

Estimasi *Sea Surface Topography* Menggunakan Data Satelit Altimetri di Laut Indonesia Timur Periode 2016-2021

Estimation of Sea Surface Topography Using Satellite Altimetry Data in East Indonesian Sea Period 2016-2021

Muhammad Aldila Syariz, Eko Yuli Handoko*, Pratama Janur Wenda

Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: ekoyh@geodesy.its.ac.id

Diterima: 14082023; Diperbaiki: 29082023; Disetujui: 31082023; Dipublikasi: 08092023

Abstrak: *Sea surface topography* adalah penyimpangan permukaan laut dari referensi geoid, yang dipengaruhi oleh berbagai parameter, termasuk undulasi, *sea surface height*, dan pasang surut. Pengukuran *sea surface topography* sangat penting dilakukan untuk memahami dinamika laut. Salah satu faktor yang mempengaruhi dinamika laut adalah arus lintas Indonesia. Arus lintas Indonesia adalah aliran massa air dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Aliran tersebut disebabkan oleh perbedaan tekanan antara dua Samudra tersebut. Tujuan studi ini adalah untuk memberikan informasi tentang *sea surface topography* di kawasan Laut Indonesia Timur selama periode tahun 2016-2021, serta korelasinya dengan fenomena ENSO yang diperlukan untuk berbagai aplikasi kelautan. Pendekatan ini melibatkan pemrosesan dan analisis data Satelit Altimetri Sentinel-3 dan Jason-3 yang memberikan pengukuran ketinggian permukaan laut yang tepat. Nilai rata-rata *sea surface topography* dari tahun 2016 hingga 2021 berkisar antara 1,05m hingga 1,30m. Nilai *sea surface topography* cenderung tinggi terjadi ketika muson barat dan lebih rendah terjadi saat muson timur. Untuk akurasi hasil pengolahan, digunakan data tahun 2016-2021 sebagai data training dan tahun 2021 sebagai data uji. Didapatkan nilai *root mean square error* yaitu 0,064 m. Perubahan nilai *sea surface topography* cenderung naik setiap tahun, kecuali tahun 2019. Penurunan yang terjadi di tahun 2019 disebabkan oleh fenomena ENSO yang memiliki pengaruh sebesar -0,807 terhadap *sea surface topography* dengan korelasi terbalik. Temuan penelitian ini memberikan detail penting tentang topografi permukaan laut di Perairan Indonesia Bagian Timur, yang dapat diterapkan untuk meningkatkan pemahaman kita tentang dinamika lautan.

Copyright © 2023 Geoid. All rights reserved.

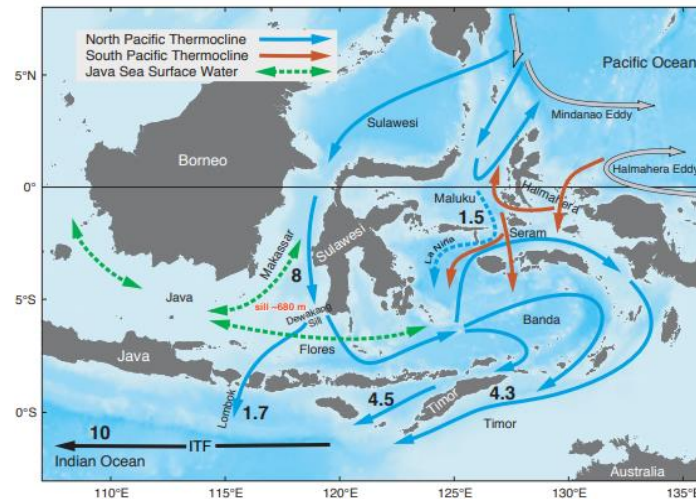
Abstract: *Undulation, sea surface height, and tides are a few of the variables that affect sea surface topography, which is the deviation of sea level from the geoid reference. Measurement of sea surface topography is very important to understand ocean dynamics. One of the factors that influences the dynamics of the sea is the flow across Indonesia. The Indonesian traffic flow is the mass flow of water from the Pacific Ocean to the Indian Ocean. The flow is caused by the difference in pressure between the two oceans. The purpose of this study is to provide precise information about the sea surface topography in the East Indonesian Sea region during the 2016–2021 period, as well as its correlation with the ENSO phenomenon required for various marine applications. This approach involves processing and analyzing Sentinel-3 and Jason-3 altimetry satellite data, which provides precise sea level elevation measurements. The average value of sea surface topography from 2016 to 2021 ranges from 1.05m to 1.30m. The value of sea surface topography tends to be high during the west monsoon and lower during the east monsoon. For the accuracy of processing results, data for 2016–2021 is used as training data and 2021 as test data. The root mean square error value is 0.06426 m. Changes in sea surface topography values tend to increase every year, except for 2019. The decline that occurred in 2019 was caused by the ENSO phenomenon, which had an effect of -0.807 on sea surface topography with an inverse correlation. The findings of this study provide important details about sea surface topography in Eastern Indonesian waters, which can be applied to enhance our understanding of ocean dynamics.*

Kata kunci: ENSO; Satelit Altimetri; *Sea Surface Topography*; Laut Indonesia Timur

Syariz, M.A., Handoko, E.Y., Wenda, P.J. (2023). Estimasi *Sea Surface Topography* Menggunakan Data Satelit Altimetri di Laut Indonesia Timur Periode 2016-2021. *Geoid*, 19(1), 121 - 130.

Pendahuluan

Luasnya lautan yang mendominasi di Indonesia sementara teknologi yang ada terbatas menyebabkan hanya sedikit fenomena di laut yang dapat diketahui. Salah satu fenomena tersebut adalah Arus Lintas Indonesia (Arlindo) atau lebih dikenal sebagai *Indonesian Through Flow* (ITF). ITF adalah aliran massa air dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia yang disebabkan oleh perbedaan tekanan antara dua samudera tersebut (Hasanudin, 1998). Salah satu laut di Indonesia yang dilewati fenomena ITF adalah Laut Indonesia Timur yang mencakup Laut Banda, Laut Flores, Laut Sulawesi, Laut Maluku, Laut Seram, Laut Halmahera, Laut Timor, Laut Arafuru, dan Laut Sawu.



Gambar 1. *Indonesian Through Flow* (ITF) (Gordon, 2005)

Dengan berbagai faktor yang mempengaruhi fenomena ini, seperti arus, angin, hingga suhu air laut menjadikan fenomena ITF mempunyai aliran air yang kuat dan volume yang besar (Hasanudin, 1998). Aliran air yang kuat dan volume yang besar dari ITF mengakibatkan aliran air menjadi tidak sederhana sehingga terjadi perubahan dalam distribusi massa air di Laut Indonesia Timur. Hal ini dapat berdampak pada peningkatan atau penurunan topografi permukaan laut di wilayah yang dilalui oleh ITF.

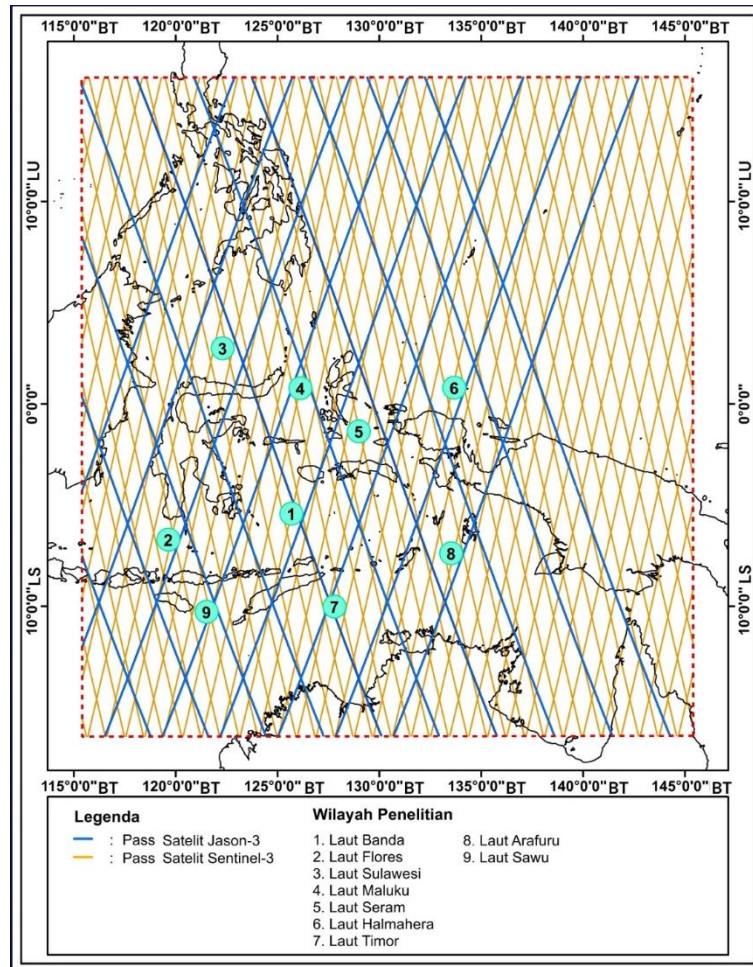
Topografi permukaan laut atau dikenal juga dengan *Sea Surface Topography* (SST) adalah penyimpangan permukaan laut dari referensi geoid (Sarsito dkk., 2019). SST disebabkan oleh adanya pasang surut, tekanan atmosfer, maupun perbedaan suhu (Rhamo, 2009). Untuk mengetahui perbedaan suhu dapat menggunakan indeks dari fenomena El Nino dan La Nina atau lebih dikenal sebagai *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO) (BMKG, 2021). Fenomena ENSO itu ditandai dengan terjadinya anomali suhu permukaan laut di Samudera Pasifik. Dimana, saat El Nino ditandai dengan peningkatan suhu di atas suhu normal dan La Nina ditandai dengan penurunan suhu di bawah suhu normal (Safitri, 2015).

Dalam perhitungan nilai SST dipengaruhi oleh beberapa parameter, salah satunya adalah nilai *Sea Surface Height* (SSH). SSH adalah tinggi permukaan laut yang bereferensi terhadap bidang ellipsoid (Andersen & Scharroo, 2011). Nilai SSH dapat dicari melalui pengamatan satelit altimetri. Satelit altimetri yang digunakan dalam penelitian ini adalah Satelit Sentinel-3 dan Jason-3 yang diluncurkan pada tahun 2016. Penggunaan dua satelit bertujuan untuk meningkatkan kualitas data baik secara ruang maupun waktu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi nilai dan memberikan informasi tentang nilai SST di Laut Indonesia Timur dengan menggunakan Satelit Altimetri serta untuk mengetahui hubungan dengan fenomena ENSO, yang diperlukan untuk berbagai aplikasi kelautan. Melalui penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah atau instansi terkait dalam melakukan studi tentang SST menggunakan data Satelit Altimetri di Laut Indonesia Timur tahun 2016-2021.

Data dan Metode

Penelitian ini terletak di Laut Indonesia Timur, tepatnya pada koordinat 15° LU-15°LS dan 115°BT-145° BT. Untuk lebih jelasnya, lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian (Penulis, 2023)

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *Radar Altimetry Database System* (RADS) Jason-3 dan Sentinel-3 yang diakuisisi pada tahun 2016-2021, serta data *Multivariate ENSO Index* (MEI) tahun 2016-2021 yang didapat dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Data yang didapatkan dari RADS merupakan data dengan format NetCDF sehingga perlu dilakukan konversi data.

Konversi data dilakukan untuk mengubah data format NetCDF dari Satelit Sentinel-3 dan Jason-3 menjadi data format ASCII. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mempermudah penulis dalam melakukan pengolahan data, serta dalam proses ini dilakukan pengambilan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan nilai SSH dan SST.

Dalam proses perhitungan nilai SSH diterapkan koreksi jarak, yaitu *dry tropospheric correction*, *wet tropospheric correction*, *koreksi ionosfer*, dan *sea state bias*. Dimana proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) berikut (Andersen & Scharro, 2011).

$$SSH = H - R - \Sigma\Delta R \quad (1)$$

$$\Sigma\Delta R = \Delta h_{dry} + \Delta h_{wet} + \Delta h_{iono} + \Delta h_{SSB} \quad (2)$$

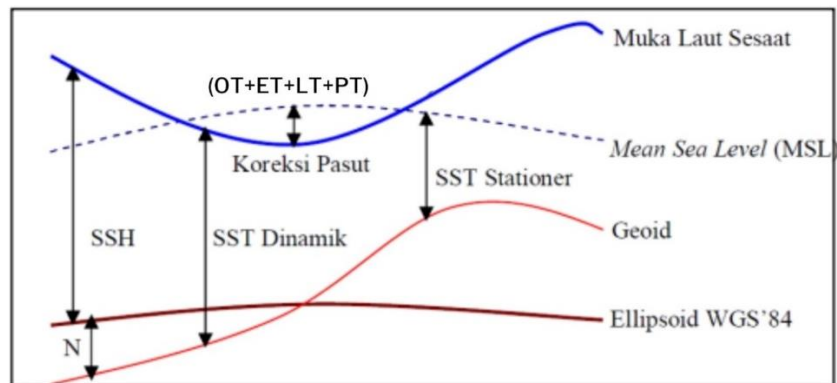
Dalam hal ini:

H = tinggi satelit diatas ellipsoid referensi (m)

R	= jarak observasi antenna satelit dengan permukaan air sementara di lokasi penelitian (m)
$\Sigma \Delta R$	= jumlah koreksi jarak (m)
Δh_{dry}	= koreksi troposfer kering (m)
Δh_{wet}	= koreksi troposfer basah (m)
Δh_{iono}	= koreksi ionosfer (m)
Δh_{SSB}	= koreksi <i>sea stabe bias</i> (m)

Dikarenakan masi terdapat perbedaan data baik secara spasial maupun temporal dari Satelit Jason-3 dan Sentinel-3 maka perlu dilakukan proses *crossover adjustment*. *Crossover adjustment* dilakukan untuk menggabungkan data Satelit Jason-3 dan Satelit Sentinel-3 dengan tujuan untuk mendapatkan nilai yang sama di satu titik pengamatan. Setelah dilakukan *crossover adjustment*, *ground track separation at equator* atau jarak setiap pass dari satelit akan mengacu pada Sentinel-3 yang berjarak 104 km. Sedangkan untuk periode *cycle* akan mengacu pada Jason-3 yaitu selama 10 hari.

Nilai SST ini didapatkan dari nilai SSH yang telah di rubah referensi terhadap geoid dengan dihilangkan efek pasang surut dan pengaruh atmosfer. Hubungan antara SSH, SST dan komponen-komponen pembentuknya dapat digambarkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Antara SST, SSH dan Komponen-komponen Pembentuknya (Calman, 1987)

Dari Gambar 3 secara umum pencarian nilai SST dinamik dapat menggunakan persamaan (2) (Calman, 1987).

$$SST = SSH - (N + h_T + DAC) \quad (3)$$

Dalam hal ini:

SST	= tinggi permukaan laut diatas geoid referensi (m)
N	= undulasi Geoid (m)
SSH	= tinggi permukaan laut diatas ellipsoid referensi (m)
h_T	= koreksi pasang surut (m) yang terdiri dari <i>Ocean Tide</i> (OT), <i>Earth Tide</i> (ET), <i>Loading Tide</i> (LT), dan <i>Pole Tide</i> (PT)
h_a	= koreksi dinamik atmosfer (<i>inverse barometer</i>) (m)

Setelah didapatkan nilai SST, perlu dilakukan proses *gridding*. Metode *gridding* yang digunakan adalah metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) dengan tujuan untuk mengisi kekosongan data terhadap nilai lintang, bujur, dan SST agar didapatkan hasil pemodelan yang lebih baik. *Gridding* dilakukan dengan ukuran $1^\circ \times 1^\circ$. Pemilihan ukuran grid berdasarkan jarak antar lintasan satelit setelah dilakukan *crossover adjustment* sehingga nilai yang didapatkan lebih sesuai dengan kondisi sesungguhnya.

Sebelum dikorelasikan, nilai SST dikelompokkan terlebih dahulu sesuai dengan data indeks ENSO. Untuk indeks ENSO MEI datanya adalah data "*sliding bi-monthly season*" atau indeks rata-rata 2 bulan berturut-

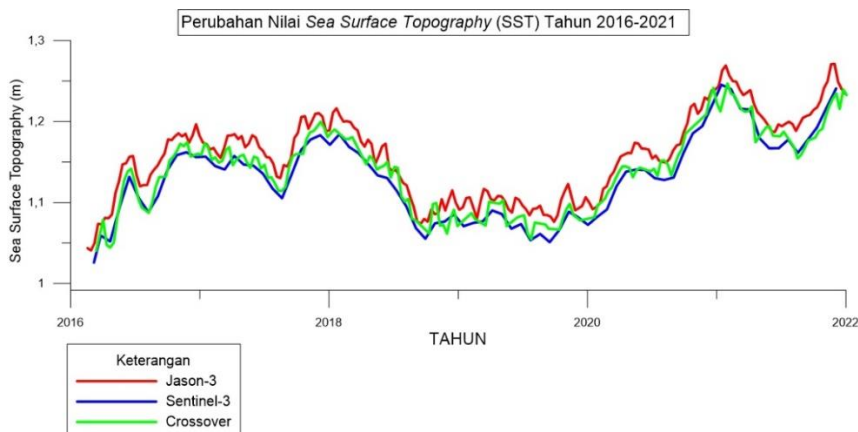
turut. Maka, nilai SST perlu dikelompokkan setiap 2 bulan seperti Desember-Januari (DJ), Januari-Februari (JF), Februari-Maret (FM), dan seterusnya yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks ENSO Tahun 2016-2021 (NOAA, 2023)

Tahun	DJ	JF	FM	MA	AM	MJ	JJ	JA	AS	SO	ON	ND
2016	1,94	1,81	1,31	1,33	1,26	0,36	-0,51	-0,28	-0,34	-0,6	-0,51	-0,34
2017	-0,41	-0,41	-0,58	-0,21	0,17	-0,29	-0,7	-0,77	-0,8	-0,63	-0,63	-0,73
2018	-0,77	-0,7	-0,79	-1,29	-0,91	-0,51	-0,17	0,36	0,52	0,41	0,26	0,13
2019	0,08	0,52	0,77	0,33	0,26	0,35	0,24	0,3	0,15	0,27	0,45	0,41
2020	0,29	0,3	0,15	-0,11	-0,24	-0,73	-1	-0,99	-1,19	-1,2	-1,15	-1,16
2021	-1,2	-0,95	-0,79	-0,96	-1,06	-1,11	-1,53	-1,34	-1,41	-1,47	-1,4	-1,21

Hasil dan Pembahasan

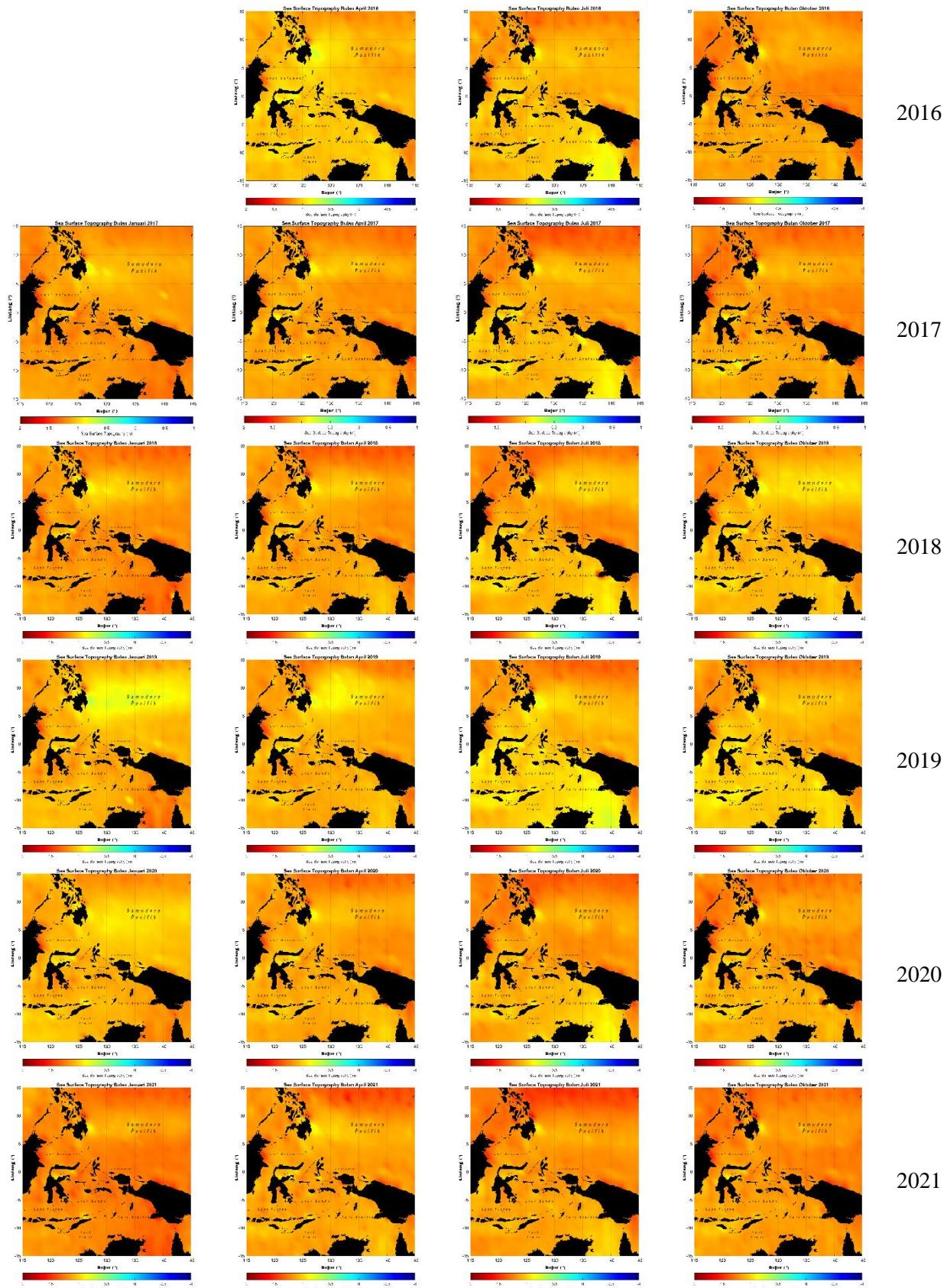
Grafik pada Gambar 4 menampilkan hasil nilai SST dari Satelit Jason-3 dan Sentinel-3 dari tahun 2016 hingga 2021. Dapat dilihat bahwa nilai SST hasil pengolahan Sentinel-3, yang dilambangkan dengan garis biru, memiliki nilai lebih rendah daripada hasil pengolahan satelit Jason-3 yang dilambangkan dengan garis merah. Perbedaan nilai ini sendiri berkaitan dengan perbedaan resolusi temporal dari kedua satelit tersebut, dimana Jason-3 memiliki resolusi temporal 10 hari dan Sentinel-3 memiliki resolusi temporal 27 hari (NOAA, 2020), resolusi temporal yang lebih cepat dapat menampilkan variasi muka air laut yang lebih baik.



Gambar 4. Grafik Perubahan Nilai *Sea Surface Topography* di Laut Indonesia Timur (Penulis, 2023)

Grafik perubahan nilai SST dari tahun 2016 hingga 2021 pada Gambar 4 menunjukkan bahwa setiap tahun nilai SST cenderung naik. Namun, terjadi anomali pada tahun 2019 dimana grafik nilai SST justru mengalami penurunan. Menurut laman resmi BMKG, hal ini berkaitan dengan kemarau panjang yang terjadi pada tahun 2019 sehingga terjadi penurunan muka air laut (BMKG, 2019).

Selanjutnya, nilai perubahan setiap tahun ini divisualisasikan dalam bentuk peta yang disajikan pada Gambar 5. Hasil visualisasi pada Gambar 5 merupakan hasil dari *crossover adjustment*. Dimana, visualisasi pada bulan Januari 2016 tidak ditampilkan, hal tersebut berkaitan dengan peluncuran Satelit Sentinel-3. Satelit Sentinel-3 baru diluncurkan pada Februari 2016 sehingga data yang disediakan oleh satelit Sentinel-3 dimulai dari Bulan Februari tahun 2016.



Muson Barat

Peralihan I
(Barat ke Timur)

Muson Timur

Peralihan II
(Timur ke Barat)

Gambar 5. Persebaran Nilai *Sea Surface Topography* di Laut Indonesia Timur (Penulis, 2023)

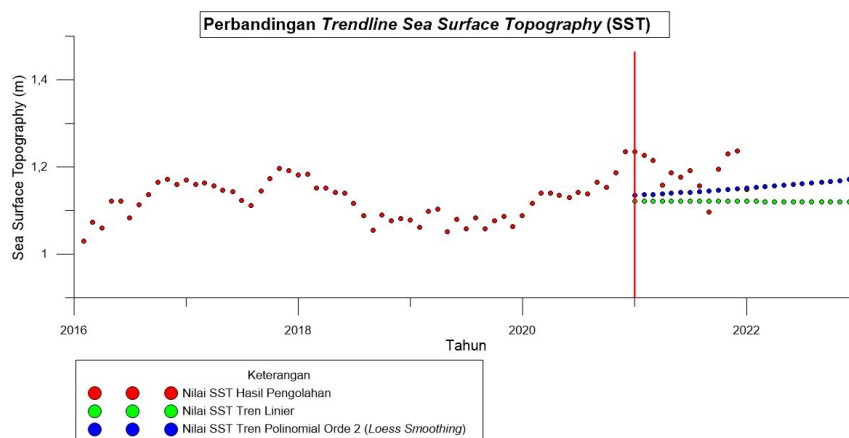
Gambar 5 merupakan sample visualisasi SST yang disajikan setiap 3 bulan. Adapun bulan-bulan yang dijadikan contoh untuk visualisasi persebaran adalah Bulan Januari, April, Juli, dan Oktober. Hal tersebut berkaitan dengan musim yang ada di Indonesia yang dipengaruhi oleh angin muson barat, dan muson timur. Berdasarkan peta persebaran nilai SST pada Gambar 5 diketahui bahwa warna yang mendominasi adalah warna kuning hingga oranye. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar Laut Indonesia Timur memiliki nilai SST sebesar 1m hingga 1,5m.

Tabel 2. Nilai *Sea Surface Topography* Terendah dan Tertinggi Setiap Tahun (Penulis, 2023)

SST Terendah Setiap Tahun			SST Tertinggi Setiap Tahun		
Bulan	SST (m)	Tahun	Bulan	SST (m)	Tahun
Februari	1,0295	2016	November	1,1717	2016
Agustus	1,1115	2017	November	1,1957	2017
September	1,0548	2018	Februari	1,1828	2018
Mei	1,0520	2019	April	1,1025	2019
Januari	1,0883	2020	Desember	1,2351	2020
September	1,0967	2021	Desember	1,2367	2021

Berdasarkan Tabel 2 nilai SST cenderung lebih tinggi pada saat terjadi muson barat yang umumnya terjadi pada Bulan Desember hingga Februari di Wilayah Indonesia. Pada saat terjadi muson barat, angin akan bergerak dari Benua Asia yang membawa suhu dingin menuju ke Benua Australia yang bersuhu hangat (Gordon, 2005). Hal tersebut menyebabkan kenaikan suhu di Wilayah Indonesia sehingga meningkatkan pertumbuhan awan dan curah hujan. Pada saat terjadi muson timur yang umumnya terjadi pada Bulan Juni hingga Agustus di Wilayah Indonesia, nilai SST cenderung lebih rendah. Hal ini disebabkan karena pada muson timur angin akan bergerak dari Australia menuju Benua Asia melalui Indonesia dan membawa suhu dingin (Gordon, 2005). Hal tersebut menyebabkan penurunan suhu di Wilayah Indonesia sehingga pertumbuhan awan menjadi terhambat dan curah hujan menurun.

Untuk mengamati kecenderungan data secara menyeluruh dalam kurun waktu tertentu, maka dilakukan analisis regresi. Dalam hal ini, analisis regresi dilakukan untuk mengetahui kecenderungan nilai SST untuk periode tahun 2016- 2021. Data hasil pengolahan dari tahun 2016 hingga tahun 2020 digunakan sebagai data *training* dan tahun 2021 digunakan sebagai uji. Metode yang digunakan adalah tren polinomial dengan orde 2 *loess smoothing*. Fungsi *loess smoothing* melakukan pemasangan regresi berbobot dengan menggunakan polinomial orde ke-2 ke data satu dimensi. Ini mungkin dianggap sebagai pendekatan yang lebih baik karena membuang data noisy dalam proses perhitungannya (Jeff, 2023). Namun, disini juga diperlihatkan tren linier untuk melihat perbedaan dari kedua *trendline* tersebut.



Gambar 6. Perbandingan *Trendline Sea Surface Topography* (Penulis, 2023)

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai paling optimum didapatkan pada orde 2, dimana selisih nilai yang didapatkan antara data uji yang di tampilkan dengan warna merah dengan data hasil model yang ditampilkan dengan warna biru menunjukkan selisih yang lebih mendekati data uji jika dibandingkan dengan tren linier. Pada model tren linier yang ditunjukkan dengan warna hijau menunjukkan selisih yang cukup jauh jika dibandingkan dengan data uji. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan nilai standar deviasi pada Tabel 3. Sehingga dalam penelitian ini digunakan tren polinomial dengan orde 2 *loess smoothing* sebagai model estimasi SST.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Standar Deviasi dan Koefisien Determinasi (Penulis, 2023)

Trendline	Standar Deviasi	R²
Linier	0,0451	0,0003
Polinomial Orde 2 (<i>Loess Smoothing</i>)	0,0376	0,0452

Berdasarkan Gambar 6 didapatkan persamaan regresi polinomial orde 2 pada persamaan 4

$$SST_y = 0,00272y^2 - 10,99846y + 11101,52218 \quad (4)$$

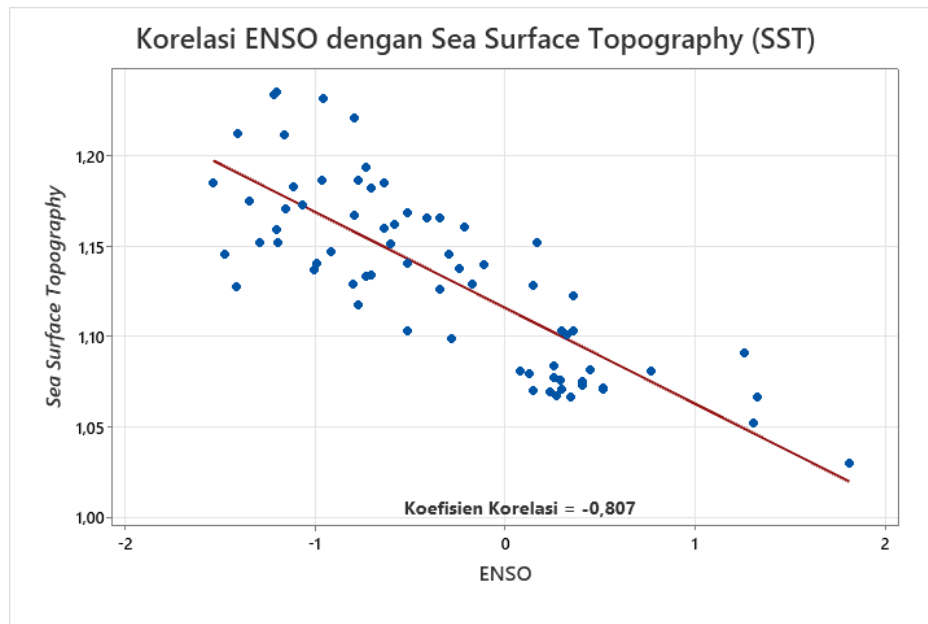
Berdasarkan nilai SST tahun 2021 hasil prediksi yang dicari menggunakan persamaan 4 dilakukan perbandingan dengan menggunakan data uji nilai SST tahun 2021 hasil pengolahan. Adapun perbandingan data hasil dari pemodelan dengan data uji ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Uji *Sea Surface Topography* Tahun 2021 dengan Hasil Prediksi (Penulis, 2023)

Bulan	Nilai Uji <i>Sea Surface Topography</i> Tahun 2021 (m)	Nilai <i>Sea Surface Topography</i> Tahun 2021 Hasil Prediksi (m)
Januari	1,235070555	1,135060055
Februari	1,226967672	1,136219627
Maret	1,214481057	1,137300766
April	1,157870853	1,138535142
Mei	1,187068171	1,139767123
Juni	1,177454112	1,141078839
Juli	1,191644524	1,142385664
Agustus	1,157046894	1,143774719
September	1,096758547	1,145203078
Oktober	1,194117341	1,146622784
November	1,229629002	1,148128482
Desember	1,236657735	1,149623032
Root Mean Square Error (RMSE)		0,064259299

Pada Tabel 4 didapatkan nilai RMSE dari perbandingan data prediksi dengan data uji adalah sebesar 0,06426m. Nilai RMSE akan semakin baik jika semakin mendekati nol (Supriyadi, 2021). Namun, jika mengacu pada akurasi dari Satelit Altimetri yang mencapai 5 cm (Dumont dkk., 2016), maka nilai RMSE yang didapatkan tidak cukup baik. Hal ini disebabkan karena terdapat anomali pada tahun 2019, dimana pada tahun 2019 nilai SST cenderung lebih rendah dari tahun lainnya sehingga memengaruhi model estimasi yang didapatkan.

Nilai SST kemudian dikorelasikan dengan fenomena ENSO. Indeks ENSO yang digunakan untuk uji korelasi dalam penelitian ini adalah *Multivariate ENSO Index* (MEI). Indeks MEI dianggap sebagai indeks paling komprehensif untuk memantau ENSO karena menggabungkan analisis berbagai komponen meteorologi dan oseanografi, yaitu anomali tekanan atmosfer, suhu permukaan laut, dan angin permukaan (Dahlman, 2016).

Gambar 7. Korelasi antara *Sea Surface Topoography* dengan ENSO (Penulis, 2023)

Tabel 5. Kekuatan Koefisien Korelasi Pearson (Bimo, 2021)

Koefisien Korelasi Pearson (R)	Kekuatan Korelasi
0,00 – 0,10	Korelasi yang diabaikan
0,10 - 0,39	Korelasi lemah
0,40 - 0,69	Korelasi sedang
0,69 - 0,89	Korelasi kuat
0,89 - 1,00	Korelasi sangat kuat

Hasil korelasi antara SST dengan indeks ENSO adalah negatif dan berintensitas tinggi yang dapat dilihat pada gambar 4.16 dan 4.17. Menurut (Safitri, 2015) ketika terjadi fenomena *El Nino* (Indeks MEI positif), menyebabkan tekanan atmosfer menjadi naik dan suhu permukaan laut menjadi turun di Samudera Pasifik bagian barat atau wilayah Indonesia. Hal tersebut berdampak pada penurunan nilai SST di Laut Indonesia Timur karena adanya kemarau berkepanjangan, penurunan jumlah curah hujan dan peningkatan temperatur udara. Begitu pula sebaliknya, ketika terjadi fenomena *La Nina* (Indeks MEI negatif), menyebabkan suhu permukaan laut menjadi naik di Wilayah Indonesia yang berdampak pada peningkatan nilai SST di Laut Indonesia Timur, karena menyebabkan peningkatan pertumbuhan awan dan curah hujan.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai *Sea Surface Topography* (SST) di Laut Indonesia Timur dari tahun 2016-2021 berkisar antara 1 - 1,5m dan memiliki pola perubahan nilai SST setiap tahunnya. Nilai SST cenderung lebih tinggi pada saat terjadi muson barat yang umumnya terjadi pada Bulan Desember hingga Februari, dan nilai SST cenderung lebih rendah pada saat terjadi muson timur yang umumnya terjadi pada Bulan Juni hingga Agustus di Wilayah Indonesia.

Hasil uji korelasi antara *Sea Surface Topography* (SST) dengan ENSO tergolong kuat, namun berbanding terbalik, dengan nilai koefisien korelasi sebesar -0,807. Hal tersebut berarti ketika terjadi fenomena *El-Nino* (Indeks MEI positif), akan berdampak pada penurunan nilai SST di Laut Indonesia Timur. Sebaliknya, ketika terjadi fenomena *La-Nina* (Indeks MEI negatif) berdampak pada peningkatan nilai SST di Laut Indonesia Timur.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Netherlands Earth Observation NETWORK* (NEONET) selaku penyedia data yang digunakan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Andersen, O. B., & Scharroo, R. (2011). Range and geophysical corrections in coastal regions: and implications for mean sea surface determination. *Coastal altimetry*.
- Bimo, S. (2021). TUTORIAL STATISTIK: KORELASI PEARSON.
- BMKG. (2019). Kilas Balik 2019: Kejadian Bencana Terkait Cuaca, Iklim, dan Gempabumi. Diakses pada 14 Juni 2023. <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=kilas-balik-2019-kejadian-bencana-terkait-cuaca-iklim-dan-gempabumi&lang=ID&tag=berita-utama>
- BMKG. (2021). Ekstrem Perubahan Iklim. Diakses pada 2 Juni 2023. <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=ekstrem-perubahan-iklim>
- Calman, J. (1987). Introduction to sea-surface topography from satellite altimetry. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 8(2), 206-210.
- Dahlman, L. (2016). Climate Variability Oceanic Niño Index. Diakses pada 01 Juni 2023. <https://www.climate.gov/news-features/understan1-ding-climate/climate-variability-oceanic-niño-index>.
- Dumont, J P, V Rosmorduc, L Carrere, E Bronner, dan N Picot. (2016). Jason-3 Products Handbook. Technical representative, CNES and EUMETSAT and JPL and NOAA/NESDIS.
- Gordon, A. L. (2005). Oceanography of the Indonesian seas and their throughflow. *Oceanography*.
- Hasanudin, O. M. (1998). ARUS LINTAS INDONESIA (ARLINDO): Vol. XXIII (Issue 2). www.oseanografi.lipi.go.id
- Jeff Burkey (2023). LOWESS, Locally Weighted Scatterplot Smoothing for linear and non-linear data (enhanced) (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/22470-lowess-locally-weighted-scatterplot-smoothing-for-linear-and-non-linear-data-enhanced>), MATLAB Central File Exchange. Retrieved July 20, 2023.
- National Centers for Environmental Information. (2021). El Niño/Southern Oscillation (ENSO). Diakses pada 04 Juni 2023. <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/>
- NOAA. (2020). Jason-3 Products Handbook. CNES and EUMETSAT and JPL and NOAA/NESDIS.
- Rhamo, A. (2009). Pemodelan Topografi Muka Air Laut (Sea Surface Topography) Perairan Indonesia Dari Data Satelit Altimetri Jason-1 Menggunakan Software BRAT 2.0.0. Surabaya: Prodi Teknik Geomatika-ITS.
- Safitri, S. (2015). El Niño, La Nina dan Dampaknya Terhadap Kehidupan. *Jurnal Criksetra*, 4(8), 153.
- Sarsito, D. A., Wijaya, D. D., Syahrullah, M., Radjawane, I. M., & Trihantoro, N. F. (2019). Variability of sea surface topography in coastal area (study case: Indonesia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 339(1).
- Supriyadi, E. (2021). Prediksi Parameter Cuaca Menggunakan Deep Learning Long-Short Term Memory (Lstm). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 21(2), 55-67.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).