

## Kombinasi Data Altimetri Satelit *Jason-1* & *Envisat* Untuk Memantau Perubahan Permukaan Laut Di Indonesia

Hariyadi<sup>1</sup>, Jarot Marwoto<sup>1</sup>, Eko Yulihandoko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698

<sup>2</sup>Geomatika, Institut Teknologi Surabaya  
Jalan Raya ITS, Keputih, Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur 60111, Indonesia

### Abstrak

Dinamika lautan di Indonesia merupakan salah satu kunci variasi iklim di kawasan Asia. Variasi iklim ini terkait dengan fenomena *El Nino* dan *La Nina*. Salah satu indikator fenomena tersebut adalah dengan adanya perubahan permukaan laut (*Sea Level Anomaly*). Satelit altimetri yang dapat menyediakan data secara menerus dan berkelanjutan dapat digunakan untuk mengamati dinamika lautan. Penggabungan data satelit *Jason-1* dan *Envisat* ditujukan untuk mengatasi resolusi spasial dari *tracking* tiap satelit. Penggabungan dan prosesing data *Jason-1* dan *Envisat* digunakan untuk menentukan perubahan *Sea Level Anomaly* (*SLA*) pada titik-titik pengamatan di Laut Bangka, Laut Banda, Lautan Pasifik dan Laut Timor. Titik-titik tersebut mewakili dari Arus Monsoon Indonesia dan Arus Lintas Indonesia. Hasilnya terjadi perubahan nilai *SLA* yang dapat dikaitkan dengan fenomena *El Nino*.

**Kata Kunci** : Perubahan permukaan laut, Altimetry, *Jason-1*, *Envisat*

### Abstract

*The dynamics of the oceans in Indonesia is one of the key climate variations in Asia. These climate variations are related to the phenomenon of El Nino and La Nina. One indicator of the phenomenon is with the change of sea level (Sea Level Anomaly). The existence of altimetry satellites that can provide continuous and continuous data can be used to observe the dynamics of the oceans. Jason-1 and Envisat satellite data aggregation is intended to address the spatial resolution of tracking of each satellite. Jason-1 and Envisat data consolidation and processing are used to determine the Sea Level Anomaly (SLA) changes at observation points in the Bangka Sea, Banda Sea, Pacific Ocean and Timor Sea. These points represent from the Indonesian Monsoon Flow and the Indonesian Cross Flow. The result is a change in the value of SLA that can be attributed to the El Nino phenomenon.*

**Keywords**: *Sea Level Anomaly, Altimetry, Jason-1, Envisat*

### PENDAHULUAN

Wilayah lautan Indonesia terletak pada 95° BT – 141° BT dan 6° LU – 11° LS dengan kedalaman laut rata-rata 200 meter. Wilayah ini terletak di antara dua samudera, yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Hindia, dan pertemuan air laut dari kedua samudera ini disebut *Indonesian Through Flow (ITF)*. *ITF* merupakan salah satu kunci yang memegang peranan penting dalam variasi iklim dan lautan di Asia (Gordon, 2005).

Sebagai salah satu kunci variasi iklim di suatu kawasan, *ITF* juga terkait dengan fenomena *El Nino* dan *La Nina* yang merupakan fenomena variabilitas iklim yang pengaruhnya melanda kawasan Indonesia. Pengaruh negatif fenomena

ini antara lain: musim kering yang panjang, curah hujan yang berlebihan yang kemudian dapat menyebabkan banjir. Indikator yang dapat dipelajari dalam mengetahui fenomena *El Nino* dan *La Nina*, antara lain (INSTANT, 2006) :

- Anomali temperatur permukaan laut ( *Sea Surface Temperature*); *El Nino* terjadi jika ada kenaikan temperatur permukaan laut di daerah tropik Timur Samudera Pasifik paling sedikit 20°C dalam 12 bulan dan menghasilkan suatu anomali temperatur paling sedikit +10°C untuk rentang waktu minimal 3 bulan
- Indeks Osilasi Selatan (IOS) yaitu perbedaan tekanan udara di Samudera Pasifik Selatan dan di Samudera Hindia. IOS yang ekstrem negatif

berhubungan erat dengan kejadian *El Nino* walaupun tidak semua IOS yang ekstrem negatif menghasilkan kekuatan *El Nino* yang sama

- Level/Elevasi permukaan laut (*Sea Surface Topography*).

Menurut Ilahude dan Nontji (1999, dalam INSTANT (2006) dijelaskan bahwa wilayah perairan Indonesia mengalir dua sistem arus utama, yaitu: arus monsun Indonesia (ARMONDO) dan Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). ARMONDO mengalir dari Laut China Selatan ke Laut Jawa melewati Laut Natuna dan Selat Karimata menerus sampai ke Laut Flores dan Laut Banda. ARLINDO adalah aliran massa air yang berbentuk arus laut dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia dan mengalir di bagian laut di kawasan timur kepulauan Indonesia. Jalur utama lintasan ARLINDO mengalir dengan cabang utamanya melewati Selat Makasar, kemudian berbelok ke timur melewati Selat Flores dan Laut Banda. Selanjutnya arus tersebut berbelok ke selatan dan ke baratdaya di bagian tenggara Laut Banda, menyusur pantai utara masuk lewat Selat Ombai dan pantai selatan Pulau Timor dan terus ke Samudera Hindia

Berdasarkan keadaan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka lautan Indonesia mempunyai dinamika yang cukup tinggi. Hal ini menarik untuk dilakukan pengamatan dan penelitian karena akan dapat memberikan jawaban terhadap fenomena dinamika laut. Pengamatan dinamika laut konvensional memberikan data *in-situ* yang cukup baik namun kendala yang muncul adalah biaya yang cukup besar dan peralatan yang berat dan mahal, serta waktu persiapan dan pelaksanaan yang cukup lama. Stasiun pasangsurut di Indonesia juga terbatas jumlah dan distribusi lokasinya, sehingga kurang mewakili wilayah lautan Indonesia yang luas.

Teknologi yang berkembang adalah menggunakan teknologi satelit. Satelit altimetri yang bertujuan untuk mengamati dinamika lautan secara global merupakan alternatif pengadaan data dengan biaya yang murah untuk wilayah lautan Indonesia yang luas. Beberapa satelit altimetri telah diluncurkan dan memberikan data secara menerus dan berkelanjutan, antara lain : *GFO*, *Jason-1*, *Jason-2*, *Envisat*, *ICESat*. Setiap satelit altimetri tersebut mempunyai karakteristik resolusi spasial maupun temporal yang berbeda-beda. Penggabungan pengamatan data hasil perekaman satelit altimetri yaitu *Jason-1* dan *Envisat*, dapat dilakukan pengamatan perubahan

permukaan laut (*Sea Level Change*) di perairan Indonesia.

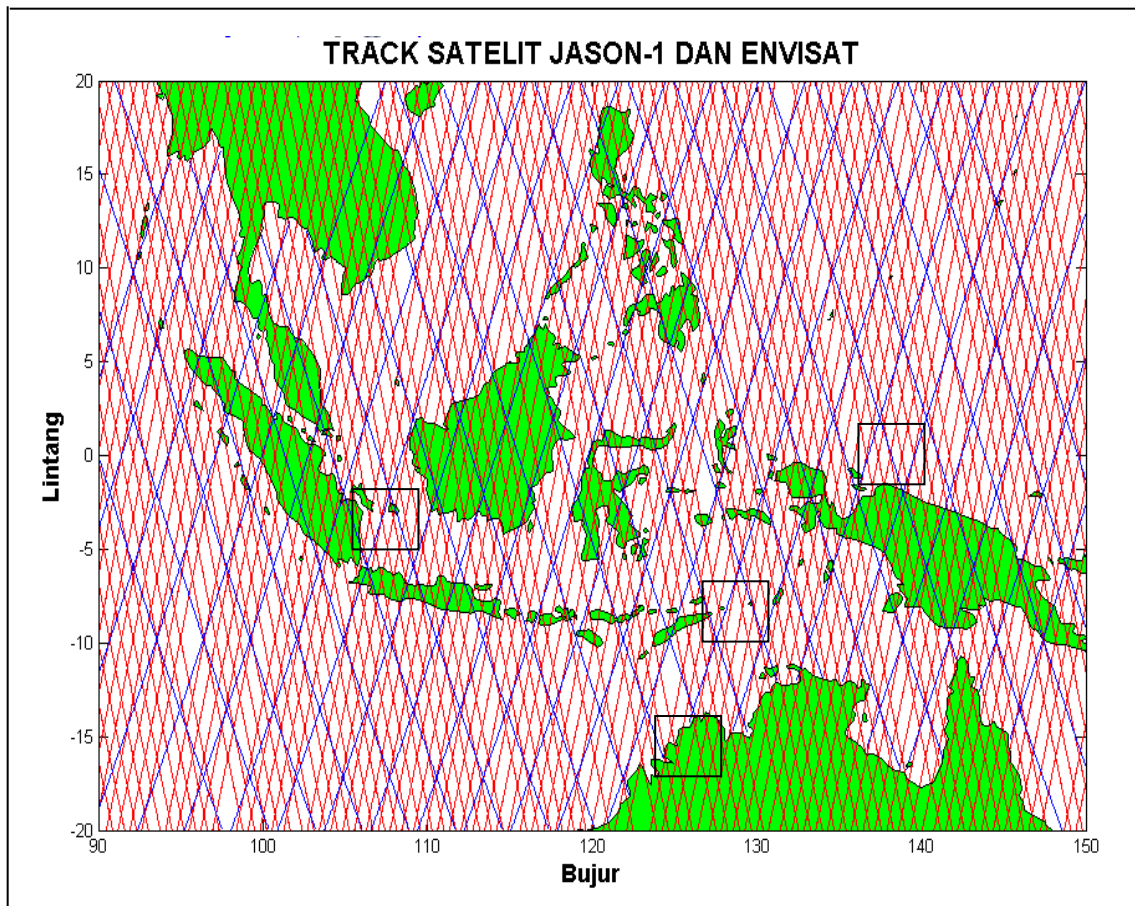
## MATERI DAN METODE

Karakteristik satelit *Jason-1* yang mempunyai resolusi spasial (*track*) 315 km tiap *track* nya dan resolusi temporal 10 (sepuluh) hari tiap orbitnya berbeda dengan karakteristik satelit *Envisat* yang mempunyai resolusi spasial (*track*) 80 km tiap *track*nya dan resolusi temporalnya 35 hari tiap orbitnya. Perbedaan ini kemudian digabungkan untuk mendapatkan resolusi *track* yang lebih rapat.

Pemrosesan data pertama, untuk mendapatkan data yang *valid* maka perlu dilakukan proses kontrol kualitas data, berupa *flagging* dan *editing*. *Flagging* adalah pengecekan tanda parameter untuk melihat indikator-indikator parameter yakni memeriksa jenis permukaan yang menjadi bidang pantul berupa daratan, lautan ataupun es (memiliki nilai 0 jika bidang pantulnya berupa lautan), dilakukan penyaringan data pada daerah yang tidak diperlukan. *Editing* adalah penapisan data untuk menyaring data dari kesalahan tidak acak dengan menetapkan suatu kriteria sesuai dengan batasan-batasan yang diberikan dalam *User handbook* masing-masing satelit (*Jason-1* dan *Envisat*). Dilakukan koreksi terhadap *geophysical errors*, termasuk kesalahan ionosfer dan troposfer, serta pasangsurut.

Setelah melewati proses kontrol kualitas data, maka data yang diperoleh dapat dikatakan telah *valid*. Selanjutnya dilakukan penggabungan *cycle* data satelit *Jason-1* dan *Envisat* untuk mendapatkan nilai *Sea Level Anomaly* (SLA) tiap bulan. Menurut Aviso (2010) dinyatakan bahwa *SLA* mengindikasikan perubahan dari *Mean Sea Level* (MSL). Karena lintasan satelit tiap *cycle* tidak sama, maka terlebih dulu dilakukan pembuatan lintasan baru dengan menggunakan metode titik normal. Setelah data tiap *cycle* memiliki lintasan yang sama, selanjutnya data tersebut dapat digabungkan dengan dirata-ratakan.

Setelah data kedua satelit digabungkan dilakukan proses *gridding* nilai *SLA*. Proses ini dilakukan untuk memperoleh gambaran *visual* nilai *SLA* di perairan Indonesia, sehingga dengan jelas dapat terlihat fenomena-fenomena tertentu salah satunya mengenai fenomena kenaikan muka air laut (*sea level rise*). Proses *gridding* dilakukan dengan menggunakan metode *inverse distance weighted* (*IDW*) yaitu suatu metode interpolasi yang dapat digunakan untuk menginterpolasi suatu nilai secara spasial dari nilai sekitarnya dengan melakukan pembebanan (Kosasih Prijatna,



**Gambar 1.** Gabungan lintasan satelit *Jason-1* (warna biru) dan *Envisat* (warna merah) yang melalui wilayah Indonesia, serta titik penelitian (kotak hitam)

2006). Metode interpolasi ini mampu menghasilkan nilai interpolasi *grid* yang baik pada titik estimasi yang ada pada lingkup daerah pemodelan. Interval *grid* dibentuk setiap  $0,125^\circ \times 0,125^\circ$ , sehingga jarak antar pengamatannya adalah  $\pm (138,75 \times 138,75)$  km dengan ekuivalensi  $1^\circ = 111$  km.

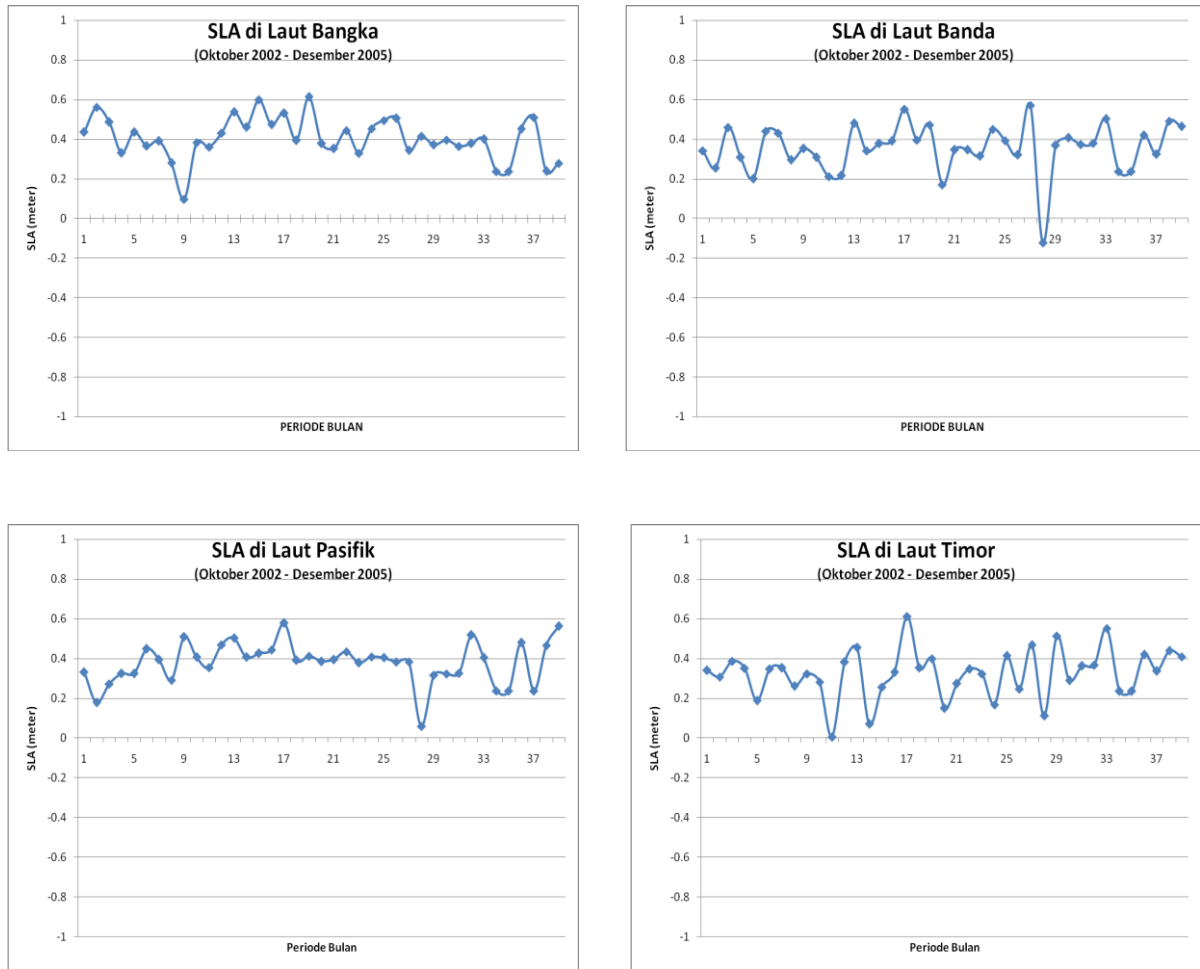
Tahap interpolasi ini diperlukan untuk mengisi kekosongan data, terhadap ruang (Lintang dan Bujur) maupun terhadap waktu sebagai akibat dari proses pembentukan *grid* (*gridding*) dalam pemodelan. *Gridding* akan membentuk nilai *SLA* pada setiap titik *grid*. Dengan terbentuknya nilai *SLA* baru (hasil dari interpolasi *IDW*) yang tersebar secara teratur ke seluruh daerah kajian, maka dapat dilakukan proses pemodelan yang lebih baik. Terhadap nilai tersebut dipilih 4 (empat) titik contoh untuk mendapatkan *trend linier* kenaikan tinggi muka air laut selama 3 (tiga) tahun (Oktober 2002 – Desember 2005), yaitu di Laut Bangka, Laut Banda, Laut Pasifik dan Laut Timor.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

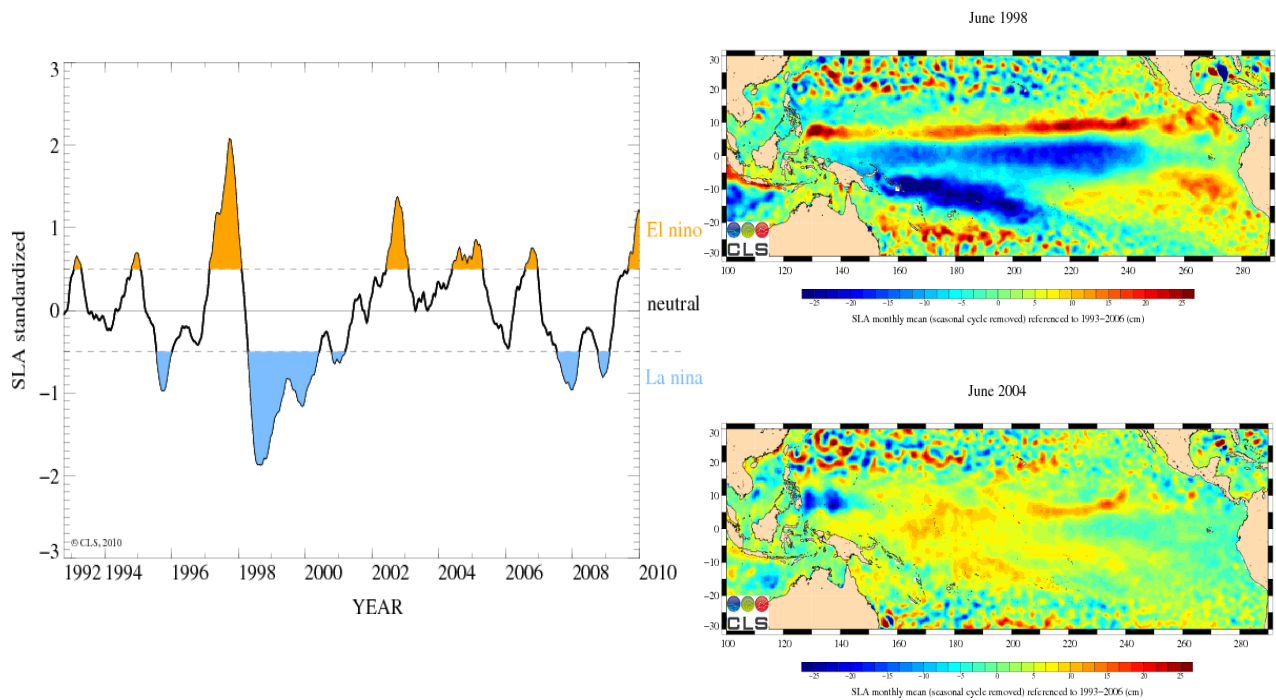
Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai *Sea Level Anomaly (SLA)* di titik-titik pengamatan. Nilai *SLA* ini ditampilkan dalam grafik perubahan *SLA* (Gambar 2)

Nilai *Sea Level Anomaly (SLA)* mengalami perubahan tiap bulannya, hal ini memang terjadi karena merupakan dinamika laut terkait dengan dinamika global. Berdasarkan grafik *SLA* pada titik-titik pengamatan, kecenderungan pada wilayah barat laut Indonesia (Laut Bangka dan Laut Jawa-Selat Makasar) menunjukkan penurunan relatif sedangkan perairan di wilayah timur Indonesia mempunyai kecenderungan naik. Terjadinya fenomena *El-Nino*, yang menyebabkan ketinggian di Samudra Pasifik mengalami kenaikan permukaan laut.

Perubahan nilai *SLA* rata-rata mempunyai *gradient* kenaikan permukaan laut  $0 - 2$  mm / tahun. Nilai ini didasarkan *trend linier* perubahan *SLA* dari titik titik pengamatan selama Oktober 2002 hingga Desember 2005.



**Gambar 2.** SLA pada Titik Penelitian (Oktober 2002 – Desember 2005)



**Gambar 3** (a) Standardisasi nilai SLA terkait dengan *El-Niño* dan *La-Niña*. (b) *El-Niño* tahun 1998 (c) *La-Niña* tahun 2004(Aviso, 2010)

Untuk menghasilkan *trend* dari naiknya permukaan laut di Indonesia yang lebih baik, diperlukan data pengamatan dari satelit altimetri yang relatif lama (lebih dari 10 tahun) dan data *in-situ* (pengamatan pasang-surut dengan *tide gauge*) serta dikorelasikan dengan perubahan *sea surface temperature* dan parameter dinamika laut lainnya.

## KESIMPULAN

Nilai *Sea Level Anomaly (SLA)* mengalami perubahan tiap bulannya, hal ini memang terjadi karena merupakan dinamika laut terkait dengan dinamika global. berdasarkan grafik *SLA* pada titik-titik pengamatan, kecenderungan pada wilayah barat laut Indonesia (Laut Bangka dan Laut Jawa-Selat Makasar) menunjukkan penurunan relatif sedangkan perairan di wilayah timur Indonesia mempunyai kecenderungan naik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aviso. 2010. Mean Sea Level Rise, <http://www.aviso.oceanobs.com/>, diakses pada tanggal 4 Januari 2010
- Benveniste J., *et al.*, ENVISAT RA-2/MWR Product Handbook, Issue 1.2, PO-TN-ESR-RA-0050, European Space Agency, Frascati, Italy, 2002.
- Gordon, A.L., C.F. Giulivi, and A.G. Ilahude. 2003. Deep Topographic Barriers within the Indonesian Seas, in: Physical Oceanography of the Indian Ocean during WOCE period, F. Schott, ed. *Deep-Sea Research II* (50):2, 205-2,228.
- Gordon A.L. 2005. Oceanography of Indonesian Seas and Their Through flow, *Oceanography*, 18:2,15-27
- Heliani, L.S., 2009. Dinamika Fisis Perairan Indonesia dari Data Altimeter, *Proseding Seminar Nasional Revitalisasi data dan Informasi Keruangan (Geospasial) untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Potensi Sumber Daya Daerah*, Yogyakarta.
- INSTANT, 2006. *Ekspedisi INSTANT 2003-2005* Menguak Arus Listas Indonesia. Pusat Riset Wilayah Laut & Sumberdaya Non-Hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Meliana, T. 2005. Studi Daerah Rawan Genangan Akibat Kenaikan Paras Muka Laut dan Penurunan Muka Tanah di Jakarta utara. *Tugas Akhir Sarjana*. Departemen Geofisika dan Meteorologi . Institut Teknologi Bandung
- Ray, R.D, G.D. Egbert, and S. Y. Erofeeva. 2005. Oceanography of Indonesian Seas and Their Through flow, *Oceanography*, 18:2,15-27
- Sukresno, B. and I. W. Kasa, 2008. Dynamical Analysis of Banda Sea Concerning with El-Nino, Indonesian Through flow and Monsoon by using Satellite Data and Numerical Model. *Ecotrophic – journal of environmental science*. Vol.3 No.2 . Universitas Udayana, Bali
- Picot , N., K. Case, S. Desai, and P. Vincent, 2008, AVISO and PODAAC User Handbook, IGDR and GDR Jason Products, SMM-MU-M5-OP-13184-CN (AVISO), JPL. D-21352 (PODAAC)
- Potemra, J.T. 2005. Indonesian Trough Flow Transport Variability Estimated from Satellite Altimetry. *Oceanography*, 18:2,15-27
- Saussi, B., 2006. *ENVISAT RA-2/MWR Level 2 User Manual*- Issue Number : 1.2, European Space Agency, Frascati, Italy, 2002
- Smith, W. and D. Sandwell. 1997. Global Sea Floor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Soundings. *Science* 277 (5334):1,956-1,962
- Wisse, E., M.C. Naeije, R. Scharroo, A.J.E Smith, F.C. Vossepel, K.F. Wakker. 1995. Processing of ERS-1 and TOPEX/POSEIDON Altimeter Measurements. *Final Report*, Delft University of Technology.