

Analisis Sea Level Rise
Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-2 Periode 2008-2012
(Studi Kasus: Laut Utara Jawa dan Laut Selatan Jawa)

Yugi Limantara ¹⁾ Ir. Bambang Sudarsono, MS ²⁾ Bandi Sasmito, ST., MT ³⁾

- ¹⁾ Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang
²⁾ Dosen Pembimbing I Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang
³⁾ Dosen Pembimbing II Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang
muhammad.yugi.limantara@gmail.com

Abstract

Sea level changes carried by tidal observations at the beach. But, the method as it still has some shortcomings in some ways such as limited coverage areas around the coast so the sea face of changing data is only accurate for a relatively shallow sea close to the shore. The existence of tidal palm should be tied to the tidal station and measured by GPS in order to be bound by such a reference ellipsoid..

Advances in the development of satellite technology, especially satellite altimetry is intended to observe ocean phenomena, has helped many observations of sea level temporally. To see the trend of changes in sea level rise do linear regression. Calculating the regression process SLA and linear trend analysis of the data altimetry satellite Jason 2. In this final project the results of this regression will be used also to compare the differences in sea level rise in the North Sea Java and South Sea Java.

As long years 2008-2012 with satellite altimetry observations shows that the phenomenon of sea level rise occurred in the North Sea Java and South Sea Java. Sea level rise occurred in the North Sea Java is equal +10.77 mm/yr. Lowest values occurred in Waters Semarang on pass number 64 is equal to +7.92 mm/yr and the highest occurred in the Waters of Madura on pass number 203 is equal to +15.84 mm/yr. For in the sea south of Java, sea level rise is at +16.79 mm/yr. Lowest values occurred in Waters Prigi on pass number 203 is equal to +12.60 mm/yr. As for the sea level rise occurred in the Waters of Cilacap is at +23.04 mm/yr.

Keywords: *Sea level rise, Altimetry, Sea*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum, kenaikan muka air laut merupakan dampak dari pemanasan global (*global warming*) melanda seluruh belahan bumi termasuk di Indonesia yang memiliki luas perairan sekitar 77% dari luas keseluruhan wilayahnya. Fenomena naiknya muka laut direpresentasikan dengan MSL (*mean sea level*) dipengaruhi secara dominan oleh *thermal expansion* sehingga adanya peningkatan volume air laut sebagai akibat dari pemuaiian ataupun mencairnya es kutub dan gletser.

Kenaikan muka laut (*sea level rise*) ini dalam waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pemuaiian air laut sehingga akan meningkatkan intensitas dan frekuensi banjir serta dapat terjadi penggenangan suatu wilayah daratan. Efek yang cukup signifikan dari adanya kenaikan muka air laut ini akan dirasakan oleh penduduk Indonesia yang mayoritas penduduknya berada di pesisir (Hasto, 2012).

Dari beberapa dekade terakhir, perubahan kedudukan air laut dilakukan dengan pengamatan pasut di pantai. Tapi, metode seperti itu masih memiliki beberapa kekurangan dalam beberapa hal diantaranya adalah jangkauan yang terbatas di daerah sekitar pantai sehingga data perubahan muka lautnya hanya akurat untuk laut dangkal yang relatif dekat dengan pantai. Keberadaan palem pasut yang harus diikatkan dengan stasiun pasut dan diukur dengan GPS agar terikat dengan sebuah referensi seperti ellipsoid.

Kemajuan teknologi dalam perkembangan satelit, khususnya satelit altimetri yang diperuntukan untuk mengamati fenomena lautan, telah banyak membantu pengamatan muka air laut secara temporal. Untuk melihat kecenderungan perubahan *sea level rise* dilakukan regresi linier. Proses regresi yaitu melakukan perhitungan SLA dan analisis *trend linier* dari data Satelit Altimetri Jason-2. Hasil regresi ini yang akan digunakan juga untuk membandingkan nilai perbedaan *sea level rise* di Laut Utara Jawa dan laut selatan Jawa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka beberapa masalah yang kami batasi adalah :

1. Apakah fenomena terjadi *sea level rise* di Laut Utara Jawa dan Laut Selatan Jawa selama tahun 2008-2012 ?
2. Bagaimanakah hasil nilai *trend linier* untuk perubahan kenaikan muka laut di Laut Utara Jawa dengan pengamatan Satelit Altimetri Jason-2 selama tahun 2008-2012 ?
3. Bagaimanakah hasil nilai *trend linier* untuk perubahan kenaikan muka laut di Laut Selatan Jawa dengan pengamatan Satelit Altimetri Jason-2 selama tahun 2008-2012 ?
4. Apakah yang menyebabkan terjadinya perbedaan perubahan kedudukan muka laut di Laut Utara Jawa dan Laut Selatan Jawa ?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penyusunan penelitian sebagai berikut :

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari satelit altimetri Jason-2 tahun 2008 – 2012.

2. Studi kasus dalam penelitian ini adalah Laut Utara Jawa yang terdiri dari perairan Jakarta, Semarang, Surabaya dan Madura serta Laut Selatan Jawa yang terdiri dari perairan Pelabuhan Ratu, Cilacap, Yogyakarta dan Prigi.
3. *Software* yang digunakan untuk pengolahan data dalam penelitian ini adalah *Matlab* 2009.
4. Interpolasi yang digunakan dalam pengolahan data adalah interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighted*)

1.4 Manfaat

Melalui penelitian ini diharapkan dapat membantu memberikan informasi mengenai kenaikan muka air laut (*sea level rise*) secara efektif dan efisien guna perkembangan kelimuan dalam pemantauan fenomena dan dinamika lautan secara global.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip Dasar Teknologi Satelit Altimetri

Pengukuran muka laut dilakukan dengan memanfaatkan gelombang radar yang dipancarkan oleh satelit. Sederhananya, gelombang radar yang dipancarkan oleh satelit alimetri akan dipantulkan oleh permukaan laut. Kemudian gelombang pantulan tersebut diterima kembali oleh *receiver* yang berada di satelit. Dengan memanfaatkan data cepat rambat gelombang radar pada medium atmosfer dan jeda waktu pengamatan sejak gelombang dipancarkan hingga gelombang tersebut diterima kembali oleh satelit, data jarak dari satelit ke permukaan laut sesaat dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan umum jarak berikut:

$$h = \frac{1}{2} \Delta t c \quad (2.1)$$

keterangan :

h = jarak antara satelit dengan permukaan laut sesaat

Δ = perbedaan waktu tempuh saat pemancaran dan saat penerimaan sinyal

c = kecepatan rambat gelombang elektromagnetik

Geometri pengamatan satelit altimetri secara matematis sebagai berikut :

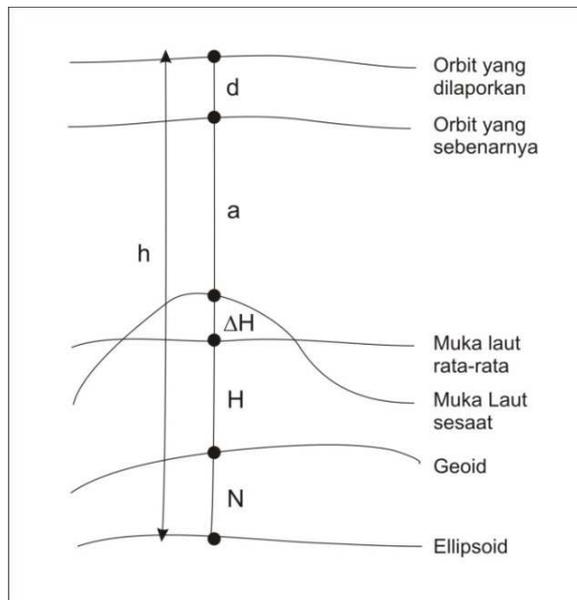
$$h = N + H + \Delta H + a + d \quad (2.2)$$

keterangan :

h = tinggi ellipsoid dari satelit altimetri (dihitung dari informasi orbit)

N = undulasi geoid

- H = sea surface topography (SST)
- ΔH = efek pasut *instantaneous*,
- a = hasil ukuran altimeter
- d = kesalahan orbit



Gambar 2.1 Geometri Pengamatan Satelit Altimetri (Seeber, 1993)

Perlu dicatat bahwa persamaan diatas belum mengakomodasi semua kesalahan dan bias yang mempengaruhi data pengamatan satelit (Abidin, 2000).

2.2. Sea Level Anomaly (SLA)

SLA merupakan tinggi permukaan laut di atas permukaan geofisik dimana efek dinamisnya seperti pasut laut dan pengaruh tekanan atmosfer sudah dihilangkan. Permukaan geofisik yang digunakan tersebut dapat berupa geoid ataupun MSS. *Mean Sea Surface* (MSS) atau tinggi muka laut rata-rata yang dihasilkan oleh satelit altimetri merupakan MSS yang bersifat global.

2.3. Interpolasi *Inverse Distance Weighted*

Inverse Distance Weighted adalah salah satu metode pembobotan dalam interpolasi dimana bobot yang diberikan berdasarkan jarak dari data titik ke titik normal yang akan diinterpolasi.

Nilai fungsinya dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$f(P) = w_1f(Q_1) + w_2f(Q_2) + \dots + w_nf(Q_n) \tag{2.3}$$

$$F(P) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i f(Q_i)}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad w_i = \frac{1}{r_i^2} \tag{2.4}$$

keterangan :

P = Titik yang nilainya akan di estimasi

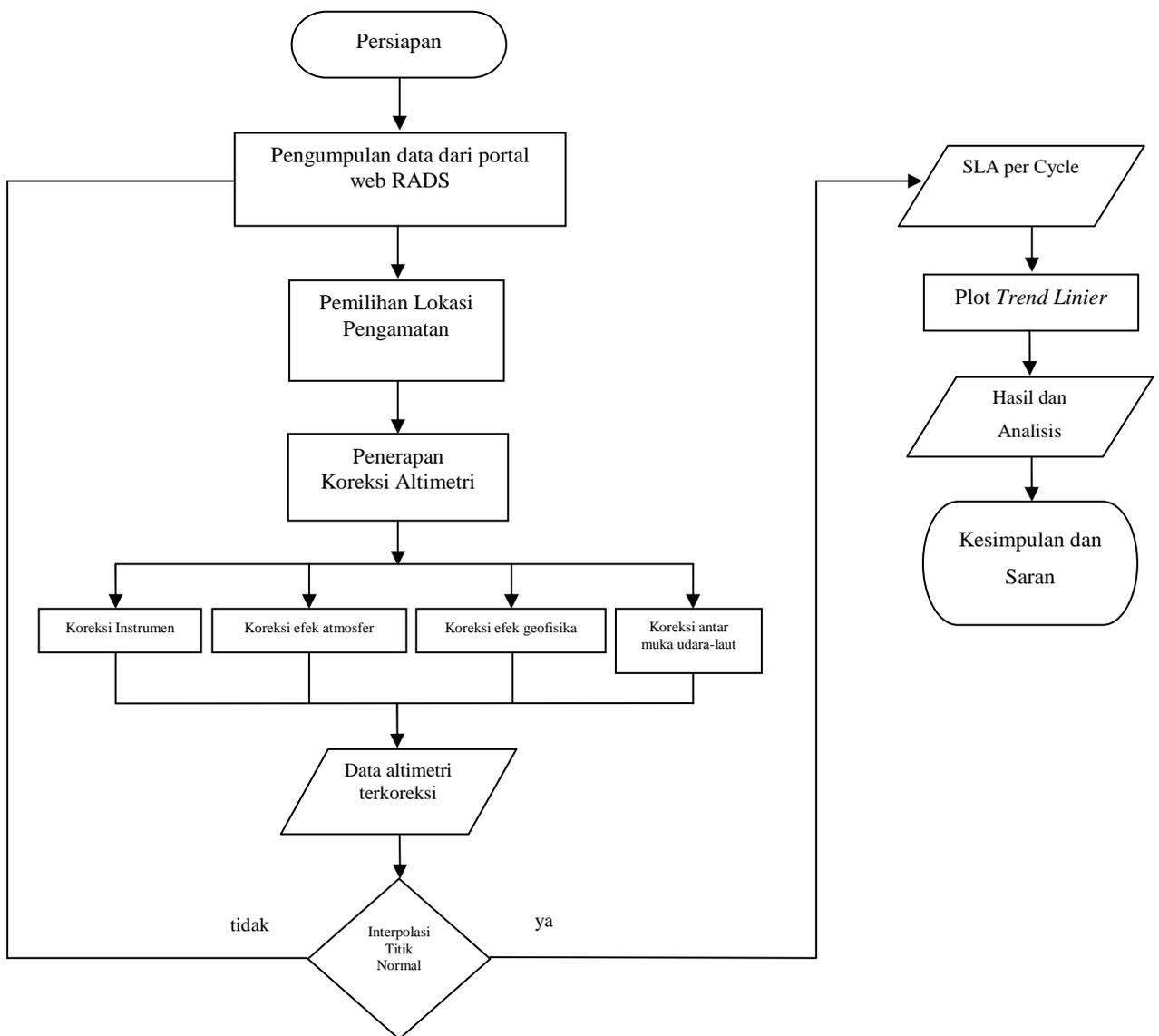
w_1 = Bobot

r_1 = Jarak dari i ke P

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Pengolahan Data

1. Pengumpulan Data

Radar Altimetri Database System (RADS) merupakan sebuah system basis data yang menyediakan data satelit altimetri berformat ASCII dari berbagai misi satelit altimetri seperti GEOSAT, ERS-1, ERS-2, TOPEX/POSEIDON, Jason-1, Jason 2, dan sebagainya. RADS dikembangkan oleh *Delft Institute For Earth-Oriented Space Research* dan *NOAA Laboratory for Satellite Altimetry*. Akun ini dapat diakses dengan *free* di <http://rads.tudelft.nl/rads/rads.shtml>

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada pada titik *cross over*. Titik *cross over* ini adalah titik perpotongan antara *pass* naik dan *pass* turun, dimana posisinya dapat kita lihat menggunakan *pass locator file* berformat *.kmz* yang *filenya* bisa kita buka di *Google Earth*. Orbit Ini dapat kita *download* di web *Aviso Podaac*.

Tabel 3.1 Data Koordinat Lokasi Penelitian

No	Lokasi	Titik Sampel	Lintang			Bujur		
			°	'	"	°	'	"
1	Laut Utara Jawa	Perairan Jakarta	5	12	45	106	33	42
		Perairan Semarang	5	57	49	109	8	53
		Perairan Surabaya	5	57	44	111	58	50
		Perairan Kali Anget	5	57	39	114	48	21
2	Laut Selatan Jawa	Perairan Pelabuhan Ratu	9	49	8	104	52	45
		Perairan Cilacap	9	49	6	107	42	40
		Perairan Yogyakarta	9	49	4	110	32	37
		Perairan Prigi	9	49	2	113	22	56

3. Interpolasi Titik Normal

Ground track saltelit altimetri memiliki lintasan yang renggang, pada equator jarak antar titiknya sekitar 315 km atau 3^0 untuk lebar bujurnya. Jarak titik pengamatan (*foot print*) adalah sekitar 7 km atau sekitar $0,06288^0$. Dalam penelitian ini, nilai *sea level anomaly* (SLA) didapatkan dengan menggunakan interpolasi *inverse distance weighed* (IDW). Interpolasi titik normal diolah dengan *Software Matlab 2009*.

4. Plotting SLA

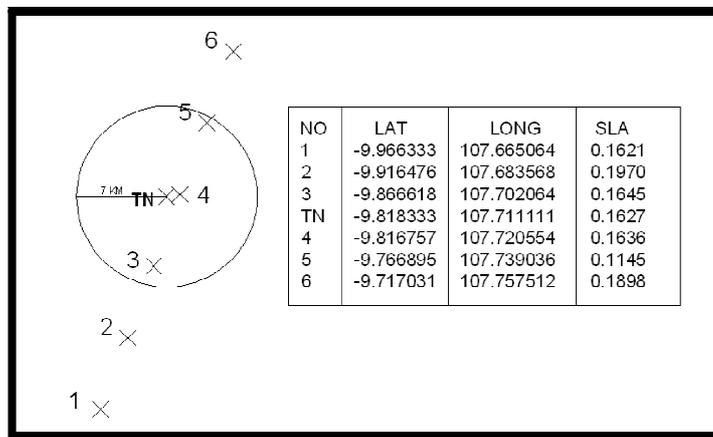
Untuk mengetahui nilai *trend linier* dari data hasil pengamatan maka data SLA harus *diplot* kedalam bentuk grafik.

5. Analisis *Trend Linier*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Interpolasi IDW

Hasil interpolasi IDW memberikan nilai yang berdekatan, sehingga nilai ini dapat digunakan. IDW mempunyai prinsip *moving average*. Berikut adalah contoh hasil dari interpolasi IDW untuk nilai SLA:



Gambar 4.1 Hasil interpolasi IDW *pass 051 cycle 87*

4.2 Hasil *Trend Linier*

Pada penelitian pengamatan satelit altimetri dengan data tahun 2008-2012 dihasilkan nilai *sea level rise* di Laut Utara Jawa per tahunnya masing-masing adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Nilai SLR laut utara Jawa

No	Titik Sampel	Pass Number	SLR mm/th
1	Perairan Jakarta	229	+8.76
2	Perairan Semarang	51	+11.16
		64	+7.92
3	Perairan Surabaya	127	+11.52
		140	+8.64

4	Perairan Madura	203	+15.84
		216	+11.52

Berdasarkan data diatas maka diperoleh *sea level rise* rata-rata yang terjadi di Laut Utara Jawa adalah sebesar +10,77 mm/tahun.

Dan pada penelitian pengamatan satelit altimetri dengan data tahun 2008-2012 dihasilkan nilai *sea level rise* di Laut Selatan Jawa per tahunnya masing-masing adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Nilai SLR laut selatan Jawa

No	Titik Sampel	Pass Number	SLR mm/th
1	Perairan Pelabuhan Ratu	229	+18.00
		166	+15.84
2	Perairan Cilacap	51	+23.04
		242	+22.68
3	Perairan Yogyakarta	127	+15.48
		64	+13.68
4	Perairan Prigi	203	+12.60
		140	+12.96

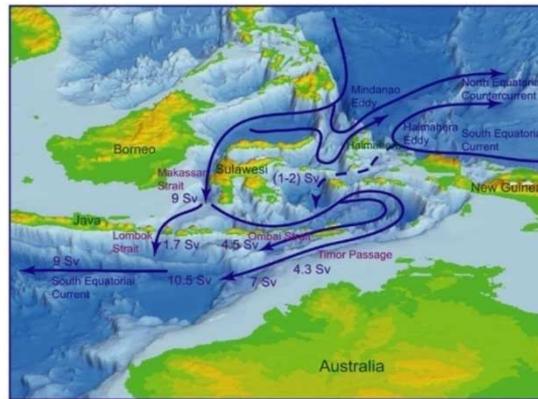
Berdasarkan data diatas maka diperoleh *sea level rise* rata-rata yang terjadi di Laut Selatan Jawa adalah sebesar +16,79 mm/tahun.

4.3 Analisis Lokasi Pengamatan

Terdapat perbedaan nilai *sea level rise* antara Laut Utara Jawa dengan Laut Selatan Jawa. Hal ini disebabkan karena adanya sirkulasi arus global, yaitu Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). ARLINDO adalah aliran massa air antar samudera yang melewati Perairan Indonesia. Arus ini membawa massa air yang menyebabkan bertambahnya volume air pada setiap lautan yang dilalui rute oleh ARLINDO ini.

Aliran massa air ini terjadi sebagai akibat adanya perbedaan tekanan antara kedua lautan tersebut. Ada 3 pintu masuk utama massa air Pasifik ke Perairan Indonesia. Yang pertama dan yang paling dominan adalah selat Makassar. Di ujung akhir Selat Makassar, jalur ini bercabang menjadi dua, sebagian langsung menuju Samudera Hindia melewati Selat Lombok, dan yang sebagian lagi berbelok ke Timur melewati Laut Flores menuju ke Laut

Banda. Di Laut Banda massa air ini mengalami pencampuran dengan massa air Pasifik yang masuk lewat Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Seram. Untuk selanjutnya campuran massa air ini menyebar ke arah Samudera Hindia (Hasanudin, 2008).



Gambar 4.3 Rute ARLINDO

4.4 Analisis Perbedaan Tinggi di Cross Over

Pada *cross over* ini SLA diamati dua kali pada waktu yang tidak bersamaan (*ascending* dan *descending*). Dari dua kali pengamatan ini akan didapatkan selisih nilai *sea level rise* yang disebut dengan *difference height*. Nilai *difference height* ini mengindikasikan adanya fenomena aktual muka laut yang tidak termodelkan pada saat pemberian bias dan koreksi kesalahan. (Arif Rohman, 2009).

Tabel 4.3 Analisis selisih titik *cross over*

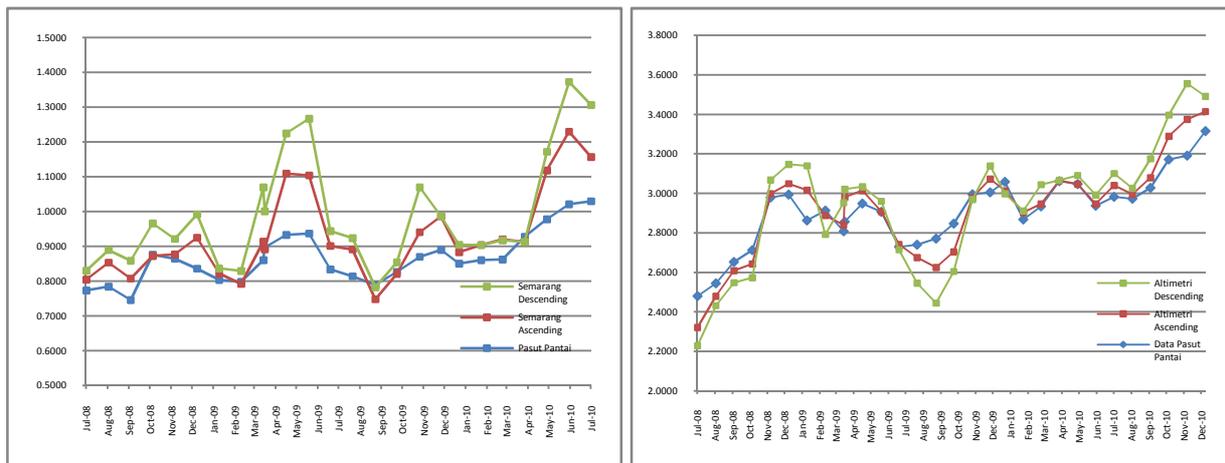
No	Lokasi	Ascending (dalam mm)	descending (dalam mm)	Selisih (dalam mm)
1	Perairan Semarang	11.16	7.92	3.24
2	Perairan Surabaya	11.52	8.64	2.88
3	Perairan Madura	15.84	11.52	4.32
4	Perairan Pelabuhan Ratu	18.00	15.84	2.16
5	Perairan Cilacap	23.04	22.68	0.36
6	Perairan Yogyakarta	15.48	13.68	1.80
7	Perairan Prigi	12.60	12.96	0.36

Berdasarkan data tersebut nilai selisih titik *cross over* tidak melebihi nilai *trend linier* dari lintasan *ascending* ataupun *descending* karena kesalahan yang bersifat global telah direduksi dengan koreksi yang diberikan oleh RADS. Pengamatan di Laut Selatan Jawa yang relatif lebih dalam dibandingkan Laut Utara Jawa memiliki selisih lebih kecil karena

karakteristik satelit altimetri yang memiliki ketelitian yang lebih bagus untuk pengamatan di lautan lepas.

4.5 Analisis Grafik SLA dengan Pengamatan Pasang Surut

Berikut adalah grafik perbandingan grafik SLA Semarang dengan grafik data pengamatan pasut milik Stasiun Metereologi Maritim Semarang selama Juli 2008 – Juli 2010 (kiri) dan grafik perbandingan grafik SLA Cilacap dengan grafik data pengamatan pasut milik Badan Informasi Geospasial (BIG) Cilacap selama Juli 2008 – Desember 2010 (kanan):



Gambar 4.3 Perbandingan Grafik SLA dengan Pasang Surut Pantai

Berdasarkan grafik tersebut dapat kita asumsikan bahwa fenomena *sea level rise* dari pengamatan satelit altimetri telah menunjukkan fenomena kenaikan muka laut yang sesuai. Perbandingan diatas grafik menunjukkan pola grafik yang relatif sama, walaupun keduanya tidak memiliki nilai kenaikan atau penurunan yang sama. Ada beberapa titik yang menyimpang dapat dikategorikan sebagai anomali yang diakibatkan oleh kesalahan bias satelit atau bacaan pengamatan pasut. Grafik diatas juga menunjukkan adanya korelasi antara data pengamatan pasang surut dengan data SLA dari satelit altimetri.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal, diantaranya :

1. Penelitian menggunakan data Satelit Altimetri Jason-2 menunjukkan pada tahun 2008 sampai dengan tahun 2012 fenomena *sea level rise* terjadi di Laut Utara Jawa dan laut selatan Jawa.
2. Dengan pengamatan Satelit Altimetri Jason-2 tahun 2008-2012 di Laut Utara Jawa, *sea level rise* yang terjadi rata-rata adalah sebesar +10,77 mm/tahun. Dengan *sea level rise*

terendah terjadi di Perairan Semarang pada *pass number* 64 yaitu sebesar +7,92 mm/tahun. Sedangkan untuk *sea level rise* tertinggi terjadi di Perairan Madura pada *pass number* 203 adalah sebesar +15,84 mm/th.

3. Dengan pengamatan Satelit Altimetri Jason-2 tahun 2008-2012 di Laut Selatan Jawa, *sea level rise* yang terjadi rata-rata adalah sebesar +16,79 mm/tahun. Dengan *sea level rise* terendah terjadi di Perairan Prigi pada *pass number* 203 yaitu sebesar +12,60 mm/tahun. Sedangkan untuk *sea level rise* tertinggi terjadi di Perairan Cilacap adalah sebesar +23,04 mm/th.
4. Fenomena *sea level rise* terjadi lebih cepat di Laut Selatan Jawa dibandingkan dengan Laut Utara Jawa karena pengaruh ARLINDO yang membawa massa air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya perlu adanya pengolahan lebih lanjut hasil *trend linier* antara lintasan *ascending* dan lintasan *descending* agar selisih titik *cross over* dapat lebih kecil.
2. Untuk meneliti fenomena *sea level rise* sebaiknya menggunakan data dalam yang waktu yang panjang dan diperlukan data data pendukung lainnya seperti model pasut global, data geoid, tekanan air laut, data arus laur dan sebagainya agar analisisnya bisa lebih mendalam.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., 2001. *Geodesi Satelit*. Bandung: Pradnya Paramita.
- Anugrah, Yan. 2007. Studi Variasi Bulanan Topografi Muka Laut Dengan Menggunakan Satelit Altimetri. *Tugas Akhir*. FITB. Institut Teknologi Bandung.
- AVISO dan PODAAC. 2003. *User Handbook IGDR and GDR Product edition 2.0*. NASA dan CNES
- Benveniste, J. dkk. 2009. *Radar Altimetry Tutorial*.
- Handoko, Eko Yuli. 2004. *Satelit Altimetri dan Aplikasinya di Bidang Kelautan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- Hasanudin, M. 1998. Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). *Jurnal*. LIPI
- K. Saha Aswina, Eko Yuli Handoko dan Taufik M. 2009. Studi Sea Level Rise (SLR) Menggunakan Data Multi Satelit Altimetri. *Jurnal*. Institut Teknologi Sepuluh November

- Kusuma, FH. 2008. Analisis Harmonik Dengan Menggunakan Teknik Kuadrat Terkecil untuk Penentuan Komponen-Komponen Pasut di Perairan Dangkal Dari Data TOPEX/Poseidon. *Tugas Akhir*. FITB Institut Teknologi Bandung
- Ningsing, BS. 2012. Penentuan Komponen-Komponen Pasang Surut dari Data Satelit Altimetri dengan Metode Analisis Kuadran Terkecil. *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Rohman, Arif. 2009. Analisis Deret Waktu dan Trend Linier Data SLA ERS-2 dan Envisat dan Perbandingannya dengan Topex dan Jason-1. *Tugas Akhir*. FITB Institut Teknologi Bandung
- Seeber, Gunter. 1993. Method and Application, Satellite Geodesy : Foundation, Walter de Gruyter, Berlin.
- Wuriatmo Hastho, Koesuma Sorja dan Mohtar Yuniarto. 2012. Analisa Sea Level Rise Data Satelit Altimetri Topex/Poseidon, Jason-1 dan Jason-2 di Perairan Laut Jawa Periode 2000-2010. *Tugas Akhir*. FMIPA Universitas Sebelas Maret

<http://www.avisio.aceanobs.com>

<http://www.wikipedia.com>

http://www.altimetri.info/html/missions/jason2/orbit_en.html