim Peralihan I (Maret, April, Mei) dan Musim Pelahian II (September, Oktober, November).

4.9.1 Musim Barat

Gambar 4.17 menampilkan pola angin dan pola arus secara spasial di perairan Indonesia pada periode Musim Barat. Secara umum pada periode ini, angin dari barat laut menuju ke timur untuk lintang 5°LU - 5°LS dengan kecepatan rata-rata sebesar 4,50 m/s. Dengan kecepatan angin dominan pada bulan Januari. Pola yang hampir sama di tunjukkan oleh arus, dimana pada daerah Samudera Pasifik angin berasal dari timur menuju ke barat, masuk ke Perairan Indonesia melalui Selat Makasar dan Laut Maluku kemudian kearah selatan dan berbelok ke barat menuju Samudera Hindia. Alur arus ini dikenal dengan Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Kecepatan rata-rata arus pada musim barat sebesar 0,217 m/s dan kecepatan rata-rata arus terbesar pada bulan Januari. Hal ini menjadikan angin dan arus di bulan Januari menjadi puncak pada Musim Barat dengan besaran yang paling kuat.

Desember





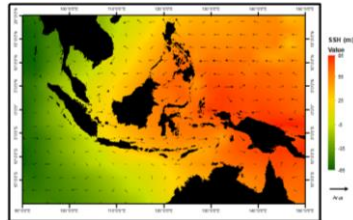
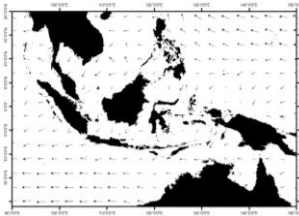
Gambar 4.17. Distribusi spasial angin (kiri) dan overlapping arus gestropik permukaan dengan SSH selama Musim Barat.

Arus laut mengalir dari SSH yang tinggi menuju SSH yang rendah. SSH tinggi ditandai dengan warna orange dan SSH rendah ditandai dengan warna hijau dengan range nilai 85m s/d -65m. Berdasarkan Gambar 4.13 Laut Andaman dan Samudera Hindia mempunyai SSH yang tergolong rendah. Namun arus pada lintang 0° - 5° LS mengarah ke SSH yang lebih tinggi, dari Laut Andaman dan Samudera Hindia menuju Selat Sunda dan Laut Jawa. Hal ini dikarenakan pengaruh arus laut ada bermacam-macam tidak hanya SSH, tetapi densitas dan suhu air di wilayah tersebut juga mempengaruhi arah arus. Arus dari Laut Cina Selatan dengan SSH yang lebih tinggi menuju Indonesia melalui Selat Karimata menuju utara Laut Jawa yang SSH nya lebih rendah. Begitu pula yang terjadi pada Samudera Pasifik dengan SSH tinggi mengalir melalui Selat Makasar dan Laut Maluku menuju Samudera Hindia dengan SSH yang rendah.

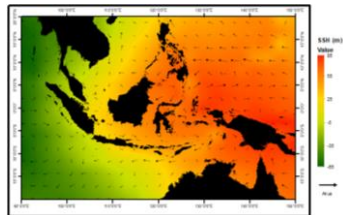
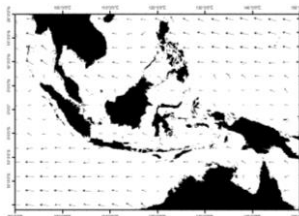
4.9.2 Musim Peralihan I

Pola arus dan angin saat Musim Peralihan I ditampilkan pada Gambar 4.18. peralihan dari Musim Barat ke Musim Timur menunjukkan adanya pelemahan baik pada arus maupun angin. Kecepatan angin rata-rata periode ini sebesar 3,952 m/s dan 0,17 m/s untuk kecepatan arusnya. Arus bulan Maret dan April pada lintang 0°LU - 5°LS arah arus dominan menuju timur. Berbeda dengan arah angin yang dominan menuju ke barat. Pada bulan Mei mulai terjadi perubahan arah pada angin dan arus. Angin dari tenggara menuju barat laut, pada ekuator di belokkan ke kiri karena adanya efek coriolis. Arus dari tenggara melalui Laut Timor terbelah dua ke perairan Indonesia dan Samedera Hindia. Arus mengalir ke perairan Indonesia melalui Laut Flores, Laut Jawa dan kearah utara menuju Selat Karimata.

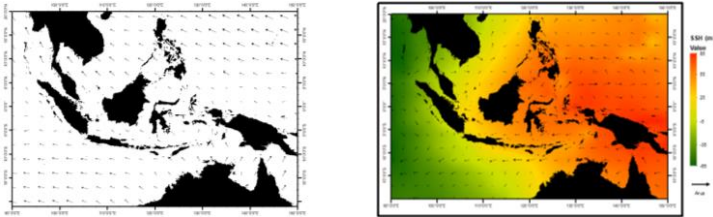
Maret



April



Mei

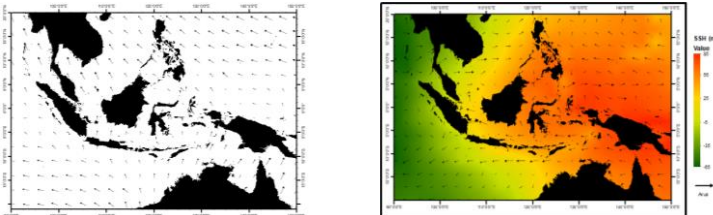


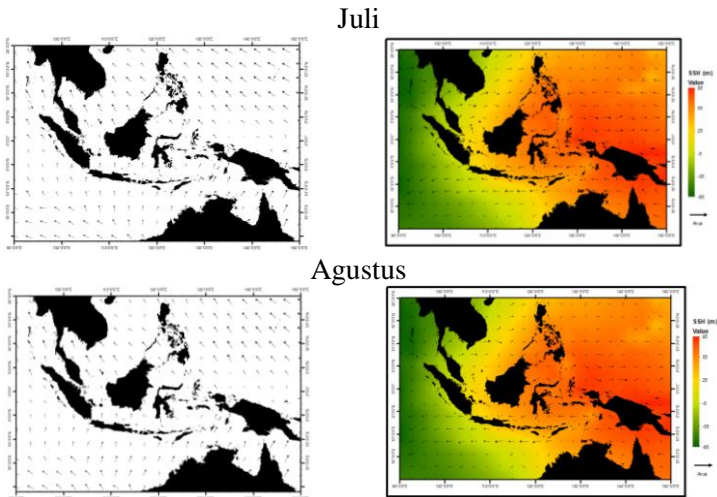
Gambar 4.18. Distribusi spasial angin (kiri) dan *overlapping* arus gestropik permukaan dengan SSH selama Musim Peralihan I

4.9.3 Musim Timur

Pola angin dan arus Musim Timur ditampilkan pada Gambar 4.19. Menunjukkan bahwa pola angin yang berasal dari timur dan tenggara serta arus yang secara umum menuju kearah barat dan barat laut. Angin pada musim ini mempunyai nilai yang tinggi dalam siklus tahunannya. Kecepatan angin rata-rata sebesar 4,913 m/s. Sama halnya dengan angin, arus pada musim ini mempunyai arah dan besaran yang hampir sama setiap bulan pada musim ini. Kecepatan arus rata-rata sebesar 0,189 m/s. Arus yang mempunyai besaran dominan berada di utara perairan Papua, Laut Banda, Laut Seram dan Laut Maluku ditandai dengan . Arus ini dikenal dengan Arus Pantai Papua yaitu arus yang menyusuri pantai utara Papua dan berasal dari selatan Samudera Pasifik.

Juni

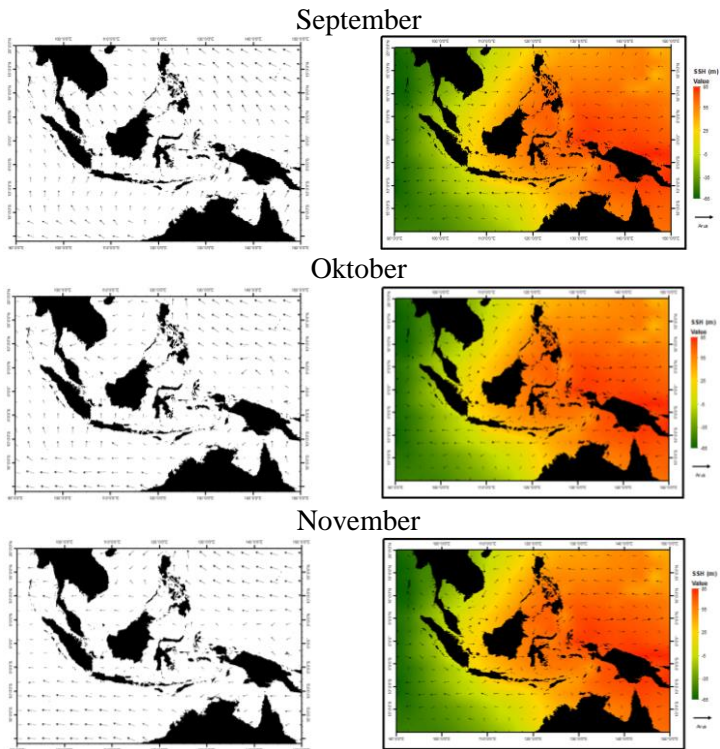




Gambar 4.19. Distribusi spasial angin (kiri) dan overlapping arus geostropik permukaan dengan SSH selama Musim Timur

4.9.4 Musim Peralihan II

Gambar 4.20 menunjukkan pola arus dan angin pada Musim Peralihan II, musim ini merupakan peralihan dari Musim Timur menuju Musim Barat yang diwakili oleh bulan September, Oktober dan November. Arah arus yang terjadi pada musim ini masih dominan ke arah barat dan barat laut seperti pada musim timur yang terjadi pada lintang $10^{\circ}\text{LU}-20^{\circ}\text{LU}$ dan $10^{\circ}\text{LS}-20^{\circ}\text{LS}$. Secara perlahan besaran kecepatan arus melemah untuk bulan September ke Oktober dan mulai naik pada bulan November. Pada bulan September kecepatan angin sebesar 4,638 m/s, Oktober sebesar 4,357 m/s dan November sebesar 4,274 m/s. Sedangkan untuk kecepatan arus bulan September 0,172 m/s, Oktober 0,167 m/s dan November 0,213 m/s.

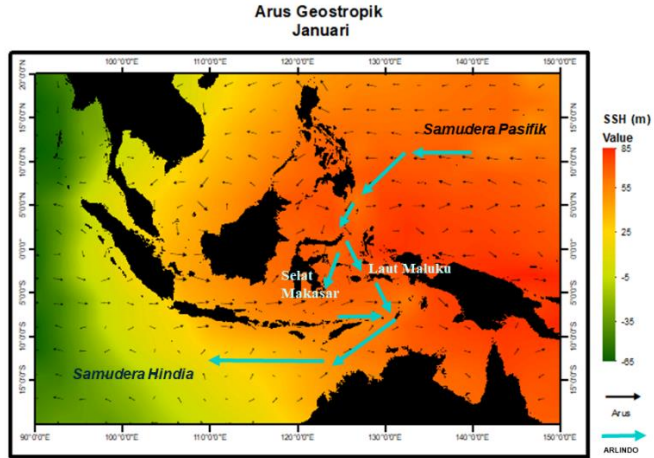


Gambar 4.20. Distribusi spasial angin (kiri) dan overlapping arus gestropik permukaan dengan SSH selama Musim Peralihan II.

4.10 Identifikasi ARLINDO

ARLINDO yang merupakan kependekan dari Arus Lintas Indonesia, atau lebih dikenal oleh para ahli oseanographi dengan istilah "*Indonesian ThroughFlow*", adalah aliran massa air antar samudera yang melewati Perairan Indonesia. Sebagai negara yang diapit oleh dua lautan besar yakni Samudera Pasifik di bagian utara dan timur laut serta Samudera Hindia di bagian selatan dan barat daya Indonesia berlaku sebagai saluran bagi aliran massa air dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Aliran massa air ini terjadi

sebagai akibat adanya perbedaan tekanan antara kedua lautan tersebut (Wyrski 1987).

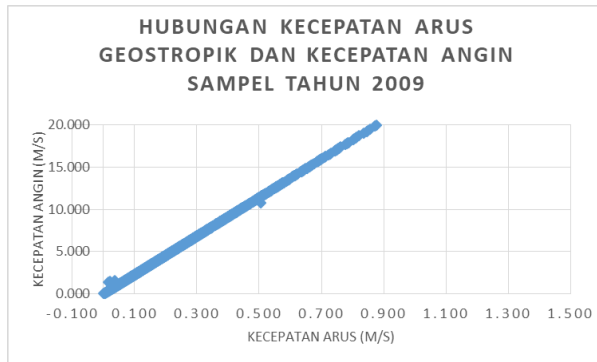


Gambar 4.21. ARLINDO di Perairan Indonesia

Dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan selama ini dapat diketahui bahwa ada 3 pintu masuk utama massa air Pasifik ke Perairan Indonesia. Yang pertama dan yang paling dominan adalah selat Makassar. Massa air yang berasal dari Pasifik utara memasuki laut Sulawesi lewat sebelah selatan Mindanao, untuk kemudian masuk ke jantung Perairan Indonesia lewat Selat Makassar. Rute ini oleh para ahli dinamakan dengan rute barat/western route (Fieus 1995). Di ujung akhir Selat Makassar, jalur ini bercabang menjadi dua, sebagian langsung menuju Samudera Hindia melewati Selat Lombok, dan yang sebagian lagi berbelok ke Timur melewati Laut Flores menuju ke Laut Banda. Di Laut Banda massa air ini mengalami percampuran dengan massa air Pasifik yang masuk lewat Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Seram. Untuk selanjutnya campuran massa air ini menyebar ke arah Samudera Hindia.

4.11 Analisis Kecepatan Angin dengan Kecepatan Arus

Untuk data tahun 2009-2018 didapatkan korelasi kecepatan angin dan arus sebesar 0,592, sehingga didapatkan hubungan yang kuat. Berdasarkan data sampel tahun 2009 yang dapat dilihat pada Gambar 4.21 menunjukkan bahwa kecepatan angin bertambah besar maka kecepatan arus juga demikian.

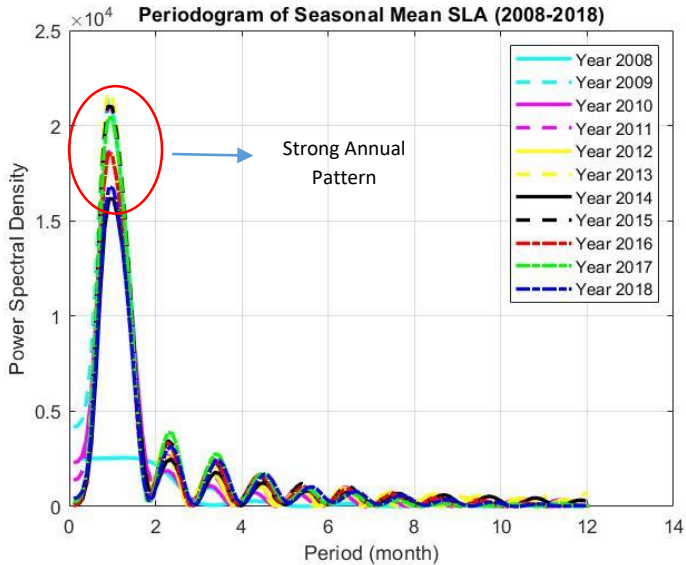


Gambar 4.22. Grafik Hubungan Kecepatan Angin dan Kecepatan Arus

4.12 Analisis Periodogram Densitas Spektral SLA

Power spectral density (PSD) didefinisikan sebagai daya (*power*) tiap selang frekuensi dengan amplitude sebagai unit sinyal yang di hitung dengan frekuensi digambarkan sebagai unit yang berulang (*cyclic units*). Fungsi dari analisis densitas spektral ini untuk mengetahui lama siklus dari SLA di perairan Indonesia. Hasil periodogram SLA tahunan menunjukkan pola yang konsisten. Tahun 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 dan 2018 mempunyai pola yang sama, dengan *Strong annual pattern* ($PSD > 1$) pada bulan Januari dengan energi spektral tertinggi. *Annual pattern* artinya pola selang 12 bulanan SLA yang berulang dengan selang waktu 2008 hingga 2018. Tahun 2008 mempunyai pola yang berbeda, pada tahun ini *SLA mean* memiliki

energi yang lebih rendah pada bulan Januari dari tahun-tahun yang lain dengan rentang energi sebesar 0 – 0,5. Berdasarkan Gambar 4.22 perairan Indonesia mempunyai musim hujan dominan, pada saat SLA dengan energi spektral maksimal pada Januari.



Gambar 4.23. Periodogram *Seasonal* SLA (2008-2018)

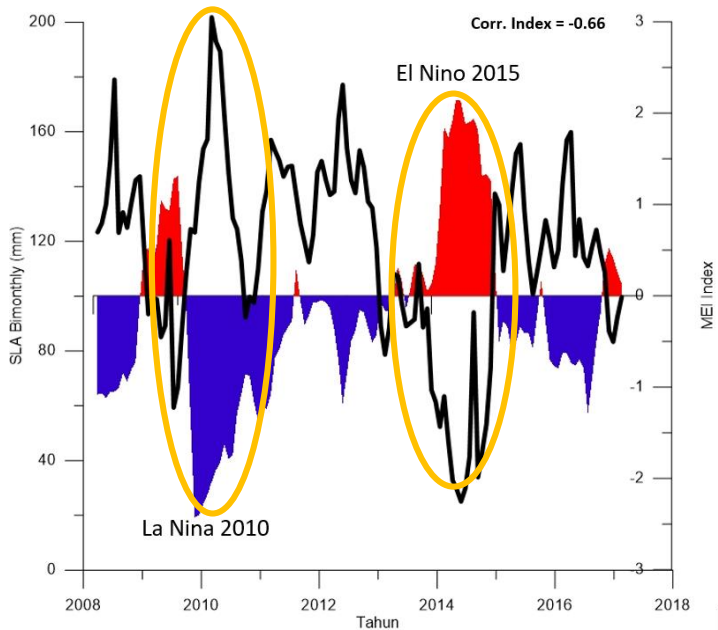
4.13 Analisis SLA dan Arus dengan Indeks

Dilakukan beberapa poin analisis antara lain analisis korelasi SLA DAN MEI, kecepatan arus geostropik dengan MEI, Korelasi arus dengan AUSMI, korelasi arus dengan WNPMI. Masing-masing akan dijelaskan sebagai berikut:

4.13.1 Korelasi SLA dengan MEI

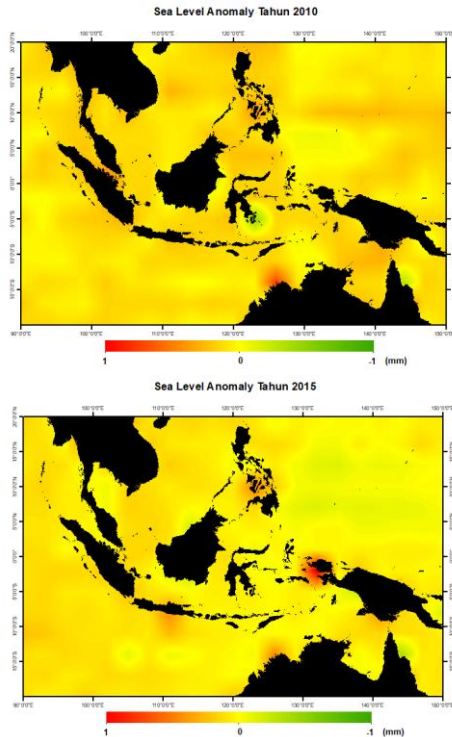
Koefisien korelasi SLA dengan MEI adalah -0,66 maka tingkat hubungan 2 variabel tersebut tergolong kuat, namun berbanding terbalik. El Nino terjadi ketika nilai MEI positif dan La

Nina terjadi ketika nilai MEI negatif. Berdasarkan Gambar 4.23 terjadi peristiwa EL Nino paling kuat pada tahun 2015 dan La Nina paling kuat terjadi tahun 2010. Menurut FAO (2014) El Nino terjadi rata-rata setiap 4 hingga 5 tahun, kadang-kadang kurang (2 hingga 3 tahun), kadang-kadang lebih (8 hingga 11 tahun). Fenomena yang tepat berlangsung 12 hingga 18 bulan. La Nina terjadi pada tahun 2008, 2010 hingga 2012 (NOAA 2020). Berdasarkan keterangan dari sumber tersebut peristiwa ENSO tidak dapat ditetapkan terjadi dengan rentang berapa tahun. Batas ambang (*threshold*) fenomena ENSO terjadi apabila nilai indeks melebihi ± 0.5 (NOAA 2020). Nilai *bi-monthly* SLA cenderung positif secara umum, tetapi terjadi penurunan ketika terjadi El Nino.



Gambar 4.24. Relasi antara SLA dan MEI

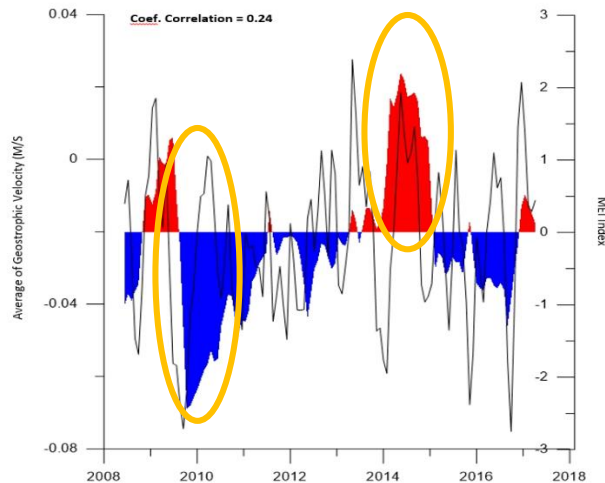
Ketika terjadi El Nino kuat kondisi SLA di Samudera Pasifik lebih rendah dari pada Samudera Hindia hal ini dikarenakan curah hujan terjadi dengan intensitas kecil pada waktu El Nino sehingga dimungkinkan mempengaruhi kenaikan permukaan air laut di Samudera Pasifik khususnya. Saat La Nina SLA di Samudera Pasifik menunjukkan warna yang cenderung *orange* yang menunjukkan bahwa SLA mempunyai nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan Samudera Hindia. Variabilitas SLA dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.25. Sea Level Anomaly Variability a) La Nina 2010 b) El Nino 2015

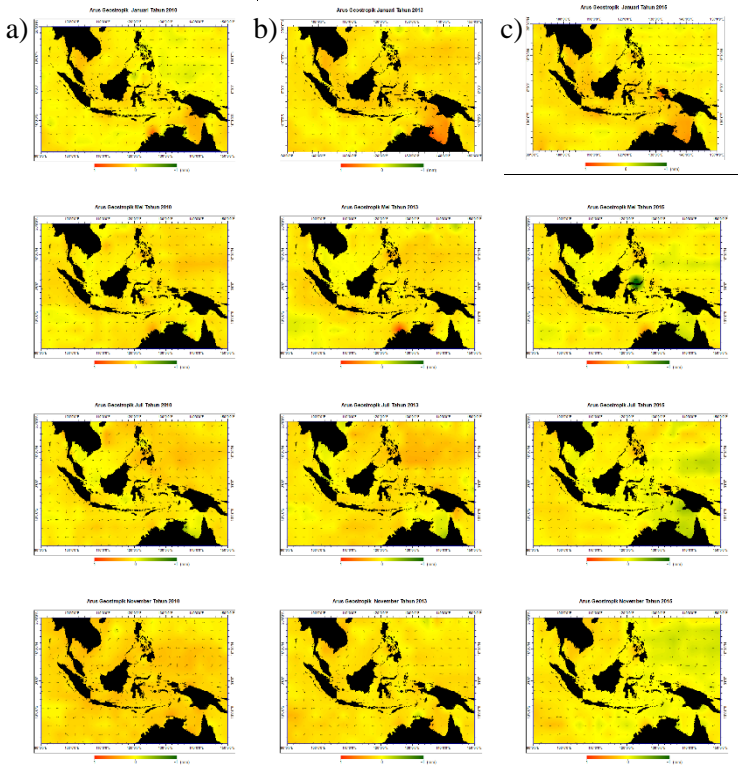
4.13.2 Korelasi Kecepatan Arus Geostropik dengan MEI

Korelasi antara kecepatan arus geostropik rata-rata dengan MEI adalah 0,24. Hali ini menunjukkan hubungan antara kedua variabel lemah dan berjalan searah. Rata-rata kecepatan arus geostropik di perairan Indonesia pada saat La Nina lebih tinggi daripada saat El Nino. Nilai kecepatan -/+ menunjukkan arah arus. Merujuk pada Simamarta (2018) nilai negatif (-) mengindikasikan bahwa arus bergerak ke dari timur (Musim Timur) dan positif (+) menunjukkan arus bergerak dari arah barat (Musim Barat). Musim Barat identik dengan musim hujan tetapi bersamaan dengan terjadinya El Nino pada tahun 2015 sehingga kecepatan arus geostropik melemah, karena angin yang yang seharusnya bergerak ke timur melemah sehingga tidak semuanya mengarah ke timur. Demikian juga terjadi pada saat La Nina. Perbedaan kecepatan arus ketika El Nino (2015) dan La Nina (2010) terjadi adalah 0,54 m/s.



Gambar 4.26. Kecepatan arus geostropik selama fenomena ENSO (2009-2018)

Gambar 4.26 menunjukkan perbandingan kecepatan arus geostropik pada peristiwa La Nina (2010), kondisi normal (2013), dan El Nino (2015).



Gambar 4.27. Pola Arus Geostropik dan SLA. a) 2010, b) 2013, c) 2015.

Terlihat perbedaan SLA pada masing-masing peristiwa. Pada saat La Nina terjadi SLA pada Samudera Pasifik cenderung tinggi dan kecepatan arus dominan besar. Pada kondisi normal terjadi perubahan SLA dan kecepatan arus pada setiap musim. Pada El Nino SLA di Samudera Pasifik cenderung rendah dan terjadi

pelemahan arus. Pada Tabel 4.2 disajikan perbandingan SLA dan kecepatan arus untuk rata-rata setiap musimnya.

Tabel 4.3. Perbandingan SLA dan Kecepatan Arus

Musim	2010		2013		2015	
	SLA (mm)	Kecepatan Arus (m/s)	SLA (mm)	Kecepatan Arus (m/s)	SLA (mm)	Kecepatan Arus (m/s)
DJF	0,104	0,180	0,143	0,248	0,081	0,273
MAM	0,100	0,373	0,156	0,516	0,059	0,103
JJA	0,135	0,528	0,150	0,328	0,042	0,291
SON	0,181	0,811	0,148	0,514	0,029	0,173

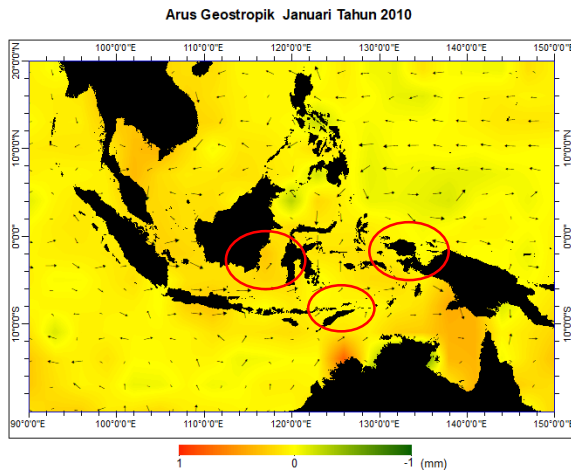
4.13.3 Analisis Karakteristik Arus Geostropik di Perairan Indonesia

Karakteristik arus geostropik di Indonesia bervariasi bergantung pada variabilitas SLA pada lautan tersebut. Analisis karakteristik arus geostropik ini di pilih laut –laut yang memiliki perbedaan SLA pada massa La Nina, Normal dan El Nino yaitu Laut Utara Papua, Laut Timor dan Selat Makassar sebagai jalur yang terlewati ARLINDO.

Pada massa La Nina (2010) pada Laut Utara Papua memiliki SLA yang lebih rendah dibandingkan dengan Selat Makassar dan Laut Timor dengan. Sedangkan untuk pola arusnya Laut Utara Papua dominan kuat dengan kecepatan rata-rata 0,078 m/s mengarah ke timur kemudian menuju ke selatan. Pada Selat Makassar arus berasal dari Laut Jawa mengarah ke utara menuju selat Makassar dengan kecepatan 0,023 m/s. Hal ini bertentangan dengan teori rute arus ARLINDO dimana seharusnya pola arus di Selat Makassar mengarah ke selatan menuju Laut Flores. Aliran permukaan yang berbalik ke utara diduga karena gesekan Angin Muson Barat Laut yang jauh lebih kuat pada batas selatan S. Makassar (mengakibatkan transpor Ekman ke utara) dibanding

gesekan Angin Muson yang lebih lemah di batas utara S. Makassar pada saat yang sama (Gordon et al 1996).

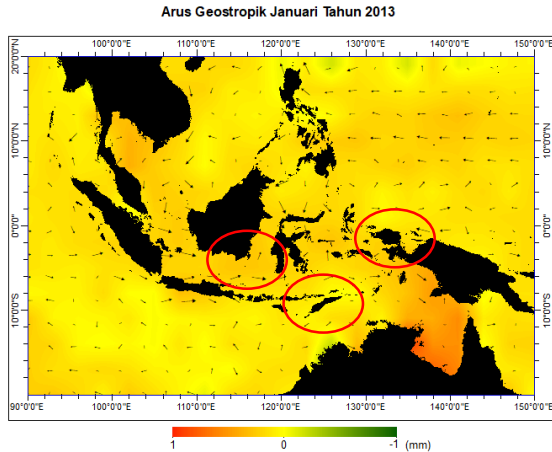
Pada Laut Flores dan Timor arus bergerak kearah barat dan utara. Tingginya SLA pada laut utara Australia menyebabkan tekanan permukaan laut yang lebih tinggi disana, sehingga arus mengalir ke utara pada Laut Timor untuk mengisis kekosongan massa air. Untuk distribusi spasial ditunjukkan pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28. Pola Arus Geostropik *Overlay* dengan SLA (La Nina)

Pada kondisi normal distribusi spasial ditunjukkan oleh Gambar 4.29. Laut Utara Papua melemah dengan kecepatan rata-rata 0,065 m/s mengarah ke timur kemudian meju ke selatan. Pada Selat Makassar arus berasal dari Laut Jawa mengarah ke utara menuju selat Makassar dengan kecepatan 0,017 m/s. Pada Laut Flores dan Timor arus bergerak kearah barat dan selatan. Arus pada Laut Timor menuju kearah selatan karena untuk SLA pada laut utara Australia dan Samudera Hindia lebih rendah,

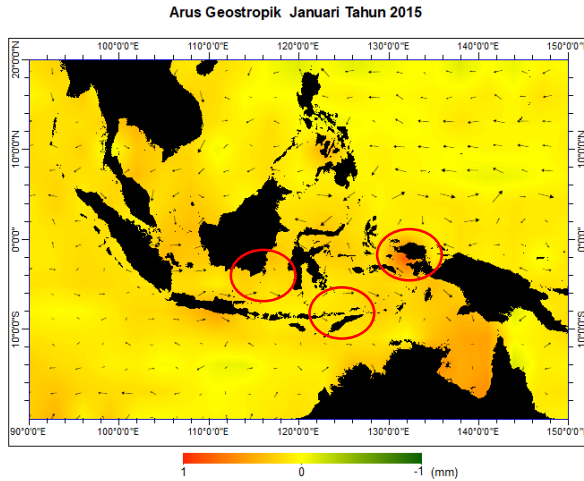
sejalan dengan arah angin pada musim barat yang mengarah kearah timur tenggara pada Januari.



Gambar 4.29. Pola Arus Geostropik *Overlay* dengan SLA (Normal)

Gambar 4.20 menunjukkan pola arus geostropik dan variabilitas SLA pada kondisi El Nino. Laut Utara Papua memiliki kecepatan rata-rata 0,053 m/s mengarah ke utara kemudian menuju ke barat. Pada kondisi ini SLA di Laut Utara Papua sedang tinggi dengan nilai rata-rata 95 mm, sehingga arus menyebar ke SLA yang lebih rendah di laut sekitarnya, seperti Laut Banda dan Laut Arafura. Pada Selat Makassar arus berasal dari Laut Sulawesi ke arah selatan menuju selat Makassar kemudian ke Laut Flores dengan kecepatan 0,009 m/s, artinya rute ARLINDO dapat diidentifikasi pada kondisi ini.

Arus dari Laut Flores menuju ke timur dan mengarah ke selatan masuk ke Laut Timor. Pada Laut Timor kecepatan arus sangat lemah sebesar 0,004 m/s dan mengarah ke selatan.



Gambar 4.30. Pola Arus Geostropik *Overlay* dengan SLA (El Nino)

4.13.4 Korelasi Arus Zonal dengan AUSMI

Penentuan pengaruh indeks angin timur dilihat dari arah angin zonalnya yaitu tanda (-) angin monsun barat dan (+) angin monsun timur. Jadi, pada bulan yang bertanda (+) dipengaruhi oleh angin monsun timur. Semakin besar nilai indeks maka curah hujan semakin rendah dan sebaliknya. Tabel 4.4 adalah hasil perbandingan arus zonal tahun 2009 hingga 2015 serta nilai indeks AUSMI.

Tabel 4.4. Arus Zonal dan Indeks AUSMI (2009-2015)

Tahun	Bulan	Arus Zonal (u) (m/s)	AUSMI
2009	Desember	-0,027	-0,161
2009	Januari	-0,006	0,434

Tahun	Bulan	Arus Zonal (u) (m/s)	AUSMI
2009	Februari	-0,035	0,427
2010	Desember	-0,003	1,092
2010	Januari	-0,007	0,579
2010	Februari	-0,053	-0,645
2011	Desember	-0,012	0,122
2011	Januari	-0,002	1,491
2011	Februari	-0,001	0,911
2012	Desember	-0,061	-1,200
2012	Januari	-0,002	0,127
2012	Februari	-0,046	-1,563
2013	Desember	-0,037	-0,492
2013	Januari	-0,015	0,758
2014	Desember	-0,008	-0,244
2014	Januari	-0,007	0,769
2014	Februari	-0,001	0,388
2015	Desember	-0,005	0,895
2015	Januari	-0,046	1,041
2015	Februari	-0,049	-1,277

Hasil pengolahan arus zonal terhadap indeks AUSMI menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,720 yang tergolong

dalam klasifikasi yang sangat kuat. Yang artinya arus zonal menurut AUSMI dipengaruhi oleh angin muson . Arus bergerak ke arah yang relatif sama dengan arah angin muson. Kecepatan arus zonal pada musim hujan berkisar antara 0,061- 0,001 m/s dengan kecepatan maksimum terjadi pada bulan Desember tahun 2012 sebesar 0,061 m/s dan kecepatan minimum terjadi pada bulan Februari 2011 dan 2014 sebesar 0,001 m/s.

La Nina paling kuat terjadi pada tahun 2010 dan berdasarkan Tabel 4.4 AUSMI mempunyai nilai yang tinggi dan bernilai negatif pada bulan Februari senilai -0,645 artinya pada bulan ini memiliki curah hujan yang tinggi dengan kecepatan arus 0,053 m/s. Pada tahun 2015 El Nino paling kuat terjadi, AUSMI menunjukkan bahwa pada bulan Desember dan Januari yang seharusnya terjadi hujan dengan intensitas tinggi, tetapi memiliki indeks sebesar 0,895 dan 1.041 yang artinya pada bulan ini curah hujan sangat rendah atau bisa disebut mengalami musim kemarau dengan kecepatan arus zonal yang kecil pula yaitu 0,005 m/s dan 0,046 m/s.

4.13.5 Korelasi Arus Zonal dengan WNPMI

Indeks WNPMI berpengaruh terhadap variabilitas curah hujan hanya pada musim hujan. Tanda negatif (-) menandakan angin bergerak dari barat – timur (*westernly*) atau angin muson barat (Asia) dan tanda positif (+) menandakan angin bergerak dari timur – barat (*easternly*) atau angin muson timur (Australia). Tabel 4.5 menunjukkan hasil perbandingan arus zonal tahun 2009 hingga 2015 serta nilai indeks WNPMI.

Tabel 4.5. Arus Zonal dan Indeks WNPMI (2009-2015)

Tahun	Bulan	Arus Zonal (<i>u</i>) (m/s)	WNPMI
2009	Juni	0,032	0,579
2009	Juli	0,038	1,018
2009	Agustus	0,034	0,068
2009	September	0,012	2,075
2010	Juni	-0,090	-1,117
2010	Juli	-0.082	-1.805
2010	Agustus	-0.053	-0.395
2010	September	-0.076	-2.113
2011	Juni	0,041	0,480
2011	Juli	0,046	0,657
2012	Juni	0,020	1,410
2012	Juli	0,066	0,796
2012	Agustus	0,064	0,604
2012	September	0,052	0,467
2013	Juni	0,034	-0,029
2013	Juli	0,065	-0,201
2013	Agustus	0,052	-0,156
2013	September	0,033	1,336

Tahun	Bulan	Arus Zonal (<i>u</i>) (m/s)	WNPMI
2014	Juni	0,026	0,194
2014	Juli	0,005	1,605
2014	Agustus	0,049	-1,335
2014	September	0,017	-0,546
2015	Juni	0,036	-0,892
2015	Juli	0,061	0,386
2015	Agustus	0,007	-0,642
2015	September	0,023	-0,910

Hasil pengolahan arus zonal terhadap indeks WNPMI menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,446 yang tergolong dalam klasifikasi yang cukup kuat (*moderate*). Artinya Indeks WNPMI mempunyai pengaruh yang tidak terlalu besar terhadap kecepatan arus zonal. Kecepatan arus zonal pada musim kemarau berkisar antara 0,090- 0,005 m/s dengan kecepatan maksimum terjadi pada bulan Juni tahun 2010 sebesar 0,090 m/s dan kecepatan minimum terjadi pada bulan Juli 2014 sebesar 0,0005 m/s.

Berdasarkan Tabel 4.5 pada tahun 2010 WNPMI menunjukkan nilai negatif pada bulan Juni, Juli, Agustus dan September, ini mengindikasikan bahwa pada bulan-bulan tersebut dipengaruhi oleh angin muson barat yang membawa banyak air atau dapat dikatakan memiliki curah hujan yang tinggi, peristiwa ini terjadi bersamaan dengan La Nina selaras dengan analisis sebelumnya. Begitu pula dengan kecepatan arus zonal

pada bulan ini memiliki kecepatan yang relatif besar dengan rentang nilai 0,053 -0,096 m/s. Tahun 2015 kecepatan arus zonal lebih lemah dari tahun 2010, hal ini dapat terjadi karena dipengaruhi oleh peristiwa El Nino, WNPMI menunjukkan nilai 0,386 pada bulan Juli, yang artinya pada bulan ini dipengaruhi oleh angin muson timur yang membawa sedikit uap air sehingga curah hujan rendah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, berikut yang dapat penulis simpulkan pada penelitian ini:

- 1) Arus geostropik dapat dihitung dan digambarkan polanya menggunakan data satelit altimetri dimana memiliki kecepatan dan arah yang bervariasi. Nilai korelasi dengan arus geostropik dari CMEMS masing-masing untuk komponen u sebesar 0,715 dan untuk komponen v sebesar 0,331. Dengan *RMSE* komponen u sebesar 0,217 m/s dan komponen v sebesar 0,180m/s.
- 2) Korelasi kecepatan angin permukaan dan arus permukaan sebesar 0,592, sehingga didapatkan hubungan yang kuat dan searah. Artinya angin memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap arus semakin besar kecepatan angin semakin besar pula kecepatan arus dalam satuan m/s.
- 3) Didapatkan koefisien korelasi SLA dengan MEI sebesar -0,66 maka tingkat hubungan 2 variabel tersebut kuat, namun berbanding terbalik. Sedangkan, korelasi antara kecepatan arus geostropik rata-rata dengan MEI adalah 0,24 artinya fenomena ENSO mempunyai hubungan yang lemah terhadap kecepatan arus geostropik.
- 4) Pengolahan arus zonal terhadap indeks AUSMI menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,720 yang tergolong dalam korelasi yang sangat kuat. Diartikan bahwa, angin muson mempunyai hubungan erat dengan arah arus zonal permukaan sesuai dengan batasan area indeks . Sedangkan pengolahan arus zonal terhadap indeks WNPPI menghasilkan koefisien korelasi sebesar sebesar 0,446 yang tergolong dalam klasifikasi yang cukup kuat (*moderate*). Yang artinya pada batasan area WNPPI arus zonal tetap dipengaruhi angin muson hanya saja

tingkat korelasinya lebih kecil dibandingkan dengan AUSMI.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan untuk penelitian serupa berikutnya antara lain:

- 1) Ukuran grid hitungan arus dapat diperkecil, sehingga didapatkan pola arus yang lebih rapat . Saran penulis ukuran grid lebih kecil dari $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ serta penambahan data *Sea Surface Temperature* (SST) untuk analisis fenomena *upwelling* dan *downwelling* (Umaroh 2016) .
- 2) Validasi data arus sebaiknya menggunakan sampel data insitu agar lebih valid. Dapat menggunakan data dari Pushidosal terkait pengukuran oseografi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd. Rahman As-syakur. "Identifikasi Hubungan Fluktuasi Nilai Soi Terhadap Curah Hujan Bulanan Di Kawasan Batukaru-Bedugul, Bali." *Bumi Lestari Journal Of Environment* 7, No. 2 (2012).
- Alyn C. Duxbury, Keith A. Sverdrup Alison B. Duxbury . *Fundamentals Of Oceanography* 4th Edition. McGraw-Hill College, 2002.
- Andersen, O.B., dan Scharroo, R. 2011. Range and Geophysical Corrections in Coastal Regions: and Implications for Mean Sea Surface Determination. In Benveniste, J., S. Vignudelli, Andrey G. Kostianoy, Paolo Cipollini (Eds.), *Coastal Altimetry* (Chapter 5: pp. 103–145). Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.
- Arnold L. Gordon. "Oceanography of the Indonesian Seas and Thei Troughflow." *Oceanography* 18, no. 4 (Dec 2005): 14-27.
- Arnold L. Gordon, Rana A. Fine, . "Pathways of water between the Pacific and Indian oceans in the Indonesian seas." *Nature* 379, 1996: 146-149.
- Chelton, D. B., Ries, J. C., Haines, B. J., Fu, L. L., & Callahan, P. S. 2001. Satellite Altimetry. In L. L. Fu & A. Cazenave (Eds.), *Satellite Altimetry and Earth Sciences: A Handbook of Techniques and Applications* (Chapter 1: pp. 1-132). San Diego: Academic Press.
- Cleveland, Robert B., William S. Cleveland, Jean E. Mcrae, And Irma Terpenning. 1990. "STL : A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based On Loess." *Journal Of Official Statistics* 6 (1): 3-73.
- D. Masters, R.S Nerem, C. Choe, B. Beckley, N. White M. Ablain. "Comparison of Global Mean Sea Level Time Series from

- TOPEX/Poseidon, Jason-1, and Jason-2." *Marine Geodesy*, 2012: 20-41.
- D.P. Chambers, T.J. Urban J.C. Ries. "Calibration and Verification of Jason-1 Using Global Along-Track Residuals with TOPEX." *Marine Geodesy*, 2003: 305-317.
- Dr. Krishna S. Pribadi, Prof. Indratmo Soekarno Prof. Bayong Tjasyono dkk. *Mengelola Risiko Bencana Di Negara Maritim Indonesia*. Bandung: Lembaga Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat ITB, 2010, 2010.
- Dokumentov, Alexander dan Rob J. Hyndman. 2015. STR: A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Regression. *Monash University Journal of Economic Literature: ISSN 1440-771X*.
- Eko Yuli Handoko , Clara Lázaro Maria Joana Fernandes. "Assessment of Altimetric Range and Geophysical Corrections and Mean Sea Surface Models—Impacts on Sea Level Variability around the Indonesian Seas." *Remote Sensing*, 2017.
- Eric W. Leuliette, Gary T. Mitchum R. Steven Nerem. "Calibration of TOPEX/Poseidon and Jason Altimeter Data to Construct a Continuous Record of Mean Sea Level Change." *Marine Geodesy*, 2004: 79-94.
- Evans, J D. 1996. *Straightforward Statistic for the Behavioral Science*. Pasific Grove, CA:Brook/Core Publishing.
- FAO. *Primer El Nino*. Edited by René Gommès. 2014. http://www.fao.org/nr/climpag/pub/eian0008_en. (diakses 29 Juli , 2020).

- Fitra S Pandia, Bandi Sasmito, Abdi Sukmono. "Analisis Pengaruh Angin Monsun Terhadap Perubahan Curah Hujan Dengan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Provinsi Jawa Tengah)." *Jurnal Geodesi Undip*, 2019: 278-287.
- Ivonne M. Radjawane, Fachry Ramadyan. "Seasonal Surface Geostrophic Current In Arafura-Timor Waters." *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 5, no. 2 (2013).
- Joan Brown. *Ocean Circulation*. 1. 1989.
- Khusnul, Khotimah. "Validasi Tinggi Gelombang Signifikan Model Gelombang Wind Wave-5 Dengan Menggunakan Hasil Pengamatan Satelit Altimetri Multimisi." FMIPA-UI, 2012.
- Leif N. Thomas, Jacob O. Wenegrat. "Ekman Transport in Balanced Currents with Curvature." *American Meteorological Society*, 2017: 1189-1203.
- M. Furqon Aziz. "Gerak Air Di Laut." *Oseana XXXI*, no. 4 (2006): 9-21.
- Nerem, R.S., M. Ablain, A. Cazenave, John Church, dan Eric Leuliette. 2001. A 25-Year Satellite Altimetry-Based Global Mean Sea Level Record. In L. L. Fu & A. Cazenave (Eds.), *Satellite Altimetry and Earth Sciences: A Handbook of Techniques and Applications* (Chapter 5: pp. 187-209). San Diego: Academic Press.
- NOAA PSL. Pass Events ENSO. USA.gov. 2020. <https://psl.noaa.gov/enso/> (diakses pada 29 Juli, 2020).
- Parluhutan Manurung, Resni Oktavia John Iskandar Pariwono . "Sea Level Variation and Geostrophic Current of the Sunda Strait Based on Tidal and Wind Data in Year 2008." *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 3, no. 2 (2011): 127-152.

- RahmatHidayat, Murni NgestuNur'uta. "Influences of IOD and ENSO to Indonesian Rainfall Variability: Role of Atmosphere-ocean Interaction in the Indo-pacific Sector." The 2nd International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental (Elsevier B.V), 2016: 196-203.
- Rendhy Dimas R, Heryoso Setiyono dan Muhammad Helmi. "Arus Geostropik Permukaan Musiman Berdasarkan Data Satelit Altimetri Tahun 2012-2013 Di Samudera Hindia Bagian Timur." *Journal of Oceanography* 4, no. 4 (2015): 756-764.
- Ridwan Lasabuda. "Pembangunan Wilayah Pesisir Dan Lautan Dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia." *Jurnal Ilmiah Platax* 1, No. 2 (2013): 92-101.
- Robert H. Stewart. *Introduction to Physical Oceanography*. 2008.
- Sahala Hutabarat, Stewart M Evans. *Pengantar Oseanografi*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 1985.
- Teguh Prayogo, Sartono Marpaung. "Analisis Arus Geostropik Permukaan Laut Berdasarkan Data Satelit Altimetri." *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. Jakarta, 2014. 561-567.
- Umaroh, Sutrisno Anggoro dan Muslim. "The Dynamics of Sea Surface Height and Geostrophic Current in the Arafura Sea." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 55 (2016).
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the South East Asian Waters*. San Diego, C.A.: The Scripps Institution of Oceanography, University of California.

Yulihastin, Erma. "Penentuan Indeks Monsun Indonesia Berdasarkan Angin Zonal." *Jurnal Teknologi Indonesia*, 2011.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. List Perhitungan Arus dan Angin

YYF	yyyy	mm	Longitude [°]	Latitude [°]	Arus		Angin	
					Kecepatan	Arah	Kecepatan	Arah
					Hitungan [m/s]	Hitungan [°]	[m/s]	Hitungan [°]
2009.000125	2009	1	89.875	-19.875	0.129	192.452	2.931	191.922
2009.000125	2009	1	92.625	-19.875	0.315	126.815	7.158	126.285
2009.000125	2009	1	95.375	-19.875	0.261	215.690	5.927	215.160
2009.000125	2009	1	98.125	-19.875	0.132	66.302	3.012	65.772
2009.000125	2009	1	100.875	-19.875	0.152	67.460	3.457	66.930
2009.000125	2009	1	103.625	-19.875	0.152	116.037	3.464	115.507
2009.00036	2009	1	106.375	-19.875	0.167	86.369	3.808	85.839
2009.001522	2009	1	109.125	-19.875	0.193	73.869	4.391	73.339
2009.001522	2009	1	111.875	-19.875	0.262	185.681	5.970	185.151
2009.001522	2009	1	114.625	-19.875	0.231	14.528	5.253	13.998
2009.001522	2009	1	117.375	-19.875	0.103	28.172	2.344	27.642
2009.001522	2009	1	89.875	-17.125	0.233	187.070	5.303	186.540
2009.001522	2009	1	92.625	-17.125	0.215	140.939	4.885	140.409
2009.001522	2009	1	95.375	-17.125	0.265	209.816	6.039	209.286
2009.001532	2009	1	98.125	-17.125	0.100	157.304	2.281	156.774
2009.001532	2009	1	100.875	-17.125	0.242	135.690	5.502	135.160
2009.001532	2009	1	103.625	-17.125	0.112	242.978	2.538	242.448
2009.001532	2009	1	106.375	-17.125	0.197	105.620	4.476	105.090
2009.001532	2009	1	109.125	-17.125	0.077	18.760	1.749	18.230
2009.001532	2009	1	111.875	-17.125	0.421	5.607	9.577	5.077
2009.001532	2009	1	114.625	-17.125	0.243	119.128	5.533	118.598
2009.001534	2009	1	117.375	-17.125	0.234	353.063	5.328	352.533
2009.001534	2009	1	120.125	-17.125	0.095	50.553	2.154	50.023
2009.001534	2009	1	139.375	-17.125	0.126	296.902	2.870	296.372
2009.001534	2009	1	147.625	-17.125	0.152	170.038	3.449	169.508
2009.001534	2009	1	89.875	-14.375	0.178	198.518	4.040	197.988
2009.001534	2009	1	92.625	-14.375	0.256	163.272	5.824	162.742
2009.001534	2009	1	95.375	-14.375	0.286	186.099	6.509	185.569
2009.001728	2009	1	98.125	-14.375	0.195	166.471	4.447	165.941
2009.001728	2009	1	100.875	-14.375	0.104	279.595	2.357	279.065
2009.001728	2009	1	103.625	-14.375	0.101	115.053	2.286	114.523
2009.001728	2009	1	106.375	-14.375	0.176	216.331	4.004	215.801
2009.001728	2009	1	109.125	-14.375	0.113	343.949	2.571	343.419
2009.001728	2009	1	111.875	-14.375	0.161	343.127	3.652	342.597
2009.001728	2009	1	114.625	-14.375	0.153	16.261	3.484	15.731
2009.002909	2009	1	117.375	-14.375	0.128	23.045	2.908	22.515
2009.002909	2009	1	120.125	-14.375	0.099	329.654	2.257	329.124
2009.002909	2009	1	122.875	-14.375	0.252	25.987	5.736	25.457

2009.002909	2009	1	128.375	-14.375	0.087	319.516	1.969	318.986
2009.002909	2009	1	136.625	-14.375	0.040	306.717	0.903	306.187
2009.002909	2009	1	139.375	-14.375	0.096	340.593	2.184	340.063
2009.002909	2009	1	144.875	-14.375	0.049	9.918	1.106	9.388
2009.002918	2009	1	147.625	-14.375	0.081	4.955	1.841	4.425
2009.002918	2009	1	89.875	-11.625	0.131	222.435	2.990	221.905
2009.002918	2009	1	92.625	-11.625	0.152	151.080	3.457	150.550
2009.002918	2009	1	95.375	-11.625	0.180	118.180	4.084	117.650
2009.002918	2009	1	98.125	-11.625	0.183	229.994	4.156	229.464
2009.002918	2009	1	100.875	-11.625	0.118	123.285	2.694	122.755
2009.002918	2009	1	103.625	-11.625	0.024	118.331	0.551	117.801
2009.004306	2009	1	106.375	-11.625	0.169	11.765	3.854	11.235
2009.004306	2009	1	109.125	-11.625	0.133	84.020	3.033	83.490
2009.004306	2009	1	111.875	-11.625	0.167	131.902	3.804	131.372
2009.004306	2009	1	114.625	-11.625	0.203	123.473	4.607	122.943
2009.004306	2009	1	117.375	-11.625	0.220	199.946	5.008	199.416
2009.004306	2009	1	120.125	-11.625	0.329	178.089	7.491	177.559
2009.004306	2009	1	122.875	-11.625	0.132	187.874	3.004	187.344
2009.005492	2009	1	125.625	-11.625	0.141	13.336	3.205	12.806
2009.005492	2009	1	128.375	-11.625	0.123	321.855	2.798	321.325
2009.005492	2009	1	133.875	-11.625	0.131	59.965	2.969	59.435
2009.005492	2009	1	136.625	-11.625	0.161	347.793	3.668	347.263
2009.005492	2009	1	139.375	-11.625	0.047	333.649	1.064	333.119
2009.008264	2009	1	144.875	-11.625	0.153	39.118	3.485	38.588
2009.008264	2009	1	147.625	-11.625	0.161	69.646	3.654	69.116
2009.008264	2009	1	89.875	-8.875	0.395	174.910	8.976	174.380
2009.008264	2009	1	92.625	-8.875	0.311	164.615	7.077	164.085
2009.008264	2009	1	95.375	-8.875	0.193	185.813	4.400	185.283
2009.008264	2009	1	98.125	-8.875	0.264	191.882	6.005	191.352
2009.008485	2009	1	100.875	-8.875	0.131	196.401	2.982	195.871
2009.008485	2009	1	103.625	-8.875	0.044	161.304	1.010	160.774
2009.008485	2009	1	106.375	-8.875	0.182	167.561	4.151	167.031
2009.008485	2009	1	109.125	-8.875	0.304	84.015	6.906	83.485
2009.008485	2009	1	111.875	-8.875	0.438	2.416	9.963	1.886
2009.008485	2009	1	114.625	-8.875	0.074	101.237	1.679	100.707
2009.008485	2009	1	122.875	-8.875	0.070	182.066	1.584	181.536
2009.008485	2009	1	128.375	-8.875	0.082	41.274	1.856	40.744
2009.009868	2009	1	131.125	-8.875	0.114	358.834	2.594	358.304
2009.009868	2009	1	133.875	-8.875	0.078	0.589	1.770	0.059
2009.009868	2009	1	136.625	-8.875	0.191	4.130	4.355	3.600
2009.009868	2009	1	139.375	-8.875	0.273	350.342	6.212	349.812
2009.009868	2009	1	144.875	-8.875	0.179	241.587	4.072	241.057
2009.009873	2009	1	89.875	-6.125	0.159	307.682	3.613	307.152
2009.009873	2009	1	92.625	-6.125	0.073	3.306	1.665	2.776
2009.009873	2009	1	95.375	-6.125	0.078	356.048	1.785	355.518
2009.009873	2009	1	98.125	-6.125	0.129	304.005	2.928	303.475
2009.009873	2009	1	100.875	-6.125	0.086	349.501	1.956	348.971
2009.009873	2009	1	103.625	-6.125	0.109	11.407	2.490	10.877
2009.009873	2009	1	109.125	-6.125	0.542	21.804	12.328	21.274
2009.009873	2009	1	111.875	-6.125	0.633	348.591	14.401	348.061

2009.009873	2009	1	114.625	-6.125	0.753	10.685	17.141
2009.00988	2009	1	117.375	-6.125	0.444	10.479	10.111
2009.00988	2009	1	120.125	-6.125	0.449	30.683	10.203
2009.00988	2009	1	122.875	-6.125	0.364	16.468	8.281
2009.00988	2009	1	125.625	-6.125	0.804	19.022	18.289
2009.00988	2009	1	128.375	-6.125	0.524	348.518	11.913
2009.00988	2009	1	131.125	-6.125	0.431	3.670	9.804
2009.00988	2009	1	133.875	-6.125	0.118	332.995	2.675
2009.00988	2009	1	136.625	-6.125	0.636	290.694	14.460
2009.012426	2009	1	89.875	-3.375	0.102	37.553	2.327
2009.012426	2009	1	92.625	-3.375	0.100	282.038	2.274
2009.012426	2009	1	95.375	-3.375	0.059	139.822	1.336
2009.012426	2009	1	98.125	-3.375	0.278	26.018	6.318
2009.012647	2009	1	100.875	-3.375	0.079	19.017	1.793
2009.012647	2009	1	106.375	-3.375	2.337	352.799	53.173
2009.012647	2009	1	109.125	-3.375	0.972	335.601	22.105
2009.012647	2009	1	117.375	-3.375	0.252	350.066	5.727
2009.012647	2009	1	122.875	-3.375	0.349	253.562	7.940
2009.012647	2009	1	125.625	-3.375	0.442	159.190	10.055
2009.012648	2009	1	131.125	-3.375	0.165	51.550	3.764
2009.012648	2009	1	144.875	-3.375	0.440	351.131	10.004
2009.012648	2009	1	147.625	-3.375	0.325	351.341	7.404
2009.012648	2009	1	89.875	-0.625	0.148	32.246	3.364
2009.012648	2009	1	92.625	-0.625	0.116	338.859	2.630
2009.012648	2009	1	95.375	-0.625	0.065	280.633	1.476
2009.012648	2009	1	98.125	-0.625	0.108	250.898	2.464
2009.013833	2009	1	103.625	-0.625	1.021	350.916	23.228
2009.013833	2009	1	106.375	-0.625	0.940	352.859	21.391
2009.013833	2009	1	109.125	-0.625	1.022	8.632	23.257
2009.013833	2009	1	120.125	-0.625	0.523	85.470	11.907
2009.013833	2009	1	122.875	-0.625	0.454	268.532	10.328
2009.014052	2009	1	125.625	-0.625	0.197	168.712	4.478
2009.014052	2009	1	128.375	-0.625	0.351	270.401	7.996
2009.014052	2009	1	136.625	-0.625	0.608	172.232	13.839
2009.014052	2009	1	139.375	-0.625	0.519	180.905	11.810
2009.014052	2009	1	142.125	-0.625	0.235	353.518	5.352
2009.017994	2009	1	144.875	-0.625	0.226	352.368	5.145
2009.017994	2009	1	147.625	-0.625	0.065	270.622	1.489
2009.017994	2009	1	89.875	2.125	0.298	229.729	6.769
2009.017994	2009	1	92.625	2.125	0.128	108.293	2.901
2009.017994	2009	1	95.375	2.125	0.210	121.103	4.769
2009.019177	2009	1	106.375	2.125	0.417	262.395	9.492
2009.019177	2009	1	109.125	2.125	0.450	7.202	10.248
2009.019177	2009	1	120.125	2.125	0.642	30.207	14.616
2009.019177	2009	1	122.875	2.125	0.154	328.521	3.507
2009.019177	2009	1	125.625	2.125	0.141	56.327	3.204
2009.020775	2009	1	131.125	2.125	0.261	8.808	5.932
2009.020775	2009	1	133.875	2.125	0.571	345.147	12.994
2009.020775	2009	1	136.625	2.125	0.209	36.864	4.752
2009.020775	2009	1	139.375	2.125	0.319	356.942	7.249

-----*hingga*-----

2018.921018	2018	12	89.875	-19.875	0.273	310.118	2.970	310.648
2018.921018	2018	12	92.625	-19.875	0.325	198.255	2.746	198.785
2018.921018	2018	12	95.375	-19.875	0.300	161.781	2.162	162.311
2018.921018	2018	12	98.125	-19.875	0.206	174.565	1.460	175.095
2018.921018	2018	12	100.875	-19.875	0.163	57.593	1.703	58.123
2018.921018	2018	12	103.625	-19.875	0.012	108.405	2.693	108.935
2018.921018	2018	12	106.375	-19.875	0.108	236.588	3.016	237.118
2018.921018	2018	12	109.125	-19.875	0.264	66.307	2.865	66.837
2018.921018	2018	12	111.875	-19.875	0.189	152.468	3.064	152.998
2018.921018	2018	12	114.625	-19.875	0.240	61.945	3.351	62.475
2018.921018	2018	12	117.375	-19.875	0.113	48.789	3.095	49.319
2018.932141	2018	12	89.875	-17.125	0.335	176.814	4.101	177.344
2018.932141	2018	12	92.625	-17.125	0.227	178.511	4.321	179.041
2018.932141	2018	12	95.375	-17.125	0.237	174.751	5.038	175.281
2018.932141	2018	12	98.125	-17.125	0.282	150.781	1.454	151.311
2018.932141	2018	12	100.875	-17.125	0.005	53.478	1.440	54.008
2018.932141	2018	12	103.625	-17.125	0.057	90.721	1.702	91.251
2018.932141	2018	12	106.375	-17.125	0.292	172.949	5.978	173.479
2018.932141	2018	12	109.125	-17.125	0.303	55.688	5.894	56.218
2018.932141	2018	12	111.875	-17.125	0.442	346.941	5.366	347.471
2018.932141	2018	12	114.625	-17.125	0.177	135.238	4.533	135.768
2018.932141	2018	12	117.375	-17.125	0.035	173.275	3.563	173.805
2018.970217	2018	12	120.125	-17.125	0.074	12.104	1.645	12.634
2018.970217	2018	12	139.375	-17.125	0.189	272.894	2.925	273.424
2018.970217	2018	12	147.625	-17.125	0.090	239.390	3.760	239.920
2018.970217	2018	12	89.875	-14.375	0.073	206.220	4.183	206.750
2018.970217	2018	12	92.625	-14.375	0.195	231.065	3.943	231.595
2018.970217	2018	12	95.375	-14.375	0.175	196.965	1.520	197.495
2018.970217	2018	12	98.125	-14.375	0.150	129.200	2.905	129.730
2018.970217	2018	12	100.875	-14.375	0.073	177.431	3.018	177.961
2018.970217	2018	12	103.625	-14.375	0.069	87.852	2.968	88.382
2018.970217	2018	12	106.375	-14.375	0.020	223.560	3.128	224.090
2018.967436	2018	12	109.125	-14.375	0.282	164.942	4.137	165.472
2018.967436	2018	12	111.875	-14.375	0.254	128.463	5.907	128.993
2018.967436	2018	12	114.625	-14.375	0.120	317.974	6.382	318.504
2018.967436	2018	12	117.375	-14.375	0.282	61.931	6.812	62.461
2018.967436	2018	12	120.125	-14.375	0.163	60.009	6.005	60.539
2018.967436	2018	12	122.875	-14.375	0.458	42.733	3.074	43.263
2018.967436	2018	12	128.375	-14.375	0.214	323.440	3.345	323.970
2018.967436	2018	12	136.625	-14.375	0.059	211.640	3.605	212.170
2018.967436	2018	12	139.375	-14.375	0.034	9.711	4.660	10.241
2018.967436	2018	12	144.875	-14.375	0.092	287.583	3.488	288.113
2018.967436	2018	12	147.625	-14.375	0.127	196.047	1.984	196.577
2018.967436	2018	12	89.875	-11.625	0.174	202.695	1.223	203.225

2018.933522	2018	12	89.875	15.875	0.501	175.341	7.454	175.871
2018.945815	2018	12	92.625	15.875	0.184	305.603	7.696	306.133
2018.945815	2018	12	109.125	15.875	0.625	271.962	7.669	272.492
2018.945815	2018	12	111.875	15.875	0.183	182.082	7.499	182.612
2018.945815	2018	12	114.625	15.875	0.118	244.627	7.492	245.157
2018.945815	2018	12	117.375	15.875	0.143	53.648	7.708	54.178
2018.945815	2018	12	122.875	15.875	0.369	151.191	4.823	151.721
2018.945815	2018	12	125.625	15.875	0.388	183.980	5.527	184.510
2018.945815	2018	12	128.375	15.875	0.351	188.948	2.912	189.478
2018.945815	2018	12	131.125	15.875	0.424	171.509	4.030	172.039
2018.972982	2018	12	133.875	15.875	0.295	192.537	3.181	193.067
2018.972982	2018	12	136.625	15.875	0.384	173.883	3.078	174.413
2018.972982	2018	12	139.375	15.875	0.339	176.643	3.727	177.173
2018.972982	2018	12	142.125	15.875	0.176	179.815	3.564	180.345
2018.972982	2018	12	144.875	15.875	0.333	179.518	3.958	180.048
2018.972982	2018	12	147.625	15.875	0.319	175.905	4.539	176.435
2018.972982	2018	12	89.875	18.625	0.181	313.646	5.070	314.176
2018.972982	2018	12	92.625	18.625	0.101	293.499	4.395	294.029
2018.91822	2018	12	106.375	18.625	0.088	225.294	4.051	225.824
2018.91822	2018	12	111.875	18.625	0.420	213.782	4.204	214.312
2018.91822	2018	12	114.625	18.625	0.430	165.423	5.043	165.953
2018.91822	2018	12	117.375	18.625	0.378	165.047	6.192	165.577
2018.91822	2018	12	120.125	18.625	0.250	140.669	6.905	141.199
2018.91822	2018	12	122.875	18.625	0.293	127.959	7.346	128.489
2018.918218	2018	12	125.625	18.625	0.089	20.932	7.425	21.462
2018.918218	2018	12	128.375	18.625	0.166	166.428	7.334	166.958
2018.918218	2018	12	131.125	18.625	0.270	186.079	7.374	186.609
2018.918218	2018	12	133.875	18.625	0.434	174.047	4.081	174.577
2018.918218	2018	12	136.625	18.625	0.414	175.023	4.280	175.553
2018.95351	2018	12	139.375	18.625	0.234	201.405	3.061	201.935
2018.95351	2018	12	142.125	18.625	0.312	166.218	4.383	166.748
2018.95351	2018	12	144.875	18.625	0.038	304.092	4.572	304.622
2018.95351	2018	12	147.625	18.625	0.223	182.388	2.584	182.918

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis Desi Suci Richasari lahir di kota Kediri, 29 Desember 1998. Anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kusuma Mulia, SD Negeri Kutisari III, SMP Negeri 17, SMA Negeri 16, Kota Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikannya ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember, diterima di S1 Teknik Geomatika- Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan melalui jalur SNMPTN tahun 2016. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi, kepanitiaan dan menjadi *vouunteer*. Penulis sebagai Badan Pengawas Mahasiswa (BPM) Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika periode 2017-2019. Selain itu, penulis sebagai Ketua Divisi Hubungan Masyarakat PLH Siklus ITS periode 2019 dan terlibat dalam kegiatan kampanye lingkungan salah satunya “Free Plastic Campaign” yang bekerjasama dengan beberapa organisasi lingkungan hidup yang lain di Surabaya. Pada tahun 2018, penulis menjadi salah satu *vouunteer* pada program PT.PLN yang bertajuk “Ekspedisi Papua Terang”, kemudian menjadi relawan untuk membantu bencana gempa bumi di Lombok Utara tepatnya di Desa Rempek Darussalam. Penulis juga melakukan kerja praktik di Badan Informasi Geospasial (BIG) pada tahun 2019.