

Analisa Hubungan Perubahan Muka Air Laut, Perubahan Volume Es Di Kutub Selatan Dan Curah Hujan Dengan Menggunakan Satelit Altimetri(Studi Kasus : Laut Selatan Pulau Jawa Tahun 2011 - 2014)

Ira Mutiara Anjasmara¹, Lukman Hakim¹

¹Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl.AriefRahman Hakim, Surabaya 60111Indonesia
Email : ira@geodesy.its.ac.id

Abstract

One of the impacts of climate change is sea level change. It is the result of the world's major thawing of coating ice, the North Pole and South Pole. Besides from the effects of change of ice volume, sea level changes greatly influenced by the phenomenon of rain interpreted by rainfall. The effects of sea level change significantly also felt by residents of Indonesia which are predominantly located on the coast.

Changes in sea level can be observed by using satellite Altimetry. One of them is the Jason-2 satellites mission. The change of ice volume can also be observed by satellite Altimetry that is through Cryosat mission. While the rainfall measurement, observed by satellite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).

In this study, the monitoring of sea level change is carried out on the South Java sea in a period of 4 years (2011-2014) by taking three points of observation, namely Bodies Cilacap, Sadeng and Prigi. On the other hand, the monitoring of ice volume is carried out on the Antarctic at the same time. The result of data processing shows the trend of sea level changes in the southern Java with the value of -3,2 mm / year. In contrast, the trend of ice volume change in the South Pole has a value of 206.069 m³/year. The correlation between the value of sea level changes and ice volume change in the South Pole gives the correlation value of 0,044, the correlation values showed a weak correlation between the value of sea level changes and changes in rainfall gives the correlation value of 0.716 (Cilacap), 0.720 (Sadeng), 0.773 (Prigi), the correlation values showed a strong correlation.

Keywords – Altimetry, Cryosat, Rainfall, Jason-2, Sea Level Change.

Abstrak

Abstrak— Salah satu dampak perubahan iklim adalah perubahan permukaan air laut yang diakibatkan oleh mencairnya lapisan es utama dunia yaitu Kutub Utara dan Kutub Selatan. Selain diakibatkan oleh perubahan volume es, perubahan muka air laut di suatu daerah juga dipengaruhi oleh volume hujan yang diinterpretasikan dengan nilai curah hujan. Efek dari kenaikan muka air laut secara signifikan dirasakan oleh penduduk Indonesia yang mayoritas penduduknya berada di pesisir.

Perubahan muka air laut dapat diamati menggunakan sistem satelit Altimetri. Salah satunya adalah misi satelit Altimetri Jason-2. Perubahan volume es juga diamati dengan sistem satelit Altimetri yaitu melalui misi satelit Altimetri Cryosat. Sedangkan pengukuran curah hujan, diamati dengan satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).

Dalam penelitian ini, pemantauan perubahan muka air laut dilakukan pada perairan selatan Jawa dalam kurun waktu 4 tahun (2011-2014) dengan mengambil 3 titik pengamatan yaitu Perairan Cilacap, Sadeng dan Prigi. Sedangkan untuk wilayah pengamatan volume es dilakukan pada daerah Kutub Selatan (Antartika) pada waktu yang sama. Pengukuran curah hujan dilakukan pada 3 titik pengamatan perubahan muka air laut pada waktu yang sama. Hasil pengolahan data menunjukkan tren perubahan muka laut di selatan pulau Jawa sebesar -3.2 mm/tahun. Sedangkan untuk tren perubahan volume es di Kutub Selatan adalah sebesar 206.069 m³/tahun. Hubungan antara nilai perubahan muka air laut dan perubahan volume es memberikan nilai korelasi sebesar 0,04444, nilai korelasi tersebut menunjukkan hubungan yang lemah. Sedangkan, hubungan antara nilai perubahan muka air laut dan perubahan curah hujan menunjukkan hubungan yang kuat dengan nilai korelasi sebesar 0,716 di Cilacap); 0,720 di Sadeng; dan 0,773 di Prigi. nilai korelasi tersebut menunjukkan hubungan yang kuat.

Kata Kunci— Altimetri, Cryosat, Curah Hujan, Jason-2, Sea Level Change.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu dampak perubahan iklim adalah perubahan permukaan air laut yang diakibatkan oleh perubahan lapisan es utama dunia yaitu Kutub Utara dan Kutub Selatan. Fenomena perubahan muka air laut ini direpresentasikan dengan perubahan nilai MSL. Dalam sebuah publikasi dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) diberikan estimasi kenaikan muka air laut sebesar 26 – 59 cm dalam masa 100 tahun ke depan (IPCC, 2007). Selain dari efek perubahan volume es, perubahan muka air laut sangat dipengaruhi oleh fenomena hujan yang diinterpretasikan dengan nilai curah hujan. Dimana curah hujan merupakan faktor jangka pendek yang mempengaruhi perubahan muka air laut. Perubahan permukaan air laut dalam waktu yang cukup lama dengan nilai perubahan yang tinggi memiliki potensi yang bersifat destruktif pada populasi manusia yang bermukim di dekat pantai. Hal ini diakibatkan oleh pemuaian air laut yang akan meningkatkan intensitas dan frekuensi banjir serta menggenangi wilayah daratan. Efek dari perubahan muka air laut ini secara signifikan juga dirasakan oleh penduduk Indonesia yang mayoritas penduduknya berada di pesisir (Hasthoddik, 2012).

Seiring dengan kemajuan teknologi perubahan muka air laut dapat diamati menggunakan satelit altimetri salah satunya adalah Satelit Altimetri Jason-2. Selain itu untuk perhitungan volume es juga dapat digunakan misi satelit Altimetri Cryosat. Sedangkan untuk pengukuran curah hujan dapat diamati dengan satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Untuk pengolahan data, berkembang pula *software* yang khusus digunakan untuk mengolah data satelit altimetri yaitu *Basic Radar Altimetry Toolbox* (BRAT).

Untuk melihat kecenderungan perubahan muka air laut dan hubungannya dengan mencairnya es di Kutub Selatan dan perubahan curah hujan digunakan analisa korelasi. Tren perubahan muka air laut dan pencairan es dianalisa menggunakan metode regresi linier.

Dari penelitian ini didapatkan hasil berupa besar perubahan muka air laut di wilayah perairan Selatan Jawa, perubahan volume es di Kutub Selatan dan perubahan curah hujan. Hasil tersebut kemudian dianalisa sehingga didapatkan tren perubahannya dan hubungannya sehingga dapat dilakukan pemodelan dan analisa hubungan antara kedua data tersebut guna perkembangan wilayah di Pesisir Laut Selatan Jawa.

METODOLOGI PENELITIAN

Data Dan Peralatan

- Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data dari satelit altimetri Jason-2 format biner GDR (*Geophysical Data Record*) yang diproduksi oleh PODAAC dengan lama pengamatan 4 tahun 2011-2014.
2. Data dari satelit altimetri Cryosat-2 *Low Rate Mode* (LRM) dengan format GDR yang diproduksi oleh PODAAC dengan lama pengamatan 4 tahun 2011 – 2014.
3. Data pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG) stasiun pengamatan Sadeng (Yogyakarta) dan dari stasiun pengamatan global yaitu stasiun Cilacap, dan Prigi selama 2011 – 2014.
4. Data TRMM 3B43 dengan format .nc yang diproduksi NASA dan NASDA selama 2011 – 2014.

- Peralatan

Peralatan dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat Komputer (Laptop/PC) untuk pengolahan data dan penulisan laporan.
2. Software BRAT untuk mengolah data altimetri Jason-2 dan Cryosat.
3. Software GMT 5 untuk plotting dan penyajian hasil pengolahan data.
4. Software Surfer 10 untuk melakukan perhitungan volume es.

Metodologi Penelitian

- Lokasi Penelitian

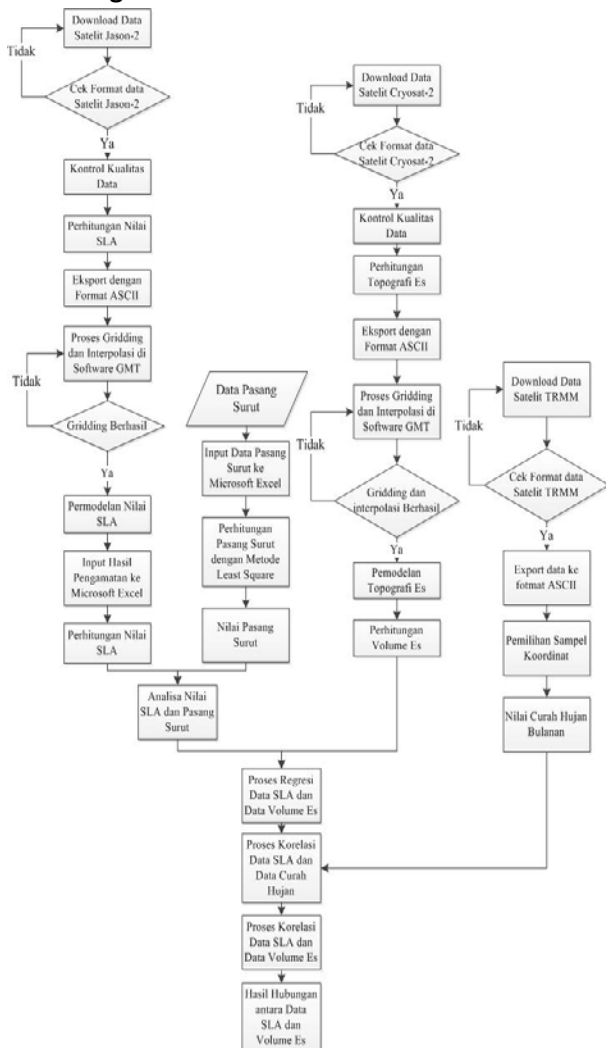
Lokasi penelitian ini adalah perairan selatan Pulau dengan titik pengamatan pada perairan Cilacap, Prigi dan Sadeng (Yogyakarta). Secara geografis penelitian berada pada koordinat

6°53'42.55"LS - 9°59'7.14"LS dan 104°53'14.43"BT - 114°29'39.33" BT. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

- **Pengolahan Data**



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data berdasarkan gambar 2 adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan SLA (Sea Level Anomaly)

Untuk perhitungan SLA digunakan data perbulan dari satelit Jason -2. Perhitungan nilai SLA,

merupakan proses perhitungan tinggi permukaan laut dengan referensi geoid atau mean sea surface (MSS). Nilai SLA ini didapatkan dari nilai sea surface height (SSH) yang telah direferensikan terhadap geoid atau MSS dengan dihilangkan efek pasang surut dan pengaruh atmosfer. SSH ditentukan dengan cara mengurangi tinggi satelit dengan pengukuran altimeter yang telah dikoreksi. Pengukuran yang telah dikoreksi ini biasa disebut *corrected range (p)* (Benada, 1997).

2. Perhitungan Pasang Surut

Dalam tahapan ini dilakukan pengolahan data dari data – data pasang surut dari 3 stasiun milik BIG (Cilacap, Sadeng, dan Prigi). Perhitungan pasang surut dilakukan menggunakan metode *least square* untuk mendapatkan komponen – komponen pasang.

3. Perhitungan Volume Es

Perhitungan lapisan es (topografi es dan koefisien *backscatter*), merupakan proses perhitungan lapisan es yang bertujuan untuk mendapatkan nilai tinggi topografi permukaan es. Nilai parameter yang digunakan dalam perhitungan lapisan es adalah *topo_dtu10* yang merupakan data yang memiliki resolusi tinggi (20 HZ) dan *sig0_ku* yang merupakan data dengan resolusi tinggi (20 Hz). Untuk pembatasan area digunakan perintah “(surf_type_flags>0) && (is_bounded(0, sig0_ku, 45))”.

Kemudian dilakukan proses gridding dan interpolasi dengan metode *Inverse Weight Distance* dengan software GMT. Hasil akhir dari proses ini adalah pemodelan permukaan es perbulan untuk mengetahui nilai perubahan volume es.

Perhitungan volume es di software Surfer, dimana dalam proses ini dilakukan perhitungan volume dengan menggunakan permukaan hasil gridding setiap waktu untuk mengetahui nilai volume tersebut. Nilai volume, merupakan hasil dari perhitungan volume dari lapisan es.

4. Perhitungan Nilai Curah Hujan

Perhitungan nilai curah hujan menggunakan satelit TRMM. Data yang digunakan untuk perhitungan nilai curah hujan merupakan data

level 3 dengan resolusi spasial $0.25^\circ \times 0.25^\circ$. Dimana nilai curah hujan yang didapat merupakan nilai curah hujan bulanan. Perhitungan nilai curah hujan dilakukan pada wilayah daerah titik sampel perairan pada pengamatan perubahan muka air laut yaitu perairan Cilacap, Sadeng, dan Prigi.

5. Analisa Nilai SLA dan Pasang Surut
Kegiatan ini merupakan proses validasi nilai SLA dengan data pasang surut insitu di daerah pengamatan. Dimana pada proses ini dicari hubungan antar ke dua data dengan menggunakan proses korelasi.

6. Analisa Nilai SLA dengan Volume Pencairan Es
Pada tahap ini di hubungkan nilai pencairan es di Kutub Selatan dengan nilai SLA yang ada. Dari analisa ini akan dicari hubungan dengan memodelkannya dengan analisa korelasi.

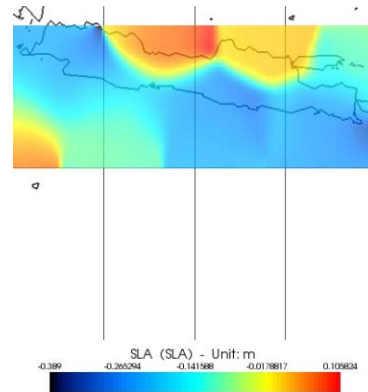
7. Analisa SLA dengan Curah Hujan
Pada tahap ini di hubungkan nilai perubahan curah hujan dengan nilai SLA yang ada. Dari analisa ini akan dicari hubungan dengan memodelkannya dengan analisa korelasi

8. Analisa Akhir
Pada tahap ini dilakukan analisa tren perubahan muka air laut dan perubahan volume es di Kutub Selatan dengan analisa regresi.

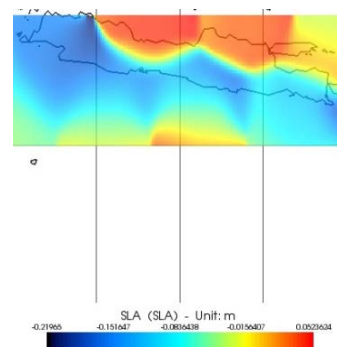
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengolahan SLA

Langkah awal sebelum dilakukan pengolahan SLA adalah pengecekan data dengan menggunakan kontrol kualitas data yang mengacu pada parameter yang tercantum pada OSTM/Jason-2 Products Handbook (AVISO, 2011). Setelah dilakukan pengecekan data lalu dilanjutkan pengolahan SLA dengan menggunakan perangkat lunak BRAT dengan menggunakan parameter – parameter unutm pengolahan SLA. Kemudian dilakukan pengeplotan pada ruang *views* untuk mengetahui SLA dalam bentuk gambar.



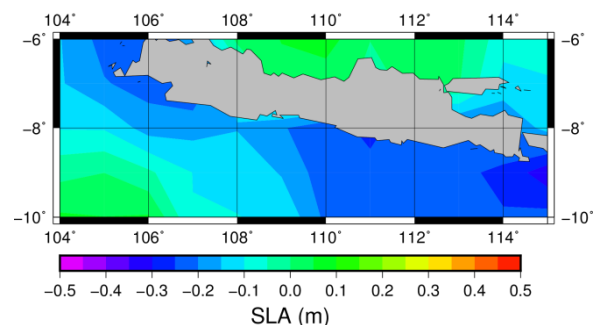
Gambar 3. SLA Bulan September 2011 Hasil Pengolahan Menggunakan BRAT



Gambar 4. SLA Bulan September 2012 Hasil Pengolahan Menggunakan BRAT

Setelah proses penghitungan SLA selesai. Kemudian dilakukan proses *export* data SLA pada perangkat lunak BRAT. Proses ini dilakukan untuk mengubah data dari format grid (.nc) menjadi format *text* (.txt).

Hasil dari format .txt dilakukan pengeplotan menggunakan software GMT untuk selanjutnya dilakukan proses gridding dan interpolasi. Sehingga menghasilkan model yang lebih baik.



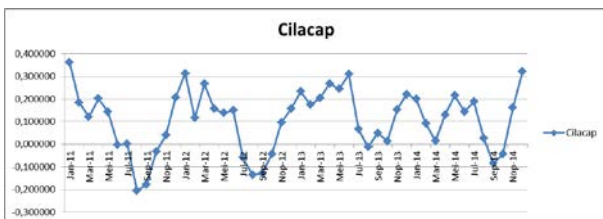
Gambar 5. Hasil Pemodelan SLA di Software GMT Bulan September 2011

Hasil nilai SLA dengan format *text* kemudian dicari koordinat titik sampel dan kemudian di masukkan ke dalam microsoft excel untuk melakukan

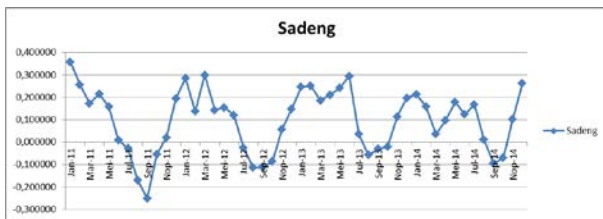
analisis nilai SLA pada setiap titik sampel pengamatan pada tahun 2011 – 2014. Kemudian dilakukan plotting nilai SLA dari koordinat titik sampel pada grafik untuk mengetahui tren perubahannya.

Tabel 1. Lokasi Koordinat Titik Sampel Pengamatan dari Satelit Jason-2

Nama Stasiun	Lintang	Bujur	Jarak dengan Stasiun Pasut
Cilacap	-7.812	109.000	6.965 Km
Sadeng	-8.250	110.812	6.812 Km
Prigi	-8,312	111.750	3.799 Km



Gambar 6. Grafik SLA Perairan Cilacap Tahun 2011 - 2014.



Gambar 7. Grafik SLA Perairan Sadeng Tahun 2011 - 2014.



Gambar 8. Grafik SLA Perairan Prigi Tahun 2011 - 2014.

Setelah itu dilakukan penghitungan SLA rata-rata pada setiap bulan untuk mengetahui nilai tertinggi dan terendah serta tren linier dari perairan selatan Jawa yang terjadi selama 4 tahun pengamatan.



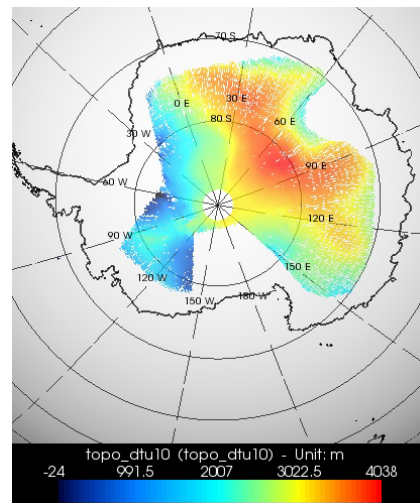
Gambar 9. Grafik SLA Perairan Selatan Jawa Tahun 2011 - 2014.

Tabel 2. SLA Tertinggi dan Terendah Setiap Tahun di Perairan Selatan Jawa.

Tahun	SLA (meter)			
	Tertinggi	Bulan	Terendah	Bulan
2011	0,2761	Januari	-0,1359	September
2012	0,2219	Januari	-0,0687	September
2013	0,1944	Januari	0,0085	September
2014	0,1588	Mei	0,0065	September

2. Hasil Pengolahan Volume Es

Untuk melakukan pengolahan volume es, lebih dahulu dicari nilai topografi dari daerah kutub selatan. Dimana nilai topografi es didapatkan dari nilai koefisien *topo_dtu10* pada dataset satelit Cryosat. Koefisien *topo_dtu10* merupakan koefisien ketinggian bereferensi pada elipsoid. Nilai topografi didapatkan dengan pengolahan data satelit Cryosat setiap *cycle*. Kemudian memasukkan parameter *sig0_ku* untuk nilai sinyal untuk memisahkan karakteristik dari permukaan. Kemudian dilakukan pengeplotan pada ruang *views* untuk mengetahui topografi es dalam bentuk gambar.



Gambar 10. Hasil Pengolahan Topografi Es Kutub Selatan Januari 2011

Setelah proses pengolahan topografi es selesai. Kemudian dilakukan proses *export* data pada perangkat lunak BRAT. Proses ini dilakukan untuk mengubah data dari format grid (.nc) menjadi format *text* (.txt).

Hasil dari format .txt dilakukan pemodelan di

software GMT untuk selanjutnya dilakukan proses gridding dan interpolasi. Sehingga menghasilkan model yang lebih baik. Kemudian dilakukan perhitungan volume es di software *surfer* untuk mendapatkan hasil volume es setiap bulannya.

Tabel 3. Volume Es Tertinggi dan Terendah Setiap Tahun Dari Kutub Selatan.

Tahun	Volume (m ³)			
	Tertinggi	Bulan	Terendah	Bulan
2011	17747654	Juli	15432809	Februari
2012	17835774	April	15226999	Agustus
2013	18219640	Desember	14859009	April
2014	18252379	Oktober	15774308	Agustus

3. Hasil Pengolahan Nilai Pasang Surut

Lokasi koordinat stasiun pasang surut di tunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4. Lokasi Koordinat Stasiun Pasang Surut

Nama Stasiun	Lintang	Bujur
Cilacap	7° 45' 7,8"	109° 0' 57,6"
Sadeng	8° 11' 25,6"	110° 47' 57,9"
Prigi	8° 17' 12,7"	111° 43' 39,3"

Data yang di dapat dari BIG maupun PSMSL (Holgate, et al, 2016) merupakan data pengamatan muka laut per jam. Sehingga untuk mendapatkan nilai muka air laut rata – rata (MSL) dilakukan dengan pengolahan metode *least square*. Berikut adalah hasil perhitungan nilai tertinggi dari tinggi muka air laut rata – rata dari 3 stasiun pengamatan tahun 2011 – 2014.

Tabel 5. Nilai Muka Air Laut Rata – Rata Tahun 2011 – 2014 (m)

Nama Stasiun	2011	2012	2013	2014
Cilacap	1,3461	1,3546	1,4420	1,3862
Sadeng	2,4867	3,1651	3,3456	3,2886
Prigi	1,3934	1,4167	1,4922	1,4353

4. Hasil Pengolahan Curah Hujan

Lokasi koordinat sampel lokasi curah hujan di tunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 6. Lokasi Koordinat Sampel Curah Hujan

Nama Stasiun	Lintang	Bujur
Cilacap	-7,875 ^o	109,125 ^o
Sadeng	-8,375 ^o	110,875 ^o

Prigi	-8,375 ^o	111,625 ^o
-------	---------------------	----------------------

Nilai yang di dapat dari satelit TRMM curah hujan dengan satuan mm/h untuk menjadi data curah hujan bulanan perlu dikalikan dengan 24 jam dan 30 hari. Berikut hasil data curah hujan untuk daerah sampel pengamatan.

Tabel 7. Nilai Curah Hujan Rata – Rata Tahun 2011 – 2014 (mm/th)

Nama Stasiun	2011	2012	2013	2014
Cilacap	0,335	0,338	0,411	0,406
Sadeng	0,231	0,218	0,311	0,218
Prigi	0,237	0,202	0,317	0,222

5. Analisa SLA dengan Nilai Pasang Surut

Analisa hubungan data nilai SLA dengan nilai muka air laut rata – rata (pasang surut) menggunakan analisa korelasi. Dimana fungsi dari korelasi adalah untuk menentukan kuatnya atau dejerat hubungan linier antara dua variabel atau lebih (Sudjana, 2002). Jika telah didapat nilai korelasi maka akan diketahui hubungan dari ke dua data tersebut. Berikut nilai korelasi SLA dengan muka air laut rata – rata selama tahun 2011 – 2014.

Tabel 8. Nilai Korelasi Antara SLA dengan Mean Sea Level 2011 - 2014

Lokasi	Jarak (Km)	Korelasi
Cilacap	6,965	0,973
Sadeng	6,812	0,517
Prigi	3,799	0,983

Dari nilai korelasi antara nilai SLA dan *mean sea level* dari pengamatan pasang surut, didapatkan nilai korelasi antara kedua data tertinggi terletak di perairan Prigi sebesar 0,983. Dimana nilai korelasi tersebut termasuk dalam kategori sangat kuat untuk hubungan antar datanya. Sedangkan untuk nilai korelasi terendah terletak pada hubungan antar data di perairan Sadeng yaitusebesar 0,517. Hal ini di akibatkan untuk data pasang surut perairan Sadeng menggunakan data pasang surut dari BIG. Sedangkan untuk data pasang surut wilayah perairan Cilacap dan Prigi menggunakan data pasang surut global.

6. Analisa SLA dengan Curah Hujan

Dari pengamatan curah hujan kemudian dilakukan analisa hubungan SLA dengan curah hujan dengan

menggunakan analisa korelasi. Nilai korelasi yang didapat adalah 0,716 (Cilacap), 0,720 (Sadeng), 0,773 (Prigi).

Dari hasil diatas dapat dikatakan bahwa perubahan nilai muka air laut di selatan pulau Jawa dipengaruhi oleh perubahan nilai curah hujan yang ada. Hal ini dikarenakan nilai korelasi dari kedua data untuk daerah sampel penelitian termasuk dalam kriteria hubungan kuat. Sehingga jika curah hujan pada daerah tersebut tinggi maka nilai muka air laut tersebut akan naik dan juga berlaku untuk sebaliknya.

7. Analisa SLA dengan Volume Es

Dari hasil perubahan volume es tersebut akan dikaitkan dengan perubahan nilai SLA dengan menggunakan metode korelasi. Sehingga diharapkan dari analisa korelasi tersebut, ke dua data tersebut memiliki hubungan atau tidak. Berikut merupakan hasil analisa korelasi dari perubahan volume es dengan nilai SLA di perairan selatan Jawa.

Dari nilai Korelasi antara nilai SLA dengan volume es di Kutub Selatan untuk wilayah perairan Cilacap sebesar 0,119, untuk wilayah perairan Sadeng sebesar 0,073, dan untuk wilayah perairan Prigi sebesar 0,067. Dari ketiga wilayah sampel perairan menunjukkan bahwa perubahan nilai sea level anomaly sangat kecil pengaruhnya dengan perubahan nilai volume es di kutub selatan. Secara keseluruhan untuk wilayah perairan selatan Jawa nilai korelasi yang di dapat adalah 0,044. Sehingga dari hasil nilai korelasi menunjukkan sangat kecilnya pengaruh perubahan volume es terhadap perubahan muka air laut di perairan selatan Jawa. Hal ini di pengaruhi dengan posisi perairan Selatan pulau Jawa yang terletak jauh dari wilayah kutub selatan.

8. Analisa Perubahan Muka Air Laut

Analisis perubahan muka air laut menggunakan nilai regresi linier. Regresi linier adalah metode yang digunakan untuk membentuk model hubungan antara variabel terikat dengan satu atau lebih variabel bebas. Sehingga Regresi mampu mendeskripsikan fenomena data melalui terbentuknya suatu model hubungan yang bersifat

numerik. Tren kenaikan muka air laut setiap tahunnya dengan menggunakan persamaan garis linier yang diberikan sebagai berikut (Sarwono, 2006) :

$$y = mx + c \quad (1)$$

Dari perhitungan persamaan linier tersebut didapatkan hasil regresi dari masing masing perairan sebagai berikut :

- Perairan Cilacap : $y = 0,00068x + 0,091043$
- Perairan Sadeng : $y = -0,00027x + 0,105579$
- Perairan Prigi : $y = -0,00027x + 0,105579$
- Perairan Perairan Selatan Jawa : $y = -0,00027x + 0,0991$

Selanjutnya mencari tren perubahan muka air laut dengan mencari nilai maksimal dan minimal dari masing masing hasil regresi. Tren didapatkan dari nilai y maksimal dikurangi dengan nilai y minimal dibagi dengan lamanya tahun pengamatan (Dewantara, 2014). Berikut hasil tren perubahan muka air laut setiap wilayah perairan.

Tabel 9. Nilai Tren Perubahan Setiap Perairan

Nama Stasiun	Tren (m/th)
Cilacap	0,0079
Sadeng	-0,0032
Prigi	-0,0082
Selatan Pulau Jawa	-0,0032

*tanda negatif (-) menunjukkan bahwa tren perubahan muka laut mengalami penurunan setiap tahunnya.

Dari analisis tren perubahan muka air laut tersebut hanya terdapat satu perairan yang memiliki tren kenaikan yaitu perairan Cilacap. Sedangkan untuk keseluruhan wilayah perairan selatan pulau Jawa mengalami penurunan. Hal ini sejalan dengan tren dari nilai *mean sea level* dari pasang surut 3 stasiun pengamatan yang dijadikan sebagai validasi dari nilai SLA yang berasal dari data satelit Altimetri.

9. Analisa Perubahan Volume Es di Kutub Selatan

Analisa perubahan es di Kutub Selatan dilakukan dengan metode regresi linier. Dari metode ini akan didapatkan nilai tren perubahan volume es di Kutub Selatan setiap tahunnya.

Untuk mencari tren perubahan volume es juga sama dengan mencari tren perubahan muka air laut dari nilai SLA. Sehingga dari persamaan (1) didapatkan model regresi linier perubahan volume es berikut $y = 17537,839x + 16498132,53$. Dari

persamaan regresi tersebut di ketahui tren perubahan volume es setiap waktu bertambah. Dari persamaan diatas di cari nilai tren perubahan setiap tahun dengan cara pada mencari tren pada perubahan nilai SLA. Dari cara tersebut didapatkan tren perubahan volume sebesar 206.069 m³ setiap tahunnya.

Dari hasil tren perubahan volume es diketahui volume es di Kutub Selatan setiap tahun bertambah. Hal ini dikarenakan kawasan Antartika terdapat iklim serta arus laut yang berbeda dari sistem yang mempengaruhi Kutub Utara. Selain itu, suhu di Kutub Selatan lebih dingin dari pada Kutub Utara sehingga hal ini mendukung kondisi tidak melelehnya es di Kutub Selatan. Karena itulah dampak pemanasan global di Kutub Selatan tidak sekuat seperti yang melanda Kutub Utara. Se jauh ini dapat diamati, di Kutub Selatan relatif tidak terjadi pencairan lapisan es.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari Penelitian ini adalah :

1. Nilai SLA tertinggi terjadi pada bulan Januari 2011, yaitu sebesar 0,27611 m. Sedangkan untuk nilai SLA terendah terjadi pada bulan September 2011, yaitu sebesar -0,13596 m.
2. Volume es tertinggi pada kutub selatan terjadi pada bulan Oktober 2014, yaitu sebesar 18.252.379 m³. Sedangkan untuk nilai volume es terendah terjadi pada bulan Desember 2013, yaitu sebesar 14.859.009 m³.
3. Nilai tren linier perubahan muka air laut di perairan selatan Jawa adalah sebesar -3,2 mm/tahun
4. Nilai tren perubahan volume es di kutub selatan adalah sebesar 206.069 m³ setiap tahunnya.
5. Validasi data SLA dengan menggunakan data pasang surut dapat dilakukan karena korelasi antara nilai SLA data pasang surut lebih dari 0,5 hal ini menunjukkan hubungan dari kedua data kuat.
6. Dari data perubahan curah hujan memiliki pengaruh yang kuat terhadap perubahan muka air laut hal ini berdasarkan dari nilai korelasi anantara data SLA dengan perubahan curah hujan sebesar 0,716 (Cilacap), 0,720 (Sadeng), 0,773 (Prigi) yang termasuk dalam kriteria

hubungan kuat.

7. Dari data perubahan muka air laut sedikit sekali di pengaruhi oleh perubahan volume es di kutub selatan hal ini di berdasarkan dari nilai korelasi antara data SLA di perairan selatan Jawa dengan volume es di Kutub Selatan 0,0444 yang termasuk dalam kriteria hubungan sangat lemah.

Berdasarkan penelitian ini, data satelit altimetri Jason-2 secara umum dapat digunakan untuk memantau fenomena kenaikan muka air laut. Namun diperlukan penelitian yang lebih intensif, terutama dalam hal lama pengamatan dan data pembanding lainnya seperti curah hujan. Sedangkan untuk data satelit Cryosat dapat digunakan untuk memantau perubahan topografi es karena memiliki lintang yang tinggi. Sehingga diperlukan penelitian yang lebih intensif, terutama dengan mengkombinasikan dengan es yang mengapung dilautan (*sea ice*), nilai gravitasi dari suatu tempat, dan data pembanding lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- IPCC, 2007. Climate Change 2007. Swedia: Intergovernmental Panel On Climate Change..
- Hastho, W., Sorja, K., & Yuniyanto, M, 2012. Analisa Sea Level Rise Data Satelit Altimetri Topex/Poseidon, Jason-1 dan Jason-2 di Perairan Laut Jawa Periode 2000 - 2010. Solo: FMIPA Universitas Sebelas Maret.
- Benada, J. R, 1997. *User Handbook Physical Oceanography Distributed Active Archive Center PO.DAAC Merged GDR (Topex/Poseidon)*. NOAA.
- AVISO, 2011. OSTM/Jason-2 Products Handbook. CNES, EUMETSAT, JPL, NOAA/NESDIS.
- Holgate, et al. "Referencing the Tide Gauge Data Set". 2016. <http://www.psmsl.org/data/obtaining> (18 April 2016)
- Sudjana, 2002. Metode Statistika. Bandung: Trasiito.

- Sarwono, J, 2006. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Dewantara, A, H,2014. Analisa Luas Daerah Potensi Genangan Air Rob Akibat Kenaikan Muka Air Laut Menggunakan Data Satelit Altimetri. Surabaya: Prodi Teknik Geomatika-ITS.