
ANALISA FENOMENA ENSO DI PERAIRAN INDONESIA MENGGUNAKAN DATA ALTIMETRI TOPEX/POSEIDON DAN JASON SERIES TAHUN 1993 – 2018

Eko Yuli Handoko¹, Ragfinsa Budiaski Filaili², Yuwono³

^{1,2,3}Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia
e-mail: ¹ekoyh@geodesy.its.ac.id, ²ragfinsa.filaili14@mhs.geodesy.its.ac.id, ³yuwono@geodesy.its.ac.id

Abstrak

ENSO (*El Nino Oscillation Southern Oscillation*) adalah fenomena yang terjadi karena penyimpangan hubungan *El Nino Oscillation Southern Oscillation* antara laut dan atmosfer sepanjang Samudera Pasifik dari kondisi normalnya. Dampak dari fenomena adalah kekeringan, banjir, pemutihan karang, dan perubahan tinggi muka air laut. Salah satu wilayah yang terdampak *El Nino Oscillation Southern Oscillation* adalah perairan Indonesia. Untuk menentukan wilayah laut Indonesia yang terpengaruh fenomena *El Nino Oscillation Southern Oscillation* dilakukan dengan menghitung korelasi antara sea level anomaly dari data satelit altimetri dengan indeks *El Nino Oscillation Southern Oscillation (Multivariate ENSO Index, Southern Oscillation Index, Nino Oscillation Index)*. Nilai korelasi mean sea level anomaly dengan *Multivariate ENSO Index* dan *Oscillation Nino Index* adalah kuat dan negatif. Hasil korelasi mean sea level anomaly dengan *Southern Oscillation Index* adalah kuat dan positif. Wilayah yang memiliki korelasi kuat antara sea level anomaly dengan indeks ENSO adalah Laut Halmahera, Laut di Utara Papua, Laut Maluku, Laut Sulawesi, dan perairan sekitar Nusa Tenggara Timur. Sedangkan wilayah yang memiliki korelasi lemah ada di perairan sekitar Sumatera, Laut Natuna dan perairan sekitar Jawa bagian barat.

Kata kunci : Altimetri, El Nino Southern Oscillation, Sea Level Anomaly, Perairan Indonesia

Abstract

ENSO (El Nino Southern Oscillation) is a phenomenon that occurs due to the deviation of the condition of the interaction between oceans and the atmosphere along the Pacific Ocean around the equator from normal state. One of the areas affected by the El Nino Oscillation Southern Oscillation phenomenon is the Indonesia sea. El Nino Southern Oscillation phenomenon was affected weather and other affected was to the sea level. To find out the territorial Indonesia waters which affected with El Nino Oscillation Southern Oscillation then performed the calculation of correlation between the value of Sea Level Anomaly from satellite altimetri data with the index ENSO (Multivariate ENSO Index, Southern Oscillation Index, Nino Oscillation Index). The value of the correlation mean sea level anomaly with Multivariate ENSO index and Oscillation Nino Index is strong relation and negative. While correlation mean sea level anomaly with the Southern Oscillation Index is strong relation and positive. The region that have strong relationships of sea level anomaly correlation with ENSO indices are Halmahera sea, sea north of Papua, Maluku sea, Sulawesi sea and sea around East Nusa Tenggara. The area that the correlation low is around of Sumatera, Natuna sea, and sea around West Java.

Keywords : Altimetry, El Nino Southern Oscillation, Sea Level Anomaly, Indonesia Sea

PENDAHULUAN

ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) adalah fenomena periodik yang terjadi akibat adanya penyimpangan kondisi interaksi antara lautan dan atmosfer sepanjang Samudera Pasifik sekitar ekuator dari keadaan normalnya sehingga mempengaruhi variabilitas iklim di wilayah ekuator samudera Pasifik dan beberapa bagian bumi. *El Nino* terjadi ketika suhu permukaan laut di bagian timur Samudera Pasifik meningkat, namun suhu di barat Samudera Pasifik dan sekitar Indonesia mengalami penurunan (penyimpangan) sehingga curah hujan menurun. Hal sebaliknya akan terjadi ketika fenomena *La Nina*. Untuk mengetahui fenomena ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) dapat dilihat dari indikator anomali suhu permukaan laut, tekanan udara di atmosfer / *Southern Oscillation*, dan elevasi permukaan laut (Rejeki, Munasik, & Kunarso, 2017).

Informasi kelautan tentang perubahan permukaan laut sangat diperlukan diantaranya untuk keperluan pengelolaan dan pengembangan wilayah pesisir, termasuk Indonesia yang merupakan negara kepulauan dimana sebagian besar penduduknya tinggal di pesisir. Posisi Indonesia yang berada di *Inter-Tropical Convergence Zone* (ITCZ) menyebabkan cuaca / iklim di Indonesia dipengaruhi fenomena ENSO. Pengaruh ENSO berbeda-beda antar wilayah bergantung pada lokasi dan topografi (Qian, Robertson, & Moron, 2010). ENSO akan mempengaruhi keadaan meteo-oseanografi yaitu kondisi curah hujan di darat maupun laut, suhu permukaan laut, dan tinggi permukaan laut. Perubahan permukaan laut yang positif atau naik akan menyebabkan intrusi air laut ke air permukaan serta tenggelamnya sejumlah kawasan pantai sehingga dapat merusak fasilitas pantai seperti kawasan pelabuhan, pemukiman, dan kawasan perniagaan.

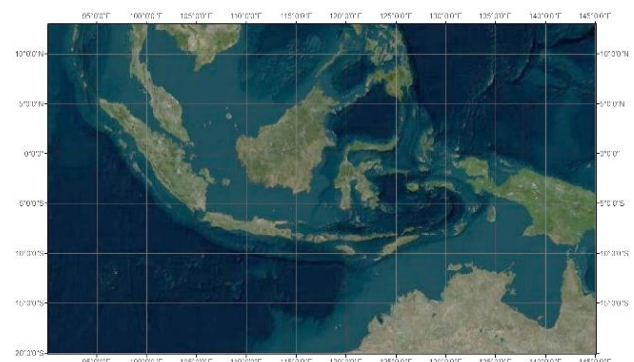
Salah satu dampak dari fenomena ENSO adalah perubahan permukaan laut (*sea level anomaly*). Pengukuran terhadap perubahan muka air laut awalnya memanfaatkan rambu pasang surut air laut. Seiring dengan kemajuan teknologi akuisisi data saat ini, data elevasi permukaan laut dapat diamati dengan satelit altimetri. Konsep dasar altimetri adalah untuk mengukur jarak dari satelit ke permukaan laut. Satelit altimetri lebih efektif dan efisien digunakan untuk menangani

studi dinamika laut secara global dan memiliki kelebihan tidak terbatas oleh kendala cuaca.

Dengan melakukan penghitungan dan analisa *sea level anomaly* dari data satelit altimetri Topex/Poseidon dan Jason Series didukung dengan data indeks ENSO, diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang dinamika lautan ketika terjadi ENSO di perairan Indonesia sehingga dapat digunakan untuk monitoring dan studi selanjutnya tentang ENSO (*El Nino Southern Oscillation*).

METODE

RADS (Radar Altimetry Database System), dihasilkan oleh Delft Institute for Earth-Oriented Space Research dan NOAA Laboratory for Satellite Altimetry, digunakan pada penelitian ini. Data tersebut berisi hasil pengukuran satelit altimetri dan model koreksi yang harus digunakan pada data altimetri. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah dari misi Topex/Poseidon, Jason-1, Jason-2, dan Jason-3 tahun 1993-2018. Data lain yang digunakan pada penelitian ini untuk menentukan kondisi *El Nino* dan *La Nina* adalah nilai setiap bulan Multivariate ENSO Index diambil dari website <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/table.html>, nilai setiap bulan Oscillation Nino Index dari website http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php, dan Southern Oscillation Index dari web site <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>. Penelitian ini fokus pada wilayah perairan Indonesia yang berada pada rentang 13° LU - 20° LS dan 90° BT - 144° BT *Pass* (lintasan) dari satelit Topex/Poseidon dan Jason Series yang melewati lokasi penelitian ini sebanyak 44 *pass*.



Gambar 1. Lokasi Pengamatan (Google Earth)

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk menganalisa SLA di Indonesia terkait fenomena ENSO. Tahapan awal dalam penelitian ini adalah membaca data (.nc) RADS menggunakan perangkat lunak *Panoply* untuk menentukan parameter yang akan digunakan pada pengolahan data. SLA (*Sea level Anomaly*) merupakan elevasi permukaan laut di atas geoid / MSS (*Mean Sea Surface*) oleh karena itu diperlukan parameter *altitude*, MSS serta model koreksi yang sesuai dan akurat untuk pengolahan data altimetri di wilayah Indonesia. Dalam perhitungan SSH (*Sea Surface Height*) dan SLA (*Sea Level Anomaly*) penting dilakukan koreksi karena saat pengambilan data banyak terjadi gangguan. Koreksi yang diperlukan untuk perhitungan SLA adalah *dry tropospheric, wet tropospheric, ionospheric, sea state bias, dynamic atmospheric*, dan *tides*. Karena penelitian ini menggunakan data multi satelit maka ditambahkan koreksi *reference frame offset* (Handoko, Fernandes, & Lázaro, 2017). Perhitungan SLA diolah menggunakan perangkat lunak MATLAB dengan persamaan (1) dan (2) berikut.

$$h_{SLA} = H - \hat{R} - \Delta RGeo_{Corr} - MSS \quad (1)$$

$$\Delta RGeo_{Corr} = (\Delta h_{dry} + \Delta h_{wet} + \Delta h_{iono} + \Delta h_{ssb} + h_{tides} + h_{atm} + h_{RFO}) \quad (2)$$

Dimana H merupakan *altitude* (m), \hat{R} adalah jarak observasi (m), MSS adalah *mean sea surface* (m), $\Delta RGeo_{Corr}$ adalah koreksi jarak dan geofisis (m).

Tahap kedua adalah melakukan *intercalibrated* atau menghilangkan bias antar satelit. Data antar satelit akan memiliki *tandem mission* (bertampalan pada waktu yang sama) yaitu *cycle* awal dan akhir misi. Pada pertampalan tersebut akan terdapat bias karena masing – masing satelit memiliki koreksi instrumen dan model sendiri. Hal pertama yang dilakukan adalah menghitung rata – rata SLA percycle masing-masing satelit dengan membobotkannya berdasar *latitude*. Selanjutnya yang harus dilakukan adalah menghitung bias antar data *tandem* atau yang bertampalan dengan hitung perataan kemudian dikoreksikan ke data SLA setiap *cycle* dengan persamaan (3) – (5). Misi yang dijadikan acuan atau tidak berubah adalah misi Topex/Poseidon

(Masters, 2012).

$$CorrectedSLA(J1) = SLA(J1) - bias(J1, T/P) \quad (3)$$

$$CorrectedSLA(J2) = SLA(J2) - bias(J1, J2) - bias(J1, T/P) \quad (4)$$

$$CorrectedSLA(J3) = SLA(J3) - bias(J2, J3) - bias(J1, J2) - bias(J1, T/P) \quad (5)$$

Selanjutnya tahap ketiga dari penelitian ini adalah dekomposisi data menggunakan perangkat lunak R. Data SLA penelitian ini merupakan data *time series* yang memiliki 3 komponen yaitu *seasonal, trend, dan error* (Dokumentov & Hyndman, 2015). Metode yang digunakan untuk dekomposisi adalah LOESS /STL (*A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Regression*). Hasil yang akan digunakan untuk pengolahan selanjutnya adalah data trend. Setelah dekomposisi data proses selanjutnya adalah melakukan detrend data yaitu menghilangkan trend dari RAW data time series. Detren sendiri bertujuan untuk menghilangkan komponen yang menimbulkan distorsi pada proses analisis time series dan membuat data time series menjadi stasioner.

Tahap keempat dari pengolahan data yaitu melakukan korelasi data detrend SLA dengan indeks ENSO. Indeks ENSO digunakan ada 3 yaitu MEI (*Multivariate ENSO Index*), SOI (*Southern Oscillation Index*), dan ONI (*Oscillation Nino Index*). MEI adalah indeks yang ditentukan dengan 6 variabel meteorologi utama yaitu tekanan permukaan laut, komponen zonal, meridional angin permukaan, suhu permukaan laut, suhu permukaan udara, dan *total cloudiness fraction of the sky* (Dahlman, 2016). Pada indeks SOI variabel yang digunakan adalah perbedaan tekanan udara di Darwin, Australia dan Tahiti (Sarachik & Cane, 2010). Sedangkan untuk indeks ONI ditentukan dari rata-rata suhu permukaan laut khatulistiwa Pasifik atau Nino 3.4 region yang berada pada 5°LU – 5°LS and 120°BB – 170°BB (Mazzarella, Giuliacci, & Liritzis, 2010). Korelasi ini nantinya akan digunakan untuk melakukan analisa hubungan antara masing – masing indeks ENSO MEI, SOI, dan ONI dengan SLA (*Sea Level Anomaly*) yang ada di perairan Indonesia selain itu juga dianalisa pengaruhnya fenomena ENSO terhadap iklim yang ada di Indonesia.

Tahap terakhir adalah gridding data sea level anomaly setiap cycle. Gridding dilakukan dengan ukuran 3°x3° dikarenakan satelit altimetri

memiliki jarak lintasan pada ekuator sekitar 315 km (Dumont, Rosmorduc, Carrere, Bronner, & Picot, 2016). Langkah ini dilakukan untuk mengetahui persebaran secara spasial pengaruh ENSO di perairan Indonesia. Setelah gridding, data dikonversikan menjadi (.txt). Data kemudian dikoreksi dengan bias, juga dekomposisi, detren dan dihitung korelasi sea level anomaly setiap titik dengan indeks ENSO. Untuk menampilkan hasil korelasi secara spasial maka dilakukan plotting dalam perangkat lunak ArcMap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Sea Level Anomaly

Pada tahap awal bagian yang penting adalah menentukan koreksi yang digunakan untuk pengolahan SLA. Dalam data RADS terdapat banyak model koreksi yang dapat digunakan menyesuaikan tujuan pengolahan. Koreksi yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

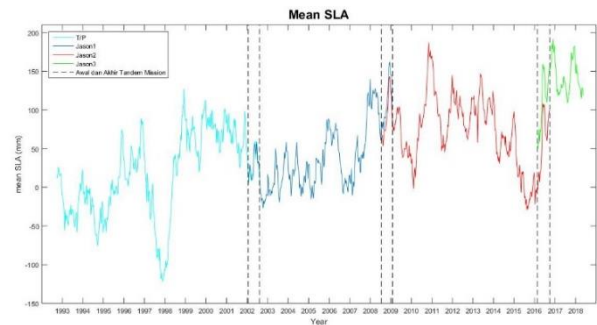
Tabel 1. Koreksi Pengolahan SLA

Parameter	T/P	Jason-1	Jason-2	Jason-3
DTC	ERA-Interim	ERA-Interim	ERA-Interim	ERA-Interim
WTC	ERA-Interim	ERA-Interim	ERA-Interim	ERA-Interim
Ionosfer	<i>smoothed</i>	<i>smoothed</i>	<i>smoothed</i>	<i>smoothed</i>
	<i>dual</i>	<i>dual</i>	<i>dual</i>	<i>dual</i>
	<i>frequency</i>	<i>frequency</i>	<i>frequency</i>	<i>frequency</i>
SSB	TOPEX_A :	Tran2012	Tran2012	Tran2012
	BM4			
	TOPEX_B :			
	NP-CLS Poseidon :			
DAC	<i>local mean</i>	<i>local mean</i>	<i>local mean</i>	<i>local mean</i>
	<i>of MOG2D</i>	<i>of MOG2D</i>	<i>of MOG2D</i>	<i>mean of MOG2D</i>
Ocean Tides	GOT4.10	GOT4.10	GOT4.10	GOT4.10
Load Tides	GOT4.10	GOT4.10	GOT4.10	GOT4.10
MSS	CNES-CLS11	CNES-CLS11	CNES-CLS11	CNES-CLS11

Data RADS berformat .nc dibaca di MATLAB kemudian diolah dengan hasil akhir nilai SLA *perpass*. *Output* dari proses ini adalah file .txt yang berisi *cycle*, *pass*, waktu, SSH, dan SLA yang sudah bereferensi MSS serta terkoreksi dari kesalahan jarak dan geofisis.

Hasil Intercalibrated

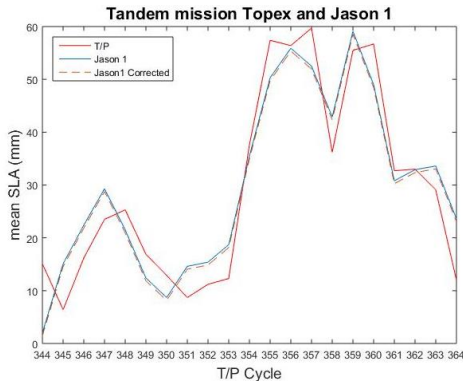
Hasil perhitungan rata –rata *percycle* masing-masing satelit digabungkan kemudian ditampilkan dalam grafik time series sebagai berikut.



Gambar 2. Tandem Misi antar Satelit Altimetri

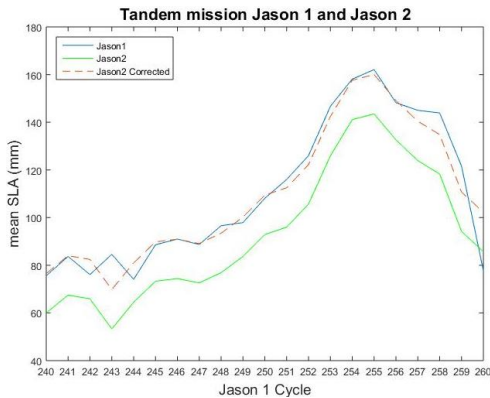
Garis warna biru muda menunjukkan SLA dari misi Topex/Poseidon, garis biru tua menunjukkan SLA Jason-1, garis merah menunjukkan SLA Jason-2, dan garis hijau menunjukkan SLA Jason-3. Pada Gambar 2 terlihat bahwa terdapat nilai SLA pada awal dan akhir *cycle* yang mengalami *tandem* atau bertampalan. *Tandem* misi terjadi karena dua satelit mengambil data secara berdampingan (depan-belakang) melewati jalur yang sama. Namun di bagian yang bertampalan tersebut terdapat jarak / selisih antar SLA yang seharusnya nilainya sama. Selisih atau perbedaan nilai ini disebabkan karena antara satelit Topex/Poseidon dengan Jason series sudah berbeda alat/ sensor dan perbedaan antar satelit Jason series terjadi karena terdapat *systematic error*. Karena terdapat *cycle* yang mengalami tandem maka dihitung biasanya. Sebelum dihitung biasanya perlu didata terlebih dahulu *cycle* yang bertampalan dilihat dari waktu hasil pegolahan SLA.

Cycle yang bertampalan antara misi T/P dengan Jason-1 adalah *cycle* 344-364 dan *cycle* 1-21. Pada Jason-1 dan Jason-2 yang bertampalan adalah *cycle* 240-260 dan *cycle* 1-21. *Tandem* pada Jason-2 dan Jason-3 adalah *cycle* 281-303 dan *cycle* 1-23. Setelah diketahui rentang *cycle* yang bertampalan kemudian dihitung biasanya dengan hitung perataan. Hasil perhitungan mendapatkan nilai bias T/P dengan Jason-1 sebesar 0,619 mm, nilai bias Jason-1 dengan Jason-2 sebesar -18,160 mm , sedangkan nilai bias Jason-2 dengan Jason-3 sebesar 50,9 mm. Setelah mendapatkan bias data RAW SLA dikoreksikan dengan bias merujuk pada persamaan (3) - (5). Hasil filtering *cycle* yang bertampalan dan tekoreksi dari bias dilihat pada Gambar 3,4,dan 5.



Gambar 3. Tandem T/P dan Jason-1

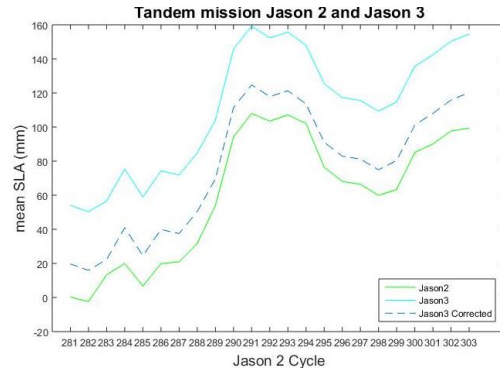
Gambar 3 menunjukkan grafik antara misi Topex/Poseidon dengan Jason-1. Data T/P ditunjukkan dengan garis biru, data Jason-1 warna hitam, dan garis putus-putus menunjukkan nilai cycle Jason-1 yang sudah terkoreksi.



Gambar 4. Tandem Jason-1 dan Jason-2

Gambar 4 menunjukkan grafik antara misi Jason-1 dan Jason-2 yang bertampalan. Garis warna biru menunjukkan data Jason-1, warna hijau menunjukkan data Jason-2 sedangkan garis putus-putus menunjukkan hasil koreksi data Jason-2. Gambar 5 juga menunjukkan grafik tandem antara misi Jason-2 dengan Jason-3. Warna ungu menunjukkan data Jason-3, warna biru data Jason-2, dan garis putus-putus merupakan nilai Jason-3 terkoreksi.

Dari hasil perhitungan SLA setelah dikoreksi nilai rata-rata SLA per cycle yang tertinggi terdapat pada cycle 86 Jason-2 sebesar 204,202 mm dan nilai rata-rata SLA terendah terdapat pada cycle 191 Topex/Poseidon sebesar -121,600 mm.

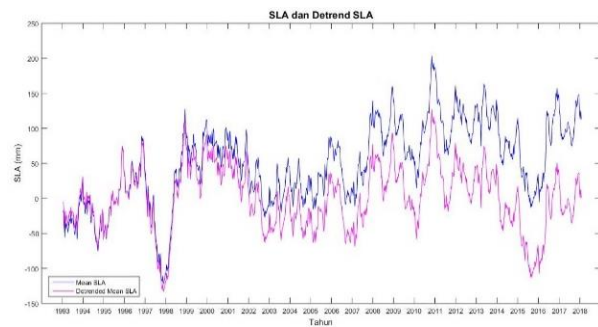


Gambar 5. Tandem Jason-2 dan Jason-3

Hasil Dekomposisi dan Detrend

Hasil dari proses dekomposisi nilai SLA terdapat 3 komponen yaitu *seasonal*, *trend*, dan *Error* serta RAW data. Grafik *seasonal* memiliki pola yang sama dan teratur. Sedangkan pada grafik *trend* menunjukkan nilai / pola yang meningkat. Untuk grafik *remainder/error* menunjukkan pola yang tidak teratur. Dalam grafik dibawah ini semua satuannya adalah mm.

Untuk proses selanjutnya data yang digunakan adalah nilai *trend*. Selanjutnya dilakukan proses *detren*. *Detren* dilakukan dengan menghilangkan nilai *trend* linier pada RAW data dan hasilnya tampak pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik SLA dan Detrend SLA

Trend dihilangkan karena dianggap akan menjadi menjadi nilai *distorsi* jika dilakukan proses *korelasi*. Garis biru menunjukkan data RAW SLA sedangkan grafik *detrend* ditunjukkan dengan garis ungu. Hasil grafik *detren* menunjukkan tidak adanya pola yang meningkat pada data *time series*.

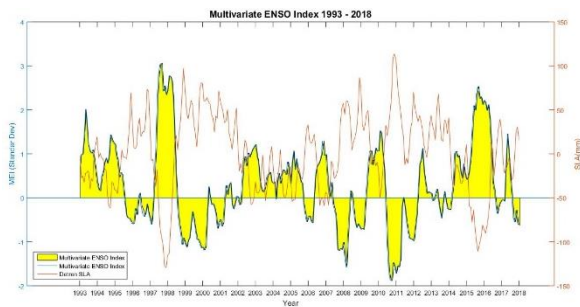
Korelasi SLA dengan indeks ENSO

Sebelum dikorelasikan, nilai *detrend* SLA dikelompokkan terlebih dahulu sesuai dengan data indeks ENSO yang tersedia. Untuk SOI nilai indeks berupa data setiap 1 bulan maka SLA harus dijadikan setiap bulan agar diketahui nilai korelasi. Berbeda dengan SOI, MEI datanya adalah data

“sliding bi-monthly season” atau indeks rata-rata 2 bulan berturut-turut. Begitu juga dengan ONI datanya adalah rata-rata setiap 3 bulan, maka nilai detren perlu dikelompokkan tiap 2 bulan dan 3 bulan.

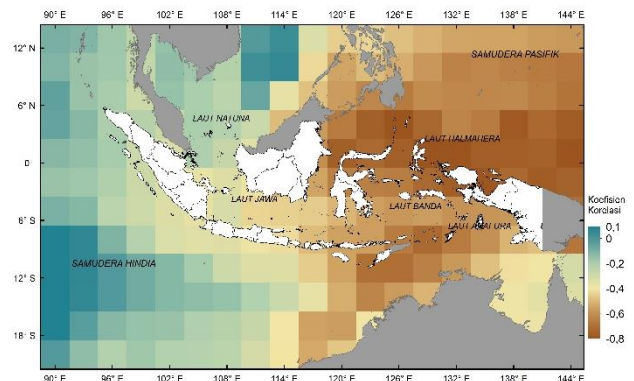
Hasil korelasi yang didapatkan dari perhitungan adalah sebagai berikut. Korelasi SLA dengan SOI menunjukkan nilai 0,6985 maka dapat dianalisa bahwa indeks SOI kuat pengaruhnya terhadap nilai SLA. Jika nilai SOI tinggi maka nilai SLA akan berbanding lurus atau tinggi juga. Untuk korelasi MEI dengan SLA adalah -0,7984 maka tingkat hubungan 2 variabel tersebut adalah kuat, namun berbanding terbalik. Jika nilai MEI naik maka nilai SLA akan turun. Nilai korelasi SLA dengan ONI adalah -0,8583 maka tingkat hubungannya sangat kuat dan berbanding terbalik. Pada Gambar 7, 9, dan 10 menunjukkan hubungan antara nilai indeks ENSO dengan nilai SLA di perairan Indonesia. Klasifikasi hubungan korelasi ada 5 yaitu sangat kuat ($\rho > 0,8$), kuat ($0,6 < \rho < 0,799$), sedang ($0,4 < \rho < 0,599$), rendah ($0,2 < \rho < 0,399$), dan sangat rendah ($\rho < 0,2$) (Evans, 1996).

Garis merah menunjukkan nilai SLA sedangkan area yang diwarnai menunjukkan indeks ENSO.



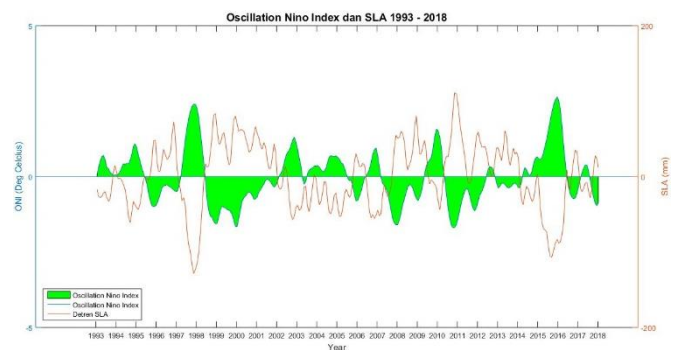
Gambar 7. Detrend SLA dan MEI

Hasil korelasi antara detren SLA dengan MEI adalah negatif dan berintensitas tinggi. Jika nilai MEI kecil maka nilai SLA akan tinggi. Parameter penentu MEI adalah tekanan atmosfer dan suhu permukaan laut. Ketika El Nino nilai MEI adalah positif, di Pasifik bagian timur tekanan atmosfer turun dan suhu permukaan laut meningkat sedangkan di Pasifik barat (Indonesia) suhu permukaan laut turun dan tekanan atmosfer meningkat jadi hal itu yang menyebabkan korelasi di Indonesia negatif. Dari perhitungan korelasi SLA setiap titik dengan MEI ditampilkan secara spasial pada gambar



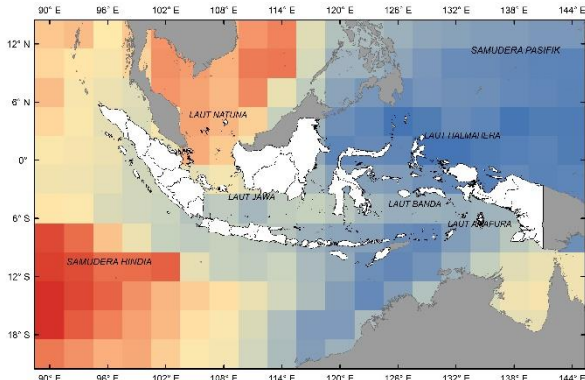
Gambar 8. Plotting Hasil Korelasi SLA dengan MEI

Penjelasan dari gambar 8 adalah wilayah dengan warna coklat memiliki korelasi kuat sedangkan yang berwarna hijau memiliki korelasi yang lemah. Korelasi tertinggi ada di Laut Halmahera, sedangkan wilayah dengan korelasi rendah ada di Laut Natuna, Laut Jawa bagian barat, dan perairan sekitar Sumatera.



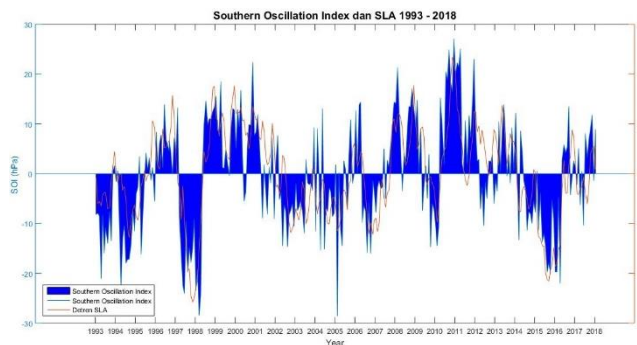
Gambar 9. Detrend SLA dan ONI

Nilai hubungan antara detren SLA dan ONI adalah negatif dan berintensitas kuat hal tersebut tampak pada Gambar 9, jika nilai ONI meningkat (dapat dikatan terjadi *El Nino*) maka nilai SLA di perairan Indonesia akan menurun. Hal tersebut terjadi karena nilai SST (*Sea Surface Temperature*) di Nino 3.4 atau daerah khatulistiwa tengah-timur Samudera Pasifik meningkat. Yang digunakan adalah Nino 3.4 karena indeks ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui perubahan SST antara region 3 dan 4, selain itu indeks ONI dari region ini memiliki respon yang paling baik terhadap suhu permukaan laut dibandingkan indeks ONI lainnya (Hanley, Borassa, O’Bren, Smith, & Elizabeth R Spade, 2003) Kenaikan suhu permukaan laut pada perairan di bagian timur akan meningkatkan sea level di wilayah tersebut.



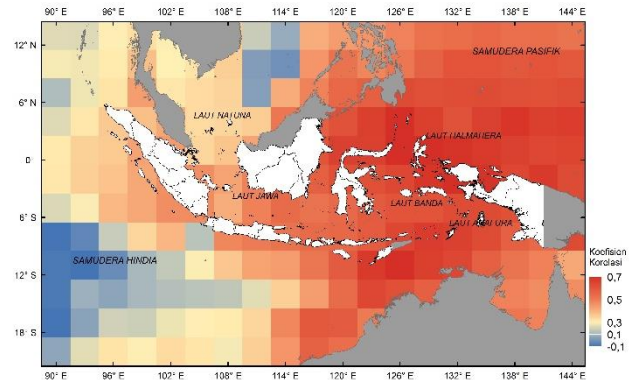
Gambar 10. Plotting Hasil Korelasi SLA-ONI

Penjelasan dari gambar 10 adalah wilayah dengan warna merah memiliki korelasi yang rendah sedangkan wilayah berwarna biru memiliki korelasi kuat.



Gambar 11. Detrend SLA dan SOI

Berbeda dari indeks ENSO lainnya, nilai korelasi antara detren SLA dengan SOI positif dan berintensitas kuat. Hal tersebut menandakan jika nilai SOI meningkat maka nilai SLA di perairan Indonesia akan meningkat juga seperti pada Gambar 11. SOI dilihat dari variabel perbedaan tekanan atmosfer di permukaan laut wilayah Tahiti (Pasifik Timur) dan laut wilayah Darwin (Pasifik Barat). El Nino ditandai dengan nilai indeks SOI positif sebaliknya La Nina ditandai ketika indeks SOI negatif. Ketika El Nino, tekanan udara di Pasifik tengah-timur lebih rendah dibandingkan Pasifik barat sehingga tinggi muka laut di Pasifik barat menurun karena upwelling.



Gambar 12. Plotting Hasil Korelasi SLA-SOI

Penjelasan dari gambar 12 di atas adalah wilayah dengan korelasi kuat memiliki warna merah sedangkan wilayah dengan korelasi rendah berwarna biru. Dari ketiga hasil plotting diketahui bahwa wilayah Indonesia bagian barat memiliki korelasi yang rendah sedangkan wilayah Indonesia timur memiliki korelasi yang kuat. Wilayah dengan korelasi kuat ada di Laut Halmahera, Laut Sulawesi, Laut Banda, perairan utara Papua, dan perairan sekitar Nusa Tenggara. Sedangkan wilayah dengan korelasi sedang ada di Laut Jawa bagian timur, Laut Flores, dan Selat Makasar. Untuk wilayah dengan korelasi rendah ada di perairan sekitar Sumatera dan Laut Natuna.

KESIMPULAN

Berdasarkan data RADS, pada penelitian ini dihitung korelasi sea level anomaly dari data altimetri dengan indeks ENSO di Perairan Indonesia, maka kesimpulannya adalah sebagai berikut.

- 1) Hasil rata-rata sea level anomaly di perairan Indonesia adalah 50,259 mm dengan nilai maksimum 204,202 mm pada cycle 86 Jason-2 dan nilai minimum -121,600 mm pada cycle 191 Topex/Poseidon.
- 2) Koefisien korelasi sea level anomaly dengan multivariate ENSO index dan oscillation Nino index memiliki hubungan kuat dan negatif. Sedangkan korelasi sea level anomaly dengan southern ENSO index bernilai kuat dan positif. Hal itu terjadi karena SOI dihitung dari parameter perbedaan tekanan atmosfer di Tahiti dan Darwin. Ketika keadaan normal tekanan atmosfer di Pasifik barat lebih rendah dari Pasifik timur.
- 3) Wilayah dengan korelasi sangat kuat ada di Indonesia bagian timur yaitu laut Halmahera, Laut Sulawesi, Laut Arafura, Laut Banda, dan

Laut sekitar Nusa Tenggara Timur. Seabiknya pada Indonesia bagian barat memiliki korelasi rendah, yaitu laut Natuna, perairan sekitar Sumatera, dan perairan Jawa bagian barat. Perairan sekitar Jawa Timur, Bali, Laut Flores, Selat Makasar memiliki nilai korelasi sedang.

6596/755/1/011001

Sarachik, E. S., & Cane, M. A. (2010). The El Niño–Southern Oscillation Phenomenon. *The Cambridge University Press*.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahlman, L. (2016). Climate Variability Oceanic Niño Index. Diambil 21 Maret 2018, dari <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-niño-index>
- Dokumentov, A., & Hyndman, R. J. (2015). *STR : A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Regression STR : A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Regression*.
- Dumont, J. P., Rosmorduc, V., Carrere, L., Bronner, E., & Picot, N. (2016). *Jason-3 Products Handbook*.
- Evans, J. D. (1996). *Straightforward Statistic for the Behavioral Science*. Pacific Grove, CA:Brook/Core Publishing.
- Handoko, E. Y., Fernandes, M. J., & Lázaro, C. (2017). Assessment of altimetric range and geophysical corrections and mean sea surface models-Impacts on sea level variability around the Indonesian seas. *Remote Sensing*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/rs9020102>
- Hanley, D. E., Borassa, M. A., O'Brien, J. J., Smith, S. R., & Elizabeth R Spade. (2003). A Quantitative Evaluation of ENSO Indices. *Journal Of Climate*, 16, 1249–1258.
- Masters, D. (2012). Comparison of Global Mean Sea Level Time Series from TOPEX/Poseidon , Jason-1, and Jason-2. *Marine Geodesy*, 20–41.
- Mazzarella, A., Giuliacci, A., & Liritzis, I. (2010). On the 60-month cycle of multivariate ENSO index. *Springer*, 23–27. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0159-0>
- Qian, J. H., Robertson, A. W., & Moron, V. (2010). Interaction Among ENSO, the Monsoon, and Diurnal Cycle in Rainfall Variability Over Java, Indonesia. *Journal of the Atmospheric Sciences*, (67), 3509–3524.
- Rejeki, H. A., Munasik, & Kunarso. (2017). *The Effect of ENSO to the Variability of Sea Surface Height in Western Pacific Ocean and Eastern Indian Ocean and its Connectivity to the Indonesia Throughflow (ITF)*. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science* 55. [50](https://doi.org/10.1088/1742-</p></div><div data-bbox=)