

## Karakter Tinggi Gelombang Laut di Laut Natuna pada Periode Waktu ENSO (Tahun 2012 s/d 2022)

Ferian Azhari<sup>1\*</sup>, Widodo Setiyo Pranowo<sup>1,2</sup>, Hendra<sup>1</sup>, Choirul Umam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Oseanografi, Direktorat Pascasarjana, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut  
Jl. Ganesha No.1, Kelapa Gading Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14240 Indonesia

<sup>2</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jl. Pemuda Persil No.1, Rawamangun, Pulo Gadung, Jakarta Timur, Jakarta 13220 Indonesia

Email: yebaviya2009@gmail.com

### Abstrak

Laut Natuna merupakan jalur pelayaran internasional yang strategis yang menghubungkan Asia Timur dan Samudera Hindia. Untuk menjamin keamanan dan keselamatan dalam jalur pelayaran dan kegiatan kemaritiman tentu diperlukan informasi yang jelas dan akurat tentang parameter fisik kelautan salah satunya kondisi gelombang laut. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) terhadap gelombang laut di perairan Laut Natuna dan menganalisis nilai korelasi antara nilai ENSO dan gelombang laut di daerah tersebut. Penelitian ini menggunakan data gelombang laut (SWH dan Hmax), nilai *Southern Oscillation Index* (SOI), dan nilai *Oceanic Niño Index* (ONI). Penelitian menggunakan data dalam rentang waktu dari tahun 2012 hingga 2022, dengan mengambil data saat terjadinya fenomena ENSO. Lokasi penelitian ini terletak di perairan Laut Natuna dengan batas koordinat 2°30' LU – 8°45' LS dan 103°18' BT – 109°30' BT dan mempergunakan 5 (lima) stasiun pengamatan dari 169 stasiun pengamatan yang menjadi domain penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ENSO memiliki pengaruh terhadap gelombang laut di perairan Laut Natuna, dengan nilai korelasi antara nilai SOI dengan nilai gelombang memperlihatkan hubungan dengan klasifikasi sangat lemah hingga cukup kuat dengan nilai korelasi tertinggi  $r = -0,41$  pada stasiun pengamatan 27. Untuk nilai korelasi antara nilai ONI dengan nilai gelombang memperlihatkan korelasi yang lebih baik dengan klasifikasi lemah hingga kuat dengan nilai korelasi tertinggi  $r = -0,74$  pada stasiun pengamatan 91. Gelombang tinggi di perairan Laut Natuna lebih cenderung terjadi pada waktu monsun barat / monsun Asia pada bulan Desember, Januari, dan Februari. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara ENSO dan gelombang laut di perairan Laut Natuna. Informasi ini berguna bagi pihak yang berkepentingan dalam mengambil keputusan terkait aktivitas di sekitar perairan Laut Natuna, seperti pelayaran dan kegiatan ekonomi maritim lainnya.

**Kata kunci:** Gelombang laut, Laut Natuna, ENSO, SOI, ONI

### Abstract

#### *Character Sea Waves High in the Natuna Sea in the ENSO Time Period*

*The Natuna Sea is a strategic international shipping lane connecting East Asia and the Indian Ocean. To ensure security and safety in shipping lanes and maritime activities, clear and accurate information is needed about marine physical parameters, one of which is the condition of sea waves. This study aims to study the effect of El-Nino Southern Oscillation (ENSO) on sea waves in the Natuna Sea waters and to analyze the correlation value between ENSO values and sea waves in that area. This study uses ocean wave data (SWH and Hmax), Southern Oscillation Index (SOI) values, and Oceanic Niño Index (ONI) values obtained from the official website pages of each institution/institution. The study uses data spanning from 2012 to 2022, by taking data when the ENSO phenomenon occurred. The research location is located in the waters of the Natuna Sea with coordinate boundaries 2030' N - 8045' S and 103018' E - 109030' E and 5 (five) shelter stations of 169 control stations which are the research domain. The results showed that ENSO had an influence on sea waves in the Natuna Sea, with a correlation value between the SOI value and the value of the waves emitting a relationship with a very weak to moderately strong classification with the highest correlation value  $r = -0.41$*

at observation station 27. For the value the correlation between the ONI value and the wave value reveals a better correlation with a weak to strong classification with the highest correlation value  $r = -0.74$  at observation station 91. High waves in the waters of the Natuna Sea are more likely to occur during the west monsoon / the Asian monsoon in December, January and February. This research provides a better understanding of the relationship between ENSO and ocean waves in the Natuna Sea. This information is useful for interested parties in making decisions regarding activities around the waters of the Natuna Sea, such as cruise ships and other maritime economic activities.

**Keywords:** Ocean Waves, Natuna Sea, ENSO, SOI, ONI

## PENDAHULUAN

Laut Natuna merupakan daerah perairan laut Indonesia yang memiliki posisi strategis dalam posisinya sebagai jalur pelayaran internasional (ALKI 1) (Anggara *et al.*, 2018). Sebagai jalur pelayaran yang merupakan bagian dari SLOC (*Sea Lane of Communication*) Laut Natuna menghubungkan Asia Timur dan Samudera Hindia (Afriady *et al.*, 2019). Melihat pentingnya Laut Natuna sebagai jalur pelayaran, diperlukan informasi yang jelas dan akurat tentang parameter fisik di bidang kelautan salah satunya parameter gelombang laut (Sanjaya *et al.*, 2019). Dalam upaya menggali karakteristik gelombang di Laut Natuna, perlu dilakukan studi mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap gelombang laut di daerah tersebut.

Banyak terdapat jenis gelombang di lautan, hal ini dapat dilihat dari faktor penyebabnya maupun gaya pengembaliannya (Kurniawan *et al.*, 2012). Terdapat tiga jenis gelombang yang menjadi perhatian dalam pelayanan informasi kelautan yaitu gelombang dikarenakan angin, gelombang tsunami (gempa bumi) dan gelombang pasang surut (*tidal*) (*World Meteorological Organization* (WMO), 2001). Gelombang dikarenakan angin merupakan yang paling dominan terjadi. Tinggi gelombang laut biasa di gambarkan sebagai tinggi gelombang signifikan (*Significant Wave High/SWH*) yang didefinisikan sebagai tinggi rata-rata 1/3 dari gelombang-gelombang tertinggi (WMO., 1998). Wilayah Indonesia mempunyai sistem angin yang bervariasi antar musimnya yang dipengaruhi oleh fenomena global salah satunya *El-Nino* dan *La-Nina*.

*El-Nino* dan *La-Nina* merupakan pembagian fase yang menggambarkan fenomena anomali perubahan suhu permukaan laut (SPL) di samudera Pasifik, yang sering disebut ENSO (*El-Nino Southern Oscillation*) dimana fenomena ENSO diidentifikasi dari nilai SOI (*Southern Oscillation Index*) dan nilai ONI (*Oceanic Niño Index*)

(Hidayat *et al.*, 2022). SOI adalah sebuah indeks yang mengukur perbedaan tekanan di mean sea level (MSLP) antara Tahiti (170° 31'S, 2100° 26'E) di tenggara Pasifik dan Darwin (120° 28'S, 1300° 50'E) di utara Australia di sebelah barat Samudra Pasifik. Sedangkan ONI adalah sebuah indeks yang dihitung berdasarkan perbedaan antara suhu permukaan laut yang diamati dengan suhu rata-rata historis yang berlaku dalam wilayah khusus di Samudra Pasifik Tengah, yang dikenal sebagai "*Niño 3.4 region*" (wilayah Niño 3.4). Wilayah ini mencakup area antara 120° Barat dan 170° Barat, dan antara 5° Utara dan 5° Selatan. Enso dikatakan *El-Nino* apabila nilai SOI kurang dari -7 dan dikatakan *La-Nina* jika nilai SOI diatas +7 (A. M. Hidayat *et al.*, 2018). Jika nilai ONI melebihi +0,5°C maka ENSO dikatakan *El-Nino*. Sebaliknya, jika ONI di bawah -0,5°C selama beberapa bulan berturut-turut, maka ENSO dikatakan *La-Nina* (Ramadhan *et al.*, 2021).

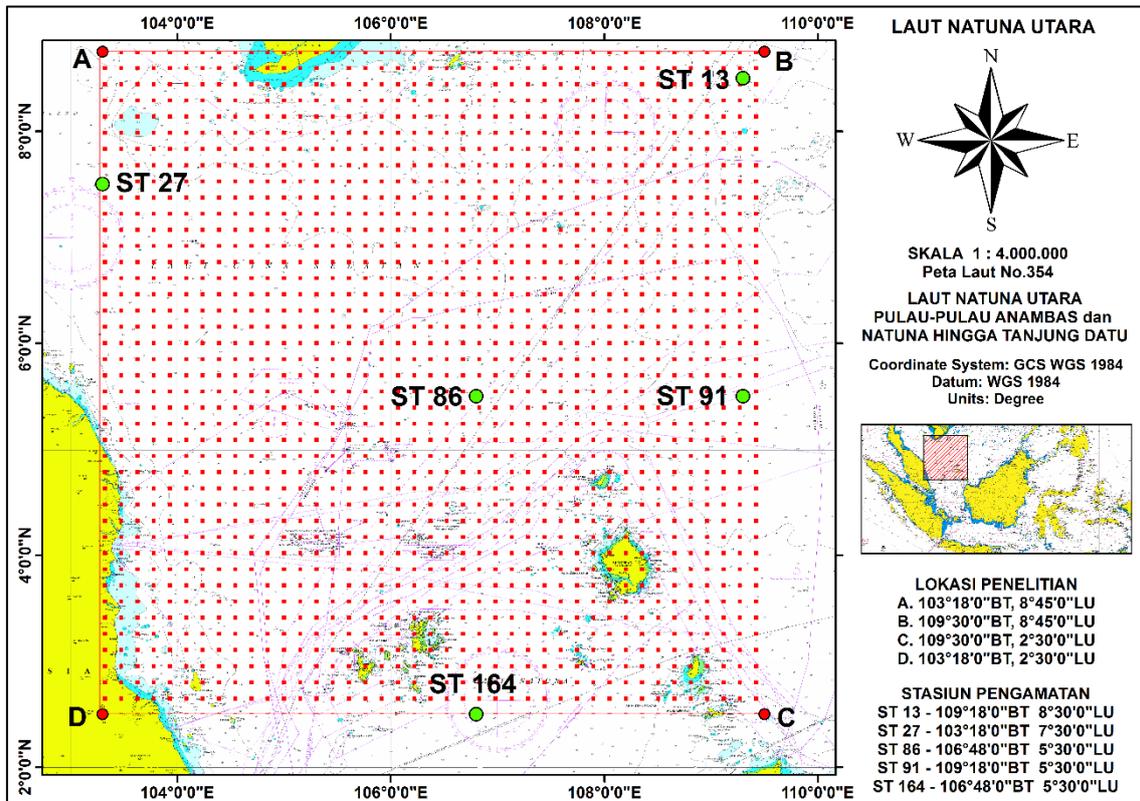
Telah banyak penelitian mengenai ENSO diantaranya untuk peramalan curah hujan (Stone *et al.*, 1996)(Shukla & Paolino., 1983), identifikasi frekuensi kebakaran hutan (Swetnam & Betancourt., 1990), penyebaran penyakit (Bi *et al.*, 2005), Manajemen produksi agrikultur (Adiku & Stone, 1995), stok dan populasi ikan (Lehodey *et al.*, 1997), prediksi kekeringan dan aliran sungai (Chiew *et al.*, 1998), Namun pada penelitian ini lebih menitik beratkan pembahasan pada pengaruh SOI dan ONI terhadap gelombang laut di Laut Natuna. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ENSO berengaruh terhadap gelombang laut di Laut Natuna serta melihat bagaimanakah nilai korelasi antara nilai ENSO terhadap gelombang laut di Laut Natuna. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang jelas dan akurat tentang karakteristik gelombang pada saat fenomena ENSO di Laut Natuna bagi pihak-pihak yang melaksanakan kegiatan di sekitaran Laut Natuna.

**MATERI DAN METODE**

Penelitian ini mempergunakan data gelombang (SWH dan Hmax), data nilai SOI dan data nilai ONI. Data gelombang menggunakan data ERA5 (ECMWF (*European Centre for Medium-range Weather Forecasts*) *Reanalysis 5-th Generation*) yang diakses dari website <https://cds.climate.copernicus.eu/-cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form>, yang mencakup 169 titik stasiun pengamatan dengan jarak antar stasiun 0.5<sup>0</sup> (55,6595 Km) dengan resolusi temporal per jam. Data nilai SOI didapat dari website <http://www.bom.gov.au/climate/enso/soi/>, dengan resolusi temporal per bulan dan data nilai ONI didapat dengan mengakses website [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/-ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/-ONI_v5.php), dengan resolusi temporal per tiga bulan. Data yang didapat disesuaikan dengan lokasi penelitian yang terletak di perairan Laut Natuna dengan batas koordinat 2<sup>0</sup>30' LU – 8<sup>0</sup>45' LS dan 103<sup>0</sup>18' BT – 109<sup>0</sup>30' BT. Untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi dan regresi yang benar-benar mewakili karakteristik

gelombang laut di lokasi penelitian, maka ditentukan 5 stasiun pengamatan yang mewakili seluruh area penelitian. Stasiun pengamatan yang akan digunakan antara lain stasiun 13 sebagai titik paling ujung di arah timur laut (109°18'0"BT 8°30'0"LU), stasiun 27 titik paling ujung di arah barat laut (103°18'0"BT 7°30'0"LU), stasiun 91 titik sebelah barat (109°18'0"BT 5°30'0"LU), stasiun 164 titik batas selatan (106°48'0"BT 2°30'0"LU), dan stasiun 86 titik tengah (106°48'0"BT 5°30'0"LU) (Gambar 1).

Berdasarkan penelitian (Muliati *et al.*, 2018) terdapat angin yang berhembus dari Samudra pasifik menuju ke arah barat melintasi perairan Laut Natuna, sehingga diduga bahwa ENSO memberikan pengaruh terhadap gelombang laut yang diakibatkan oleh angin tersebut. Untuk mengidentifikasi pengaruh ENSO terhadap kondisi gelombang di perairan Laut Natuna, maka waktu penelitian akan dilaksanakan saat terdapat fenomena ENSO dengan rentang waktu dari tahun 2012 sampai dengan 2022. Berdasarkan pada kurva fluktuasi nilai SOI (gambar 2) diketahui bahwa dalam rentang waktu tahun 2012 sampai dengan



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian. Seluruh stasiun data disimbolkan bulatan merah, sedangkan bulatan hijau adalah stasiun cuplik pengamatan time series. Peta dasar yang digunakan adalah Peta Laut Indonesia No. 354 terbitan (Pushidrosal, 2012)

2022 terjadi *El-Nino* pada bulan Mei 2015 sampai dengan bulan April 2016 (warna merah muda), *La-Nina* terjadi pada bulan April 2022 sampai dengan bulan November 2022 (warna biru) dan kondisi normal terjadi pada bulan Oktober 2016 sampai dengan bulan Mei 2017 (warna putih).

Dari rentang waktu penelitian yang telah ditentukan tersebut, akan dilihat kondisi data gelombang untuk diambil data gelombang saat kondisi puncak ENSO dan saat kondisi gelombang ekstrem kemudian dilaksanakan pengolahan dengan *Software ODV (Ocean Data View)* untuk melihat visualisasi kondisi tinggi gelombang di lokasi penelitian, sehingga dapat diketahui kapankah terjadinya gelombang tinggi dan kapan terjadinya gelombang tersebut, serta apakah ada hubungannya dengan fenomena ENSO.

Sebagaimana dijelaskan pada bab pendahuluan, fenomena ENSO diidentifikasi dari nilai SOI dan nilai ONI. Untuk melihat korelasi antara fenomena ENSO dengan kondisi gelombang di perairan Laut Natuna tentu dilihat dari nilai korelasi antara data tinggi gelombang dengan nilai SOI dan ONI. Nilai korelasi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$r = \frac{n \sum x \cdot y - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Keterangan: r = koefisien korelasi antara x dan y; x = rata-rata bulanan nilai SOI maupun nilai ONI; y = rata-rata tinggi gelombang bulanan (SWH / Hmax)

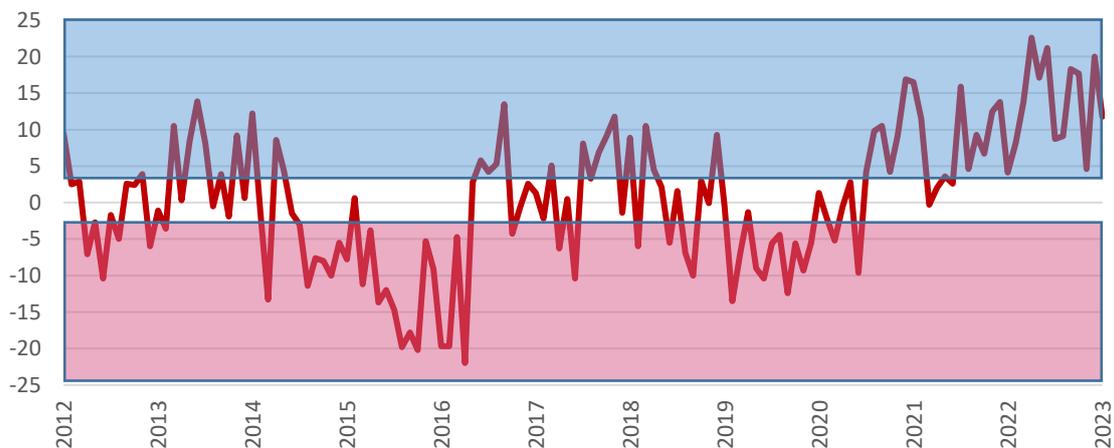
Nilai korelasi menunjukkan arah dan kuatnya hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya, rentang nilai r adalah -1 sampai dengan 1 dimana nilai positif memperlihatkan hubungan yang berbanding lurus dan nilai negatif menggambarkan hubungan yang berbanding terbalik.

Sementara nilai regresi menunjukkan seberapa jauh perubahan nilai variabel dependen, bila variabel independen di manipulasi. Dari koefisien regresi akan didapatkan persamaan regresi sehingga akan diketahui berapa jauh perubahan variabel dependen bila variabel independen di manipulasi. Dari persamaan regresi juga akan didapatkan koefisien determinasi ( $r^2$ ) yang merupakan nilai kuadrat dari koefisien korelasi. Koefisien determinasi menunjukkan seberapa besar variabel bebas dapat menjelaskan variabel tak bebas, sisanya bergantung pada variabel lainnya (Sugiyono, 2013).

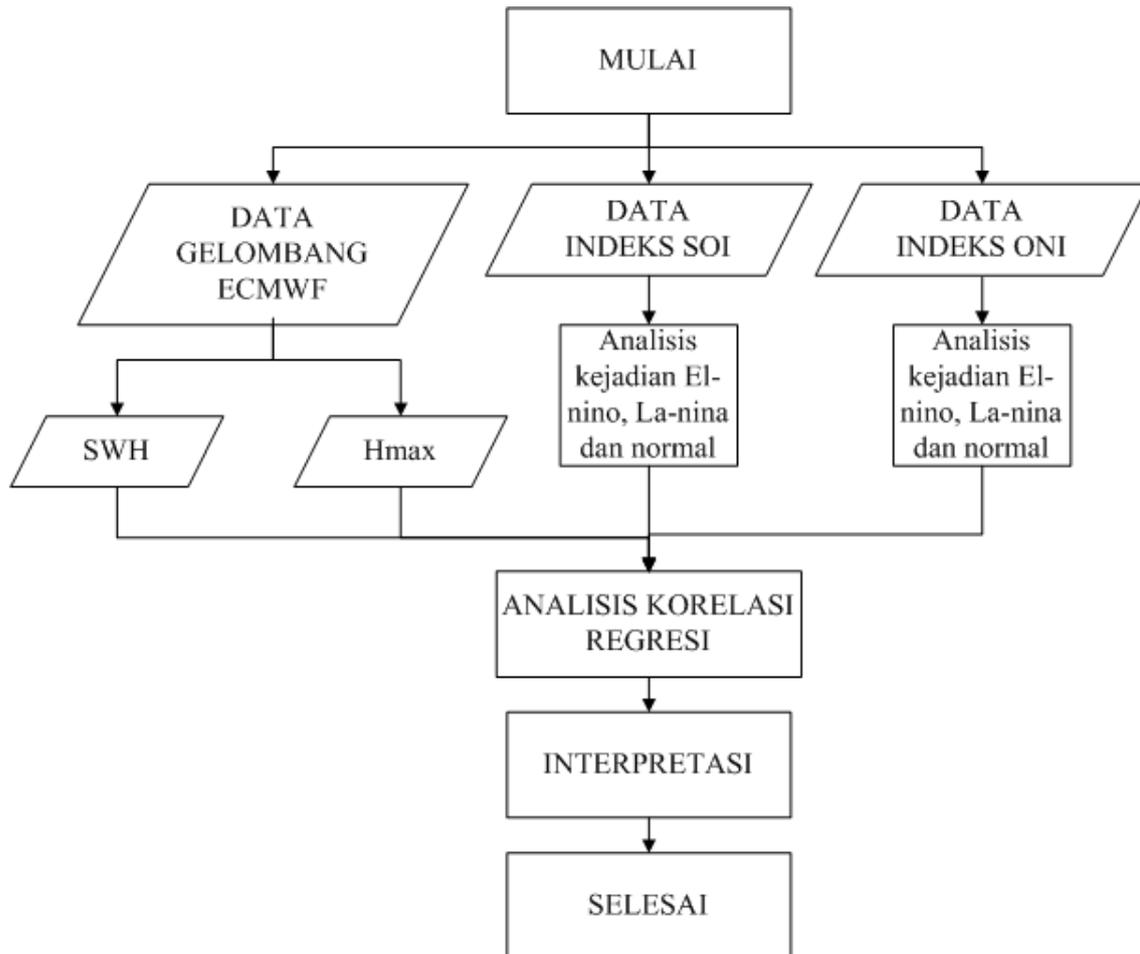
**Tabel 1.** Klasifikasi nilai koefisien korelasi (r)

Nilai r	Keterangan
0,00 – 0,199	Sangat Lemah
0,20 – 0,399	Lemah
0,40 – 0,599	Cukup Kuat
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

(Hidayat *et al.*, 2018)



**Gambar 2.** Fluktuasi nilai SOI dari Januari 2012 sampai Januari 2023. Sumbu X adalah tahun pengamatan, sumbu Y adalah nilai SOI. Poligon merah muda indikator periode *El-Nino*, poligon biru indikator periode *La-Nina*



**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini mempergunakan perangkat keras untuk mengunduh dan mengolah data berupa laptop Asus model A43S dengan spesifikasi sistem operasi mempergunakan *Windows 7*, *processor intel core i3*, *memory RAM 8 GB*, dan penyimpanan menggunakan *SSD 250 GB*. Perangkat lunak yang dipergunakan antara lain *Ocean Data View (ODV) versi 5.5.2 – 64 bit (Windows)*, *Global Mapper v.22*, *Microsoft Excel 2016*, dan *Microsoft Word 2016*. Metode pengolahan pada penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif deskriptif dengan diagram alir Gambar 3.

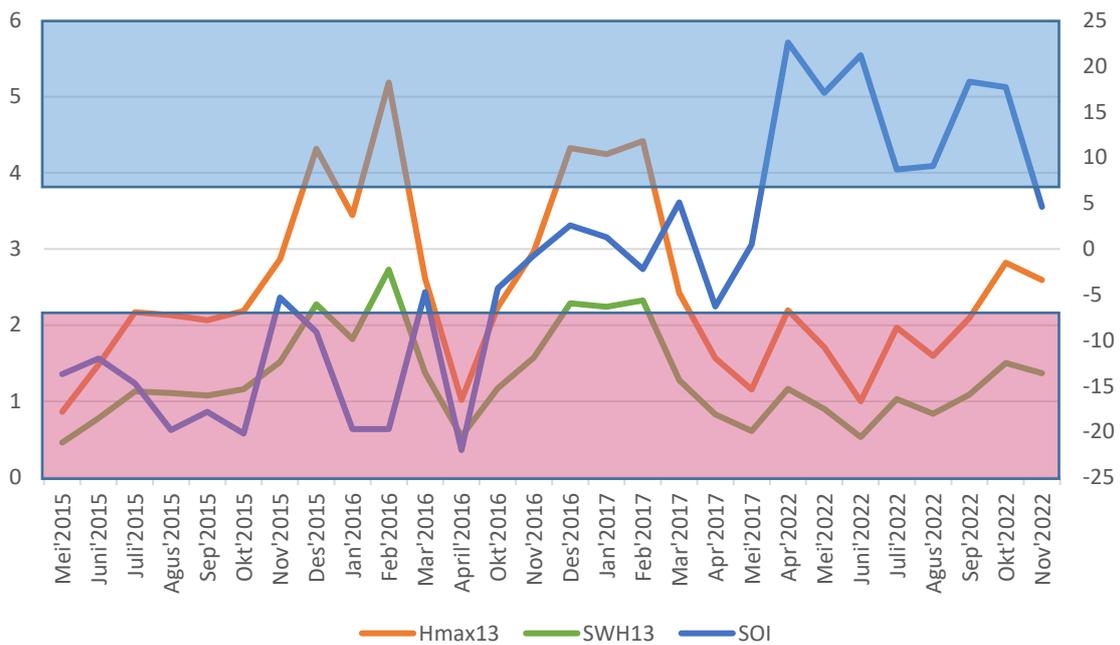
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Visualisasi kondisi tinggi gelombang pada puncak fenomena ENSO dan gelombang tinggi**

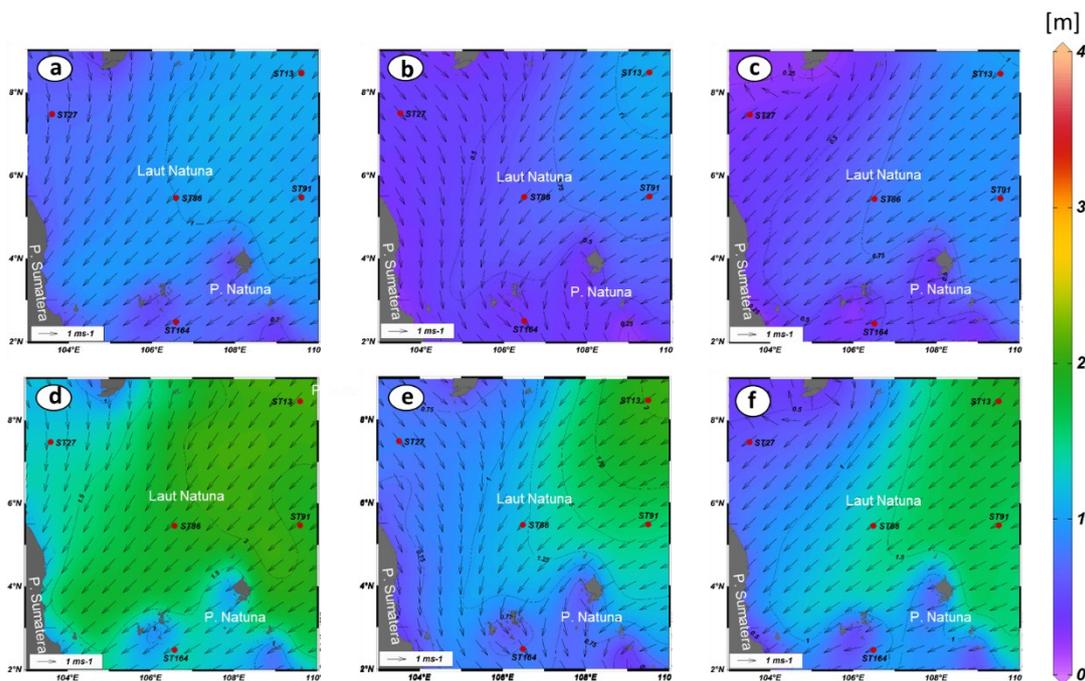
Pada gambar 4 terlihat bahwa puncak *El-Nino* terjadi pada bulan April 2016 dengan nilai

*SOI -22* dan puncak *La-Nina* terjadi pada bulan April 2022 dengan nilai *SOI +22,6*. Sedangkan dari rata-rata nilai *SWH* dan *Hmax* bulanan pada stasiun 13 diketahui bahwa gelombang tertinggi pada *kondisi El-Nino* terjadi pada bulan Februari 2016 dengan nilai *SWH 2,73* meter dan *Hmax 5,19* meter, *kondisi La-Nina* terjadi pada Oktober 2022 dengan nilai *SWH 1,5* meter dan *Hmax 2,82* meter.

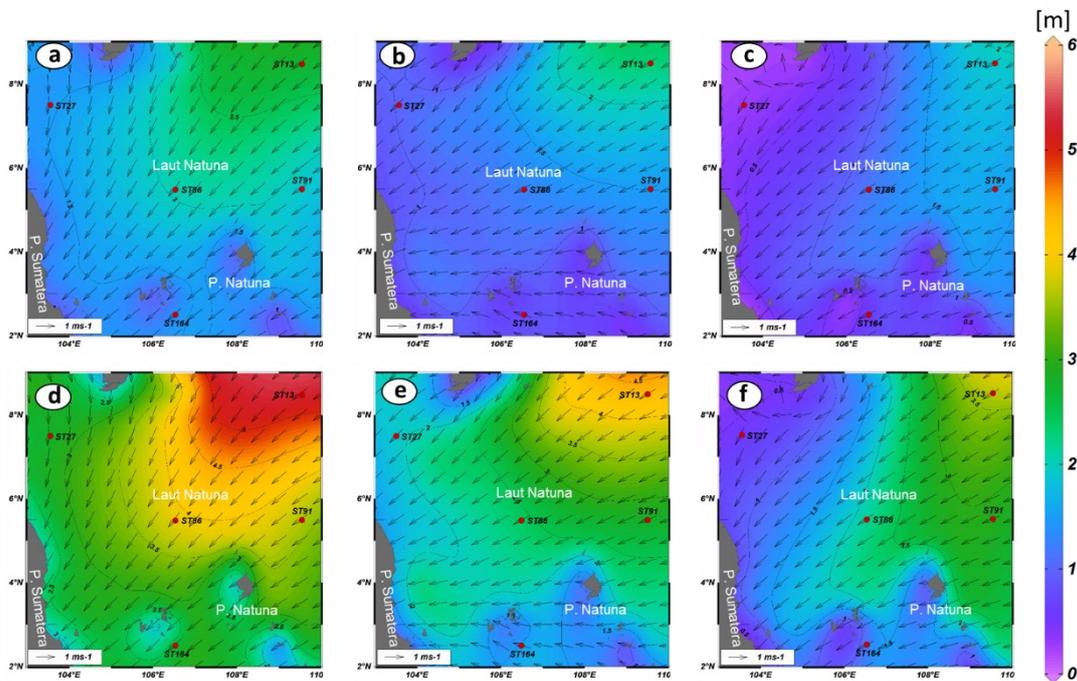
Dari batasan data yang didapat dari gambar 4, dilakukan pengolahan dengan menggunakan *software ODV*. Untuk kondisi normal pada puncak fenomena ENSO diambil data ketinggian gelombang saat kondisi nilai *SOI* mendekati 0 yaitu pada bulan Mei 2017 dengan nilai *SOI +0,5* sedangkan untuk nilai tertinggi data ketinggian gelombang pada kondisi normal diambil data gelombang pada bulan Desember 2016 dengan nilai *SWH 2,29* meter dan *Hmax 4,33* meter. Sehingga dihasilkan tampilan Gambar 5.



**Gambar 4.** Kurva nilai SOI, SWH dan Hmax pada stasiun 13 selama penelitian. Sumbu X bulan dan tahun penelitian, sumbu Y1 nilai ketinggian gelombang (meter), sumbu Y2 nilai SOI. Garis merah indikator nilai Hmax pada stasiun 13, garis hijau indikator nilai SWH pada stasiun 13, garis merah indikator nilai SOI.



**Gambar 5.** Tampilan SWH dan Hmax saat puncak fenomena ENSO ; a. SWH puncak *El-Nino* , b. SWH Kondisi normal, c. SWH puncak *La-Nina*, d. Hmax puncak *El-Nino*, e. Hmax kondisi normal, f. Hmax puncak *La-Nina*



**Gambar 6.** Tampilan SWH dan Hmax tertinggi pada fenomena ENSO ; a. SWH tertinggi *El-Nino* , b. SWH tertinggi Kondisi normal, c. SWH tertinggi *La-Nina*, d. Hmax tertinggi *El-Nino*, e. Hmax tertinggi kondisi normal, f. Hmax tertinggi *La-Nina*

Hasil pengolahan dengan ODV memperlihatkan bahwa pada kondisi puncak fenomena ENSO baik periode *El-Nino* maupun *La-Nina*, nilai SWH dan Hmax tidak memperlihatkan kondisi gelombang tinggi yaitu dengan nilai SWH tertinggi 0,54 meter dan nilai Hmax tertinggi 2,2 meter (gambar 5). Demikian juga dengan kondisi saat nilai SWH dan nilai Hmax maksimal pada periode *El-Nino* dan *La-Nina*, kondisinya tidak menunjukkan puncak fenomena ENSO dengan nilai SOI tertinggi pada episode *La-Nina* dan nilai SOI terendah pada episode *El-Nino*. Kondisi gelombang tinggi lebih cenderung dipengaruhi oleh musim dikarenakan terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari seperti yang terlihat pada kurva nilai SWH dan nilai Hmax pada stasiun 13 di gambar 4, kondisi nilai SWH dan nilai Hmax terlihat berada diatas rata-rata pada bulan Desember 2015, Januari 2016, Februari 2016, Desember 2016, Januari 2017 dan Februari 2017.

Hal ini sejalan dengan penelitian (Anggara *et al.*, 2022) dimana pada penelitiannya terhadap kondisi tinggi gelombang signifikan di perairan Laut Natuna selama 10 tahun (Juli 2007 – Juni 2017) didapatkan tinggi gelombang signifikan tinggi pada bulan Desember, Januari dan Februari

dengan tinggi maksimal mulai 4,8 meter hingga 5,5 meter. Pada penelitian (Muliati *et al.*, 2019) dengan menggunakan model SWAN, ERA-Interim, dan SEAFINE dengan 5 titik stasiun pengamatan di perairan Laut Natuna, didapatkan hasil bahwa tinggi gelombang signifikan pada periode bulan Oktober 2008 hingga Maret 2010, tinggi gelombang signifikan diatas rata-rata terlihat terjadi pada bulan November hingga Januari. Hal ini dapat disebabkan oleh pengaruh periode monsun Asia (Desember, Januari, dan Februari) mengakibatkan gelombang tinggi di perairan Laut Natuna, sedangkan pada masa peralihan hingga musim monsun Australia (Juni, Juli, dan Agustus) kondisi tinggi gelombang di Laut Natuna lebih melandai (Kurniawan *et al.*, 2012).

**Korelasi ENSO dan tinggi gelombang**

Fenomena ENSO dapat dilihat dari nilai SOI dan nilai ONI. Sehingga untuk menentukan nilai korelasi ENSO dan tinggi gelombang, maka nilai SOI dan nilai ONI akan dijadikan sebagai variabel independen. Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa SOI terendah terjadi pada april 2016 dengan nilai SOI adalah -22 ini merupakan kondisi puncak episode *El-Nino*. Untuk SOI tertinggi terjadi pada

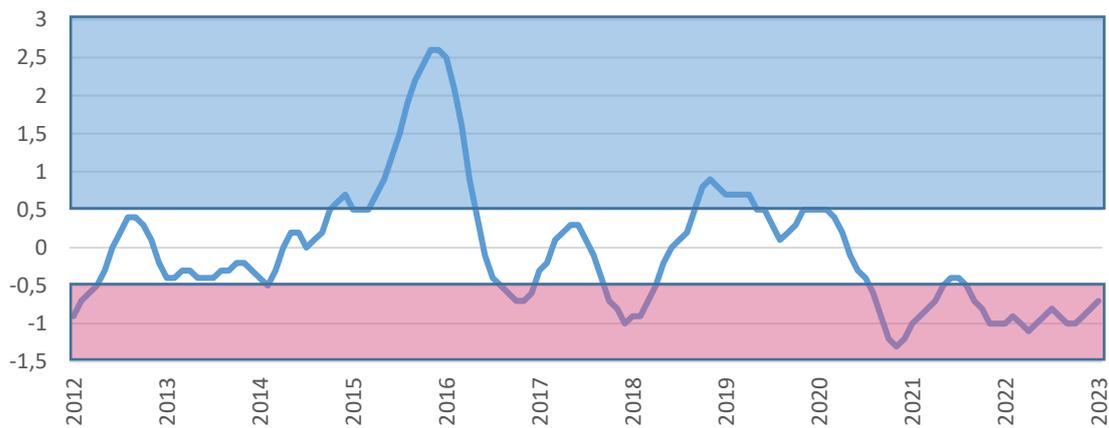
April 2022 dengan nilai SOI adalah +22,6 yang menandakan kondisi puncak episode *La-Nina*. Gambar 7 merupakan grafik fluktuasi nilai ONI dari tahun 2012-2022, nilai ONI tertinggi terjadi pada Oktober, November, Desember (OND) dan November, Desember, Januari (NDJ) 2015/2016 dengan nilai +2,6 hal ini merupakan episode *El-Nino*. Nilai ONI terendah terjadi pada OND 2020 dengan nilai -1.3 yang mengindikasikan ENSO *La-Nina*.

Dari penjelasan diatas dan melihat kurva fluktuasi nilai SOI dan ONI terlihat bahwa ada perbedaan antara nilai SOI dan nilai ONI dalam menentukan kondisi fenomena ENSO. Jika dihitung dengan statistika nilai korelasi ( $r$ ) dari nilai SOI dan nilai ONI dalam rentang waktu tahun 2012-2022 adalah  $r = -0.73$ . Hal ini menunjukkan bahwa nilai SOI dan nilai ONI memiliki korelasi kuat dengan hubungan berbanding terbalik yang berarti ketika nilai SOI meningkat, nilai ONI akan berkurang demikian sebaliknya ketika nilai SOI berkurang maka nilai ONI akan meningkat. Oleh

karnanya pada penelitian juga akan dilihat bagaimana perbedaan nilai korelasi antara nilai gelombang dengan nilai SOI dan nilai gelombang dengan nilai ONI.

Penghitungan nilai korelasi antara fenomena ENSO dan kondisi tinggi gelombang dilakukan dengan memperhatikan kondisi saat episode *El-Nino*, episode *La-Nina* dan kondisi normal, sehingga betul-betul mewakili semua kondisi fenomena ENSO.

Pada saat kondisi *El-Nino* nilai korelasi antara nilai SOI dengan Hmax dan nilai SOI dengan SWH menunjukkan korelasi yang sangat lemah pada semua stasiun pengamatan dengan nilai korelasi tertinggi  $r = +0,10$  pada stasiun 13 dan stasiun 86 (Tabel 2). Hal yang berbeda terlihat pada nilai korelasi antara nilai ONI dengan Hmax dan nilai ONI dengan SWH yang menunjukkan hubungan korelasi kuat hampir pada seluruh stasiun pengamatan dengan nilai korelasi tertinggi  $r = +0,67$  pada stasiun 13 (Tabel 3).



**Gambar 7.** Fluktuasi nilai ONI dari Januari 2012 sampai Januari 2023, Sumbu X adalah tahun pengamatan, sumbu Y adalah nilai ONI. Poligon merah muda indikator periode *El-Nino*, poligon biru indikator periode *La-Nina*

**Tabel 2.** Korelasi nilai SOI dan tinggi gelombang pada periode *El-Nino*

Stasiun Pengamatan	$r$ (SOI-Hmax)	$r$ (SOI-SWH)	Ket
ST 13	0.10	0.10	Sangat Lemah
ST 27	0.09	0.09	Sangat Lemah
ST 86	0.10	0.10	Sangat Lemah
ST 91	0.09	0.09	Sangat Lemah
ST 164	0.05	0.06	Sangat Lemah

Nilai korelasi antara nilai SOI dan tinggi gelombang pada kondisi *La-Nina* menunjukkan nilai yang lebih baik jika dibandingkan dengan saat kondisi *El-Nino*. Nilai korelasi antara nilai SOI dan tinggi gelombang pada saat kondisi *La-Nina* menunjukkan hubungan pada rentang sangat lemah hingga cukup kuat, dengan nilai korelasi tertinggi  $r = -0,41$  pada stasiun 27 (Tabel 4). Untuk nilai korelasi antara nilai ONI dan tinggi gelombang pada kondisi *La-Nina* berada pada rentang lemah hingga cukup kuat, dengan nilai korelasi tertinggi  $r = -0,74$  pada stasiun 91 (Tabel 5). Nilai korelasi

negatif menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik.

Pada saat kondisi normal, nilai korelasi antara nilai SOI dengan tinggi gelombang menunjukkan hubungan yang lemah di semua stasiun pengamatan dengan nilai korelasi tertinggi  $r = +0,33$  pada stasiun pengamatan 86 (Tabel 6). Untuk nilai korelasi nilai ONI dengan tinggi gelombang berada pada rentang cukup kuat hingga kuat, dengan nilai korelasi tertinggi  $r = -0,63$  pada stasiun pengamatan 13 (Tabel 7).

**Tabel 3.** Korelasi nilai ONI dan tinggi gelombang pada periode *El-Nino*

Stasiun Pengamatan	r (ONI-Hmax)	r (ONI-SWH)	Ket
ST 13	0.67	0.67	Kuat
ST 27	0.57	0.57	Cukup Kuat
ST 86	0.61	0.61	Kuat
ST 91	0.62	0.62	Kuat
ST 164	0.44	0.44	Cukup Kuat

**Tabel 4.** Korelasi nilai SOI dan tinggi gelombang pada periode *La-Nina*

Stasiun Pengamatan	r (SOI-Hmax)	r (SOI-SWH)	Ket
ST 13	-0.24	-0.23	Lemah
ST 27	-0.41	-0.41	Cukup Kuat
ST 86	-0.16	-0.16	Sangat Lemah
ST 91	-0.10	-0.09	Sangat Lemah
ST 164	-0.36	-0.36	Lemah

**Tabel 5.** Korelasi nilai ONI dan tinggi gelombang pada periode *La-Nina*

Stasiun Pengamatan	r (ONI-Hmax)	r (ONI-SWH)	Ket
ST 13	-0.65	-0.65	Kuat
ST 27	-0.38	-0.37	Lemah
ST 86	-0.69	-0.70	Kuat
ST 91	-0.73	-0.74	Kuat
ST 164	-0.50	-0.50	Cukup Kuat

**Tabel 6.** Korelasi nilai SOI dan tinggi gelombang pada kondisi normal

Stasiun Pengamatan	r (SOI-Hmax)	r (SOI-SWH)	Ket
ST 13	0.30	0.30	Lemah
ST 27	0.26	0.26	Lemah
ST 86	0.33	0.33	Lemah
ST 91	0.30	0.30	Lemah
ST 164	0.29	0.29	Lemah

**Tabel 7.** Korelasi nilai ONI dan tinggi gelombang pada kondisi normal

Stasiun Pengamatan	r (ONI-Hmax)	r (ONI-SWH)	Ket
ST 13	-0.63	-0.63	Kuat
ST 27	-0.62	-0.61	Kuat
ST 86	-0.57	-0.57	Cukup Kuat
ST 91	-0.60	-0.61	Kuat
ST 164	-0.45	-0.44	Cukup Kuat

Dari hasil pengolahan diketahui bahwa nilai korelasi terkuat antara nilai SOI dan tinggi gelombang terjadi pada kondisi *La-Nina* di stasiun 27 dengan klasifikasi cukup kuat dengan nilai koefisien korelasi  $r = -0,41$ , nilai negatif menandakan hubungan berbanding terbalik yang berarti ketika nilai SOI meningkat, tinggi gelombang akan berkurang demikian sebaliknya ketika nilai SOI berkurang maka tinggi gelombang akan meningkat. Sementara nilai korelasi terendah antara nilai SOI dan tinggi gelombang terjadi pada kondisi *El-Nino* di stasiun 164 dengan klasifikasi sangat lemah dengan nilai koefisien korelasi  $r = 0,06$ .

Hasil pengolahan memperlihatkan bahwa nilai korelasi tertinggi antara nilai ONI dan tinggi gelombang terjadi pada kondisi *La-Nina* dengan nilai koefisien korelasi  $r = -0,74$  pada stasiun 91 dengan klasifikasi kuat, dimana nilai negatif menandakan hubungan berbanding terbalik yang berarti ketika nilai ONI meningkat, tinggi gelombang akan berkurang demikian sebaliknya ketika nilai ONI berkurang maka tinggi gelombang akan meningkat. Sementara nilai korelasi terendah antara nilai ONI dan tinggi gelombang terjadi pada kondisi *La-Nina* di stasiun 27 dengan klasifikasi lemah dengan nilai koefisien korelasi  $r = -0,37$ .

Pada penelitian (Nababan *et al.*, 2015) tentang korelasi nilai *Mean Sea Level Average* MSLA dan nilai SOI diketahui bahwa nilai korelasi di perairan natuna adalah yang terkecil jika dibandingkan dengan perairan lain di Indonesia dengan nilai  $r = 0,17$ . Pada penelitian (Purwantara, 2018) tentang pengaruh fenomena ENSO terhadap badai dan gelombang pasang disimpulkan bahwa ENSO hanya memberikan sedikit pengaruh pada bulan-bulan tertentu terhadap badai dan gelombang pasang di perairan Indonesia.

## KESIMPULAN

Karakter gelombang di Laut Natuna dipengaruhi dominan oleh angin Monsun. Selain

Monsun, gelombang di Laut Natuna juga dipengaruhi oleh fenomena ENSO. Berdasarkan eksperimen perhitungan korelasi antara tinggi gelombang dengan SOI dan ONI, korelasi antara tinggi gelombang dan ONI lebih signifikan. Gelombang tertinggi terjadi pada saat Monsun dari Asia pada bulan Desember hingga Februari. Berdasarkan pengamatan pada artikel ini tinggi gelombang maksimum (Hmax) adalah 5,19 meter yang terjadi pada Februari 2016, dimana pada musim tersebut juga berlangsung episode El Nino ( $r_{ONI} = 0,67$ ). Ketika tidak memperhitungkan Monsun, maka korelasi terkuat terjadi antara gelombang laut dengan fase La Nina, yang diindikasikan oleh indeks korelasi antara tinggi (negatif) gelombang dengan ONI ( $r_{ONI} = -0,74$ , Laut Natuna sisi Timur). Nilai indeks korelasi terkuat terjadi pada saat episode El Nino tahun 2016, yang diindikasikan oleh indeks korelasi antara tinggi (positif) gelombang dengan ONI ( $r_{ONI} = 0,67$ , Laut Natuna sisi Timur Laut). Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh angin (angin monsun, angin pasat timur) terhadap fenomena ENSO dan kondisi gelombang di Laut Natuna

## UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis adalah kontributor utama pada artikel ilmiah ini. Data gelombang bersumber dari ERA5 ECMWF. Data SOI bersumber dari BoM Australia. Data ONI bersumber dari NCEP NOAA. Visualisasi spasial menggunakan *Ocean Data View* (<https://odv.awi.de>). Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Hidro-Oseanografi STTAL Kelapa Gading Barat, Jakarta Utara. Riset ini merupakan bagian dari riset pengembangan Purwarupa Sistem Fusi-Oseanografi TA. 2023.

## DAFTAR PUSTAKA

Adiku, S.G.K., & Stone, R.C. 1995. Using the Southern Oscillation Index for improving

- rainfall prediction and agricultural water management in Ghana. *Agricultural Water Management*, 29(1):85–100. doi: 10.1016/0378-3774(95)01181-1
- Afriady, A., Alam, T.M., & Azis Ismail, M.F.M. 2019. Pemanfaatan Data Angin Untuk Karakteristik Gelombang Laut Di Perairan Natuna Berdasarkan Data Angin tahun 2009 - 2018. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(2):55-60. doi: 10.14710/buloma.v8i1.25304
- Anggara, P.D., Adrianto, D., Pranowo, W.S., & Alam, T. M. 2022. Analisis Karakteristik Gelombang Laut Guna Mendukung Data Informasi Operasi Keamanan Laut di Wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara. *Jurnal Chart Datum*, 3(2):107–131. doi: 10.37875/chartdatum.v3i2.123
- Anggara, P.D., Alam, T.M., Adrianto, D., & Pranowo, W.S. 2018. The wave characteristics in Natuna Sea and its adjacent for naval operation base purposes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 176(1):p.012003. doi: 10.1088/1755-1315/176/1/012003
- Bi, P., Parton, K.A., & Tong, S. 2005. El Nino-Southern Oscillation and vector-borne diseases in Anhui, China. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 5(2):95–100. doi: 10.1089/vbz.2005.5.95
- Chiew, F.H.S., Piechota, T.C., Dracup, J.A., & McMahon, T.A. 1998. El Nino/Southern Oscillation and Australian rainfall, streamflow and drought: Links and potential for forecasting. *Journal of Hydrology*, 204(1–4):138–149. doi:10.1016/S0022-1694(97)00121-2
- Hidayat, A.M., Efendi, U., Agustina, L., & Winarso, P.A. 2018. Korelasi Indeks Nino 3.4 Dan Southern Oscillation Index (Soi) Dengan Variasi Curah Hujan Di Semarang. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19(2):75-81. doi: 10.29122/jstmc.v19i2.3143
- Hidayat, U., Prasetyo, S., Donni Haryanto, Y., & Florida Riama, N. 2022. Pengaruh ENSO Terhadap Curah Hujan dan Kelembapan Relatif serta Suhu Permukaan Laut di Sulawesi. *Buletin GAW Bariri*, 2(2):88-96. doi: 10.31172/bgb.v2i2.56
- Kurniawan, R., Habibie, M.N., & Permana, D.S. 2012. Kajian Daerah Rawan Gelombang Tinggi Di Perairan Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 13(3):201-212. doi: 10.31172/jmg.v13i3.135
- Lehodey, P., Bertignac, M., Hampton, J., Lewis, A., & Picaut, J. (1997). El Nino Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature*, 389(6652):715–718. doi: 10.1038/39575
- Muliati, Y., Tawekal, R.L., Wurjanto, A., Kelvin, J., & Pranowo, W.S. 2018. Application of SWAN model for hindcasting wave height in Jepara Coastal Waters, North Java, Indonesia. *International Journal of Geomate*, 15(48): 114–120. doi: 10.21660/2018.48.56067
- Muliati, Y., Tawekal, R.L., Wurjanto, A., Kelvin, J., & Pranowo, W.S. 2019. Wind Wave Modeling In Natuna Sea: A Comparison Among Swan, Seafine, And Era-Interim. *International Journal of Geomate*, 16(54): 176–184. doi: 10.21660/2019.54.93272
- Nababan, B., Hadiani, S., & Natih, N.M.N. 2015. Dynamic Of Sea Level Anomaly Of Indonesian Waters. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1):259-272. doi: 10.28930/jitkt.v7i1.9943
- Purwantara, S. 2018. Kaitan Fenomena El Nino Dengan Badai Dan Gelombang Pasang. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 7(2):19-30. doi: 10.21831/gm.v7i2.19079
- Pushidrosal. 2012. Peta Laut No.354.
- Ramadhan, F., Kunarso, K., Wirasatriya, A., Maslukah, L., & Handoyo, G. 2021. Perbedaan Kedalaman dan Ketebalan Lapisan Termoklin pada Variabilitas ENSO, IOD dan Monsun di Perairan Selatan Jawa. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(2): 214–223. doi: 10.14710/ijoc.v3i2.11392
- Sanjaya, O., Muliadi, M., & Apriansyah, A. 2019. Karakteristik Gelombang Laut di Perairan Laut Natuna Menggunakan Data Satelit Altimetri. *Prisma Fisika*, 7(2):119–126. doi: 10.26418/pf.v7i2.34261
- Shukla, J., & Paolino, D.A. 1983. The Southern Oscillation and long-range forecasting of the summer monsoon rainfall over India. *Monthly Weather Review*, 111(9):1830–1837. doi: 10.1175/1520-0493(1983)111<1830:TSOALR>2.0.CO;2
- Stone, R.C., Hammer, G.L., & Marcussen, T. 1996. Prediction of global rainfall probabilities using phases of the Southern Oscillation Index. *Nature*, 384(6606): 252–255. doi: 10.1038/384252a0
- Sugiyono. 2013. Sugiyono. 2013. Statistika Untuk Penelitian. Bandung: Alfabeta. *Bandung*:

*Alfabeta.*

Swetnam, T.W., & Betancourt, J.L. 1990. Fire - Southern Oscillation relations in the southwestern United States. *Science*, 249(4972): 1017–1020. doi: 10.1126/science.249.4972.1017

World Meteorological Organization (WMO). 1998.

Guide to Wave Analysis and Forecasting. WMO-No. 702 (Vol. 1998, Issue 702). World Meteorological Organization (WMO). (2001). Guide to Marine Meteorological Services. World Meteorological Organization. (Issue 471).