

## Studi Kenaikan Muka Air Laut Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-1 (Studi Kasus : Perairan Semarang)

*STUDY OF SEA LEVEL RISE USING SATELLITE ALTIMETRY DATA  
(A case study: Sea Of Semarang)*

**M. Nur Cahyadi<sup>1</sup>, Lalu.M. Jaelani<sup>1</sup>, Aryasandah H D<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
Email: cahyadi\_geod@yahoo.com

### Abstrak

Kenaikan muka air laut merupakan satu hal yang dapat mengancam kehidupan manusia terutama yang tinggal di wilayah pesisir. Tidak hanya wilayah pesisir yang terancam oleh kenaikan muka air laut tetapi pulau-pulau kecil di wilayah terluar Indonesia juga terancam oleh kenaikan muka air laut dan nyaris hilang karena muka laut dari tahun ketahun terus meningkat. Di pulau Jawa khususnya terdapat beberapa kota yang sedang mengalami permasalahan serius tentang kenaikan muka laut sebut saja Jakarta, Semarang, Pekalongan, Tuban dan Surabaya. Kenaikan muka air laut yang terjadi di kota-kota tersebut diakibatkan oleh meningkatnya suhu bumi sehingga mengakibatkan pencairan gletser dan es yang ada di kutub, akibatnya volume air yang ada di laut meningkat secara drastis dan mengakibatkan kenaikan muka air laut. Hal tersebut juga diperparah oleh laju penurunan tanah yang sangat tinggi, sebut saja di kota Semarang laju penurunan tanah antara 8-13 cm/tahun. Sehingga hal tersebut sangat mengancam keberlangsungan hidup manusia yang tinggal di wilayah pesisir, maka dari itu pengamatan kenaikan muka air laut harus terus diamati setiap tahunnya. Salah satu teknologi yang sedang berkembang dan banyak digunakan untuk mengamati kenaikan muka air laut yaitu Satelit Altimetri. Pada penelitian ini digunakan satelit altimetri Jason-1 untuk mengamati laju kenaikan muka air laut di wilayah Semarang pada tahun 2009-2011 sehingga didapatkan prediksi dengan metode matematis untuk mengetahui laju pertahun untuk tahun berikutnya. Pada penelitian ini didapatkan besar kenaikan muka air laut kota Semarang yaitu 12,83 mm/tahun.

**Kata Kunci: Kenaikan Muka Air Laut, Satelit Altimetri Jason-1, BRAT (Basic Radar Altimetry Toolbox)**

### Abstract

*Sea level rise was one thing that can threaten human life, especially those living coastal region. Not only the coastal areas threatened by sea level rise but small islands outermost region of Indonesia also threatened by sea level rise and almost lost due to sea level continued to rise from year to year. On the island of Java in particular, there are several cities that are experiencing serious problems of sea level rise call Jakarta, Semarang, Pekalongan, Tuban and Surabaya. Sea level rise that occurred in cities is caused by rising global temperatures resulting in melting glaciers and ice there dikutub, consequently the volume of water in the sea increased dramatically and lead to sea level rise. It is also exacerbated by the rate of decline in soil is very high, namely the city of Semarang, the rate of decline in soil between 8-13 cm / year. So it is very threatening to the survival of people living in coastal areas, therefore the observation of sea level rise should continue to be observed annually. One of the emerging technologies and widely used for observing the sea level rise that satellite altimetry. In this study used satellite altimetry Jason-1 to observe the rate of sea level rise in the region Semarang in 2009 to 2011 to obtain prediction with mathematical methods to determine the annual rate for the next year. On this study, large sea level rise semarang is 12.83 mm / year.*

**Keywords: Sea Level Rise. Jason-1, BRAT (Basic Radar Altimetry Toolbox)**

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Kenaikan muka air laut merupakan salah satu isu global yang sedang mengemuka saat ini. Banyak

penelitian yang dilakukan mengenai kenaikan muka air laut. Kenaikan muka air laut dapat disebabkan oleh tiga hal, yaitu mencairnya es

dikutub, kejadian iklim ekstrim dan turunnya permukaan tanah akibat adanya kompaksi lahan. Secara umum, kenaikan muka air laut merupakan dampak dari pemanasan global (*Global Warming*) yang melanda seluruh belahan bumi. Menurut laporan dari *International Panel On Climate Change* (IPCC) bahwa rata-rata suhu permukaan global meningkat 0,3 – 0,6 °C sejak akhir abad 19 dan nanti sampai tahun 2100 suhu bumi diperkirakan akan naik sekitar 1,4 – 5,8°C (Dahuri, 2002). Naiknya suhu permukaan global menyebabkan mencairnya es di kutub utara dan selatan bumi sehingga terjadilah kenaikan muka air laut (*Sea Level Rise*). Diperkirakan dari tahun 1999-2100 mendatang kenaikan muka air laut sekitar 1,4 – 5,8 m (Dahuri, 2002 dituliskan Wirasatriya, 2006).

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang sangat rentan terhadap tekanan lingkungan, baik yang datang dari darat maupun yang dari laut. Salah satu tekanan yang baru-baru ini mengancam keberlanjutan wilayah pesisir di seluruh bagian dunia adalah adanya kenaikan muka air laut (Wirasatriya dkk., 2006). Fenomena naiknya muka air laut akibat pertambahan volume air laut menyebabkan perubahan tinggi permukaan air laut yang dapat dilihat sebagai suatu fenomena alam yang terjadi secara periodik maupun menerus. Perubahan secara periodik dapat dilihat dari fenomena pasang surut air laut.

Perairan Kota Semarang merupakan perairan terbuka yang berhubungan dengan Laut Jawa, dan sangat dipengaruhi oleh kondisi eksternal seperti angin, musim, cuaca, dan pasang surut yang berasal dari luar laut terbuka. Kota Semarang sendiri merupakan salah satu kota metropolitan yang memiliki wilayah pesisir di bagian utara dengan garis pantai sepanjang 13 km dan dipastikan akan selalu terkena dampak dari kenaikan muka air laut tersebut. Ditambah Penurunan muka tanah di wilayah pantai Kota Semarang mencapai 13 cm/tahun (Badan Geologi dan Proyek Mitigation of Georisks, 2011) sehingga semakin memperparah dampak yang diakibatkan oleh kenaikan muka laut tersebut.

Sehingga perlu diadakan studi lebih lanjut tentang fenomena kenaikan muka air laut di perairan Kota Semarang. Karena dinamika kenaikan muka air laut di perairan Kota Semarang sangat bervariasi pengamatan konvensional dengan menggunakan kapal survei kelautan bukanlah metode yang efektif dan efisien. Penggunaan teknologi satelit altimetri menjadi salah satu alternatif yang tepat untuk mengamati fenomena ini. Dengan cakupan pengamatan yang luas serta tidak terbatas oleh kendala cuaca maupun kendala lainnya yang terdapat pada metode konvensional. Salah satu satelit altimetri tersebut adalah Satelit Jason-1 yang diluncurkan pada tahun 2008.

Data yang digunakan mencakup data akuisisi GDR-C dari satelit Jason-1 pada pengamatan tahun 2009-2011. Data ini merupakan data binary yang sudah dikoreksi terhadap orbit sehingga data ini dapat langsung digunakan tanpa melalui koreksi terlebih dahulu. (Jason-1 Handbook).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Data Dan Peralatan

- **Data**  
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data dari satelit altimetri Jason-1 format biner GDR (Geophysical Data Record) yang diproduksi oleh PODAAC dengan lama pengamatan selama 3 tahun 2009-2011.
- **Peralatan**  
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
  1. BRAT (*Basic Radar Altimetry Toolbox*) 2.0
  2. Surfer 11
  3. Microsoft Office 2013
  4. Adobe Reader 11

### Metode Penelitian

#### a) Lokasi Penelitian

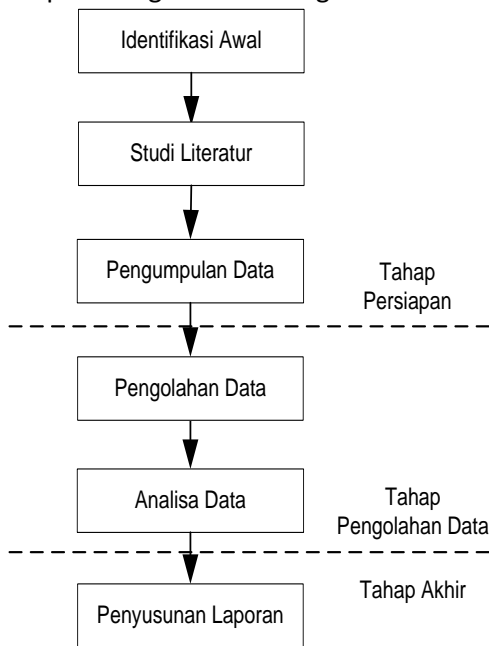
Lokasi yang digunakan adalah perairan Semarang dan Kota Semarang untuk dicari sejauh mana kenaikan muka air laut mengenai Kota Semarang menggunakan satelit Jason-1 yang orbitnya melewati perairan Kota Semarang. Letaknya berada di koordinat pada 60 57' 28,01" Lintang Selatan (LS) dan 110 25' 2,27" Bujur Timur (BT).



Gambar 1. Area Pengamatan

b) Tahap Penelitian

Secara garis besar tahapan dari penelitian ini seperti pada diagram alir sebagaiberikut :



Gambar 2. Diagram Awal Penelitian

Adapun Penjelasan dari diagram alir tersebut adalah sebagai berikut :

- i. Identifikasi Awal  
Identifikasi Awal, bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan. Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah berapakah besar dari laju kenaikan muka air laut per tahunnya dan prediksi 5 tahun

- ii. Studi Literatur  
Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan Analisa kenaikan muka air laut (sea level rise) menggunakan data satelit altimetri di perairan Kota Semarang dan Metode pengolahan data satelit altimetri menggunakan BRAT (Basic Radar Altimetri Toolbox).
- iii. Pengumpulan Data  
Dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Data berupa data binary dengan format GDR dari data satelit altimetri Jason-1.
- iv. Tahap Pengolahan  
Diagram alir tahap pengolahan dari data satelit altimetri dapat dilihat pada lampiran. Adapun Penjelasan dari diagram alir tersebut adalah sebagai berikut :
  - i. Download Data  
Download data yang dibutuhkan yaitu data satelit altimetri Jason-1 dengan format biner yaitu Geophysical Record Data.
  - ii. Cek Format Data Satelit Altimetri Jason 1  
Pada tahap ini dilakukan proses cek data GDR hasil download, karena seringkali data data GDR yang di unduh bukan per-cycle tetapi secara global
  - iii. Kontrol Kualitas data  
Setelah proses konversi data berjalan sukses, langkah selanjutnya yaitu melakukan kontrol kualitas data. Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan data dengan kualitas yang baik dan kriteria ini dapat dilihat pada kriteria di AVISO.
  - iv. Perhitungan Sea Anomaly Perbulan  
Pada pengolahan ini harus dihitung anomaly tinggi laut pada pass dan cycle yang ditentukan.
  - v. Export Data ke ASCII  
Setelah nilai SLA perbulan didapat maka tahap selanjutnya adalah export data ke format .txt
  - vi. Memfilter data dan konversi data ke excel

Pada tahapan ini data yang semula mempunyai nilai 'Default Value' harus dilakukan penghilangan karena akan mengakibatkan *error* yang besar apabila tidak dihilangkan, kemudian di konversi dalam format .xls

- vii. Gridding di Surfer  
Selanjutnya adalah dilakukan proses gridding dengan metode Inverse Weight Distance dengan software surfer, sehingga hasil akhirnya adalah kontur SLA perbulan dalam pengamatan 3 tahun. Dan juga dilakukan breakline atau overlay peta indonesia format .shp agar bisa diketahui dimana letak area pengamatan
- viii. Input koordinat pengamatan  
Proses kali ini adalah memasukkan nilai koordinat pengamatan format .txt agar bisa dicari rata-rata SLA di area perairan semarang.
- ix. Perhitungan Nilai SLA Rata-Rata  
Dilakukan perhitungan rata rata SLA dari titik pengamatan di perairan semarang untuk mencari tau kenaikan muka air laut yang akan dimodelkan dengan regresi linier.
- x. Analisa Nilai Kenaikan Muka Air Laut  
Dari nilai SLA tiap bulan tersebut diambil titik pengamatan tertentu untuk dihitung kenaikan tinggi muka air lautnya tiap bulan untuk kemudian didapatkan trend linier kenaikan tinggi muka air laut dititik-titik tersebut selama tiga tahun

yang bisa diolah dengan menggunakan software ini.

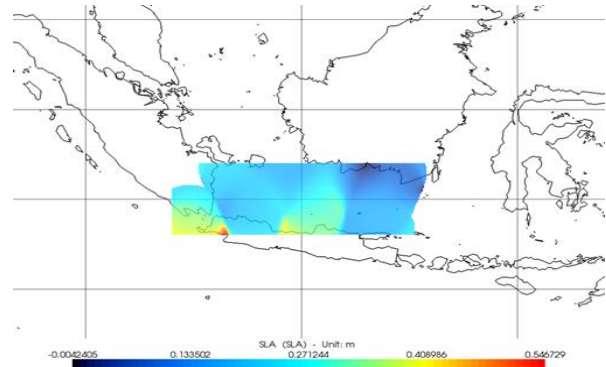
### Pengolahan Sea Anomaly Perbulan

Pengolahan untuk mengetahui nilai SLA dilakukan dengan menggunakan software BRAT. Nilai Sea Level Anomaly dapat dihitung dengan formula (AVISO, 2011):

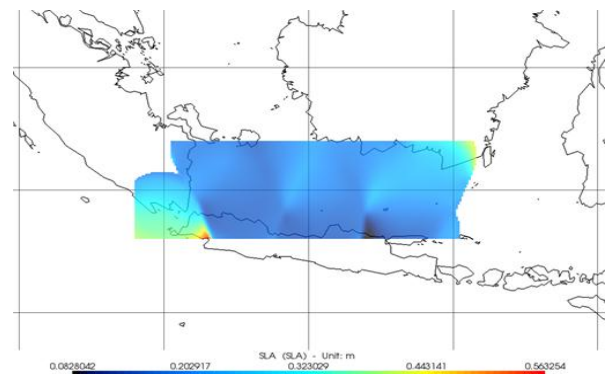
$$SLA = SSH - \text{Bidang Geoid} - \text{Koreksi Nois}$$

Nilai SLA didefinisikan sebagai tinggi permukaan laut diatas permukaan geofisik yang berupa mean sea surface dan geoid kemudian dikurangi dengan efek pasang surut dan pengaruh tekanan atmosfer (AVISO, 2011). Perhitungan SLA dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata dari titik yang telah ditentukan. Nilai SLA dihitung setiap bulannya, dan setiap bulan tersebut mengandung nilai dari +3 Cycle dan pass yang dilalui oleh satelit altimetri jason-1(51,64,127,140,203,216,227,242).

Berikut adalah hasil dari SLA yang didapatkan pada ditampilkan di jendela view software BRAT :



Gambar 3. SLA BRAT Bulan Mei 2009

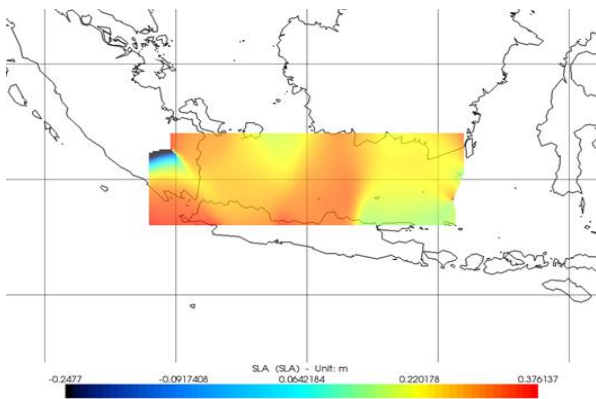


Gambar 4. SLA BRAT Bulan Mei 2010

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengecekan Kualitas Data

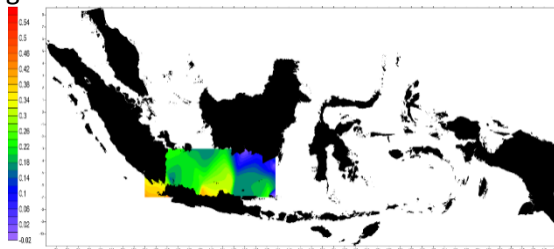
Tahapan awal ini dilakukan untuk mendapatkan data dengan kualitas terbaik. Tahapan ini dilakukan pada dua jenis data yang digunakan, yaitu data GDR format .nc yang diperoleh dari server PODAAC. Kontrol kualitas data dalam penelitian ini menggunakan parameter acuan yang tercantum pada Jason-1 Products Handbook (AVISO and PODAAC, 2003). Pada software BRAT, data yang tidak sesuai dengan parameter acuan akan dihilangkan secara otomatis. Sehingga hanya data yang benar-benar sesuai acuan saja



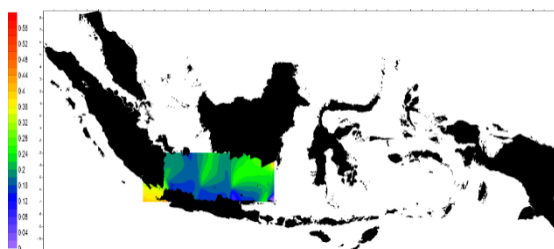
Gambar 5. SLA BRAT Bulan Mei 2011

**Gridding di Surfer 11**

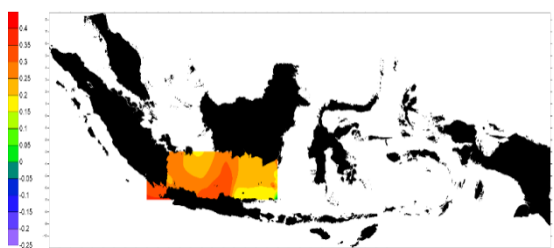
Berikut adalah hasil gridding di surfer yang menggunakan metode Inverse Weight Distane (IDW) dan penentuan titik diperairan semarang. Hasil pengolahan surfer akan di overlay dengan peta indonesia format shapefile yang mempunyai sistem proyeksi WGS84, agar bisa diketahui sistem proyeksi dari SLA tersebut dan posisi dari area pengamatan. Berikut adalah hasil pengolahan disurfer :



Gambar 6. SLA Surfer Bulan Mei Tahun 2009



Gambar 7. SLA Surfer Bulan Mei Tahun 2010



Gambar 8. SLA Surfer Bulan Mei Tahun 2011

Dari ketiga gambar tersebut terlihat perubahan didaerah laut jawa untuk tahun 2009-2012 pada bulan mei. Dapat diterangkan bahwa warna merah menyatakan bahwa daerah tersebut mempunyai nilai muka air laut yang relative tinggi dari bidang geoid. Sebaliknya warna biru menyatakan bahwa daerah tersebut memiliki ketinggian muka air laut yang lebih rendah. Dapat diterangkan pada gambar 6 (Mei 2009) bahwa nilai SLA cenderung rendah, rata-rata nilai pada tahun 2009 adalah 0,217 m dibandingkan dengan gambar 8 (mei 2011) yang relatif sangat tinggi dengan nilai rata-rata 0,252 m untuk itu perlu dilakukan tren kenaikan muka air laut jawa.

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa griding menggunakan software surfer lebih halus dibanding dengan software BRAT dan area kenaikan SLA juga terlihat lebih detail. Serta dapat dilakukan breakline dan overlay dengan peta indonesia, hal ini untuk mengetahui letak data SLA yang mana area pengamatan memiliki sistem proyeksi yang yaitu WGS84. Langkah ini harus dilakukan disetiap bulannya dalam 3 tahun pengamatan.

**Hasil SLA diKoordinat Pengamatan**

Data satelit altimetri Jason-1 yang sudah gridding maka langkah selanjutnya adalah *input* koordinat pengamatan diwilayah perairan kota Semarang. Berikut adalah koordinat pengamatan di perairan kota Semarang :

**Tabel 1. Koordinat Pengamatan**

Latitude	Longitude
-6,9421241172625	110,35642127687
-6,9456507407827	110,37934432975
-6,9421241172625	110,40403069439

Apabila telah dilakukan proses input koordinat pada setiap bulan dilembar kerja surfer maka akan didapatkan nilai SLA (*Sea Level Anomaly*). Berikut adalah hasil dari SLA disetiap koordinat pengamatan :

**Tabel 2. Hasil SLA dari area pengamatan**

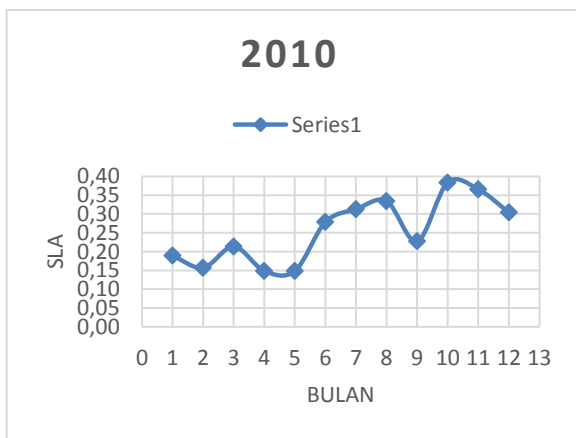
Latitude	Longitude	SLA (m)
-6,94212411726	110,35642127687	0,3458
-6,94565074078	110,37934432975	0,3455
-6,94212411726	110,40403069439	0,3550

Proses ini harus dilakukan setiap bulan selama 3 tahun untuk mendapatkan nilai SLA yang kemudian akan dirata-rata untuk mendapatkan hasil SLA yang sesuai.

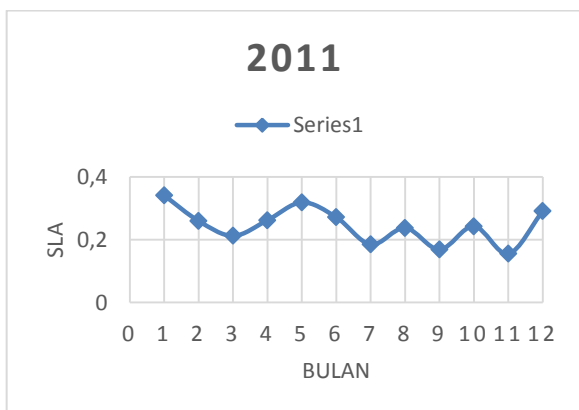
Hasil perhitungan rata-rata SLA dititik pengamatan setelah diolah dengan excel maka dilakukan penggambaran grafik untuk mengetahui grafik SLA diperairan kota Semarang. Berikut adalah Grafiknya :



Gambar 9. Grafik SLA tahun 2009



Gambar 10. Grafik SLA tahun 2010



Gambar 11. Grafik SLA tahun 2011

Dari ketiga grafik tersebut dapat dilihat bahwa terdapat variasi SLA pada setiap bulannya, hal tersebut menandakan bahwa kenaikan muka air laut di kota Semarang sering terjadi. Tetapi hal tersebut belum bisa diketahui berapakah tren kenaikan muka air laut setiap tahunnya.

### Tren Kenaikan Muka Air Laut

Untuk mengetahui fenomena kenaikan muka air laut terhadap data SLA, maka perlu dilakukan analisa tren kenaikan muka air laut dengan menggunakan pendekatan secara regresi linear. Data SLA yang digunakan merupakan data dari 3 tahun pengamatan atau 36 bulan. Dari data SLA tersebut akan didapatkan nilai fungsi dari SLA yang nantinya dapat digunakan untuk analisa tren kenaikan muka air laut. Berikut adalah grafik dan fungsi regresinya :



Gambar 12. Grafik SLA 3 tahun pengamatan

Dari grafik tersebut kemudian dicari tren kenaikan muka air laut setiap tahunnya dengan menggunakan metode regresi linear sebagai berikut :

$$y = ax + b \quad (1)$$

Dimana dapat dijelaskan bahwa nilai  $y$  merupakan variable dependen atau tak bebas yang dicari, dalam hal ini adalah tren kenaikan muka air laut. Sedangkan  $x$  merupakan variable bebas yang menyatakan waktu, dalam hal ini adalah jumlah bulan.

Kemudian untuk mencari tren kenaikan per tahun dapat digunakan formula sebagai berikut :

$$\text{Tren pertahun} = \frac{\text{Nilai Maksimal} - \text{Nilai Minimal}}{3} \quad (2)$$

Dimana angka 3 merupakan lama tahun pengamatan. Berikut adalah hasil perhitungan

tren kenaikan muka air laut di perairan Semarang:

$$y \text{ minimal} : 0.0011(1) + 0.2232 = 0.2243$$

$$y \text{ maksimal} : 0.0011(36) + 0.2232 = 0.2628$$

$$\text{Tren Per tahun} : \frac{0.2628 - 0.2243}{3} \\ = 0.01283 \text{ m} = 12.83 \text{ mm/th}$$

Didapatkan tren kenaikan muka air laut sebesar 12.83 mm/th diperairan kota Semarang dengan menggunakan data satelit altimetri.

Dari persamaan regresi linear tersebut kemudian didapatkan nilai  $r^2$  yang merupakan koefisien determinasi untuk menganalisa seberapa kuat variable independen mempengaruhi variable dependen atau dalam hal ini seberapa kuat pengaruh pengamatan terhadap kenaikan muka air laut, dalam hal ini dinilai dari skala 0 sampai dengan 1, dimana semakin besar nilainya, maka hubungan antar variable tersebut semakin kuat. Dari hasil persamaan tersebut didapatkan nilai  $r^2$  sebesar 0,0233. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan antara variable dependen dan independen berada pada tingkat lemah. Hal ini dapat dipengaruhi karena periode pengamatan yang terlalu singkat yaitu 3 tahun dan juga bisa menggunakan metode lain seperti polinomial pangkat-n dalam memprediksi kenaikan muka air laut.

Dari pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan data altimetri didapatkan nilai kenaikan muka air laut sebesar 12.83 mm/th. Hal ini mungkin tidak cukup tinggi pada masa sekarang tetapi hal itu akan menjadi masalah apabila nilai kenaikan muka air laut tersebut naik sebesar itu dan konstan setiap tahunnya sampai 100 tahun. Sehingga perlu adanya dilakukan permodelan naiknya muka air laut baik secara 2-D. Nilai kenaikan muka air laut ini diakibatkan karena perubahan iklim seperti pencairan es dan naiknya temperature di permukaan laut. Berikut adalah tabel dari prediksi kenaikan muka air laut dalam kurun waktu sapaai 100 tahun apabila kenaikan muka air laut konstan setiap tahunnya.

## KESIMPULAN

Adapun beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah :

- Berdasarkan dari pengolahan data nilai Sea Level Anomaly dari satelit altimetry didapat nilai SLA tertinggi yang dapat dilihat dari grafik terjadi pada bulan Oktober tahun 2010 sebesar 0.383 m dan nilai SLA terendah pada bulan Februari tahun 2009.
- Mengacu pada hasil pengolahan data selama 2009-2011 menunjukkan bahwa kenaikan muka air laut diperairan kota Semarang sebesar 12,83 mm/th.

## DAFTAR PUSTAKA

- AVISO and PODAAC. *Usser Handbook IGDR and GDR Products Edition 2.0*. Retrieved from [www.aviso.oceanobs.com](http://www.aviso.oceanobs.com) (2012, November 8).
- AVISO. (2011). *Mean Sea Level Rise and The Greenhouse Effect*. Retrieved November 8, 2014, from [www.aviso.oceanobs.com](http://www.aviso.oceanobs.com): [www.aviso.oceanobs.com](http://www.aviso.oceanobs.com)
- Dahuri. (2002). Pengaruh Global Warming terhadap Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. *Seminar Nasional Pengaruh Global Warming terhadap Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Ditinjau dari Kenaikan Muka Air Laut dan Banjir*. Jakarta.
- Wirasatriya, A. (2006). *Kajian Kenaikan Muka Air Laut Sebagai Landasan Penanggulangan Rob di Semarang*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Government, B. M. (2011). *La Nina*. Retrieved from <http://www.bom.gov.au/>: [http://www.bom.gov.au/climate/glossary/la\\_nina.shtml](http://www.bom.gov.au/climate/glossary/la_nina.shtml) (24 Mei 2011)

LAMPIRAN

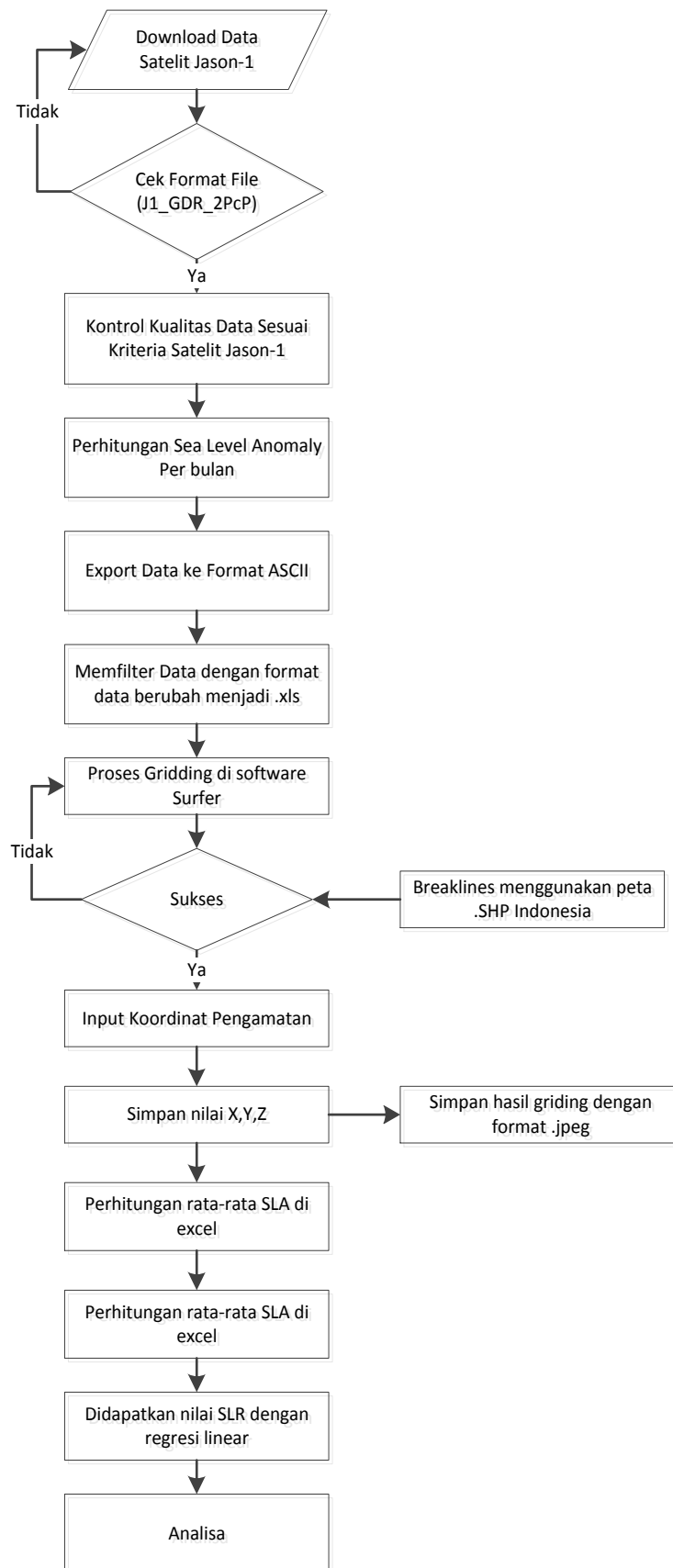


Diagram Alir Pengolahan Data