



TUGAS AKHIR – RM 184831

**STUDI VARIASI PERMUKAAN LAUT DI
WILAYAH LAUT JAWA DAN LAUT CHINA
SELATAN MENGGUNAKAN DATA
SATELIT ALTIMETRI JASON**

Fiamanati Sulaiha
NRP 0331154000026

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

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR – RM 184831

**STUDI VARIASI PERMUKAAN LAUT DI
WILAYAH LAUT JAWA DAN LAUT CHINA
SELATAN MENGGUNAKAN DATA
SATELIT ALTIMETRI JASON**

Fiamanati Sulaiha
NRP 0331154000026

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

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan
Kebumian Institut Teknologi Sepuluh
Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT – RM 184831

**STUDY OF SEA LEVEL VARIATION AT
JAVA AND SOUTH CHINA SEA
USING ALTIMETRY JASON
SATELLITE DATA**

Fiamanati Sulaiha
NRP 0331154000026

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

DEPARTEMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo
Engineering Sepuluh Nopember Institute
of Technology
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**STUDI VARIASI PERMUKAAN LAUT DI WILAYAH
LAUT JAWA DAN LAUT CHINA SELATAN
MENGUNAKAN DATA SATELIT ALTIMETRI JASON**

Nama Mahasiswa : Fiamanati Sulaiha
NRP : 0331154000026
Departemen : Teknik Geomatika FTLSK – ITS
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
2. Ir. Yuwono, MT.

ABSTRAK

Fenomena pemanasan global dapat menimbulkan adanya ekspansi termal dan variasi massa air yang mengakibatkan pencairan gletser, lapisan es di kutub dan perubahan rata-rata permukaan laut global. Efek ini memiliki dampak yang penting pada sosial ekonomi, infrastruktur dan lingkungan, yang menyebabkan hilangnya tanah disekitar daerah pesisir pantai dimana lebih dari pada 10% penduduk dunia hidup. Sejak akhir abad ke-18, perubahan kedudukan air laut diamati dari stasiun pasang surut di sepanjang garis pantai. Namun, pengamatan stasiun pasang surut memiliki keterbatasan dalam jumlah, distribusi, dan jangkauannya, serta adanya pengaruh *land subsidence*.

Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis variasi permukaan laut di Laut Jawa dan Laut China Selatan selama periode 2002-2019 menggunakan data pengamatan misi referensi satelit altimetri, yaitu Jason 1, Jason 2, dan Jason 3. Variasi permukaan laut yang diamati menunjukkan laju kenaikan muka air laut sebesar 4,1 mm/tahun.

Tren linier bernilai positif dari gradien garis kearah kanan ini didapatkan dari hasil persamaan regresi linier yaitu $y = 4,134x - 8260.8017$, dimana kecepatan tinggi terjadi di sekitar Laut Jawa bagian Utara atau Selatan yang memiliki nilai 7-9 mm/tahun. Sehingga berdasarkan hasil tersebut dapat dilakukan perencanaan pra-kejadian terhadap dampak dari kenaikan muka air laut yang akan mendatang.

Kata Kunci : Altimetri, *Sea Level Anomaly*, *Trend*

**STUDY OF SEA LEVEL VARIATION AT JAVA AND
SOUTH CHINA SEA USING ALTIMETRY JASON
SATELLITE DATA**

Name : Fiamanati Sulaiha
NRP : 0331154000026
Departement : Geomatics Engineering FTLSK – ITS
Supervisor : 1. Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT.
2. Ir. Yuwono, MT.

ABSTRACT

The phenomenon of global warming can rise the existence of thermal expansion and variation of water mass that causes melting glaciers, polar ice sheet and changes in average global sea level. This effect has an important impact on socio-economic, infrastructure and environment which causes loss of land around coastal areas where more than 10% of the world population lives. Since the end of the 18th century, changes in the position of seawater have been observed from tidal station along the coastline. However, the observation of tidal stations has limitations in number, distribution and coverage, as well as the influence of land subsidence.

Therefore, this study analyzed variations in sea level in the Java Sea and the South China Sea during the period 2002-2019 using altimetry satellite reference mission data, namely Jason 1, Jason 2, and Jason 3. Sea level variations that need to be explored increase sea air by 4,1 mm / year.

This positive linear trend of the light-line gradient is obtained from the results of the linear regression equation, $y =$

4,134x – 8260,8017, where high velocities occur around the north or south Jawa Sea which has a value of 7-9 mm / year. So based on the results pre-event planning can be carried out on the impact of the upcoming sea level rise.

Keywords : *Altimetri, Sea Level Anomaly, Trend*

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI VARIASI PERMUKAAN LAUT DI WILAYAH LAUT JAWA DAN LAUT CHINA SELATAN MENGUNAKAN DATA SATELIT ALTIMETRI JASON

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika

Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FIAMANATI SULAIHA

NRP. 03311540000026

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

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

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



SURABAYA, JULI 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Rasa syukur selalu tercurahkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Studi Variasi Permukaan Laut Di Wilayah Laut Jawa Dan Laut China Selatan Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason**” ini dapat terselesaikan dengan baik. Laporan ini merupakan hasil pelaksanaan penelitian penulis. Selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun material. Oleh karena itu, diucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberi dukungan kepada penulis, yaitu:

1. Muhammad Heru Aliansyah dan St. Yatimah Djamilah Rachman, selaku orang tua penulis, beserta kakak penulis Mutafawwiqin Rizqoni Ardiansyah dan adik penulis Nisrina Fauqossalsabila yang selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir sampai selesainya pembuatan laporan ini selalu memberikan doa, semangat, kasih sayang, serta seluruh dukungan baik secara moral maupun material kepada penulis.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Dr. Eko Yuli Handoko, ST., MT. selaku dosen pembimbing dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Yuwono, MT. selaku dosen pembimbing dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.
5. Laboran *Geodesy & Surveying* yang membantu lancarnya operasional kegiatan di laboratorium selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.
6. Agnes, Hamida, Ikhe selaku *Partner* dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.
7. Segenap dosen, tenaga kependidikan, serta karyawan Departemen Teknik Geomatika ITS yang telah memberikan banyak ilmu, saran, bantuan, dukungan, serta keramahan selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir di Departemen Teknik Geomatika ITS.

8. Teman-teman mahasiswa Teknik Geomatika ITS, terutama angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan penuh dalam segala aspek kepada penulis.
9. Serta berbagai pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta menjadi bagian kontribusi dalam perkembangan Ilmu Geodesi, khususnya di bidang pemanfaatan Satelit Altimetri. Di samping itu, adanya penelitian ini diharapkan mampu menjadi acuan bagi para peneliti, pemerintah, serta *Stakeholder* terkait lainnya, dalam pengetahuan dan informasi mengenai kenaikan muka air laut di Indonesia. Disadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak sebagai bahan evaluasi dalam penyusunan laporan penelitian ke depannya. Selanjutnya diucapkan terima kasih untuk semua pembaca.

Surabaya, 4 Juli

2019 Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Sea Level Rise</i>	7
2.2 Prinsip Dasar Satelit Altimetri	10
2.3 <i>Mean Sea Surface</i>	13
2.4 <i>Sea Level Anomaly</i>	13
2.5 Perubahan Satelit Altimetri	14
2.5.1 Misi Satelit Jason Series.....	14

2.5.2	Instrumen MWR.....	17
2.6.3	Koreksi	19
2.6	Intercalibrated Tandem Mission	21
2.7	<i>Time Series Decomposition</i>	23
2.8	Penelitian Terdahulu	25
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1	Lokasi Penelitian.....	27
3.2	Data dan Peralatan.....	27
3.2.1	Data	27
3.2.2	Peralatan.....	28
3.3	Metodologi Penelitian	28
BAB IV	HASIL DAN ANALISA.....	33
4.1	Pengecekan Data RADS	33
4.2	Perhitungan SLA.....	34
4.3	Perhitungan Rata-Rata SLA.....	37
4.4	Perhitungan Bias dan <i>Intercalibrated</i>	39
4.5	Dekomposisi Data <i>Time Series</i>	42
4.6	Gridding SLA Tiap Cycle	46
BAB V	PENUTUP.....	51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran.....	51
DAFTAR	PUSTAKA.....	53
DAFTAR	LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Faktor Penyebab <i>Global Sea Level Rise</i>	7
Gambar 2. 2 Lokasi Penelitian	8
Gambar 2. 3 Prinsip Satelit Altimetri.....	11
Gambar 2. 4 Satelit Jason.....	17
Gambar 2. 5 Contoh Pengukuran Misi Altimetri	22
Gambar 2. 6 Empat Pola Data Time Series.....	23
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian,	27
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengolahan Data.....	28
Gambar 4. 1 Pengecekan RADS	33
Gambar 4. 2 Script Perhitungan SLA.....	35
Gambar 4. 3 <i>Script</i> Perhitungan <i>Mean SLA</i> setiap <i>Cycle</i>	37
Gambar 4. 4 Tandem Misi Satelit Jason.....	39
Gambar 4. 5 Tandem Misi Jason-1 Jason-2	41
Gambar 4. 6 Tandem Misi Jason-2 Jason-3	41
Gambar 4. 7 Grafik SLA Terkoreksi.....	42
Gambar 4. 8 Script STL Menggunakan R Software.....	43
Gambar 4. 9 Hasil Time Series Decomposition	44
Gambar 4. 10 Grafik Trend dan Trend Linier Mean SLA_ERA.....	45
Gambar 4. 11 Hasil Gridding SLA 1 Cycle	47
Gambar 4. 12 Contoh Hasil Konversi Data Grid	48
Gambar 4. 13 Peta Variasi Permukaan Laut	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Satelit Altimetri	16
Tabel 3. 1 Parameter Koreksi n	30
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan SLA.....	36
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Rata-Rata SLA.....	38
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Bias Jason-1 Jason-2	39
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Bias Jason-2 Jason-3.....	40
Tabel 4. 5 Uji Statistika Hasil Regresi Sea Level Anomaly.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Nilai Rata-Rata Sea Level Anomaly.....	51
Lampiran 2. Tabel Koordiinat Trend Sea Level Anomaly.....	51

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena pemanasan global diperoleh dari peningkatan emisi gas rumah kaca secara berlebihan di atmosfer melalui penggunaan bahan bakar fosil, deforestasi dan aktivitas manusia lainnya, telah berdampak negatif bagi keberlanjutan ekosistem pesisir dan lautan (Latuconsina 2010). Hal tersebut menyebabkan adanya ekspansi termal, pencairan gletser, lapisan es di kutub dan perubahan rata-rata permukaan laut global (Cazenave, A 2012). Adanya perubahan suhu memiliki pengaruh yang kuat terhadap keadaan laut sehingga berbanding lurus dengan kenaikan muka air laut (*Sea Level Rise*). Menurut laporan IPCC 2014 bahwa rata-rata suhu permukaan global meningkat 0,3 – 0,6° C sejak akhir abad 19 (Church et al 2013) dan suhu bumi diperkirakan akan naik sampai tahun 2100 sekitar 1,4 – 5,8° C (Dahuri 2002).

Demikian pula, pengamatan perubahan kedudukan air laut pertama telah dilakukan dengan memantau melalui stasiun pasang-surut pada abad ke-18. Pengamatan stasiun pasang surut dilakukan disepanjang garis pantai (Church dan White 2011). Namun, pengamatan stasiun pasang surut tersebut memiliki keterbatasan dalam jumlah, distribusi, dan jangkauan. Kemudian diperoleh variasi rata-rata permukaan laut global antar tahunan hingga 2–3mm yang dimonitor menggunakan data altimetri satelit multi-misi selama rentang waktu 1993-2010 (Ablain, et al 2015).

Berkaitan dengan kenaikan muka air laut, pulau-pulau di lautan tropis adalah beberapa daerah yang paling rentan terhadap kenaikan permukaan laut dan yang terkait dampak perubahan iklim (Church, J. A 2006). Dampak ini termasuk perubahan dalam pola cuaca (suhu, angin, presipitasi dan lain-lain), erosi pantai dan potensi kenaikan intensitas badai tropis. Kenaikan permukaan laut juga menyebabkan genangan didaerah rendah, banjir dan intuisi air laut ke akuifer (Nicholls 2010). Selanjutnya,

efek ini memiliki dampak yang penting pada sosial ekonomi nasional, infrastruktur dan lingkungan, yang menyebabkan hilangnya tanah disekitar daerah pesisir pantai dimana lebih dari pada 10% penduduk dunia hidup (Handoko et al 2017).

Terlepas dari hal-hal yang telah disebutkan, Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar, dimana perairan yang diapit oleh dua samudera yaitu Samudera Hindia dan Pasifik adalah subjek yang cukup menarik dan terdapat beberapa catatan. Daerah Samudra Hindia dan Samudra Pasifik memiliki variabilitas permukaan air laut besar karena ketidakpastian tingkat historis kenaikan permukaan laut yang terkait dengan *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO) (Church, J. A 2006). Laut China Selatan (*The South China Sea* (SCS)) adalah Laut marginal terbesar di daerah tropis, yang menghubungkan Laut China Timur, Samudra Pasifik, dan Samudra Hindia melalui Selat Taiwan, Selat Luzon, dan Selat Malaka. Dengan satelit TOPEX dan Poseidon (T / P) data altimeter, para ilmuwan telah mengungkapkan signifikansi variasi tahunan permukaan laut di laut china selatan (Shaw et al 1999). Pada penelitian (Cheng, X dan Qi, Y 2007) lebih dari 13 tahun hasil penggabungan data altimetri *Sea Level Anomaly* (SLA) digunakan untuk menganalisis tren variasi permukaan laut di Laut China Selatan. Hasilnya menunjukkan bahwa permukaan laut rata-rata di atas SCS memiliki tingkat kenaikan 11,3 mm / tahun selama 1993-2000 dan tingkat penurunan 11,8 mm / tahun selama 2001-2005. Distribusi geografis variasi permukaan laut di atas SCS adalah asimetris dengan variasi nyata yang ada di perairan dalam. Hasilnya menunjukkan bahwa perubahan termal dari lapisan atas SCS memiliki kontribusi signifikan terhadap variasi permukaan laut. Oleh karena itu perlu diadakan studi lebih lanjut tentang fenomena kenaikan muka air laut di Wilayah Laut Jawa Dan Laut China Selatan tersebut.

Sejak kehadiran teknologi satelit altimetri ini yang didesain dengan tiga misi utama dapat mengamati sirkulasi lautan global, mengamati volume es di kutub, dan mengamati perubahan

tinggi muka laut global (Chelton, D. B 2001). Satelit altimetri dalam memantau dinamika perairan menghasilkan beberapa parameter oseanografi yaitu suhu permukaan laut, atmosfer, tinggi muka laut, arus permukaan laut dan gelombang. Parameter-parameter tersebut dapat digunakan sebagai indikator berbagai fenomena yang terjadi di laut. Dengan demikian data satelit yang diperoleh dapat saling melengkapi untuk menghasilkan data dengan cakupan spasial dan temporal yang optimal.

Prinsip dasar satelit altimetri yaitu mengukur jarak antara satelit dan permukaan laut. Jarak ini apabila dikoreksikan terhadap posisi satelit terhadap ellipsoid maka akan menghasilkan *Sea Surface Height*. Namun, banyak bias atau gangguan yang harus diperhitungkan, karena sinyal radar satelit altimetri melewati atmosfer dalam sistem pengukurannya (Andersen dan Scharroo 2011). Dengan diketahuinya ketinggian satelit altimetri di atas bidang ellipsoid maka ketinggian permukaan laut di atas bidang ellipsoid dapat dihitung. Salah satunya *Sea level anomaly* (SLA) merupakan tinggi muka laut yang tereferensi pada bidang geoid atau *Mean Sea Surface*, dimana efek instrumen, efek jarak, dan efek dinamisnya yaitu gelombang laut, pasang surut dan pengaruh tekanan atmosfer sudah dihilangkan. Oleh karena itu, untuk studi variasi ketinggian permukaan laut ini, dengan cara menentukan rata-rata tinggi permukaan laut dari bidang geoid yang menafsirkan pola historis pengelolaan hasil data SLA dan memperkirakannya penyebab SLA tersebut. Seiring perkembangan teknologi, sejak tahun 1973 dengan diluncurkan satelit altimetri diharapkan dapat menjadi suatu solusi dalam upaya pemantauan terhadap dinamika peningkatan muka air laut (Andersen dan Scharroo 2011).

Penelitian ini menggunakan data satelit altimetri Jason-1, Jason-2 dan Jason-3. Dengan tersedianya data hasil pemantauan satelit altimetri, maka dilakukan “Studi Variasi Permukaan Laut Di Wilayah Laut Jawa Dan Laut China Selatan Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason”. Dengan demikian

didapatkan hasil yang mampu menggambarkan variasi di Laut Jawa Dan Laut China Selatan secara lebih detail.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana membuat *Time Series* dari data pengamatan Jason-1, Jason-2 dan Jason-3?
- b. Bagaimana variasi permukaan laut di Laut Jawa dan Laut China Selatan selama periode tahun 2002-2019 dari data pengamatan satelit altimetri Jason-1, Jason-2 dan Jason-3?

1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengolahan nilai *Sea Level Anomaly* dilakukan di Laut Jawa dan Laut China Selatan dengan koordinat geografis 8° LS – 8° LU dan 102° BT – 118° BT.
- b. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data satelit altimetri Jason-1, Jason-2 dan Jason-3 tahun 2002-2019.
- c. Proses pengolahan SLA dilakukan menggunakan *software* Matlab R2015, R Program, Microsoft Excel, Surfer, Graher, serta *software* untuk melakukan *Gridding Data*.
- d. Hasil data *Radar Altimetri Database System* (RADS) sebagai data hasil pengolahan SLA yang dianggap benar.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui *Time Series* di Laut Jawa dan Laut China Selatan selama periode tahun 2002-2019 dari data pengamatan satelit altimetri Jason-1, Jason-2 dan Jason-3.

- b. Untuk menganalisa variasi permukaan laut di Laut Jawa dan Laut China Selatan selama periode tahun 2002-2019 dari data pengamatan satelit altimetri Jason-1, Jason-2 dan Jason-3.

1.5 Manfaat

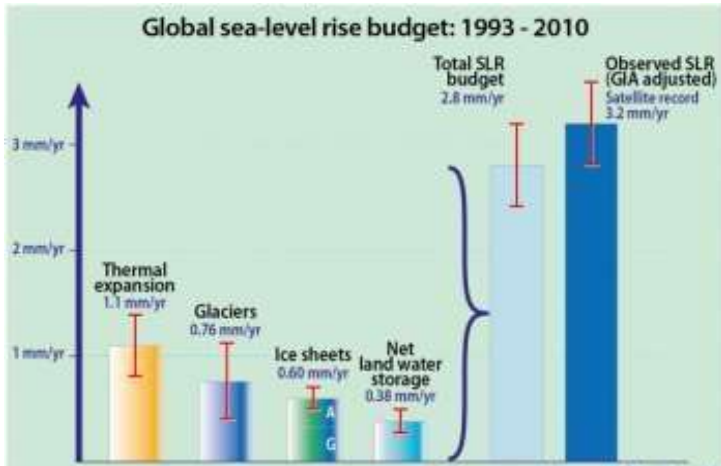
Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah dapat membantu memberikan informasi mengenai peta distribusi variasi muka air laut secara efektif dan efisien kepada masyarakat wilayah pesisir yang merupakan tempat rawan terjadi kenaikan muka air laut, guna perkembangan keilmuan dalam pemantauan fenomena variabilitas permukaan laut di Laut Jawa dan Laut China Selatan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sea Level Variability

Variasi Permukaan Laut merupakan indikator penting dalam perubahan iklim global (Feng dkk 2012). Pada Gambar 2.1, perubahan ekspansi termal, pencairan gletser, lapisan es di kutub dan rata-rata permukaan laut menyebabkan adanya kenaikan permukaan laut global (Cazenave, A 2012). Kenaikan ini terjadi secara bersamaan dengan fenomena pemanasan global yang merupakan akibat dari emisi gas rumah kaca secara berlebihan di atmosfer melalui penggunaan bahan bakar fosil, deforestasi dan aktivitas manusia lainnya, telah berdampak negatif bagi keberlanjutan ekosistem pesisir dan lautan (Latuconsina 2010).

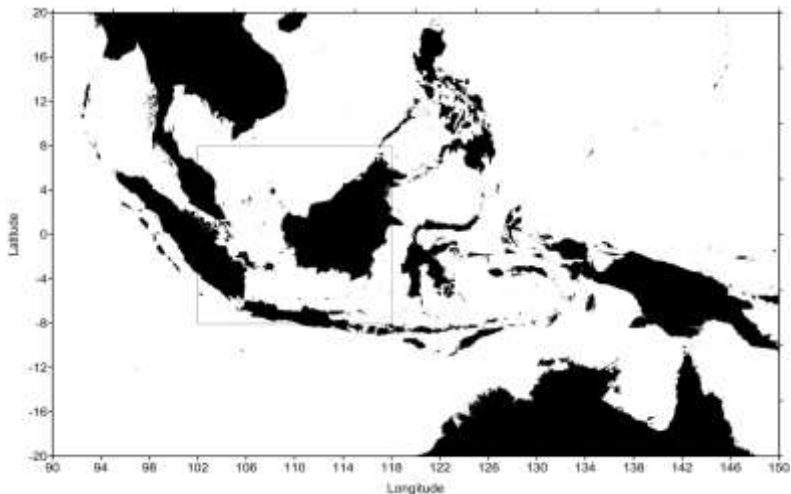


Gambar 2.1 Faktor Penyebab *Global Sea Level Rise*
(Stocker dkk 2013)

Kenyataannya perubahan permukaan laut tidak homogen secara temporal maupun spasial (Fenoglio-Marc dkk. 2010). Sementara di wilayah laut tertentu permukaan laut telah naik

(hingga 20 mm/tahun), tetapi di tempat lainnya telah jauh dari nilai tersebut. Variasi permukaan laut regional secara umum lebih besar daripada rata-rata variasi pada perairan global karena besarnya pengaruh variabilitas lokal yang disebabkan oleh perubahan angin, tekanan, dan arus laut (Stammer dkk 2013).

Terlepas dari hal-hal yang telah disebutkan, Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar, dimana perairan yang diapit oleh dua samudera yaitu Samudera Hindia dan Pasifik adalah subjek yang cukup menarik dan terdapat beberapa catatan. Daerah Samudra Pasifik dan Samudra Hindia memiliki variabilitas permukaan air laut besar karena ketidakpastian tingkat historis kenaikan permukaan laut yang terkait dengan *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO) (Church, J. A 2006). ENSO merupakan salah satu fenomena laut yang dapat mempengaruhi *Sea Surface Temperature* (SST) pada perairan Indonesia. Saat terjadi ENSO, wilayah Indonesia mengalami keadaan atmosfer kering pada musim peralihan dan mempengaruhi curah hujan selama bulan September-November.



Gambar 2.2 Lokasi Penelitian

Berdasarkan batas kotak yang ada pada gambar 2.2, Laut China Selatan atau *The South China Sea* (SCS) adalah Laut marginal terbesar di daerah tropis, yang menghubungkan Laut Cina Timur, Samudra Pasifik, dan Samudra Hindia melalui Selat Taiwan, Selat Luzon, dan Selat Malaka. Dalam penelitian (Feng dkk 2012) di Laut Cina Selatan menghasilkan tren SLV 10.5 ± 1.5 mm/tahun selama 1993–2000, 15.3 ± 2.6 mm/tahun selama 2001–2004, dan 17.9 ± 3.1 mm/tahun selama 2005–2009. Hasilnya menunjukkan bahwa perubahan termal dari lapisan atas SCS memiliki kontribusi signifikan terhadap variasi permukaan laut. Dengan akumulasi data altimetri, para peneliti mulai mempelajari SLV antar tahunan di SCS.

2.2 Prinsip Dasar Satelit Altimetri

Satelit altimetri merupakan salah satu metode penginderaan jauh yang misi utamanya adalah mengukur jarak vertikal muka air laut terhadap bidang referensi tertentu. Bidang referensi tersebut biasanya berupa elipsoid referensi, geoid, dan *Mean Sea Surface* (MSS). Satelit altimetri didesain dengan tiga misi utama yaitu mengamati sirkulasi lautan global, mengamati volume es di kutub, dan mengamati perubahan tinggi muka laut global (Chelton, D. B 2001). Adapun pemilihan bidang referensi yang digunakan tergantung pada tujuan pemakaian data satelit.

Sistem satelit altimetri terdiri atas tiga komponen utama yaitu radar altimeter, radiometer, dan *Positioning System*. Radar altimeter digunakan untuk mengamati tinggi satelit di atas permukaan laut dan sistem pelacak yang berfungsi untuk menentukan tinggi satelit di atas elipsoid referensi tertentu dengan teknik penentuan tinggi teliti. Radar altimeter akan mengukur jarak dari satelit ke permukaan target dengan memanfaatkan informasi waktu tempuh. Radar altimeter ini bekerja pada frekuensi 14 GHz dengan panjang gelombang 2,2 cm serta resolusi untuk pengukuran daerah single-nya adalah 0,1 m – 1 m. Radiometer berfungsi untuk mengukur kondisi atmosfer, sedangkan *Positioning System* berfungsi untuk menentukan posisi

satelit yang presisi pada bidang orbitnya. Dengan menggunakan kombinasi data ini, satelit altimetri mampu menghasilkan dengan ketinggian hingga beberapa centimeter (Chelton, D. B 2001).

Satelit altimetri melakukan pengamatan dengan menggunakan radar altimetri yang mengirimkan pulsa gelombang elektromagnetik ke permukaan laut dan dipantulkan kembali. Pulsa-pulsa yang dipancarkan oleh satelit altimetri mempunyai sudut pantulan tertentu yang disebut dengan beamwidth. Lebarnya pulsa dan lebarnya berkas pancaran akan menentukan besarnya jejak (*Footprint*). Radar tersebut memiliki frekuensi dual-band untuk mengukur jarak dari satelit ke altimetri yang dikombinasikan dengan teknologi GPS untuk mengukur posisi teliti terhadap bidang referensinya. Frekuensi dual-band yang panjang gelombangnya berbeda ini dimaksudkan untuk mengeliminasi efek *Ionospheric Delay* (Aviso 2015).

Receiver pada satelit mencatat sinyal yang dipantulkan oleh permukaan laut. Pengukuran kedudukan muka laut dilakukan dengan memanfaatkan data waktu tempuh pulsa saat dikirimkan dan dipantulkan kembali ke satelit. Data waktu tempuh pulsa yang diperoleh dikonversi menjadi data jarak dengan menghitung selisih waktu antara keduanya yang dapat ditunjukkan dengan rumus berikut:

$$h = c \Delta t / 2 \dots \dots \dots (2.1)$$

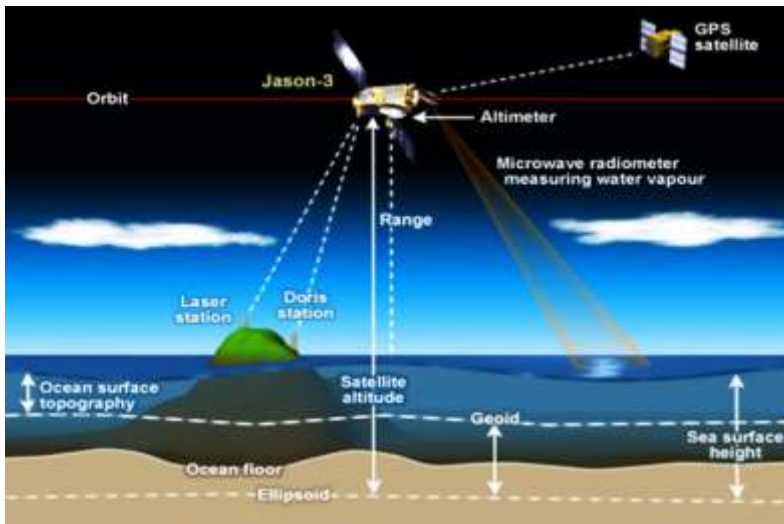
dimana:

h = Jarak antara satelit dengan permukaan laut sesaat(m)

C = kecepatan rambat gelombang elektromagnetik (m/s)

Δt = perbedaan waktu tempuh saat pemancaran dan saat penerimaan sinyal (s)

Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut:



Gambar 2.3 Prinsip Satelit Altimetri
(National Environmental Satellite Data, and Information Service
(NESDIS) 2018)

2.3 Mean Sea Surface

Mean Sea Surface (MSS) adalah permukaan laut rata-rata yang terkoreksi efek pasang surut laut. MSS biasanya ditentukan oleh rata-rata ketinggian permukaan laut dari pengamatan jangka panjang satelit altimetri. Oleh karena itu, MSS digunakan untuk memperkirakan SLA yang bertujuan untuk menghilangkan genangan temporal topografi permukaan laut yang dinamis (Andersen dkk 2015).

MSS dan geoid tidak persis berhimpit, karena tinggi permukaan laut yang dinamis memiliki komponen permanen dan variabel waktu. Komponen permanen mencerminkan ekspansi sterik air laut. Variabel waktu digambarkan oleh rata-rata temporal topografi dinamis yang disebut *Mean Dynamic Topography* (MDT). Hubungan MSS, undulasi geoid, dan MDT adalah sebagai

berikut:

$$h_{MSS} = h_g - h_{MDT} \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana h_{MSS} , h_g , dan h_{MDT} memiliki satuan dalam meter (Andersen dkk 2015).

2.4 Sea Level Anomaly

Sea level anomaly (SLA) merupakan tinggi muka laut yang tereferensi pada bidang geoid atau MSS, dimana efek instrumen, efek jarak, dan efek dinamisnya yaitu gelombang laut, pasang surut dan pengaruh tekanan atmosfer sudah dihilangkan. Untuk studi variabilitas *Surface Height* lebih sering digunakan MSS dari pada geoid untuk mendapatkan nilai SLA (h_{SLA}) yang ditentukan menggunakan persamaan berikut (Andersen dan Scharroo 2011).

$$h_{SLA} = H - R_{obs} - \Sigma \Delta R_{Geocorr} - h_{MSS} \dots (2.3)$$

dimana:

h_{SLA}	= <i>Sea Level Anomaly</i> (m)
H	= tinggi satelit diatas ellipsoid (m)
R_{obs}	= jarak observasi antara antenna altimeter satelit dengan permukaan air sementara (m)
$\Sigma \Delta R_{Geocorr}$	= jumlah koreksi geografis, jarak dan instrument (m)
h_{MSS}	= <i>Mean Sea Surface</i> (m)

Menurut (Andersen dan Scharroo 2011) dalam buku Coastal Altimetry, dijelaskan bahwa koreksi yang digunakan dalam penentuan nilai R_{obs} terbagi menjadi dua, yakni: koreksi jarak (*Range Correction*) dan koreksi geofisika (*Geophysical Correction*). Ketika sinyal radar satelit melalui atmosfer, kecepatannya akan terhambat oleh gas-gas kering, uap air, serta elektron bebas yang akan menambah jarak observasi satelit R_{obs} .

Oleh karena itu, diperlukan koreksi untuk menghilangkan gangguan tersebut. Koreksi troposfer kering (ΔR_{dry}) digunakan untuk gas – gas kering seperti nitrogen dan oksigen, koreksi troposfer basah (ΔR_{wet}) untuk uap air, serta koreksi ionosfer (ΔR_{iono}) untuk menghilangkan efek dari electron bebas dalam atmosfer. Selain itu, terdapat koreksi *Sea State Bias* (ΔR_{ssb}) yang mengoreksi efek elektromagnetik, kemiringan (*Skewness*), serta bias pada jalur pelacakan (*Tracker Biases*).

Dengan menggunakan notasi yang sama dengan (Fu dan Cazenave 2001) untuk mendapatkan nilai jarak terkoreksi ($R_{corrected}$) yang berhubungan dengan R_{obs} sebagai berikut:

$$R_{corrected} = R_{obs} - \Delta R_{dry} - \Delta R_{wet} - \Delta R_{iono} - \Delta R_{ssb} \quad (2.4)$$

Akan tetapi, karena fokus satelit altimetri adalah memahami dinamika sinyal SSH yang berhubungan dengan proses oseanografi, maka perlu pengoreksian terhadap kontribusi geofisika yang dominan pada variasi SSH tersebut.

Koreksi geofisika terdiri dari koreksi dinamika atmosferik (ΔR_{DAC}) yang menghilangkan waktu pemuatan akibat tekanan atmosferik dan koreksi pasang-surut (ΔR_{tides}) yang mengoreksi komponen pasang-surut termasuk *Solid Earth Tides*, *Loading Tides*, serta *Pole Tides*. Selain itu, ada koreksi terhadap offset kerangka referensi (*Reference Frame Offset* (ΔR_{RFO})) yang digunakan ketika memakai data multi-misi (Fernandes dkk 2014). Kemudian koreksi jarak dan koreksi geofisika digabungkan dalam satu koreksi (Andersen dan Scharoo 2011) sebagai berikut:

$$\Sigma \Delta R_{Geo_{corr}} = \Delta R_{dry} + \Delta R_{wet} + \Delta R_{iono} + \Delta R_{ssb} + \Delta R_{DAC} + \Delta R_{tides} + \Delta R_{RFO} \dots \dots \dots (2.5)$$

2.5 Perubahan Satelit Altimetri Jason1, Jason2 dan Jason3

Satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah satelit Jason-1, Jason-2 dan Jason-3. Berikut kelebihan dan keunggulan perubahan masing-masing satelit Jason-1, Jason-2, Jason-3 berdasarkan misi, instrument, serta koreksi geofisika akan dievaluasi untuk menganalisis dampaknya terhadap estimasi permukaan laut (Handbook Jason-1, Jason-2 dan Jason-3):

2.5.1 Misi Satelit Jason Series

Jason-1 adalah misi lanjutan misi TOPEX / POSEIDON yang diluncurkan pada tanggal 7 Desember 2001 dan dinonaktifkan pada tanggal 21 Juni 2013. Misi Jason-1 bersama-sama dilakukan oleh Badan Antariksa Perancis, CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*) dan Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional Amerika Serikat yaitu NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Tujuan utama misinya adalah untuk mempertahankan pengukuran altimeter akurasi tinggi, memastikan kesinambungan dalam mengamati dan memantau laut, untuk perubahan intraseasonal ke antar tahunan, permukaan laut rata-rata, dan pasang surut. Setiap pengukuran permukaan laut dari Jason 1 harus memiliki akurasi $\pm 4,2$ cm (Bronner dkk 2016).

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

Satelit Jason-3 yang mulai diluncurkan 17 Januari 2016 dan merupakan misi kerjasama yang sama dengan satelit Jason-2. Tujuan utama diluncurkannya satelit ini adalah melanjutkan misi Jason-2 yaitu untuk misi topografi muka air laut global. Satelit ini memiliki orbit, instrumen, dan akurasi pengukuran yang sama dengan Jason-2. Untuk menentukan orbit instrumen, misi Jason-3 menggunakan kombinasi pengukuran GPS, DORIS, dan laser ranging. Instrumen utama Jason-3 adalah radar altimeter, radar altimeter dapat mengukur sea level variation dengan akurasi hingga 2,5 cm (Dumont dkk. 2016).

Orbit satelit Jason adalah *non-sun-synchronous* berbentuk lingkaran, altitude 1336 km, dan jarak antar jalur sebesar 315 km di ekuator. Sepanjang jalur pengukuran data diambil tiap detik dengan jarak antar titik pengukuran sejauh 5 km. Satelit Jason melewati satu tempat yang sama di permukaan bumi dalam satu periode disebut *cycle*. Satu *cycle* satelit Jason adalah 10 hari, atau 9,91 hari, yang melewati 254 *pass*. Yang disebut dengan 1 *pass* adalah perjalanan satelit dari kutub utara ke kutub selatan untuk *pass* bernomor genap (*Descending Pass*), atau kutub selatan ke utara untuk *pass* bernomor ganjil (*Ascending Pass*). Berikut adalah karakteristik Satelit Altimetri Jason Series:

Tabel 2. 1 Karakteristik Satelit Altimetri

Parameter	Jason-1	Jason-2	Jason-3
Berat Satelit	500 kg	525 kg	510 kg
Kekuatan Satelit	450 W	511 W	703 W
Inklinasi	66,04°	66,04°	66,042°
Kendaraan peluncur	Dual Delta II	Delta II (7320)	Falcon 9
Cycle	001-259	001-280	001 - ..
Tinggi dari ellipsoid	1336 km	1336 km	1339,65 km
Jarak antar lintasan	315 km	315 km	315,55 km
Kecepatan Orbit	7,2 km/s	7,2 km/s	7,2 km/s
Kecepatan	5,8 km/s	5,8 km/s	5,8 km/s
Periode pengulang an	9,9156 hari	9,9156 hari	9,91564 hari
Sensor	Poseidon -2 Altimeter , DORIS, JMR, LRA, dan TRSR	Poseidon-3 Altimeter, DORIS, AMR, LRA, GPS Receiver, CARMEN -2, LPT Detection, dan T2L2 Detectors	Poseidon -3B Altimeter , DORIS, AMR, LRA, GPS Receiver, CARME N-3, dan LPT Detection

(Dumont *dkk* 2017)

2.5.2 Instrumen MWR

Tujuan sains dan misi dilakukan dengan satelit yang membawa instrument MWR pada Satelit Jason, Berikut penjelasannya:



Gambar 2.4 Satelit Jason (NASA dan AVISO 2008)

- Jason-1 *Microwave Radiometer (JMR)*
 JMR mengukur suhu kecerahan gelombang mikro permukaan laut pada tiga frekuensi (18,7 GHz, 23,8 GHz, dan 34,0 GHz) untuk memberikan kandungan uap air total di troposfer di sepanjang altimeter beam. Saluran 23,8 GHz adalah saluran utama untuk pengukuran uap air dan merupakan saluran redundan pada JMR. Saluran 18,7 GHz menyediakan koreksi untuk efek yang ditimbulkan angin dalam emisi latar belakang permukaan laut, dan saluran 34,0 GHz memberikan koreksi untuk air awan cair. Pengukuran digabungkan untuk mendapatkan kesalahan dalam pengukuran jangkauan satelit yang

- disebabkan oleh keterlambatan pulsa karena uap air.
- Jason-2 dan Jason-3 *Advanced Microwave Radiometer* (AMR)

Tiga frekuensi *Advanced Microwave Radiometer*, terdiri dari tiga saluran terpisah pada 18,7, 23,8 dan 34 GHz. Radiometer secara fungsional setara dengan Jason Microwave Radiometer yang ditemukan pada Jason-1. Saluran 23,8 GHz adalah saluran penginderaan uap air primer, yang berarti konsentrasi uap air yang lebih tinggi mengarah pada nilai suhu kecerahan 23,8 GHz yang lebih besar. Penambahan saluran 34 GHz dan saluran 18,7 GHz, yang kurang sensitif terhadap uap air, memfasilitasi penghilangan kontribusi dari air awan cair dan emisivitas permukaan berlebih dari permukaan laut akibat angin, yang juga berperan meningkatkan 23,8 Suhu kecerahan GHz.

Desain AMR didasarkan pada pendahulunya (TMR dan JMR), kebisingan suhu yang dikontrol berlebihan untuk digunakan pada kalibrasi penguatan operasional di semua saluran radiometer. JMR adalah radiometer yang ruang angkasa pertama yang menggunakan noise diode untuk kalibrasi dan AMR adalah yang kedua. Peningkatan signifikan lainnya dalam desain AMR adalah penambahan reflektor 1 m, dibandingkan dengan reflektor 0,6 m untuk TMR dan JMR, yang hampir menggandakan resolusi spasial AMR. AMR diharapkan menghasilkan pengukuran keterlambatan jalur yang andal dalam jarak 15-20 km dari pantai. Antena adalah paraboloid offset tetap (diameter 1 meter) yang diumpankan oleh umpan tanduk bergelombang tiga frekuensi tunggal koaksial. Letaknya terletak di bagian depan satelit (sumbu X) dan sinarnya sejalan dengan tapak altimeter.

- Instrumen *Microwave Radiometer* ini dapat memperkirakan secara akurat bentuk koreksi uap air dengan tiga frekuensi yang tersedia pada masing-masing satelit (Andersen dan Scharroo 2011). Jejak radiometer tergantung pada ketinggian pesawat dan frekuensi pemindaian radiometer. Rata-rata sinyal troposfer basah yang diambil dari jejak radiometer on board pada Jason-1 tersebut memiliki nilai berbeda-beda saat melintasi laut global hingga diketahui lintasan pada Laut Mediterania Barat memiliki nilai yang besar (Andersen dan Scharroo 2011). Hal tersebut berakibat pada radiometer yang terkontaminasi oleh keberadaan tanah dan juga mempengaruhi nilai koreksi troposfer basah, dimana tanah memiliki emisivitas lebih besar dari pada lautan sehingga menurunkan akurasi koreksi. Oleh karena itu, *Microwave Radiometer* yang dipasang pada Jason-2 dan Jason-3 telah ditambahkan algoritma untuk Coastal Altimetriy karena kedudukan perairan yang berbeda. Sejumlah penelitian saat ini sedang berlangsung untuk meningkatkan koreksi dekat pantai. Akurasi yang tinggi bergantung pada metode pengambilan tetapi juga pada kalibrasi instrument.

2.5.3 Koreksi

Koreksi kesalahan pengukuran dibagi menjadi dua jenis, yaitu koreksi range dan koreksi geofisika. Koreksi range berkaitan dengan modifikasi atau perubahan dari kecepatan radar dan pulse dari radar yang mempengaruhi sebaran radar di permukaan bidang yang diukur. Sedangkan Koreksi geofisika berkaitan dengan hasil ukur sea surface height dengan kontribusi faktor waktu yang berubah disebabkan oleh pasang surut dan tekanan atmosfer yang digunakan untuk menentukan variasi Dynamic Sea Surface

Height (Andersen 2011). Dalam penghitungan SLA dilakukan koreksi karena saat pengambilan data altimetri banyak gangguan yang terjadi. Koreksi yang perlu dilakukan adalah (Handoko, Fernandes, dan Lázaro 2017):

- a. *Koreksi Dry Tropospheric*
Jalur sinyal radar altimetri melewati atmosfer terhambat oleh adanya gas netral di troposfer. Keterlambatan pada jalur sinyal balik altimetri ini dikoreksi dengan dry tropospheric correction. Model yang dapat digunakan adalah ECMWF Re-analysis (ERA) interim atau NCEP.
- b. *Koreksi Wet Tropospheric*
Wet Tropospheric adalah salah satu sumber ketidakpastian utama dalam satelit altimetri. Koreksi ini diperlukan untuk menghilangkan keterlambatan sinyal balik altimetri akibat kandungan uap air dan butiran awan pada troposfer. Di samudra terbuka, WTC dapat diambil dengan akurasi beberapa cm menggunakan radiometer gelombang mikro on-board.
- c. *Koreksi Ionosfer*
Lapisan ionosfer mengandung elektron bebas dan ion yang dapat mempengaruhi propagansi gelombang elektromagnetik baik dalam kecepatan dan dalam arah propagansi sinyal. Kecepatan sinyal diperlambat oleh elektron bebas di atmosfer. Sebagai media dispersif, refraksi ionosfer bergantung pada frekuensi. Model yang dapat digunakan adalah *smoothed dual frequency*.
- d. *Koreksi Sea State Bias*
Sea State Bias adalah koreksi altimeter yang disebabkan oleh pengaruh efek kondisi laut dalam pengukuran altimeter radar, karena elemen hamburan permukaan tidak berkontribusi sama terhadap radar yang kembali. Koreksi SSB terdiri

dari bias elektromagnetik, bias pelacak, dan skewness. Untuk koreksi ini pada Topex menggunakan model CLS atau BM-4 sedangkan pada Jason series dapat menggunakan CLS atau Tran2012 SSB.

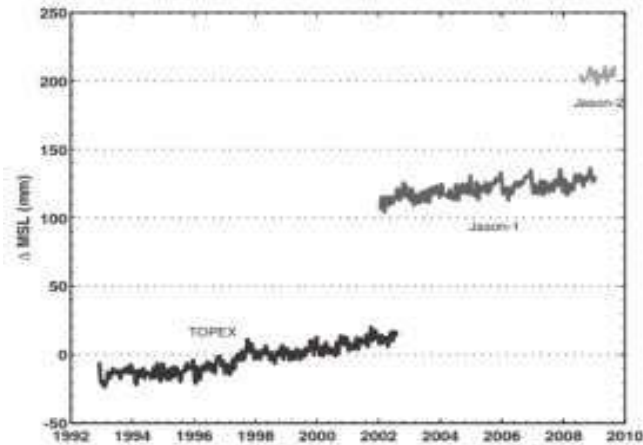
- e. Koreksi *Dynamic Atmospheric*
Respon permukaan laut terhadap perubahan tekanan atmosfer memiliki efek yang besar terhadap tinggi permukaan yang diukur. Model yang dapat digunakan adalah MOG2D.
- f. Koreksi *Tides*
Koreksi pasang surut terdiri dari *Ocean tide*, *Load Tide*, *Solid Earth Tide*, dan *Pole Tide*. *Ocean tide* mendominasi sinyal air pasang yang diamati di atas laut. Kesalahan *Ocean Tide* sekitar 1 m di tengah laut dan 15-20 m di dekat garis pantai. Kesalahan *Load Tide* sekitar 30 cm. Kesalahan *Pole tide* 2 cm. Dan kesalahan *Solid tide* sekitar 50 cm. Untuk koreksi Tides dapat menggunakan model GOT4.10 atau FES 2012 .
- g. Koreksi *Reference Frame Offset*
Koreksi yang digunakan jika menggunakan data multi satelit.

2.6 Intercalibrated Tandem Mission

Setiap misi baru dalam tandem mission diimplementasi dengan keberadaan satelit pada ground track secara bersamaan menyebabkan adanya periode 180 hari antara Jason-1 dan Jason-2, 240 hari antara Jason-2 dan Jason-3. Sejak kedua satelit terbang diatas 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 karena masing-masing satelit memiliki perbedaan koreksi instrumen dan model. Tahap periode

tandem sangat penting untuk mendeteksi sejumlah masalah, termasuk 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 dkk 2003).

Semua studi di permukaan laut, terutama mengenai permukaan laut rata-rata global, penting untuk memperbaiki data altimeter untuk bias pengukuran relatif. Sumber bias utama antar satelit Jason adalah kombinasi dari perbedaan dalam pemangkasan frekuensi pengulangan pulsa (PRF), perbedaan parameter karakterisasi Ku-band, dan sisa bias 12 mm masih belum terjelaskan. Sumber bias relatif antar satelit tandem belum diketahui secara pasti (Desjonqueres 2009).



Gambar 2.5 Contoh Pengukuran Misi Topex/Poseidon, Jason-1, dan Jason-2 Terputus Akibat Bias (Nerem dkk. 2010)

Pada gambar 2.5 merupakan contoh variasi rata-rata global permukaan laut sebelum penerapan penghapusan bias. Penghapusan bias selama masa overlap 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

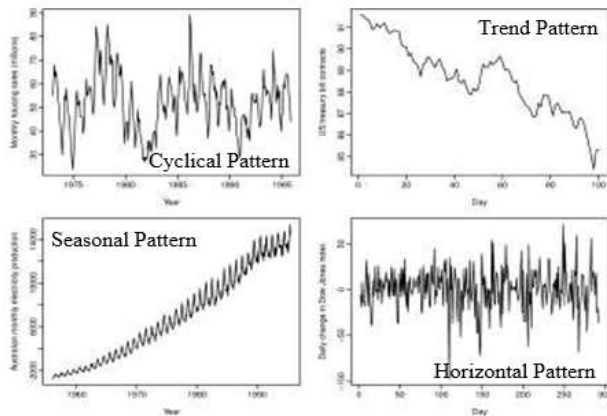
perbedaan rata-rata SLA antara dua misi pada periode yang sama selama beberapa cycle. Setelah dilakukan perhitungan bias, maka data dari satelit yang lebih baru dikoreksi menggunakan referensi data satelit yang akan interleaved. Sehingga setelah itu, akan dihasilkan nilai hasil pengamatan yang dianggap setara antara keempat instrument satelit altimetri. Perhitungan koreksi dari masing-masing hasil pengamatan satelit altimetri dilakukan menggunakan persamaan berikut (Masters dkk. 2012):

$$\text{Corrected SLA (J2)} = \text{SLA (J2)} - \text{bias (J1, J2)} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\text{Corrected SLA (J3)} = \text{SLA (J3)} - \text{bias (J2, J3)} - \text{bias (J1, J2)} \dots (2.5)$$

2.7 Time Series Decomposition

Time series data adalah serangkaian pengamatan terhadap variabel yang akan diamati secara berurutan dari waktu ke waktu dan dicatat berdasarkan urutan waktu kejadiannya. Analisis time series merupakan suatu metode peramalan untuk masa depan yang dilakukan berdasarkan nilai atau data masa lalu dari suatu variabel dan error masa lalu. Tujuan dari metode peramalan time series adalah untuk menemukan pola data time series dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke periode yang akan datang (Wei 2006).



Gambar 2.6 Empat Pola Data Time Series (Makridakis 1998)

Pola data dalam peramalan time series sangat beragam. Hal tersebut menjadi salah satu aspek penting dalam melakukan seleksi model peramalan yang sesuai untuk data time series. Seperti yang telah dijelaskan pada Gambar 2.6, ada empat tipe pola data yang umum, yaitu *horizontal pattern*, *seasonal pattern*, *cyclical pattern*, dan *trend pattern*. *Horizontal pattern* terjadi ketika data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan, sehingga tidak terjadi peningkatan atau penurunan nilai seiring berjalannya waktu. *Seasonal pattern* terjadi ketika data dipengaruhi oleh pola musiman seperti bulanan, semiannual, annual, ataupun interannual, sehingga data seakan-akan berulang secara periodik. *Cyclical pattern* terjadi ketika data memiliki periode siklus, pola ini hampir mirip dengan seasonal namun yang membedakan pada seasonal pattern panjang pola konstan dan berulang secara berkala, sementara untuk cyclical pattern panjangnya pola bervariasi dan panjang rata-rata siklus biasanya lebih lama. *Trend pattern* terjadi apabila dalam suatu data terjadi penurunan atau peningkatan nilai dalam jangka panjang (Makridakis, Wheelwright, dan Hyndman 1998). Dekomposisi dilakukan dengan asumsi bahwa data memiliki struktur sebagai berikut:

$$\text{Data} = \text{Pattern} + \text{Error} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dekomposisi time-series diasumsikan terdiri dari tiga komponen yaitu *seasonal*, *trend-cycle*, dan *remainder*. Komponen *seasonal* biasanya memiliki pola pengulangan yang berubah sangat lambat seiring berjalannya waktu. Komponen *trend-cycle* biasanya dianggap berubah lebih cepat dari pada komponen *seasonal*, namun komponen ini masih mengandung pola siklus. Komponen *remainder* adalah bagian yang paling cepat berubah atau disebut polanya acak. Seluruh rangkaian waktu dihitung sebagai fungsi dari ketiga bagian ini (Dokumentov dan Hyndman 2015).

Garis *trend* secara linier bisa didapatkan dengan melakukan regresi linier, dimana variabel terikat (Y) diprediksi, setidaknya sampai batas tertentu oleh variabel bebas (X). Jika hubungan ini linier, mungkin secara tepat diwakili secara matematis dengan menggunakan persamaan garis lurus:

$$Y = aX + b \quad (22)$$

dimana **b** adalah intersep, **a** adalah koefisien regresi atau bisa disebut sebagai gradien garis regresi dan sekaligus menggambarkan *velocity* dari Y terhadap X.

2.8 Penelitian Terdahulu

Dalam melaksanakan penelitian ini dilakukan studi literatur pada beberapa penelitian yang dilakukan oleh peneliti-peneliti lain. Pertama, penelitian sebelumnya mengenai pengamatan tren kedudukan permukaan laut pernah dilakukan oleh Yugi Limantara yang berjudul —Analisis Sea Level Rise Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-2 Periode 2008-2012|. Dalam penelitian tersebut dilakukan analisis terhadap tren kenaikan muka air laut di perairan Utara dan Selatan Pulau Jawa (Limantara dkk. 2013). Akan tetapi tren yang ditunjukkan dalam jangka waktu hanya 4 tahun belum mampu menggambarkan sinyal-sinyal periodik atau variasi permukaan laut secara akurat. Sehingga pada penelitian ini dilakukan analisis menggunakan data jangka panjang dari satelit referensi yaitu Jason Series selama 18 tahun agar didapatkan tren yang mampu menggambarkan variasi laut di Laut Jawa dan Laut China Selatan secara lebih detail.

Kedua, penelitian yang berjudul “*Sea Level Variation In The South China Sea Inferred From Satellite Gravity, Altimetry And Oceanographic Data*”, membahas tentang SLV tahunan pada SCS menggunakan data altimetri, oseanografi dan GRACE. Dalam penelitian tersebut dilakukan perbandingan perubahan bentuk pengamatan dari masing-masing data selama tandem

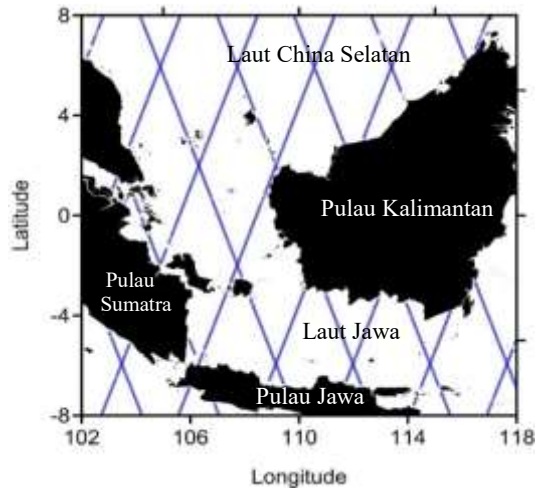
period dan melakukan perbandingan hasil dengan pengukuran pasang surut. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan kecenderungan mean SLV yang disimpulkan dari altimetri di SCS adalah $5,5 \pm 0,7$ mm / tahun untuk periode 1993-2009 (Feng, Zhong, dan HouZe 2012).

Ketiga, penelitian sebelumnya tentang studi kenaikan muka air laut di Indonesia juga pernah dilakukan oleh Eko Yuli Handoko berjudul *—Assessment of Altimetric Range and Geophysical Corrections and Mean Sea Surface Models- Impacts on Sea Level Variability around the Indonesia Seas*. Penelitian tersebut bertujuan untuk membandingkan beberapa model koreksi jarak dan geofisik serta menguji tingkat keakuratannya ketika diterapkan di Perairan Indonesia. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan model koreksi yang baik untuk diterapkan di Indonesia dari masing-masing misi satelit altimetri. Data yang digunakan adalah 3 misi altimetri referensi yaitu Topex/Poseidon, Jason 1, dan Jason 2 (Handoko, Fernandes, dan Lazaro 2017)..

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk tugas akhir ini adalah Laut Jawa dan Laut China Selatan yang terletak pada koordinat 8° LS – 8° LU dan 102° BT – 118° BT.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian,
Laut Jawa dan Laut China Selatan

3.2 Data dan Peralatan

Data dan peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Data RADS Jason-1 tahun 2002-2018
- b. Data RADS Jason-2 tahun 2008-2016
- c. Data RADS Jason-3 tahun 2006-2019
- d. Data Vektor Indonesia

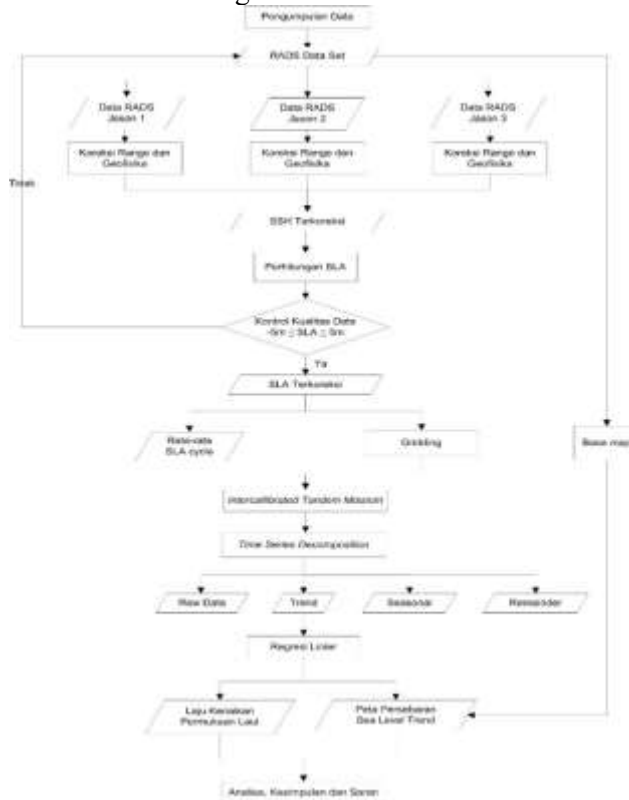
3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- MATLAB R2015a.
- Surfer*
- Grapher 8*.
- Microsoft Excel*.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian tugas akhir ini secara garis besar yang direncanakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut ini adalah penjelasan dari tahapan diagram alir pengolahan data di atas:

1. Dataset RADS

Dataset RADS (*Radar Altimeter Database System*) berisi semua parameter koreksi data satelit altimetri serta nilai pengamatan satelit altimetri Jason-1, Jason-2 dan Jason-3 yang meliputi range dan altitude satelit dari referensi ellipsoid. Data model SLA juga diambil dari RADS. Set datanya berformat NetCDF yang nantinya akan diterjemahkan menggunakan bahasa MATLAB R2013. RADS merupakan sistem database data yang menyediakan data satelit altimetri berformat ASCII dari berbagai misi satelit altimetri.

2. Data *Base Map*

Peta Dasar (*Base Map*) adalah peta yang dijadikan dasar untuk pembuatan peta-peta lainnya. Base map yang digunakan dalam layouting akhir dari Peta Persebaran Trend SLA adalah data vektor garis pantai Indonesia yang didapatkan dari GSHHG (*A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database*) dengan datum horisontalnya adalah WGS 1984 dan tidal datumnya adalah *Mean High Water* (MHW). Format data berupa *ESRI Shapefile*. Vektor garis pantai ini digunakan untuk menggambarkan wilayah daratan.

3. Koreksi Range dan Geofisika

Pada penerapan koreksi ini dipilih model koreksi terbaik dan paling akurat untuk penggunaan data altimetri di Laut Jawa dan Laut China Selatan. Perhitungan koreksi ini akan menghasilkan SSH terkoreksi. Semua perhitungan dilakukan menggunakan script sederhana di MATLAB R2015.

Tabel 3. 1 Parameter Koreksi

Parameter	Jason-1	Jason-2	Jason-3
Dry Troposphere	ERA-Interim	ERA-Interim	ERA-Interim
Wet Troposphere	On-board MWR,	On-board MWR,	On-board MWR,
Ionosphere	Smoothed Dual Frequency	Smoothed Dual Frequency	Smoothed Dual Frequency
Sea State Bias	Tran2012	<i>Tran2012</i>	<i>Tran2012</i>
Dynamic atmospheric correction (DAC)	<i>MOG2D</i>	<i>MOG2D</i>	<i>MOG2D</i>
Ocean Tide and Loading Tide	<i>FES 2014</i>	<i>FES 2014</i>	<i>FES 2014</i>
Reference Frame Offset	Multi Satelit	Multi Satelit	Multi Satelit
MSS	CNES-CLS 11	CNES-CLS 11	CNES-CLS 11

(Handoko, Fernandes, dan Lázaro 2017)

4. Perhitungan SLA

Perhitungan SLA dilakukan menggunakan script di MATLAB R2015 dengan rumus yang telah dijelaskan pada Bab 2. Nilai SLA hasil perhitungan selanjutnya dikontrol kualitasnya dalam rentang nilai -5 hingga 5 meter yang telah ditetapkan sama diseluruh perairan. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan data yang outlier. Apabila nilai memenuhi akurasi maksimum dari masing-masing

kualitas oleh Jason 1, Jason 2, dan Jason 3 maka akan dilanjutkan ke proses berikutnya. Apabila tidak memenuhi berarti kemungkinan ada human error dalam pengolahan atau adanya keacakan data sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang dan cek proses-proses sebelumnya (Scharroo, RADS Data Manual 2016).

5. Rata – Rata per *Cycle*
Nilai SLA dirata-rata berdasarkan cycle terlebih dahulu.
6. *Intercalibrated Tandem Mission*
Intercalibrasi dilakukan dengan menghitung nilai bias pada cycle yang mengalami tandem misi. Bias ini dihitung menggunakan adjustment sederhana dari data yang overlap di dua satelit yaitu Jason 1 dan Jason 2 serta Jason 2 dan Jason 3. Setelah itu seluruh nilai SLA dari data satelit yang terbaru tersebut dikurangi oleh nilai bias sehingga didapatkan SLA terkoreksi seperti formula pada Bab 2.
7. *Time Series Decomposition*
Hasil dari dekomposisi pada R software menghasilkan 4 komponen data time series, yaitu raw, trend, seasonal, dan remainder. Setelah didapatkan nilai trend maka selanjutnya dilakukan perhitungan persamaan regresi dengan variabel X adalah waktu.
8. Menghitung Koreksi
Koreksi yang dilakukan adalah perhitungan koreksi determinasi untuk mendapatkan nilai kenaikan muka air laut dengan satuan mm/tahun.
9. *Gridding SLA*
Kemudian proses gridding dilakukan dengan tujuan untuk membuat peta persebaran trend SLA, sekaligus mengisi kekosongan data terhadap nilai lintang-bujur, agar didapatkan hasil pemodelan yang lebih

baik. Gridding data dilakukan untuk menampilkan perubahan berupa peta kontur warna 2D serta mendapatkan gambar visualisasinya. Gridding SLA dilakukan dengan ukuran $3^{\circ} \times 3^{\circ}$, sebelumnya harus dihitung terlebih dahulu untuk setiap siklus (~ 10 hari) untuk mendistribusikan pengukuran yang sama di seluruh permukaan lautan. Pemilihan ukuran grid berdasarkan jarak antar pass pada satelit Jason.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini akan diuraikan hasil dan pembahasan yang didapatkan dari pengecekan data RADS, perhitungan SLA, intercalibrated, dekomposisi, tren, koreksi MWR dan analisa persebaran noise maupun variasi SLA di Laut Jawa dan Laut China Selatan menggunakan satelit altimetri Jason 1, Jason 2, Jason 3 dalam periode waktu yaitu tahun 2002-2019. Berdasarkan analisis data yang telah diolah seperti yang dijelaskan pada Bab 3, dihasilkan sebagai berikut :

4.1 Pengecekan Data RADS

Hal awal yang dilakukan dalam pengolahan data adalah pengecekan data menggunakan perangkat lunak PANOPLY. Format data hasil download dari Website RADS adalah (.nc). Data RADS yang akan diolah dibaca terlebih dahulu parameter apa saja yang akan digunakan. Dalam pengolahan SLA, parameter yang dibutuhkan adalah *Altitude*, *MSS (Mean Sea Surface)*, serta koreksi atmosfer yakni *Dry Tropospheric*, *Wet Tropospheric*, *Ionosfer*, *Tides*, *Sea State Bias*, *Dynamic Atmospheric* dan *Refrance Frame Offset*. Dalam RADS banyak model koreksi yang disediakan, model koreksi yang digunakan dalam penelitian ini seperti table 3.1. Selain itu diperlukan waktu pengambilan data dalam format MJD (Modeified Julian Date) dan Fraction Of Year. Setelah pemilihan model koreksi maka dapat dilakukan tahap pengolahan data selanjutnya.



File	File Name	Local File
alt_egg04c	EGG04-C orbital altitude	ID
alt_gdr0c	GDR-C orbital altitude	ID
alt_gdr0	GDR-0 orbital altitude	ID
alt_gdrE	GDR-E orbital altitude	ID
alt_rate	orbital altitude rate	ID
alt_slco	OP2(SLCC)/NER11 orbital altitude	ID
alt_slst1204	OP2(SLCC)/NER11 orbital altitude	ID
basin	basin code	ID
dist_coast	distance to coast	ID
dwave_det	datafilter correction to range	ID
dry_tropo_altitude	air tide correction to the dry tropospheric correction	ID

Gambar 4. 1 Pengecekan RADS

4.2 Perhitungan SLA

Nilai SLA yang dihitung menggunakan perangkat lunak MATLAB ini merupakan tinggi permukaan laut yang terferensi pada bidang geoid atau MSS, dimana efek pengaruh atmosfer sudah dihilangkan. Cara menghitung SLA sesuai dengan persamaan 2.3. Jika menggunakan Sea Surface Height (SSH) nilainya masih mengandung efek variasi periode pendek, salah satunya pasang surut. Selanjutnya efek tersebut harus dieliminasi sehingga perubahan muka laut dapat terlihat melalui analisis secara temporal. SLA dihitung setiap pass dalam 1 cycle. Sebelum dilakukan perhitungan data pengamatan, terlebih dahulu dilakukan filter data pada tiap-tiap model koreksi dengan memberi batasan nilai sesuai dengan handbook RADS dan agar tidak terjadi *outlier*, yaitu sebagai berikut :

sla_min	= -5,0;	ssb_min	= -1,0;
sla_max	= 5,0;	ssb_max	= 1,0;
dry_min	= -2,4;	tide_ocean_min	= -5,0;
dry_max	= -2,1;	tide_ocean_max	= 5,0;
wet_min	= -0,6;	tide_load_min	= -0,5;
wet_max	= 0;	tide_load_max	= 0,5;
iono_min	= -0,4;	tide_solid_min	= -1,0;
iono_max	= 0,04;	tide_solid_max	= 1,0;
inv_bar_min	= -1,0;	tide_pole_min	= -0,1;
inv_bar_max	= 1,0;	tide_pole_max	= 0,1;

Batasan nilai tersebut dalam satuan meter, sesuai satuan awal pada raw data yang disediakan oleh database RADS. Sedangkan nilai koreksi yang bernilai NaN (Not a Number) dianggap bernilai 99,999m. Hasil SLA dan koreksi yang outlayer tidak akan digunakan, hal itu dilakukan untuk mengilangkan nilai yang kosong dan melonjak sangat tinggi atau sangat rendah. Berikut script perhitungan SLA dari pengolahan di MATLAB.

```

% Seconds since 1985-01-01 00:00:00 UTC
time_sec1985 = ncread(dir_file, 'time');
% Latitude and Longitude
lat = ncread(dir_file, 'lat');
lon = ncread(dir_file, 'lon');
% Range and Altitude
alt_sat = ncread(dir_file, 'alt_gdrc');
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_rad = ncread(dir_file, 'wet_tropo_rad'); wet_rad(isnan(wet_rad)) = 9.999 ;
wet_era = ncread(dir_file, 'wet_tropo_era'); wet_era(isnan(wet_era)) = 9.999 ;
iono_df = ncread(dir_file, 'iono_alt_smooth'); iono_df(isnan(iono_df)) = 9.999 ;
iono_gim = ncread(dir_file, 'iono_gim'); iono_gim(isnan(iono_gim)) = 9.999 ;
ssb = ncread(dir_file, 'ssb_tran2011'); ssb(isnan(ssb)) = 9.999 ;
DAC = ncread(dir_file, 'inv_bar_mogld');DAC(isnan(DAC)) = 9.999 ;
ocean_tide = ncread(dir_file, 'tide_ocean_fesl4');ocean_tide(isnan(ocean_tide)) = 9.999 ;
load_tide = ncread(dir_file, 'tide_load_fesl4');load_tide(isnan(load_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 ;

```

```

% RPO and Mean Sea Surface
if exist('mss_cnesclsl5');
    MSS = ncread(dir_file, 'mss_cnesclsl5');
else
    MSS = ncread(dir_file, 'mss_cnesclsl1');
end
rfo = ncread(dir_file, 'ref_frame_offset');
% Distance from coast
dcoast = ncread(dir_file, 'dist_coast');
% Determine cycle and pass
cycle = ncreadatt(dir_file, '/', 'cycle_number');
pass = ncreadatt(dir_file, '/', 'pass_number');
% "Seconds since 1985-01-01 00:00:00 UTC";
mjd19850 = 46066;
% Decimal days since 1985-01-01 00:00:00 UTC
time_days = time_sec1985/86400;
% Time vector in mjd
MJD = time_days + mjd19850;
% Compute decimal year
[year, month, day, hour, minute, second] = datevec(MJD + 678942);
% Time vector in decimal year
dec_year = decyear([year, month, day, hour, minute, second]);

```

Gambar 4. 2 Script Perhitungan SLA

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

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan *Sea Level Anomaly*

sat	pass	titik	lat	lon	SLA_0	SLA_1	SLA_2	SLA_3	SLA_4	SLA_5	SLA_6	SLA_7	SLA_8	SLA_9	SLA_10	SLA_11	SLA_12	SLA_13	SLA_14	SLA_15	SLA_16	SLA_17	SLA_18	SLA_19	SLA_20	SLA_21	SLA_22	SLA_23	SLA_24	SLA_25	SLA_26	SLA_27	SLA_28	SLA_29	SLA_30	SLA_31	SLA_32	SLA_33	SLA_34	SLA_35	SLA_36	SLA_37	SLA_38	SLA_39	SLA_40	SLA_41	SLA_42	SLA_43	SLA_44	SLA_45	SLA_46	SLA_47	SLA_48	SLA_49	SLA_50	SLA_51	SLA_52	SLA_53	SLA_54	SLA_55	SLA_56	SLA_57	SLA_58	SLA_59	SLA_60	SLA_61	SLA_62	SLA_63	SLA_64	SLA_65	SLA_66	SLA_67	SLA_68	SLA_69	SLA_70	SLA_71	SLA_72	SLA_73	SLA_74	SLA_75	SLA_76	SLA_77	SLA_78	SLA_79	SLA_80	SLA_81	SLA_82	SLA_83	SLA_84	SLA_85	SLA_86	SLA_87	SLA_88	SLA_89	SLA_90	SLA_91	SLA_92	SLA_93	SLA_94	SLA_95	SLA_96	SLA_97	SLA_98	SLA_99																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	128	52298.13	-7.999302	105.9475	-0.1102	-0.0884	-0.1102	-0.1077	-0.5599	-2.0064	-0.3818	-0.390	-0.1737	-0.1752	-0.0811	-0.0488	-0.0021	0.0007	0.0897	0.0288	108	128	52298.13	-7.94296	105.9577	-0.1408	-0.1232	-0.1408	-0.1386	-0.3854	-2.3054	-0.3802	-0.3878	-0.1713	-0.1752	-0.0907	-0.0488	-0.0021	0.0007	0.0895	0.0287	102	128	52298.13	-7.88662	105.9584	-0.1023	-0.0921	-0.1023	-0.1041	-0.1024	-0.3785	-2.3875	-0.1741	-0.1754	-0.0893	-0.0481	-0.0021	0.0007	0.0892	0.0286	97	128	52298.13	-7.84443	105.9622	-0.1102	-0.1006	-0.1102	-0.1083	-0.3838	-2.3028	-0.3785	-0.3875	-0.1747	-0.1758	-0.0842	-0.0482	-0.0021	0.0007	0.089	0.0286	91	128	52298.13	-7.79423	105.9504	-0.1023	-0.0919	-0.1023	-0.101	-0.4586	-2.3005	-0.3773	-0.3869	-0.1754	-0.1757	-0.0896	-0.0485	-0.0021	0.0007	0.0878	0.0285	86	128	52298.13	-7.74423	105.9387	-0.1125	-0.1034	-0.1125	-0.1112	-0.382	-2.3868	-0.3782	-0.3868	-0.176	-0.1759	-0.0899	-0.0485	-0.0021	0.0007	0.0875	0.0285	81	128	52298.13	-7.69442	105.9599	-0.1228	-0.1117	-0.1228	-0.1217	-0.5598	-2.3054	-0.3776	-0.3862	-0.1769	-0.1759	-0.0848	-0.0488	-0.0021	0.0007	0.0873	0.0285	76	128	52298.13	-7.64442	105.9734	-0.0819	-0.081	-0.0819	-0.0813	-0.3857	-2.3027	-0.3767	-0.3858	-0.1765	-0.1762	-0.0893	-0.0488	-0.0021	0.0007	0.0871	0.0284	71	128	52298.13	-7.59442	105.9911	-0.1047	-0.0973	-0.1047	-0.0473	-0.3876	-2.3067	-0.3761	-0.3854	-0.1769	-0.1762	-0.0719	-0.0488	-0.0021	0.0007	0.0869	0.0284	66	128	52298.13	-7.54442	105.7115	-0.0291	-0.0291	-0.0291	-0.0291	-0.0248	-0.6479	-2.3039	-0.3763	-0.3849	-0.176	-0.1763	-0.0629	-0.05	-0.0022	0.0007	0.0865	0.0284	61	128	52298.13	-7.49442	105.7397	-0.0386	-0.0482	-0.0386	-0.0384	-0.1	-0.3039	-0.3745	-0.3844	-0.1769	-0.1764	-0.0717	-0.05	-0.0022	0.0007	0.0864	0.0283	56	128	52298.13	-7.44448	105.7476	-0.0507	-0.0395	-0.0507	-0.0511	-0.1204	-0.3058	-0.3771	-0.3838	-0.177	-0.1768	-0.0608	-0.05	-0.0021	0.0007	0.0862	0.0284	51	128	52298.13	-7.39448	105.7661	-0.0277	-0.0244	-0.0277	-0.0281	-0.2782	-0.3059	-0.3769	-0.3833	-0.1774	-0.1769	-0.0644	-0.0488	-0.0021	0.0007	0.086	0.0276	46	128	52298.13	-7.34507	105.7843	-0.0117	-0.0029	-0.0117	-0.0125	-0.2896	-0.306	-0.3773	-0.3827	-0.1778	-0.1767	-0.062	-0.0488	-0.0022	0.0007	0.0857	0.0276	41	128	52298.13	-7.29515	105.8023	-0.0269	-0.0244	-0.0269	-0.0268	-0.1061	-0.3774	-0.3829	-0.1778	-0.1769	-0.069	-0.0488	-0.0023	0.0007	0.0855	0.0273	36	128	52298.13	-7.24524	105.8207	-0.0218	-0.0095	-0.0218	-0.0219	-0.2222	-0.3862	-0.3765	-0.3812	-0.1778	-0.1777	-0.0697	-0.0487	-0.0023	0.0007	0.0853	0.027	31	128	52298.13	-7.19532	105.8386	0.0048	0.0206	0.0048	0.0053	0.8824	-0.3862	-0.3764	-0.3804	-0.1784	-0.1772	-0.0615	-0.0488	-0.0024	0.0007	0.085	0.0267	26	128	52298.13	-7.14541	105.8577	0.0027	0.0351	0.0027	0.0112	-0.2045	-0.3863	-0.3772	-0.3799	-0.1789	-0.1772	-0.0611	-0.0485	-0.0024	0.0007	0.0848	0.0263	21	128	52298.13	-7.09549	105.8763	0.0119	0.0211	0.0119	0.0087	0.3026	-0.3864	-0.3861	-0.3788	-0.1789	-0.1775	-0.0619	-0.0485	-0.0025	0.0007	0.0846	0.0259	17	128	52298.13	-7.04557	105.8934	0.0389	0.0411	0.0389	0.0177	0.4284	-0.3865	-0.3889	-0.3788	-0.1789	-0.1774	-0.0622	-0.0484	-0.0025	0.0007	0.0844	0.0256	13	128	52298.13	-6.99565	105.9115	0.0275	0.0284	0.0275	0.0169	0.8919	-0.3868	-0.3848	-0.3871	-0.1791	-0.1779	-0.0699	-0.0483	-0.0025	0.0007	0.0842	0.0252	11	128	52298.13	-6.94573	105.9297	0.0244	0.0204	0.0244	0.0219	0.02878	-0.3869	-0.3842	-0.3862	-0.1793	-0.1777	-0.0611	-0.0488	-0.0025	0.0007	0.0839	0.0248	11	128	52298.13	-6.89581	105.9478	0.0762	0.026	0.0762	0.0681	11.4287	-0.3867	-0.3842	-0.3853	-0.1789	-0.1779	-0.061	-0.0504	-0.0027	0.0007	0.0837	0.0247	8	128	52298.13	-6.84589	105.9659	0.004	0.0173	0.004	0.0018	11.32029	-0.3868	-0.3877	-0.3844	-0.1801	-0.1779	-0.0615	-0.0507	-0.0028	0.0009	0.0834	0.0244	3	128	52298.13	-6.79598	106.7313	-0.0912	-0.0919	-0.0912	-0.0959	18.2095	-0.3868	-0.3834	-0.3842	-0.1848	-0.1803	-0.0716	-0.0509	-0.0029	0.0009	0.0833	0.0241	5	128	52298.13	-6.74595	106.3484	-0.0889	-0.0884	-0.0889	-0.0891	18.3892	-0.3868	-0.3859	-0.3847	-0.181	-0.1804	-0.0412	-0.0516	-0.0029	0.0009	0.0835	0.024	7	128	52298.13	-6.71579	106.3674	-0.0929	-0.0925	-0.0929	-0.0973	18.54215	-0.3868	-0.3856	-0.3852	-0.1849	-0.1805	-0.0493	-0.0507	-0.0029	0.0009	0.0833	0.0234	12	128	52298.13	-6.68579	106.3883	-0.0926	-0.0938	-0.0926	-0.0939	-0.0582	18.6844	-0.3868	-0.3854	-0.3857	-0.1854	-0.1807	-0.0341	-0.0509	-0.0027	0.0009	0.0831	0.0232	17	128	52298.13	-6.65579	106.4091	-0.0929	-0.0938	-0.0929	-0.0938	18.8295	-0.3867	-0.3853	-0.3861	-0.1861	-0.1808	-0.034	-0.0516	-0.0029	0.0009	0.0828	0.023	23	128	52298.13	-6.62579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.59579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.56579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.53579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.50579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.47579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.44579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.41579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.38579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.35579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.32579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.29579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.26579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.23579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.20579	106.4215	-0.0922	-0.0931	-0.0922	-0.0967	18.9892	-0.3867	-0.3839	-0.3864	-0.1869	-0.1809	-0.0356	-0.0521	-0.0029	0.0009	0.0826	0.0226	29	128	52298.13	-6.17579	106.4215	-0.0

259 cycle, namun 3 cycle yaitu c000 dan c178 tidak tersedia dari awal data didownload serta c243 tidak tersedia setelah dilakukan proses dilokasi penelitian ini. Total jumlah data Jason-2 seharusnya 303 cycle, namun 2 cycle yaitu c175 dan c191 tidak tersedia setelah dilakukan proses dilokasi penelitian. Total jumlah data Jason 3, 108 cycle yang semua datanya sudah lengkap dan sesuai.

4.3 Perhitungan Rata-rata Sea Level Anomaly

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

```

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

slal=0;
for i=1:length(latgab);
    slal=slal+(p2(i))*SLA_era_gab(i);
    sla2=slal+(p2(i))*SLA_rad_gab(i);
    sla3=slal+(p2(i))*SLA_df_gab(i);
    sla4=slal+(p2(i))*SLA_gim_gab(i);
end

rata_berat_slal = slal/jumlah_w2;
rata_berat_sla2 = sla2/jumlah_w2;
rata_berat_sla3 = sla3/jumlah_w2;
rata_berat_sla4 = sla4/jumlah_w2;

```

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

Berdasarkan Gambar 4.3 diketahui bahwa rata-rata sea level anomaly di Indonesia hasil pengamatan Jason 1 berada dalam rentang nilai -81,8 mm hingga 251,9 mm, Jason 2 berada

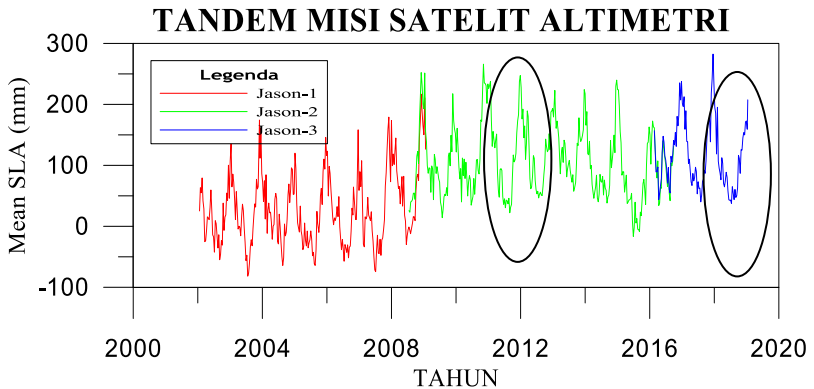
dalam rentang nilai -59,0 mm hingga 219,3 mm, dan Jason 3 berada dalam rentang nilai 37 mm hingga 282,5 mm.

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Rata-rata SLA
Jason 1 Jason-2 Jason-3

cyc	mean_MJD	mean_YYF	meanSLA_rad(mm)	meanSLA_era(mm)	meanSLA_df(mm)	meanSLA_gim(mm)
1	52294,50537	2002,0534	25,2413	25,2473	25,2365	25,2059
2	52304,4023	2002,0806	63,3198	63,3055	63,3033	63,2911
3	52314,17307	2002,1073	55,0117	54,999	54,9909	54,988
4	52324,08803	2002,1345	79,4711	79,3809	79,4742	79,4761
5	52333,74311	2002,1609	41,8813	41,9698	41,8803	41,8518
6	52343,83571	2002,1886	28,4958	28,512	28,4844	28,4544
7	52353,76379	2002,2158	-25,1505	-25,1077	-25,1526	-25,1714
8	52363,73173	2002,2431	-23,7013	-23,7361	-23,6995	-23,698
9	52373,73223	2002,2705	-7,0092	-7,0684	-7,0096	-7,0073
10	52383,5799	2002,2975	15,5656	15,5223	15,5516	15,5544
11	52393,66423	2002,3251	13,6856	13,6624	13,6928	13,6867
12	52403,26489	2002,3514	11,1246	10,975	11,1084	11,109
13	52413,57944	2002,3797	30,9963	30,8139	31,0001	30,9963
14	52423,33425	2002,4064	59,6781	59,6235	59,6699	59,6672
15	52433,22357	2002,4335	26,12	26,1176	26,1056	26,0949
16	52443,21924	2002,4609	-13,9604	-14,0206	-13,9761	-13,9793
17	52453,03269	2002,4878	-16,9957	-17,0243	-16,987	-17,0139
18	52462,93503	2002,5149	-42,2502	-42,3021	-42,2549	-42,248
19	52472,82353	2002,542	9,3825	9,2878	9,3744	9,3766
20	52482,7741	2002,5692	4,2696	4,2555	4,259	4,2587

Sea level anomaly dari pengamatan Jason-1 ditunjukkan dengan warna merah selama tahun 2002-2008, data pengamatan Jason 2 berwarna hijau selama tahun 2008-2016, dan data pengamatan Jason 3 berwarna biru selama tahun 2016-2019. Rata-rata setiap cycle dibuat grafik untuk mengetahui tandem mission. Tandem mision terjadi karena adanya pengambilan data oleh 2 satelit dalam periode waktu yang sama dengan jalur yang sama. Berikut adalah grafik yang menunjukkan adanya tandem

mission 3 misi satelit altimetri yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4. 4 Tandem Misi Satelit Jason

4.4 Perhitungan Bias dan Intercalibrated

Pada gambar 4.4 dalam waktu yang sama nilai SLA berbeda, rentang tandem misi ditunjukkan bahwa terjadi lompatan data pada beberapa data cycle tersebut. Hal ini disebabkan adanya perbedaan perekaman data antar satelit sejauh 1 menit antara Jason-1, Jason-2 dan Jason-3 sehingga terlihat garis yang bertampalan antara warna merah dan hijau atau warna hijau dan biru. Tandem misi antara satelit Jason 1 dengan Jason 2 adalah cycle 240 – 259 dan cycle 1-20 sedangkan tandem misi satelit Jason 2 dan Jason 3 adalah cycle 281-303 dan cycle 1-23. Berikut perhitungan dilakukan secara manual dengan perangkat lunak Microsoft Excel.

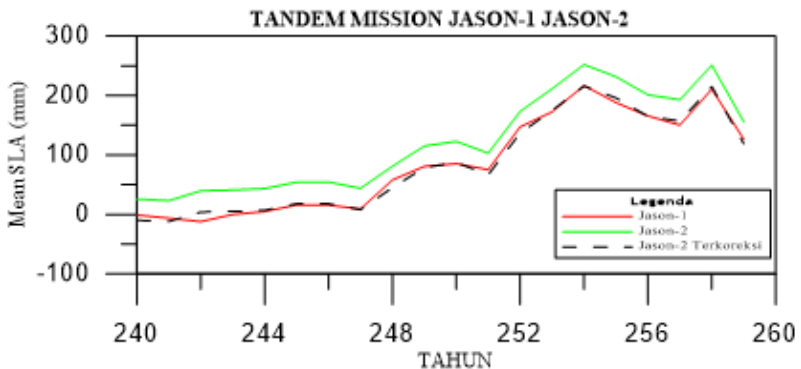
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Bias Jason-1 Jason-2

cyc	JASON 1			cyc	JASON 2			Bias	Mean Bias	Std.Deviasi	Corrected SLA
	mean_MJD	mean_YF	meanSLA_era(mm)		mean_MJD	mean_YF	meanSLA_era(mm)				
240	54664,08167	2008,541207	-1,11855	1	54664,19192	2008,541508	25,697606	26,8095	35,72911895	7,05872649	-10,03151295
241	54674,13219	2008,568667	-6,374895	2	54674,14294	2008,568697	23,181202	29,5559			-12,54791695
242	54682,47661	2008,591466	-12,125883	3	54684,05613	2008,595782	39,891349	51,0172			4,16223005
0	0	0	0	4	54693,96523	2008,622856	41,120832	41,1208			5,39171305
244	54703,64194	2008,648295	4,859566	5	54703,68212	2008,649405	43,373804	38,7142			7,84468505
245	54715,90898	2008,677347	15,913743	6	54713,88534	2008,677282	54,147495	38,2338			18,41837605
246	54723,67844	2008,704039	15,452037	7	54723,70555	2008,704114	54,51329	39,0613			18,78417105
247	54733,65239	2008,731291	9,291387	8	54733,63983	2008,731256	44,069447	34,7781			8,34032805
248	54743,41766	2008,757972	58,078642	9	54743,38446	2008,757881	81,170286	23,0916			45,44116705
249	54753,49882	2008,785514	80,900446	10	54753,4708	2008,785439	115,12335	34,2229			79,39423105
250	54763,31201	2008,812328	85,288479	11	54763,29252	2008,812275	122,764168	37,4757			87,03504905
251	54773,17513	2008,839276	75,238389	12	54773,16657	2008,839253	103,10853	27,8701			67,37941105
252	54783,07542	2008,866321	147,371356	13	54783,17991	2008,866612	173,319058	25,9477			137,5899391
253	54793,11211	2008,893774	172,535594	14	54793,07961	2008,893666	211,488087	38,2525			175,7589681
254	54803,42527	2008,921927	216,793768	15	54803,11524	2008,921108	252,196939	35,4032			216,4678201
255	54812,99401	2008,948071	188,279639	16	54812,96869	2008,948002	231,787365	43,5077			196,0582461
256	54822,80231	2008,97487	165,75437	17	54822,80305	2008,974872	201,231271	35,4769			165,5021521
257	54832,80303	2009,002207	150,345325	18	54832,76253	2009,002096	193,009547	42,6642			157,39423105
258	54842,72418	2009,029381	210,927252	19	54843,14818	2009,030543	251,434571	40,5071			215,7052521
259	54852,61036	2009,056467	126,513025	20	54852,54405	2009,056285	155,684971	29,1719			119,9585821

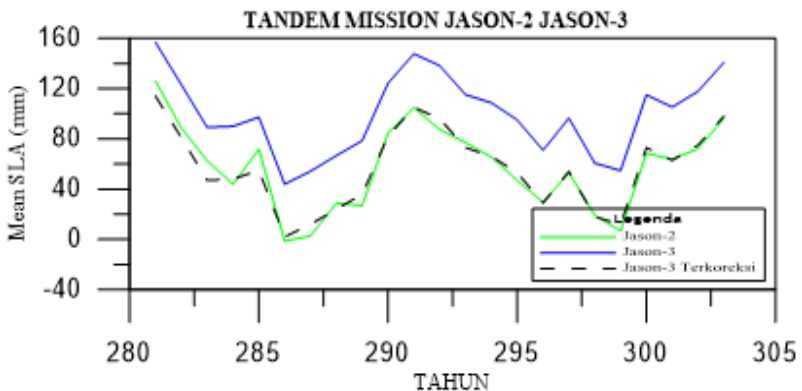
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Bias Jason-2 Jason-3

cyc	JASON 2			cyc	JASON 3			Selisih	Mean Bias	Std.Deviasi	Corrected SLA
	mean_MJD	mean_YF	meanSLA_era(mm)		mean_MJD	mean_YF	meanSLA_era(mm)				
281	57440,58528	2016,143676	125,949108	1	57440,56182	2016,143612	156,775859	30,8268	41,92481039	7,20462743	114,8510486
282	57450,40128	2016,170495	88,645395	2	57450,41217	2016,170525	123,087376	34,442			81,162956561
283	57460,38487	2016,197773	62,640396	3	57459,15263	2016,194406	89,178103	26,5378			47,2529261
284	57470,32892	2016,224942	43,865187	4	57470,31154	2016,224895	90,022622	46,1614			48,10181161
285	57479,5118	2016,250932	71,880195	5	57480,20011	2016,251913	97,248985	25,4188			55,32417461
286	57490,1062	2016,278979	-1,339526	6	57490,09855	2016,278794	43,931839	45,2669			2,00702869
287	57500,11336	2016,306321	2,828514	7	57500,10911	2016,306309	54,249952	51,4214			12,52514161
288	57509,90671	2016,333078	28,836834	8	57509,95715	2016,333216	66,693482	37,8566			24,76867161
289	57519,87347	2016,36031	26,892309	9	57519,95183	2016,360524	78,497354	51,6025			36,57254361
290	57529,84492	2016,387554	84,594058	10	57529,87969	2016,387649	124,257954	39,6639			82,33314961
291	57539,77046	2016,414673	104,960176	11	57539,77929	2016,414698	147,666366	42,7062			105,7415536
292	57549,67518	2016,441735	87,355238	12	57549,66165	2016,441699	138,120203	50,9368			96,36727261
293	57559,55173	2016,468721	77,05693	13	57559,58622	2016,468815	115,069987	38,0131			73,14517861
294	57569,51064	2016,495891	65,636124	14	57569,49399	2016,495885	108,731852	43,0957			66,80704161
295	57579,37712	2016,523889	47,006124	15	57579,35446	2016,523826	95,025131	48,019			53,10032061
296	57589,51593	2016,55058	29,608009	16	57589,4609	2016,55044	70,948326	41,3403			29,02351561
297	57599,20316	2016,577058	53,0102	17	57599,2474	2016,577179	96,460817	43,4506			54,53600661
298	57609,17604	2016,604306	19,28993	18	57609,20341	2016,604381	168,593807	41,3046			18,66879661
299	57619,03782	2016,631251	6,571488	19	57619,07398	2016,63135	54,740584	48,1691			12,81577361
300	57628,94374	2016,658316	68,424823	20	57628,88141	2016,658146	114,969374	46,5446			73,04456361
301	57638,93975	2016,685628	63,809133	21	57638,96558	2016,685534	105,249892	41,4408			63,5208161
302	57648,88642	2016,71275	72,309041	22	57648,84084	2016,71268	117,795439	45,4864			75,87062861
303	57658,78513	2016,73985	96,229535	23	57658,72005	2016,739672	140,792416	44,5629			98,86760561

Nilai bias antara satelit Jason-1 dengan Jason-2 adalah 35,729 mm, nilai bias antara Jason 2 dan Jason 3 adalah 41,924 mm. Setelah mendapatkan bias kemudian nilai mean SLA Jason 1, 2, dan 3 dikoreksi dengan persamaan (2.4) dan (2.5). Hasil SLA terkoreksi dapat dilihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 ditunjukkan dengan garis putus-putus.



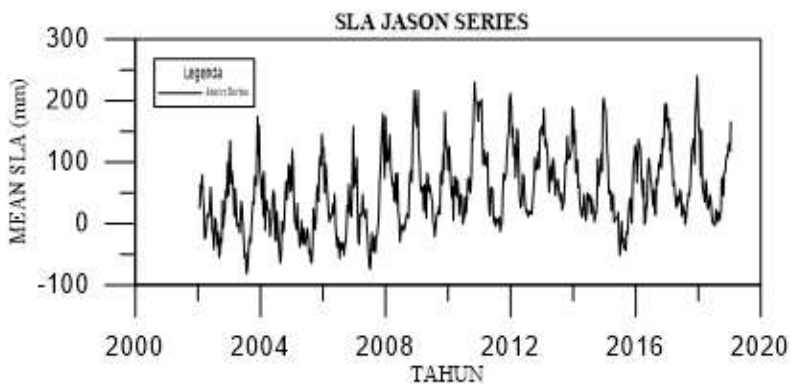
Gambar 4. 5 Tandem Misi Jason-1 Jason-2



Gambar 4. 6 Tandem Misi Jason-2 Jason-3

Bias yang terjadi pada Gambar 4.5 terlihat bahwa nilai perbedaan antar 2 satelit cenderung sama disetiap cyclenya. Pola lompatan datanya hampir serupa, walaupun ada sedikit perbedaan pola diawal dan diakhir. Hal ini menunjukkan adanya kesalahan sistematis yang terjadi antar 2 satelit yang menimbulkan bias yang berpola, karena instrument yang digunakan Jason 1 dan Jason 2 hampir memiliki sifat yang sama. Sedangkan yang terkahir yaitu Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengamatan Jason 2 dan Jason 3 memiliki pola yang sama persis namun pada gap yang besar. Hal ini terjadi akibat instrument yang digunakan sangat mirip yaitu microwave yang digunakan sama-sama advance microwave radiometer. Oleh karena itu, gap terjadi hanya karena kesalahan sistematis saja (Dumont dkk. 2016).

Setelah dikoreksi bias antar satelit, data yang digunakan harus difilter. Data SLA pada range tandem mission yang digunakan hanya setengah saja masing-masing satelit, misal data SLA Jason-1 yang digunakan adalah cycle 1-249, Jason-2 adalah cycle 11-290, Jason-3 adalah cycle 11-108. Nilai rata-rata sea level anomaly Indonesia yang sudah terkoreksi dapat dilihat pada Lampiran A. Berikut adalah hasil *Intercalibrated* semua misi satelit altimetri yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4. 7 Grafik SLA Terkoreksi

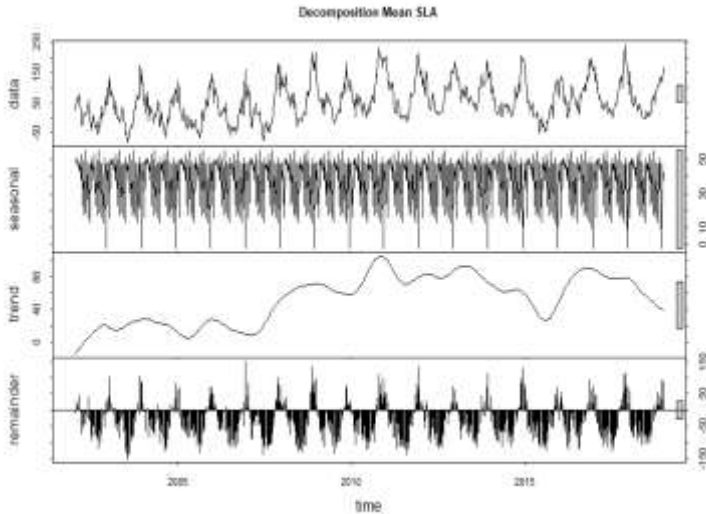
4.5 Dekomposisi Data *Time Series*

Dekomposisi data dilakukan setelah data semua satelit sudah difilter dan digabungkan. Proses dekomposisi dilakukan diperangkat lunak R. Dekomposisi data adalah proses memecah RAW data menjadi komponen musiman, trend, dan error. *Time Series Decomposition* dilakukan menggunakan R software dengan membuat script. Metode yang digunakan yaitu STL (a seasonal-trend decomposition based on loess) decomposition seperti yang telah dijelaskan pada Bab 3. Metode ini sangat baik untuk menguraikan data sea level anomaly time series.

```
#read data all
data <- read.delim(file.choose(),header=TRUE, sep="", dec=".")
sla <- data[,4] #definisikan untuk SLA per poin
time <- data[,3]
#fill NA data
library("zoo")
cz <- zoo(sla)
sla_all <- na.approx(cz)
#time series
tsku <- ts(sla_all, frequency=36.8686868687, start=c(2002.053439))
png(filename="Rak_SLA_MEAN.png",width=1000,height =450)
plot.ts(tsku, xlab="Time", ylab="Sea Level Anomaly (mm)", main="Sea Level Anomaly Time Series")
dev.off()
#decomposed data
decomposed <- stl(tsku,s.window="periodic")
plot(decomposed, main="Decomposition Mean SLA")
#extract component ts
seasonal <- decomposed$time.series[,1]
trend <- decomposed$time.series[,2]
remainder <- decomposed$time.series[,3]
png(filename="Trend_SLA_MEAN.png",width=1000,height=450)
plot.ts(trend, xlab="mean_YYF", ylab="SLA_era(mm)", main="Trend SLA")
hasil_akhir <- matrix(c(data[,1],data[,3],sla_all,trend,seasonal,remainder),nrow=625,ncol=6)
write.table(hasil_akhir,file="sla_mean.txt", row.names=FALSE,col.names=FALSE)
```

Gambar 4.8 Script STL Menggunakan R Software

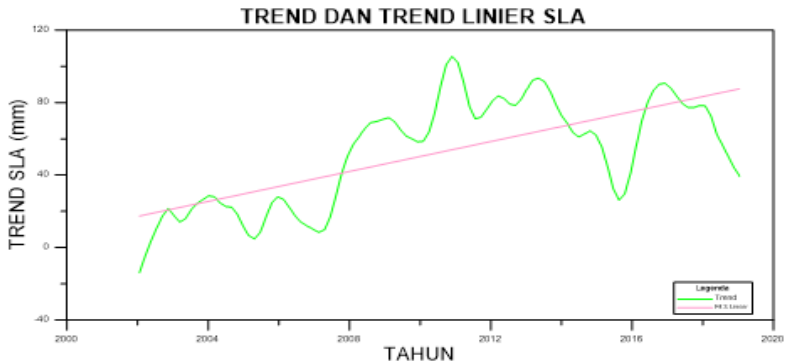
Berikut pada Gambar 4.9 adalah hasil dekomposisi dari data mean SLA dilokasi penelitian, terdiri dari komponen musiman/*seasonal*, trend, dan *error/remainder*. Pada penelitian ini hasil dari dekomposisi adalah untuk mendapatkan trend dari data. Trend yang digunakan selanjutnya adalah trend liniernya.



Gambar 4.9 Hasil Time Series Decomposition

Dekomposisi data dilakukan setelah data semua satelit sudah difilter dan digabungkan. Proses dekomposisi dilakukan diperangkat lunak R. Dekomposisi data adalah proses memecah RAW data menjadi komponen. Untuk mengetahui fenomena kenaikan muka air laut terhadap SLA, maka perlu dilakukan analisa trend kenaikan muka air laut dengan menggunakan pendekatan secara regresi linier. Berdasarkan grafik trend diketahui bahwa nilai minimum SLA terjadi pada bulan Maret tahun 2005 yaitu -13,8 mm dan nilai SLA maksimum terjadi pada bulan Maret tahun 2009 yaitu 105,4 mm. Pada Gambar 4.10 terlihat bahwa terjadi pola siklikal namun kembalinya sangat lambat yaitu selama 9 tahun. Lembah didua waktu ini menunjukkan bahwa pada waktu tersebut, perairan di Laut China Selatan hingga Laut Jawa mengalami dampak dari kejadian El Nino yang menimpa seluruh perairan di Indonesia. Hal tersebut terlihat dari pola siklus yang sangat panjang dan penurunan SLA secara drastic. Kejadian El Nino tersebut diperkuat oleh hasil

penelitian Ardila Yananto tahun 2016 menyatakan bahwa pada bulan November 2015 hingga 2016 terjadi fenomena El Nino kuat di Indonesia (Yananto dan Sibarari 2016). Berikut adalah grafiknya:



Gambar 4.10 Grafik Trend dan Trend Linier Mean SLA_ERA

Komponen trend sendiri adalah komponen yang memiliki pola naik atau turun. Berdasarkan nilai *trend* yang didapatkan dari hasil penguraian signal, sehingga dapat dihasilkan kecepatan *sea level anomaly*. Nilai kecepatan dihasilkan dengan meregresikan data *trend* terhadap waktu sehingga didapatkan trend linier yang terlihat oleh garis pink pada Gambar 4.10. Hal itu ditunjukkan dari hasil pengolahan SLA terdapat pola naik seperti diatas. Cara untuk mengetahui kenaikan muka air laut atau trend linier dengan metode regresi linier sesuai dengan persamaan berikut:

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

dimana dapat dijelaskan bahwa y adalah variabel terikat atau trend linier, x adalah variabel bebas, a adalah tingkat kenaikan (*slope, trend*) dan b adalah intersep atau koefisien regresi. Untuk mendapatkan trend linier maka x diisi dengan waktu data SLA.

Sehingga setelah dilakukan perhitungan, hasil persamaan (15) dari regresi linier adalah $y = 4,134x - 8260.8017$ diketahui bahwa trend linier bernilai positif dari gradien garis kearah kanan. Serta dari nilai gradien tersebut didapatkan nilai laju kenaikan permukaan laut yaitu 4,2 mm/tahun. Melalui uji T diketahui bahwa dalam persamaan (15) dinyatakan signifikan. Perhitungan uji statistic dapat dilihat pada Tabel 4.5.

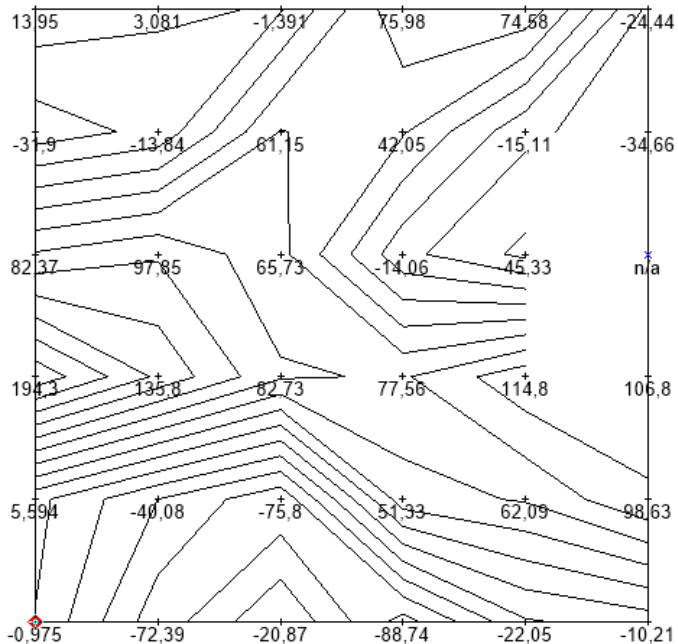
Tabel 4.5 Uji Statistika Hasil Regresi *Sea Level Anomaly*.

SUMMARY OUTPUT					
<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0,694248094				
R Square	0,481980415				
Adjusted R Square	0,481148923				
Standard Error	21,11823186				
Observations	625				
<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	258515,3685	258515,3685	579,6572324	4,79842E-91
Residual	623	277845,3637	445,9797171		
Total	624	536360,7323			
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>
Intercept	-8260,801704	345,296559	-23,92378809	3,21559E-90	-8938,887865
YYF	4,134848953	0,171741013	24,07607178	4,79842E-91	3,797587543

4.6 Gridding SLA Tiap Cycle

Gridding dilakukan dengan metode (z -mean) dan ukuran grid yang digunakan adalah $3^{\circ} \times 3^{\circ}$. Kemudian dihitung nilai SLA

dari tiap titik grid untuk semua *cycle*. Batas wilayah yang digunakan adalah 8° LS – 8° LU dan 102° BT – 118° BT maka ukuran gridding disesuaikan dengan sumber data yaitu jarak antar jalur dalam satelit altimetri adalah 315 km ($\pm 3^{\circ}$). Grid dihitung setiap *cycle* dengan format akhir data (.gdr).



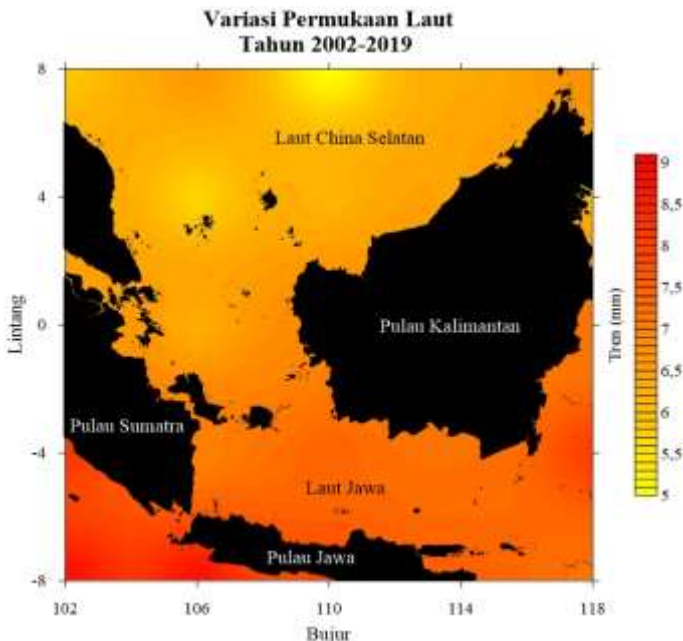
Gambar 4. 11 Hasil Gridding SLA 1 Cycle

Setelah dilakukan gridding data (.gdr), data gridding diubah menjadi format *text file* (.txt) agar dapat dihitung korelasinya. Berikut adalah hasil export data (.gdr) menjadi (.txt).

8.8452652e+00	8.8217135e+00	8.0793548e+00	7.5594578e+00	7.2668272e+00	6.4326779e+00
9.2097725e+00	7.0179894e+00	7.4773855e+00	7.3048605e+00	8.0749913e+00	6.8330453e+00
6.4038142e+00	6.3473283e+00	6.9456311e+00	6.9325122e+00	7.2346732e+00	7.0166108e+00
6.3677208e+00	5.7336851e+00	6.2379956e+00	6.4747052e+00	6.2571401e+00	3.0099723e+00
5.9371411e+00	6.6616790e+00	5.0579505e+00	6.3765354e+00	6.7904235e+00	6.8841678e+00
6.0159308e+00	6.3943937e+00	5.9856027e+00	5.9100535e+00	7.1833790e+00	6.9022742e+00

Gambar 4. 12 Contoh Hasil Konversi Data Grid

Berdasarkan hasil perhitungan SLA disetiap titik didapatkan bahwa nilai SLA cenderung tinggi di perairan bagian selatan. Gambaran variasi kenaikan muka air laut secara menyeluruh di Laut Jawa dan Laut China Selatan dapat dilihat pada gambar 4.13. Sebaran SLA menunjukkan rentang nilai 5 hingga 9 mm/tahun yang digambarkan dari warna kuning hingga merah. Semakin merah warnanya berarti kecepatannya semakin tinggi, sedangkan semakin kuning berarti kecepatannya semakin mendekati nol.



Gambar 4. 13 Peta Variasi Permukaan Laut di Laut Jawa dan Laut China Selatan

Berdasarkan Gambar 4.13 diketahui bahwa lokasi-lokasi dengan kecepatan rendah terjadi di sekitar Laut China Selatan yang memiliki nilai SLA 5-6,8 mm/tahun. Nilai ini didukung oleh hasil penelitian Feng 2016 yang menyatakan kecenderungan mean SLV yang disimpulkan dari altimetri di SCS adalah 5,5 mm/tahun untuk periode 1993-2009 (Feng, Zhong, dan HouZe 2012). Sedangkan berdasarkan kecepatan tinggi terjadi di sekitar Laut Jawa bagian Utara atau Selatan yang memiliki nilai SLA 7-9 mm/tahun. Nilai ini didukung oleh hasil penelitian Wahyu Setianingsih 2018 yang menyatakan rata-rata kenaikan muka laut di Laut Jawa pada tahun 2006–2016 sebesar 6,8 mm/tahun (Wahyu.S, Bandi, dan Nurhadi 2018).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari hasil pengolahan data dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Dapat diketahui Time Series Pada Pengamatan data Jason-1, Jason-2 dan Jason-3.
- b. Variasi permukaan laut selama periode 2002-2019 yang diamati menggunakan satelit altimetri Jason Series menunjukkan bahwa SLA naik didaerah Laut Jawa bagian utara dan selatan, sedangkan SLA turun didaerah Laut China Selatan. Kenaikan permukaan Laut yang diperoleh sebesar 4,1 mm/tahun. Oleh karena itu, pulau-pulau kecil di sekitar wilayah tersebut memerlukan perhatian khusus agar tidak sampai terjadi penenggalaman pulau dan dampak-dampak lainnya.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran dari penulis terhadap keberlanjutan penelitian yaitu sebagai berikut:

- a. Penggunaan Data tambahan seperti data stasiun pasang surut dapat melengkai area-area pesisir yang tidak tercakup oleh data altimetri.
- b. Pengolahan Data menggunakan satelit altmetri multi misi ini dapat ditingkatkan lebih baik lagi terhadap pengaruh kejadian akibat kenaikan permukaan air laut lainnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ablain, M., Cazenave, A., Larnicol, G., dan Balmaseda, M. 2015. "Improved sea level record over the satellite altimetry era (1993–2010) from the Climate Change Initiative project". *Ocean Science*, 67-82.
- Andersen, O. B., & Scharroo, R. 2011. "Range and Geophysical Corrections in Coastal Regions: And Implications for Mean Sea Surface Determination". In S. Vignudelli, A. G. Kostianoy, P. Cipollini, & J. Benveniste (Eds.), *Coastal Altimetry* (pp. 103-145). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Aviso. 2015. "Altimetry". France: Parc Technologique du Canal. aviso.altimetry.fr.
- Bronner, E., Picot, N., Desjonqueres, J.-D., Desai, S., Hausman, J., Carrere, L., dkk. 2016. "Jason-1 Products Handbook". Berlin: CNES dan NASA.
- Cazenave, Anny and William Llovel. 2010. "Contemporary Sea Level Rise". *Annual Review of Marine Science* 2(1):145–73.
- Cazenave, A., Henry, O., Munier, S., Delcroix, T., Gordon, A. L., Meyssignac, B., Becker, M. 2012. Estimating ENSO Influence on the Global Mean Sea Level, 1993–2010. *Marine Geodesy*, 35(sup1), 82-97. doi:10.1080/01490419.2012.718209
- Cazenave, A., Lombard, A., dan Llovel, W. 2008. "Present-day sea level rise: a synthesis". *Computation Rendus Geoscience*, 761-770
- Chambers, D. P., Ries, J. C., dan Urban, T. J. 2003. "Calibration and verification of Jason-1 using global along-track residuals with TOPEX". *Marine Geodesy*, 305-318.
- Chelton, Dudley B., John C. Ries, Bruce J. Haines, Lee Lueng Fu, and Philip S. Callahan. 2001. "Chapter 1 Satellite Altimetry". *International Geophysics* 69(C):1–183.
- Cheng, Xuhua and Yiquan Qi. 2007. "Trends of Sea Level

- Variations in the South China Sea from Merged Altimetry Data”. *Global and Planetary Change* 57(3–4):371–82.
- Church, J. A., J. M. Gregory, N. J. White, S. M. Platten, and J. X. Mitrovica. 2011. “Understanding and Predicting Sea Level Rise”. *Oceanography* 24(2):130–43.
- Church, John A., Neil J. White, and John R. Hunter. 2006. “Sea-Level Rise at Tropical Pacific and Indian Ocean Islands”. *Global and Planetary Change* 53(3):155–68.
- Cipollini, Paolo, Francisco M. Calafat, Svetlana Jevrejeva, Angelique Melet, and Pierre Prandi. 2017. “Monitoring Sea Level in the Coastal Zone with Satellite Altimetry and Tide Gauges”. *Surveys in Geophysics* 38(1):33–57.
- Desjonqueres, J.-D. 2009. “POSEIDON3 instrument investigations corrections and upgrades”. Washington: OSTST.
- Dokumentov, A., dan Hyndman, R. J. 2015. “STR: A Seasonal Trend Decomposition Procedure Based on Regression”. Australia: Department of Econometrics and Business Statistics, Monash University.
- Dumont, J. P., Rosmorduc, V., Carrere, L., Picot, N., Bronner, E., Couhert, A., dkk. 2016. “Jason-3 Products Handbook”. Berlin: CNES, NASA, EUMETSAT, dan NOAA.
- Etcheverry, L., Saraceno, M., Piola, A., Valladeau, G., dan Moller, O. 2015. “A comparison of the annual cycle of sea level in coastal areas from gridded satellite altimetry and tide gauge”. *Continental Shelf Res.*, 87-97.
- Feng, Wei and Min Zhong. 2015. “Global Sea Level Variations from Altimetry, GRACE and Argo Data over 2005–2014”. *Geodesy and Geodynamics* 6(4):274–79.
- Handoko, E. Y., Fernandes, M. J., & Lazaro, C. 2017. “Assessment of Altimetric Range and Geophysical Corrections and Mean Sea Surface Models-Impacts on Sea Level Variability around Indonesia Seas”. *Remote Sens*, 102.
- Latuconsina, Husain. 2010. “Dampak Pemanasan Global

- Terhadap Ekosistem Pesisir Dan Lautan”. 3(Mei):30–37.
- Leuliette, E., Nerem, R., dan Mitchum, G. 2004. “Calibration of TOPEX/Poseidon and Jason altimeter data to construct a continuous record of mean sea level change”. *Marine Geodesy*, 79-94.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., dan Hyndman, R. J. 1998. “Forecasting: Methods and Applications”. United States of America: John Wiley & Sons.
- Masters, D., Nerem, R. S., Choe, C., Leuliette, E., Beckley, B., White, N., dkk. 2012. “Comparison of Global Mean Sea Level Time Series from TOPEX/Poseidon, Jason-1, and Jason-2”. *Marine Geodesy*, 20-41.
- Nasa. “Handbook Jason-1, Jason-2 dan Jason-3”.
- Nerem, R. S., Chambers, D. P., Choe, C., dan Mitchum, G. T. 2010. Estimating Mean Sea Level Change from the TOPEX and Jason Altimeter Missions. *Marine Geodesy*, 435-446.
- Nicholls, R. J. 2010. “Impact of and responses to sea-level rise”. *Understanding Sea-Level Rise and Variability*;, 17-44.
- Vignudelli, Stefano, Andrey G. Kostianoy, Paolo Cipollini, and Jérôme Benveniste. 2011. “Coastal Altimetry”.
- Wei, W. W. 2006. “Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods Second Edition”. United States of America : Pearson Education.
- Woppelmann, G., dan Marcos, M. 2016. "Vertical land motion as a key to understanding sea level change and variability". *Rev. Geophys*, 64-92.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A
TABEL NILAI RATA-RATA *SEA LEVEL ANOMALY*
DI LAUT JAWA DAN LAUT
CHINA SELATAN

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
1	52294,50537	2002,053439	25,246786
2	52304,4023	2002,080554	63,305115
3	52314,17307	2002,107323	54,998666
4	52324,08803	2002,134488	79,380642
5	52333,74311	2002,16094	41,969565
6	52343,83571	2002,188591	28,511667
7	52353,76379	2002,215791	-25,107833
8	52363,73173	2002,243101	-23,736235
9	52373,73223	2002,270499	-7,068319
10	52383,5799	2002,297479	15,522391
11	52393,66423	2002,325107	13,662472
12	52403,26489	2002,351411	10,975251
13	52413,57944	2002,37967	30,814469
14	52423,33425	2002,406395	59,623639
15	52433,22357	2002,433489	26,117902
16	52443,21924	2002,460875	-14,020068
17	52453,03269	2002,487761	-17,023728
18	52462,93503	2002,51489	-42,301455
19	52472,82353	2002,541982	9,288366
20	52482,7741	2002,569244	4,255972
21	52492,67033	2002,596357	-15,389908
22	52502,62078	2002,623619	-35,509062
23	52512,56632	2002,650867	-13,888676

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
24	52522,49428	2002,678067	-54,805746
25	52532,38047	2002,705152	-46,009329
26	52542,23574	2002,732153	-23,267927
27	52552,42254	2002,760062	-30,846137
28	52561,85715	2002,78591	38,086507
29	52571,66138	2002,812771	-6,610439
30	52581,88514	2002,840781	15,136561
31	52591,84564	2002,86807	18,731466
32	52601,61152	2002,894826	54,550052
33	52611,45954	2002,921807	42,319313
34	52621,67409	2002,949792	100,236523
35	52631,6187	2002,977038	46,090498
36	52641,43115	2003,003921	107,586255
37	52651,33499	2003,031055	135,047986
38	52661,25146	2003,058223	64,730069
39	52671,15936	2003,085368	85,668639
40	52681,05134	2003,112469	72,455681
41	52690,98574	2003,139687	45,874587
42	52700,82078	2003,166632	11,041193
43	52710,7508	2003,193838	56,938561
44	52720,70113	2003,221099	26,197551
45	52730,60339	2003,248228	-4,487415
46	52742,41247	2003,280582	0,107748
47	52750,43043	2003,302549	-1,924637
48	52760,37449	2003,329793	-15,471348
49	52770,32253	2003,357048	15,097151
50	52780,24435	2003,384231	36,38742
51	52789,87766	2003,410624	26,329572

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
52	52799,96106	2003,438249	-2,704709
53	52809,85664	2003,465361	-26,072925
54	52819,8314	2003,492689	-56,272881
55	52829,84129	2003,520113	-47,429157
56	52839,75445	2003,547272	-81,77353
57	52849,73613	2003,57462	-76,380371
58	52859,52409	2003,601436	-60,059025
59	52869,44569	2003,628618	-33,628625
60	52879,40418	2003,655902	-22,035351
61	52889,32248	2003,683075	-31,944616
62	52899,18351	2003,710092	-4,012672
63	52909,12919	2003,73734	18,360224
64	52919,04544	2003,764508	36,83775
65	52928,97432	2003,79171	31,523468
66	52938,88957	2003,818876	77,12578
67	52948,79136	2003,846004	61,265047
68	52957,86994	2003,870877	64,846708
69	52972,29185	2003,910389	174,31073
70	52978,49327	2003,927379	111,819735
71	52988,43376	2003,954613	160,747518
72	52998,33765	2003,981747	86,645052
73	53008,24683	2004,00887	72,473755
74	53018,08051	2004,035739	40,922325
75	53028,09772	2004,063109	74,720922
76	53038,0393	2004,090271	12,013054
77	53046,41173	2004,113147	84,525855
78	53059,95511	2004,150151	-11,417815
79	53067,79944	2004,171583	25,984153

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
80	53077,68261	2004,198586	38,073722
81	53087,33698	2004,224964	22,163193
82	53097,41859	2004,25251	23,259304
83	53107,32281	2004,279571	7,06075
84	53117,19772	2004,306551	-21,168794
85	53127,1679	2004,333792	0,248017
86	53137,21735	2004,36125	2,960824
87	53146,99203	2004,387956	44,288221
88	53157,24408	2004,415967	54,022909
89	53166,9562	2004,442503	45,74585
90	53176,89781	2004,469666	-24,635943
91	53186,76389	2004,496623	-28,874459
92	53196,52344	2004,523288	19,887416
93	53206,61688	2004,550866	-0,924182
94	53216,50638	2004,577886	-26,193568
95	53226,44256	2004,605034	-49,029329
96	53236,35638	2004,632121	-64,220829
97	53246,25144	2004,659157	-51,843279
98	53256,24007	2004,686448	3,831841
99	53266,14204	2004,713503	-15,660039
100	53275,98647	2004,7404	-9,96585
101	53285,8403	2004,767323	11,537743
102	53295,95237	2004,794952	51,640761
103	53305,74832	2004,821717	69,338086
104	53315,37207	2004,848011	39,002272
105	53325,65737	2004,876113	60,479063
106	53334,85631	2004,901247	95,903462

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
107	53345,40962	2004,930081	93,245941
108	53355,25241	2004,956974	52,357924
109	53365,23004	2004,984235	53,012989
110	53375,1087	2005,011257	119,968898
111	53385,12937	2005,038711	94,608975
112	53394,83148	2005,065292	36,951441
113	53404,74199	2005,092444	5,753244
114	53414,68656	2005,119689	-2,34495
115	53424,6919	2005,147101	-9,453302
116	53434,66524	2005,174425	33,218452
117	53444,46869	2005,201284	-7,503845
118	53454,25434	2005,228094	-15,708566
119	53464,49855	2005,25616	-38,224229
120	53473,86409	2005,281819	-32,282777
121	53484,1676	2005,310048	5,42452
122	53494,0472	2005,337116	-23,458493
123	53504,11331	2005,364694	-32,227597
124	53513,83835	2005,391338	-7,781371
125	53523,91569	2005,418947	-35,3205
126	53533,70822	2005,445776	-27,114839
127	53543,75004	2005,473288	-21,953348
128	53553,58987	2005,500246	-7,549331
129	53563,60863	2005,527695	-21,10276
130	53573,49838	2005,55479	-48,317222
131	53583,75907	2005,582902	-42,579808
132	53593,30759	2005,609062	-61,37152
133	53603,14742	2005,63602	-64,154478
134	53613,15708	2005,663444	-38,812643

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
135	53623,07436	2005,690615	24,49303
136	53631,28954	2005,713122	5,474323
137	53644,96008	2005,750576	-9,900651
138	53652,7994	2005,772053	6,026806
139	53662,73609	2005,799277	49,45225
140	53672,49162	2005,826004	62,249915
141	53682,62229	2005,85376	35,844602
142	53692,51194	2005,880855	89,760339
143	53702,43236	2005,908034	110,264177
144	53712,38289	2005,935296	93,888143
145	53722,25366	2005,962339	145,87212
146	53732,17035	2005,989508	115,995113
147	53741,9035	2006,016174	123,326301
148	53751,98007	2006,043781	49,730414
149	53761,8611	2006,070852	98,197584
150	53771,64586	2006,09766	86,841197
151	53781,98927	2006,125998	58,909121
152	53791,57154	2006,152251	37,538601
153	53801,60074	2006,179728	15,040368
154	53811,58337	2006,207078	2,599666
155	53821,32933	2006,233779	13,795365
156	53831,18061	2006,260769	9,706862
157	53840,94595	2006,287523	16,061481
158	53850,95433	2006,314943	32,267697
159	53861,20437	2006,343026	15,879343
160	53871,11325	2006,370173	48,66321
161	53880,96509	2006,397165	-0,376028
162	53891,23835	2006,425311	-20,525029

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
163	53900,71169	2006,451265	-38,366753
164	53910,75432	2006,478779	-21,741021
165	53920,56689	2006,505663	-37,016935
166	53930,32677	2006,532402	-57,22254
167	53940,33307	2006,559817	-29,916141
168	53950,29846	2006,587119	-35,557057
169	53960,21469	2006,614287	-42,712526
170	53970,12018	2006,641425	-30,464806
171	53980,00091	2006,668496	-51,671403
172	53989,79145	2006,695319	-34,218407
173	54000,27213	2006,724033	-32,367751
174	54009,78602	2006,750099	-7,806161
175	54019,73635	2006,77736	29,74947
176	54029,81888	2006,804983	18,589352
177	54036,34176	2006,822854	64,431864
179	54060,2036	2006,888229	11,155088
180	54069,28128	2006,913099	11,225399
181	54079,40483	2006,940835	79,985966
182	54089,16026	2006,967562	158,290082
183	54099,0317	2006,994607	58,999732
184	54108,84249	2007,021486	89,525162
185	54118,66693	2007,048403	65,175668
186	54128,7422	2007,076006	107,584324
187	54138,61184	2007,103046	32,498857
188	54148,54427	2007,130258	-29,116053
189	54158,51857	2007,157585	-33,656457
190	54168,3454	2007,184508	15,603115
191	54178,5108	2007,212358	12,219825

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
192	54188,13637	2007,23873	16,274153
193	54198,07321	2007,265954	47,398489
194	54207,75114	2007,292469	18,594139
195	54218,0369	2007,320649	14,230919
196	54227,89424	2007,347655	9,33898
197	54237,82704	2007,374869	23,849575
198	54247,61273	2007,401679	-6,942448
199	54257,70722	2007,429335	-24,361399
200	54267,52301	2007,456227	-50,250005
201	54277,42228	2007,483349	-71,531018
202	54287,47328	2007,510886	-74,311285
203	54297,20925	2007,53756	-40,116875
204	54307,2415	2007,565045	-14,655592
205	54317,16371	2007,592229	-43,914776
206	54327,16993	2007,619644	-44,672668
207	54336,98404	2007,646532	-21,232294
208	54346,93047	2007,673782	-47,575726
209	54356,83625	2007,700921	-22,299718
210	54366,6405	2007,727782	-19,24545
211	54376,58712	2007,755033	-5,498768
212	54386,39375	2007,781901	10,596685
213	54396,41427	2007,809354	66,09502
214	54406,27397	2007,836367	88,159652
215	54416,3811	2007,864058	126,52993
216	54426,21318	2007,890995	159,518583
217	54436,16135	2007,91825	179,112582
218	54446,02896	2007,945285	117,476557
219	54456,0033	2007,972612	73,162994

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
220	54465,88433	2007,999674	173,641013
221	54475,83885	2008,026882	99,432869
222	54485,66816	2008,053738	118,558125
223	54495,79232	2008,0814	101,418187
224	54505,55938	2008,108086	123,505593
225	54515,42856	2008,135051	144,831535
226	54525,35305	2008,162167	91,335764
227	54535,27747	2008,189283	77,135044
228	54545,3792	2008,216883	61,950555
229	54554,98907	2008,24314	65,262439
230	54565,19613	2008,271028	36,902565
231	54574,83784	2008,297371	60,286008
232	54584,95958	2008,325026	81,479934
233	54591,66445	2008,343346	33,206125
234	54604,74048	2008,379072	82,046918
235	54614,66394	2008,406186	18,167506
236	54624,75066	2008,433745	8,598247
237	54634,51938	2008,460435	-29,833754
238	54644,34942	2008,487294	-15,550457
239	54654,21243	2008,514242	-5,887334
240	54664,08167	2008,541207	-1,111855
241	54674,13219	2008,568667	-6,374695
242	54682,47661	2008,591466	-12,125883
244	54703,64194	2008,649295	4,859566
245	54713,90898	2008,677347	15,913743
246	54723,67844	2008,704039	15,452037
247	54733,65239	2008,731291	9,291387
248	54743,41766	2008,757972	58,078642

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
249	54753,4982	2008,785514	80,900446
11	54763,29252	2008,812275	87,318823
12	54773,16657	2008,839253	67,663185
13	54783,17991	2008,866612	137,873713
14	54793,07961	2008,89366	176,042742
15	54803,11524	2008,92108	216,751594
16	54812,96869	2008,948002	196,34202
17	54822,80305	2008,974872	165,785926
18	54832,76253	2009,002096	157,564202
19	54843,14818	2009,030543	215,989026
20	54852,54405	2009,056285	120,239626
21	54862,50005	2009,083562	103,540099
22	54872,3047	2009,110424	64,157039
23	54882,25121	2009,137675	51,618787
24	54892,21023	2009,16496	60,606586
25	54902,27815	2009,192543	59,240101
26	54912,00271	2009,219186	20,439359
27	54922,06164	2009,246744	63,640517
28	54931,89537	2009,273686	58,55506
29	54941,77134	2009,300743	8,30637
30	54951,77777	2009,328158	82,496615
31	54961,52381	2009,35486	74,556138
32	54971,68337	2009,382694	51,324915
33	54981,5268	2009,409662	62,341247
34	54991,36132	2009,436606	53,204525
35	55001,20467	2009,463574	42,533745
36	55011,22055	2009,491015	37,112829
37	55021,21254	2009,518391	4,208018

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
38	55031,08821	2009,545447	-3,226641
39	55041,04576	2009,572728	-21,248703
40	55050,92127	2009,599784	-7,485566
41	55060,85843	2009,627009	12,757097
42	55070,77447	2009,654177	17,165439
43	55080,6157	2009,681139	14,905697
44	55090,58303	2009,708447	27,871818
45	55100,46705	2009,735526	15,30391
46	55110,39169	2009,762717	79,195353
47	55120,31316	2009,789899	85,023823
48	55130,20465	2009,816999	63,832234
49	55140,06952	2009,844026	113,846717
50	55150,12735	2009,871582	86,976515
51	55159,90944	2009,898382	182,010679
52	55169,89853	2009,925749	138,177599
53	55179,78596	2009,952838	124,195859
54	55189,66799	2009,979912	116,846257
55	55199,56088	2010,007016	86,463914
56	55209,57012	2010,034439	125,315693
57	55219,38505	2010,061329	94,590902
58	55229,35528	2010,088645	62,816965
59	55239,20039	2010,115618	42,29571
60	55249,20738	2010,143034	59,114136
61	55259,03826	2010,169968	4,583481
62	55269,02708	2010,197334	76,597826
63	55279,01859	2010,224708	47,734279
64	55288,86909	2010,251696	74,790991
65	55298,67547	2010,278563	42,97697

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
66	55308,63718	2010,305855	69,61431
67	55318,59975	2010,33315	45,257522
68	55328,56901	2010,360463	14,327452
69	55338,52178	2010,387731	37,063092
70	55348,45568	2010,414947	47,702625
71	55358,23955	2010,441752	41,457422
72	55368,20285	2010,469049	-0,718566
73	55378,08434	2010,496121	6,358624
74	55388,1753	2010,523768	13,565581
75	55398,01101	2010,550715	42,950828
76	55407,90222	2010,577814	17,178717
77	55417,76993	2010,604849	40,585769
78	55427,81897	2010,632381	73,284941
79	55437,70512	2010,659466	74,300008
80	55447,42583	2010,686098	55,685414
81	55457,43606	2010,713523	50,451952
82	55467,46539	2010,741001	74,22766
83	55477,31374	2010,767983	139,053159
84	55487,2337	2010,795161	136,846394
85	55497,11151	2010,822223	187,433102
86	55507,0354	2010,849412	230,535608
87	55516,87633	2010,876374	199,743897
88	55526,83652	2010,903662	198,77327
89	55536,88438	2010,93119	195,287619
90	55546,74044	2010,958193	166,232204
91	55556,58827	2010,985173	198,113694
92	55566,51883	2011,01238	190,705361
93	55576,43733	2011,039554	195,358084

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
94	55586,37321	2011,066776	202,332478
95	55596,29995	2011,093972	139,35155
96	55606,18317	2011,12105	95,781781
97	55616,1178	2011,148268	120,14479
98	55625,95423	2011,175217	105,524283
99	55635,86779	2011,202377	93,38567
100	55645,88141	2011,229812	106,745835
101	55655,74054	2011,256823	115,871619
102	55665,5733	2011,283762	52,712443
103	55675,68139	2011,311456	23,689901
104	55685,44823	2011,338214	12,373337
105	55695,33761	2011,365309	57,539918
106	55705,40868	2011,392901	59,271744
107	55715,1416	2011,419566	56,184451
108	55725,14353	2011,446969	13,707882
109	55735,04179	2011,474087	0,611119
110	55745,15567	2011,501796	9,655625
111	55754,87359	2011,528421	-5,047735
112	55764,91052	2011,555919	7,531428
113	55774,76782	2011,582926	6,447787
114	55784,64826	2011,609995	1,46061
115	55794,53624	2011,637086	10,600843
116	55804,53582	2011,664482	-13,267163
117	55814,41682	2011,691553	-3,915568
118	55824,36372	2011,718805	0,490738
119	55834,27124	2011,745949	45,668094
120	55844,1531	2011,773022	81,595018
121	55854,12085	2011,800331	70,228196

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
122	55863,91154	2011,827155	73,575157
123	55873,92387	2011,854586	84,224978
124	55883,78786	2011,881611	117,836835
125	55893,79721	2011,909033	137,834968
126	55903,69546	2011,936152	147,588447
127	55913,50353	2011,963023	201,972197
128	55923,47638	2011,990346	211,881098
129	55933,34599	2012,017339	192,038424
130	55943,29203	2012,044514	140,7324
131	55953,25074	2012,071723	156,739732
132	55963,14981	2012,09877	109,908889
133	55973,05188	2012,125825	129,169283
134	55983,10635	2012,153296	74,445359
135	55992,91812	2012,180104	99,884722
136	56002,73744	2012,206933	153,87827
137	56012,73132	2012,234239	144,902106
138	56022,56705	2012,261112	95,150618
139	56032,42443	2012,288045	43,233608
140	56042,5421	2012,315689	26,185099
141	56052,25186	2012,342218	29,561658
142	56062,29308	2012,369653	46,937806
143	56072,24988	2012,396858	80,434952
144	56082,16694	2012,423953	75,883764
145	56092,09256	2012,451073	40,195841
146	56101,99342	2012,478124	24,801434
147	56111,89818	2012,505186	17,865211
148	56121,81335	2012,532277	22,062995
149	56131,73623	2012,559389	11,071087

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
150	56141,61448	2012,586378	17,35273
151	56151,5789	2012,613604	20,49717
152	56161,48209	2012,640661	15,976661
153	56171,37228	2012,667684	14,963882
154	56181,29793	2012,694803	30,409954
155	56191,21559	2012,721901	50,088251
156	56201,05451	2012,748783	65,971654
157	56210,98159	2012,775906	107,61043
158	56221,03243	2012,803367	95,253061
159	56230,91814	2012,830377	86,892254
160	56240,8686	2012,857564	90,134468
161	56250,62046	2012,884209	116,413046
162	56260,67558	2012,911682	90,193958
163	56270,63034	2012,938881	152,013899
164	56280,39068	2012,965548	153,959656
165	56290,31577	2012,992668	157,995069
166	56300,28412	2013,019956	143,877192
167	56315,18497	2013,060781	187,484911
168	56320,12255	2013,074308	159,799038
169	56330,0347	2013,101465	125,364977
170	56340,0013	2013,128771	137,296699
171	56349,87423	2013,15582	125,033262
172	56359,75414	2013,182888	109,510705
173	56369,61218	2013,209896	75,612732
174	56376,89503	2013,229849	50,736528
175	56391,47963	2013,269807	88,792792
176	56399,47131	2013,291702	94,225817
177	56409,43432	2013,318998	69,488206

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
178	56419,15596	2013,345633	105,82289
179	56429,12096	2013,372934	100,972983
180	56439,07754	2013,400212	78,492032
181	56449,10248	2013,427678	45,72006
182	56458,87597	2013,454455	58,906043
183	56468,82121	2013,481702	66,442725
184	56478,70719	2013,508787	72,71443
185	56488,64987	2013,536027	56,65416
186	56498,56718	2013,563198	46,464256
187	56508,52868	2013,59049	36,953885
188	56518,46508	2013,617713	49,136799
189	56528,35317	2013,644803	22,072806
190	56536,59069	2013,667372	26,347224
191	56550,31882	2013,704983	36,666295
192	56558,05042	2013,726166	61,860959
193	56568,00907	2013,75345	100,871788
194	56577,93881	2013,780654	97,226098
195	56587,88588	2013,807907	142,504729
196	56597,88639	2013,835305	112,482691
197	56607,7108	2013,862221	103,748943
198	56617,49109	2013,889017	106,891133
199	56627,41947	2013,916218	113,555607
200	56637,44972	2013,943698	122,874314
201	56647,35505	2013,970836	188,820599
202	56657,25282	2013,997953	182,132744
203	56667,18184	2014,025156	130,457611
204	56677,09837	2014,052324	152,593631
205	56686,99028	2014,079425	83,799255

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
206	56696,92968	2014,106657	81,878713
207	56706,82542	2014,133768	104,00048
208	56716,7172	2014,160869	58,813302
209	56726,64783	2014,188076	64,39797
210	56736,55186	2014,215211	33,235744
211	56746,5582	2014,242625	20,831939
212	56756,31636	2014,26936	10,532593
213	56766,21463	2014,296478	20,700795
214	56776,20537	2014,32385	29,341092
215	56786,09777	2014,350953	48,392038
216	56795,96836	2014,377996	10,935568
217	56805,91826	2014,405256	4,772716
218	56815,98773	2014,432843	17,340914
219	56825,79708	2014,459718	49,749398
220	56835,75041	2014,486987	38,353566
221	56845,59945	2014,513971	36,950347
222	56855,55885	2014,541257	46,482955
223	56865,46295	2014,568392	15,930207
224	56875,389	2014,595586	40,434328
225	56885,31166	2014,622772	27,171026
226	56895,29655	2014,650128	23,436479
227	56905,17975	2014,677205	2,692854
228	56915,07524	2014,704316	12,668958
229	56924,93383	2014,731326	16,163388
230	56934,94575	2014,758755	31,942505
231	56944,76684	2014,785663	105,438143
232	56954,71422	2014,812916	60,798782
233	56964,63904	2014,840107	74,097527

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
234	56974,62133	2014,867456	89,7752
235	56984,40006	2014,894247	114,180402
236	56994,39124	2014,92162	85,399032
237	57004,30904	2014,948792	194,480168
238	57014,62728	2014,977061	204,432603
239	57024,125	2015,003082	188,958589
240	57034,06147	2015,030305	188,490451
241	57044,01798	2015,057584	162,046779
242	57053,95482	2015,084808	119,985672
243	57063,87059	2015,111974	101,428528
244	57073,64124	2015,138743	48,484698
245	57083,61838	2015,166078	54,129375
246	57093,48716	2015,193116	54,0437
247	57103,55358	2015,220695	20,682996
248	57113,31221	2015,247431	33,33567
249	57123,18638	2015,274483	48,494514
250	57133,18302	2015,301871	2,09114
251	57143,10137	2015,329045	4,121478
252	57152,99773	2015,356158	7,851767
253	57163,01126	2015,383593	8,207531
254	57172,7897	2015,410383	10,316843
255	57182,75735	2015,437691	18,657897
256	57192,73431	2015,465026	-27,227954
257	57202,63249	2015,492144	-51,993316
258	57212,52344	2015,519242	-37,364168
259	57222,44413	2015,546422	4,108706
260	57232,38326	2015,573653	-30,026694
261	57242,29745	2015,600815	-22,642058

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
262	57252,22027	2015,628001	-40,249197
263	57262,1374	2015,655171	-40,762837
264	57272,10839	2015,682489	-44,172374
265	57281,92956	2015,709396	-12,064969
266	57291,8256	2015,736509	-18,000008
267	57301,71279	2015,763597	7,455822
268	57311,79814	2015,791228	34,544627
269	57321,62078	2015,818139	41,511226
270	57331,36424	2015,844834	25,557507
271	57341,44061	2015,87244	0,412065
272	57351,30554	2015,899467	64,734023
273	57361,12503	2015,92637	100,532172
274	57371,21307	2015,954008	102,774822
275	57381,03563	2015,98092	127,469554
276	57390,91769	2016,007971	114,375511
277	57400,88872	2016,035215	66,615589
278	57410,83313	2016,062386	111,113055
279	57420,71286	2016,089379	137,269065
280	57430,65351	2016,11654	127,543469
281	57440,58528	2016,143676	125,949108
282	57450,40128	2016,170495	88,645395
283	57460,38487	2016,197773	62,640306
284	57470,32892	2016,224942	43,865187
285	57479,5118	2016,250032	71,830195
286	57490,1062	2016,278979	-1,335026
287	57500,11336	2016,306321	2,828514
288	57509,90671	2016,333078	28,836834
289	57519,87347	2016,36031	26,892309

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
290	57529,84492	2016,387554	84,594058
11	57539,77929	2016,414698	106,027336
12	57549,66165	2016,441699	96,653053
13	57559,58622	2016,468815	73,430957
14	57569,49399	2016,495885	67,092822
15	57579,35446	2016,522826	53,386101
16	57589,4609	2016,55044	29,309296
17	57599,2474	2016,577179	54,821787
18	57609,20341	2016,604381	18,954577
19	57619,07398	2016,63135	13,101554
20	57628,88141	2016,658146	73,330344
21	57638,90558	2016,685534	63,610862
22	57648,84084	2016,71268	76,156409
23	57658,72005	2016,739672	99,153386
24	57668,66511	2016,766845	91,910356
25	57678,53994	2016,793825	112,16318
26	57688,49305	2016,821019	89,582189
27	57698,37275	2016,848013	138,644629
28	57708,2277	2016,874939	123,283154
29	57718,29196	2016,902437	141,671966
30	57727,68774	2016,928109	193,616648
31	57738,10532	2016,956572	165,690201
32	57747,93481	2016,983428	195,98546
33	57757,85319	2017,010557	160,247626
34	57767,77081	2017,037728	154,97022
35	57777,72289	2017,064994	170,882817
36	57787,67115	2017,09225	117,589487
37	57797,52428	2017,119245	147,858251

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
38	57807,47801	2017,146515	97,631177
39	57817,35681	2017,17358	97,169809
40	57827,32619	2017,200894	61,526649
41	57837,10587	2017,227687	68,46229
42	57847,20938	2017,255368	49,376273
43	57857,06358	2017,282366	31,333084
44	57866,92938	2017,309396	25,31147
45	57876,90387	2017,336723	44,966509
46	57886,8054	2017,36385	32,867349
47	57896,76957	2017,39115	38,454567
48	57906,64097	2017,418194	55,283233
49	57916,41648	2017,444977	48,191164
50	57926,39973	2017,472328	11,643508
51	57936,36327	2017,499625	31,415754
52	57946,43657	2017,527223	20,34385
53	57956,20554	2017,553988	21,043617
54	57966,11837	2017,581146	-1,530586
55	57976,06418	2017,608395	9,710398
56	57985,95806	2017,635502	31,965926
57	57995,72541	2017,662261	35,407121
58	58005,83495	2017,689959	50,434038
59	58015,67025	2017,716905	45,359383
60	58025,58785	2017,744076	65,820039
61	58035,63176	2017,771594	103,058852
62	58045,42134	2017,798415	124,976899
63	58055,35899	2017,825641	129,872715
64	58065,25299	2017,852748	137,977416
65	58075,24911	2017,880135	96,9618

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
66	58085,10571	2017,907139	176,457111
67	58095,02322	2017,93431	200,857114
68	58104,92253	2017,961432	240,838593
69	58114,79279	2017,988473	191,922252
70	58124,89196	2018,016142	153,167262
71	58134,66087	2018,042907	144,121282
72	58144,5698	2018,070054	77,06675
73	58154,47948	2018,097204	153,616987
74	58164,43932	2018,124491	65,065506
75	58174,23305	2018,151323	53,627804
76	58184,2184	2018,178681	45,965983
77	58194,21635	2018,206072	34,759673
78	58203,95522	2018,232754	70,816147
79	58213,91444	2018,26004	61,931421
80	58223,8042	2018,287135	28,80681
81	58233,84971	2018,314657	23,096029
82	58243,85161	2018,342059	33,129335
83	58253,58106	2018,368715	47,023885
84	58263,65068	2018,396303	39,030573
85	58273,4416	2018,423128	16,523189
86	58283,42101	2018,450469	1,925856
87	58293,34149	2018,477648	1,040924
88	58303,31656	2018,504977	1,464771
89	58313,17677	2018,531991	-4,021325
90	58323,08674	2018,559142	23,376151
91	58332,98206	2018,586252	12,901444
92	58342,92643	2018,613497	2,146581
93	58352,85083	2018,640687	18,851899

cyc	mean_mjd	mean_YYF	SLA_era(mm)
94	58362,71847	2018,667722	5,715591
95	58372,64726	2018,694924	8,628209
96	58382,4431	2018,721762	21,194481
97	58392,52082	2018,749372	74,765093
98	58402,28921	2018,776135	69,415516
99	58412,21257	2018,803322	45,334429
100	58422,23312	2018,830776	84,00446
101	58432,26678	2018,858265	83,393369
102	58442,02728	2018,885006	103,245255
103	58451,9682	2018,912242	112,08008
104	58462,09614	2018,939989	108,293545
105	58471,72034	2018,966357	129,501978
106	58481,72294	2018,993761	131,091437
107	58491,69301	2019,021077	117,587507
108	58497,54838	2019,037119	165,808039

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B
TABEL KOORDINAT TREND *SEA LEVEL ANOMALY*
DI LAUT JAWA DAN LAUT CHINA SELATAN

Lat	Lon	Trend(mm)
-8	102	8,85
-8	106	8,82
-8	110	8,08
-8	114	7,56
-8	118	7,27
-4	102	8,21
-4	106	7,02
-4	110	7,48
-4	114	7,3
-4	118	8,07
0	102	6,4
0	106	6,35
0	110	6,95
0	114	6,93
0	118	7,23
4	102	6,37
4	106	5,73
4	110	6,24
4	114	6,47
4	118	6,26
8	102	5,94
8	106	6,66
8	110	5,06
8	114	6,38
8	118	6,79

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis Fiamanati Sulaiha, lahir di Kabupaten Bangkalan, 22 Juni 1997 dan merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kraton 2 Bangkalan, SMPN 1 Bngkalan, kemudian melanjutkan ke SMAN 1 Bangkalan. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan S1 dengan mengikuti program SNMPTN dan diterima di Departemen Teknik Geomatika FTSLK ITS pada tahun 2015 dan tergabung sebagai angkatan

G17. Pada masa perkuliahan penulis aktif dalam beberapa organisasi, diantaranya sebagai staff Departemen Keprofesian dan Keilmiahan HIMAGE-ITS periode 2016-2017, kemudian diamanahi menjadi Sekretaris Departemen Keprofesian dan Keilmiahan HIMAGE-ITS periode 2017-2018, Sekretaris Ikatan Mahasiswa Bangkalan di ITS periode 2016-2017, dan Tim Reviewer Keilmiahan ITS. Pada masa perkuliahan penulis juga mengikuti beberapa kepanitian, diantaranya sebagai Fasil GERIGI ITS 2016, PPU BEM ITS 2017, Panitia Relawan Bencana Gempa Bumi Lombok 2018 dan Panitia Training For Young Conservationist 2019. Penulis memiliki beberapa prestasi yang pernah diraih yaitu PKM Penelitian Terdanai Kemenristekdikti 2016, Finalis LKTIN ICLC 2018, dan Juara II Futsal Putri acara IFC 2018/2019. Penulis pernah mengikuti kegiatan kerja praktik pada tahun 2018 di Lab ORS - Balai Riset Observasi Laut, Bali. Penulis dapat dihubungi melalui email: fiamanatis@gmail.com.