

Pengaruh *El-Niño Southern Oscillation* dan *Indian Ocean Dipole* Terhadap Variabilitas Curah Hujan dan Suhu Permukaan Laut di Laut Banda

Syifa Agfanita, Kunarso, Yusuf Jati Wijaya*

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
Email: *yusufjatiwijaya@gmail.com

Abstrak

Laut Banda terletak di kepulauan Maluku dan dilintasi oleh garis khatulistiwa. Lokasi geografis ini menarik karena dipengaruhi oleh pola Indian Ocean Dipole (IOD) dan Sirkulasi Walker yang sering kali berdampak pada curah hujan lebat dan pergeseran musim di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap pengaruh fenomena El Nino-Southern Oscillation (ENSO) dan IOD terhadap variasi curah hujan dan suhu permukaan laut (SPL) di Laut Banda. Penelitian ini dikaji menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk memproses data secara klimatologi, anomali serta analisis korelasi dan determinasi selama 13 tahun (2007-2019). Data yang digunakan meliputi curah hujan dari TRMM (3B43), SPL dari AquaMODIS, serta indeks IOD dan ENSO. Hasil temuan menunjukkan bahwa ENSO dan IOD memiliki hubungan yang signifikan dengan suhu permukaan laut dan curah hujan di Laut Banda. Dampak yang paling terlihat adalah pada musim JJA (Juni, Juli, Agustus) dan SON (September, Oktober, November). Selama periode El Nino dan IOD positif, terjadi penurunan SPL dan curah hujan yang lebih rendah dari kondisi normal di Laut Banda. Hasil analisis juga mengungkapkan pengaruh yang signifikan terhadap hubungan antara ENSO-SPL ($R^2=0.554$), IOD-SPL ($R^2=0.459$), ENSO-curah hujan ($R^2=0.541$), dan IOD-curah hujan ($R^2=0.467$).

Kata kunci : suhu permukaan laut; curah hujan; ENSO; IOD; Laut Banda

Abstract

The Influence of El Niño-Southern Oscillation and Indian Ocean Dipole on Rainfall Variability and Sea Surface Temperature in the Banda Sea

The Banda Sea is located in the Maluku Islands and crossed by the equator. This geographical location is interesting as it is influenced by dipole patterns and Walker circulation, often leading to heavy rainfall and seasonal shifts in Indonesia. This study aims to uncover the influence of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and Indian Ocean Dipole (IOD) phenomena on rainfall variability and sea surface temperature (SST) in the Banda Sea. The research utilizes a quantitative descriptive approach to process climatology data, anomalies, and conduct correlation and determination analyses over a period of 13 years (2007-2019). The data used includes rainfall (TRMM 3B43), SST (AquaMODIS), IOD index (DMI), and ENSO index (ONI). The findings reveal a significant relationship between ENSO, IOD, SST, and rainfall in the Banda Sea. The most noticeable impacts occur during the JJA (June, July, August) and SON (September, October, November) seasons. During the positive El Niño and IOD periods, there is a decrease in sea surface temperature and lower rainfall compared to normal conditions in the Banda Sea. The analysis also highlights significant influences on the relationship between ENSO-SST ($R^2=0.554$), IOD-SST ($R^2=0.459$), ENSO-rainfall ($R^2=0.541$), and IOD-rainfall ($R^2=0.467$).

Keywords: Sea surface temperature; rainfall; ENSO; IOD; Banda Sea

PENDAHULUAN

Secara geografis, Indonesia terletak di daerah yang dilintasi oleh garis katulistiwa dan terletak di antara dua samudra, yaitu Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Aldrian & Susanto (2003) menjelaskan bahwa Indonesia sangat dipengaruhi oleh sirkulasi walker yang memiliki dampak signifikan terhadap variasi curah

hujan di wilayah tersebut. Sirkulasi walker memiliki potensi untuk menyebabkan kondisi cuaca ekstrem di berbagai daerah, termasuk di Laut Banda.

Fenomena *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD) memainkan peran yang sangat penting dalam mengatur variasi hujan ekstrem di Indonesia (Aldrian & Susanto, 2003). ENSO merupakan fenomena yang terjadi akibat perubahan suhu permukaan laut (SPL), dengan adanya pergerakan kolom air hangat (*warm pool*) antara Pasifik Tengah dan Pasifik Timur (Trenberth dan Caron, 2000). Perubahan kondisi ENSO, baik itu El Niño atau La Niña, mempengaruhi secara signifikan curah hujan di berbagai wilayah Indonesia (As-syakur, 2012). Fluktuasi IOD di Samudra Hindia juga memiliki efek serupa. IOD mengacu pada perubahan SPL di Samudra Hindia yang memengaruhi pola curah hujan di Indonesia. Kondisi ENSO dan IOD yang positif atau negatif dapat mempengaruhi durasi dan intensitas musim kemarau (Saji *et al.*, 1999). El Niño atau IOD positif cenderung menyebabkan musim kemarau yang lebih panjang dan kering, sementara La Niña atau IOD negatif dapat mempersingkat musim kemarau dan menyebabkan peningkatan curah hujan di beberapa wilayah Indonesia (Nur'utami dan Hidayat, 2016).

Laut Banda terletak di Kepulauan Maluku, berdekatan dengan Laut Jawa, Laut Flores, dan Samudera Pasifik. Perairan ini memiliki karakteristik oseanografi yang unik karena dikelilingi oleh pulau-pulau dan selat yang berfungsi sebagai jalur perlintasan Arlindo (Amri *et al.*, 2016). Arlindo atau *Indonesian Troughflow* (ITF) adalah aliran massa air hangat yang menghubungkan Samudera Pasifik dengan Samudera Hindia melalui selat dan perairan Indonesia. Arus ini membawa nutrien, plankton, dan larva ikan yang mendukung produktivitas perairan Laut Banda. Laut Banda menjadi tempat yang penting bagi kehidupan laut dan siklus rantai makanan (Trisianto *et al.*, 2021). Meskipun dampak ENSO dan IOD terhadap curah hujan dan SPL telah banyak diteliti. Namun, penelitian yang mengkaji dampak ENSO dan IOD terhadap curah hujan dan SPL spesifik di Laut Banda belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini untuk mengungkap pengaruh ENSO dan IOD terhadap curah hujan dan SPL di Laut Banda dengan memanfaatkan data satelit sehingga dihasilkan hasil spasial dan temporal menggunakan anomali sebagai pendukung analisis.

MATERI DAN METODE

Data yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup data curah hujan yang diperoleh dari *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) 3B43 dengan tingkat resolusi $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, data SPL yang diperoleh dari AquaMODIS dengan tingkat resolusi $0,04^\circ \times 0,04^\circ$. Selain itu, digunakan juga data indeks variabilitas iklim global yaitu *Dipole Mode Index* (DMI) yang menggambarkan anomali iklim fenomena IOD, serta *Oceanic Niño Index* (ONI) yang menggambarkan anomali iklim fenomena ENSO. Data yang digunakan mencakup periode waktu selama 13 tahun, yaitu dari tahun 2007 hingga tahun 2019. Waktu penelitian dilaksanakan selama 13 tahun (2007-2019). Lokasi penelitian akan dilaksanakan di wilayah Laut Banda ($3^\circ \text{LS} - 8^\circ \text{LS}$ dan $123^\circ \text{BT} - 133^\circ \text{BT}$) dapat dilihat melalui Gambar 1.

Data yang telah dikumpulkan dalam penelitian ini telah diproses menggunakan perangkat lunak pemrograman *Interactive Data Language* (IDL) yang dimulai dengan melakukan pengelompokan dan pengumpulan citra, kemudian data di ekstraksi dan di potong sesuai dengan wilayah studi yang akan diteliti. Data yang telah di ekstraksi kemudian di kompositkan menjadi komposit harian, komposit bulanan, dan komposit klimatologi bulanan dari tahun 2007 hingga 2016. Data komposit merupakan data hasil perhitungan rata-rata dari suatu nilai terhadap jumlah data dan waktu yang ditentukan. Data komposit secara umum dapat diperhitungkan menggunakan persamaan:

$$\text{Anomali} = X_i - X_b \quad (1)$$

Keterangan: X_i = Data pengamatan pada bulan ke- i ; X_b = Rata-rata klimatologi bulanan

Korelasi digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara dua variabel. Dalam hal ini seperti antara SPL dengan ENSO, SPL dengan IOD, curah hujan dengan ENSO dan curah hujan dengan IOD. Korelasi dapat dihitung menggunakan persamaan (Efron dan Hastie, 2016):

$$r = \frac{N(\sum XY) - (\sum X \sum Y)}{\sqrt{(N(\sum X^2) - (\sum X)^2) - (N(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}} \quad (2)$$

Keterangan : r = menunjukkan tingkat koefisien korelasi; x = merepresentasikan nilai variabel pertama; y = merepresentasikan nilai variabel kedua; N = jumlah data yang digunakan dalam analisis



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Koefisien determinasi (R^2) digunakan sebagai metode analisis untuk menilai tingkat pengaruh ENSO dan IOD terhadap curah hujan dan SPL. Koefisien determinasi digunakan sebagai indikator untuk mengetahui seberapa besar variabel X berpengaruh terhadap variabel Y. R^2 adalah angka antara 0 hingga 1, dan semakin tinggi nilainya, semakin baik model dalam menjelaskan variabilitas data. Dalam hal ini seperti antara SPL dengan ENSO, SPL dengan IOD, curah hujan dengan ENSO dan curah hujan dengan IOD. Determinasi dapat dihitung menggunakan persamaan 3 (Kurniawan, 2016):

$$R^2 = \frac{N(\sum XY) - (\sum X \sum Y)}{\sqrt{(N(\sum X^2) - (\sum X)^2) - (N(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}} \tag{3}$$

Keterangan : R^2 = menunjukkan tingkat koefisien korelasi; x = merepresentasikan nilai variabel pertama; y = merepresentasikan nilai variabel kedua; N = jumlah data yang digunakan dalam analisis

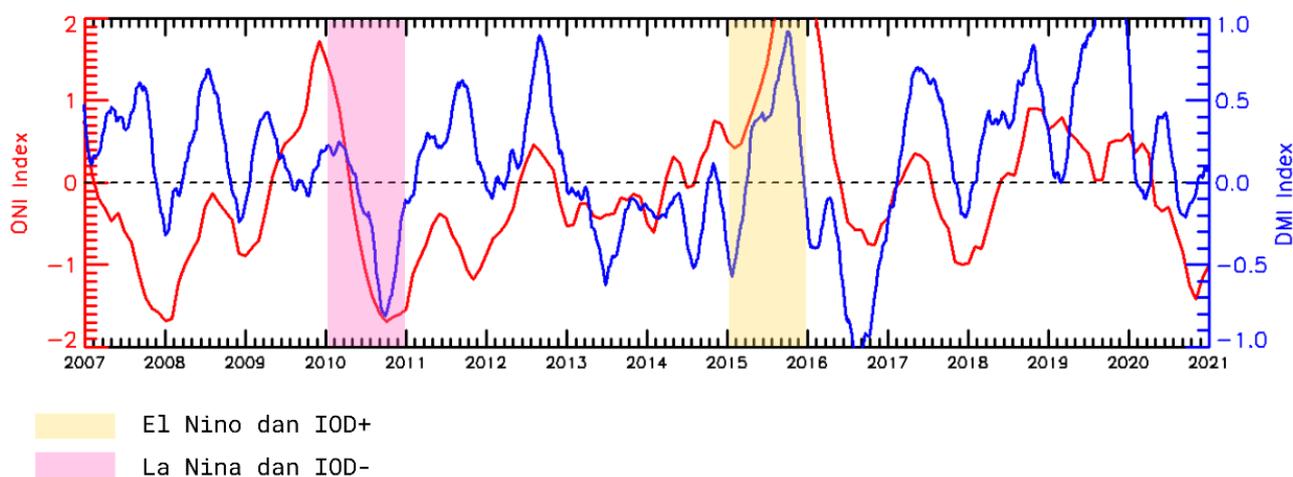
HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali SPL dan Curah Hujan Saat Terjadi ENSO dan IOD

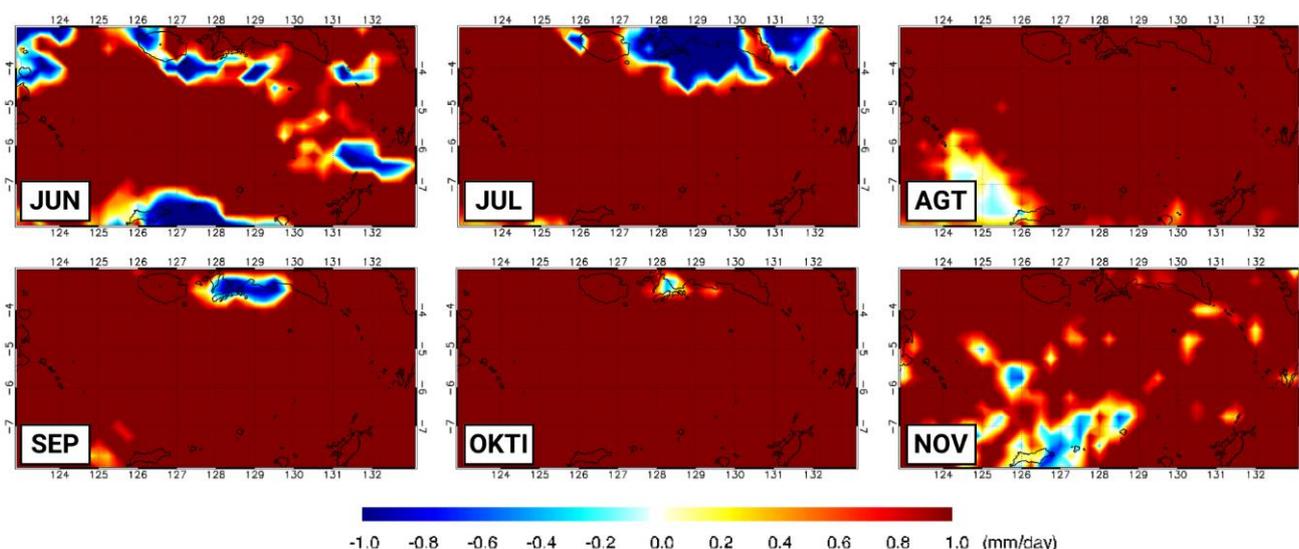
ENSO dan IOD memiliki hubungan yang erat. Hasil analisis grafik timeseries index ONI dan DMI selama 13 tahun (2007-2019) ditunjukkan pada Gambar 2. menunjukkan bahwa adanya pola hubungan antara ENSO dan IOD. Terlihat adanya kecenderungan bahwa fase IOD+ sering terjadi secara bersamaan dengan fase El Niño, sementara fase IOD- cenderung terjadi bersamaan dengan fase La Niña. Hal ini menunjukkan adanya keterkaitan antara ENSO dan IOD, yang menunjukkan bahwa kedua fenomena tersebut tidak terjadi secara independen. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rao *et al.* (2002), perhitungan statistik sekitar 30% kejadian IOD terjadi pada tahun-tahun yang juga mengalami El Niño. Hubungan antara ENSO dan IOD ini diperkuat oleh penelitian Zhou *et al.* (2015) yang menemukan bahwa fenomena IOD di Samudera Hindia dapat mempengaruhi suhu laut di Samudera Pasifik dan fenomena ENSO. Temuannya menunjukkan bahwa ITF memiliki peran penting dalam menghubungkan IOD dengan perubahan suhu laut di Samudera Pasifik. Saat terjadi IOD positif, suhu laut di Samudera Hindia timur menjadi lebih dingin, dan pengaruh ini menyebar ke

Samudera Pasifik melalui jalur yang disebut ITF. Akibatnya, suhu laut di Samudera Pasifik timur menjadi lebih dingin, mirip dengan kondisi La Nina. Sebaliknya, saat terjadi IOD negatif, suhu laut di Samudera Hindia timur menjadi lebih hangat, dan pengaruh ini juga menyebar ke Samudera Pasifik melalui ITF. Hal ini menyebabkan suhu laut di Samudera Pasifik timur menjadi lebih hangat, mirip dengan kondisi El-Niño.

Anomali iklim ENSO maupun IOD saling menguatkan terutama di wilayah perairan Indonesia. Adapun fenomena yang saling menguatkan yaitu ketika La-Niña terjadi bersamaan dengan terjadinya IOD Negatif maka SPL di wilayah tersebut cenderung lebih tinggi dan sebaliknya ketika El-Niño terjadi bersamaan dengan terjadinya IOD Positif maka SPL di wilayah tersebut cenderung lebih rendah (Kunarso *et al.*, 2011). Selama tahun 2010 (Gambar 3), terjadi anomali curah hujan pada sebagian besar wilayah Laut Banda mengalami anomali positif dimana menunjukkan curah hujan yang lebih tinggi dari kondisi normal. Berdasarkan sebaran anomali yang terjadi terlihat bahwa hubungan antara ENSO IOD terhadap parameter oseanografi cenderung kuat saat memasuki musim timur (JJA) hingga peralihan II (SON). Hal itu dapat diperkuat dengan penelitian Nur'utami dan Hidayat (2016). El Niño atau IOD positif dapat menyebabkan musim kemarau yang lebih panjang dan kering di beberapa wilayah Indonesia (Nur'utami dan Hidayat, 2016).



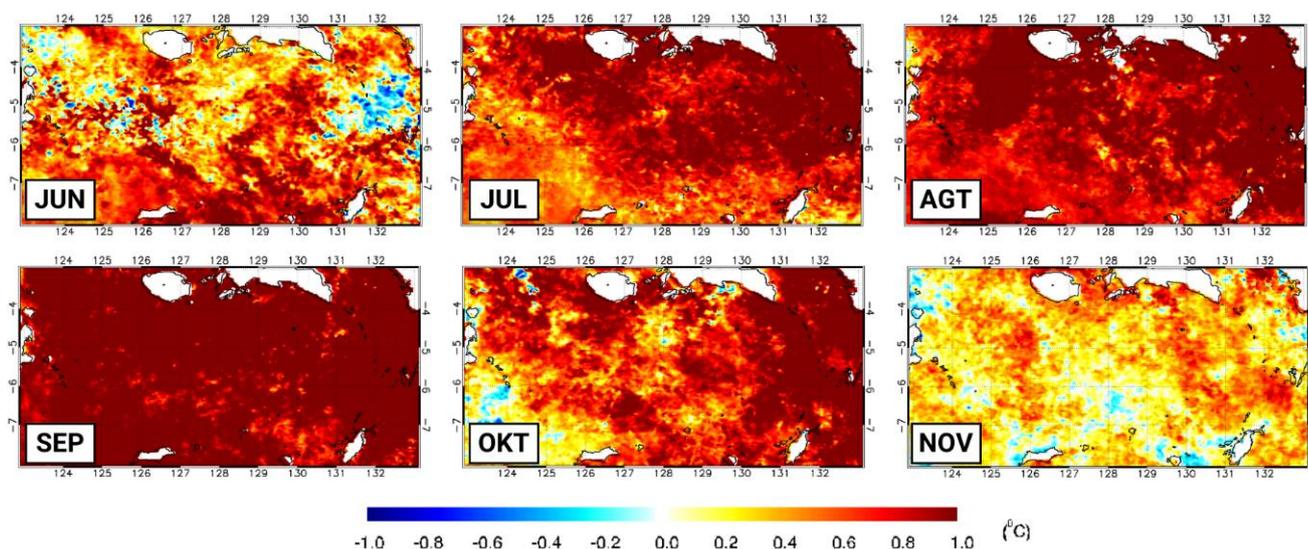
Gambar 2. Grafik Timeseries Indeks ONI dan DMI Selama 13 Tahun



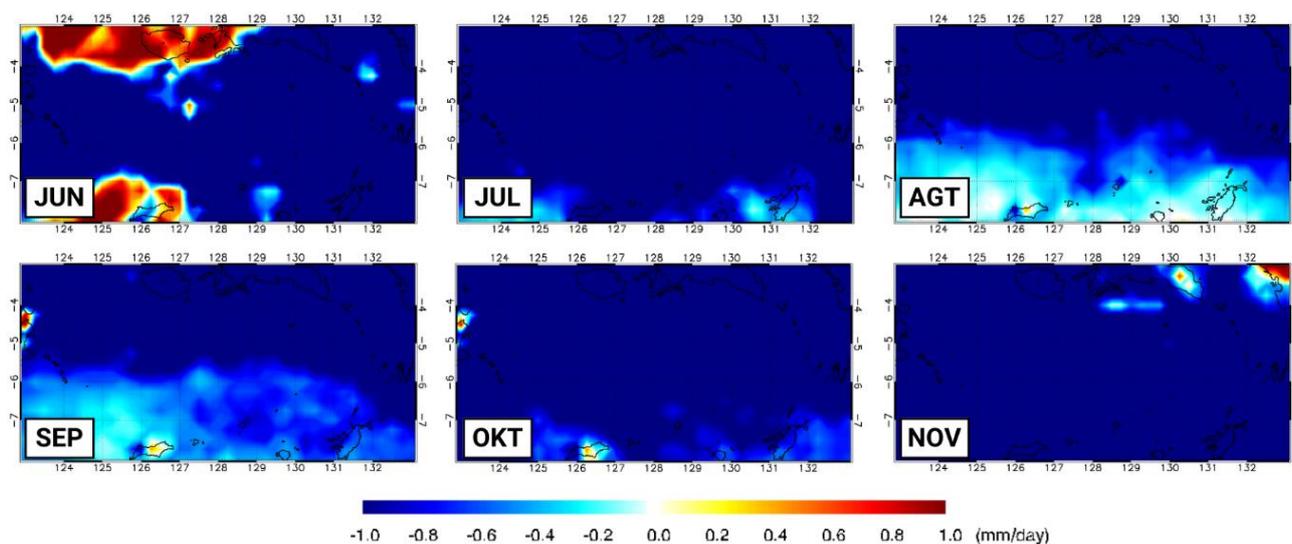
Gambar 3. Anomali Curah Hujan Saat La Nina dan IOD- Tahun 2010

Selama tahun 2010 (Gambar 4), terjadi anomali SPL pada sebagian besar wilayah Laut Banda mengalami anomali positif dimana menunjukkan SPL yang lebih tinggi dari kondisi normal. Berdasarkan sebaran anomali yang terjadi terlihat bahwa hubungan antara ENSO IOD terhadap parameter oseanografi cenderung kuat saat memasuki musim timur (JJA) hingga peralihan II (SON). Kemudian SPL tinggi ini memicu peningkatan penguapan air laut sehingga menyebabkan peningkatan curah hujan. Temuan ini didukung oleh penelitian Aldrian & Susanto (2003) yang menunjukkan bahwa SPL memiliki peran penting dalam mempengaruhi pola curah hujan di Indonesia. Variasi SPL dapat mempengaruhi sirkulasi atmosfer yang kemudian membentuk pola awan dan mengatur distribusi curah hujan.

Sedangkan, selama tahun 2015 (Gambar 5), terjadi anomali curah hujan pada sebagian besar wilayah laut banda mengalami anomali negatif dimana menunjukkan curah hujan yang lebih rendah dari kondisi normal. Anomali curah hujan ini berkaitan dengan hasil SPL (Gambar 4.7) yang juga menunjukkan anomali negatif. Pola musiman ini terlihat sama dengan sebelumnya yaitu anomali terjadi secara signifikan pada musim timur (JJA) dan musim peralihan II (SON). Hal itu dapat diperkuat dengan penelitian Nur'utami dan Hidayat (2016). El Niño atau IOD positif dapat menyebabkan musim kemarau yang lebih panjang dan kering di beberapa wilayah Indonesia (Nur'utami dan Hidayat, 2016).



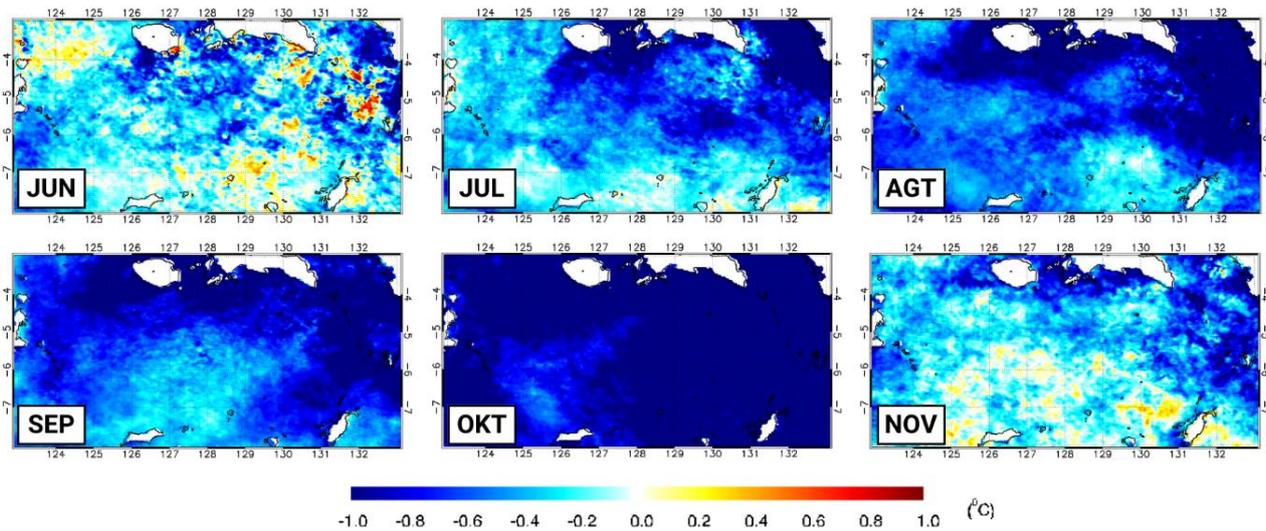
Gambar 4. Anomali SPL saat La Nina dan IOD- Tahun 2010



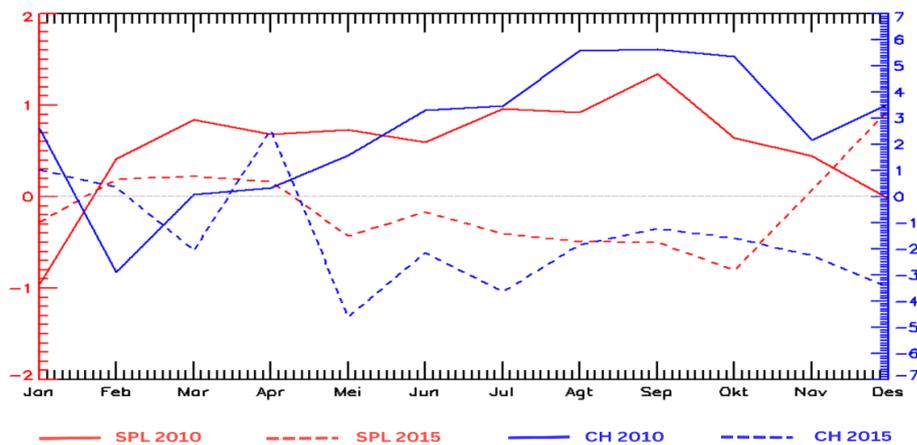
Gambar 5. Anomali Curah Hujan Saat El Nino dan IOD+ Tahun 2015

Selama tahun 2015 (Gambar 6), terjadi anomali SPL pada sebagian besar wilayah Laut Banda mengalami anomali negatif dimana menunjukkan SPL yang lebih rendah dari kondisi normal. Berdasarkan sebaran anomali yang terjadi terlihat bahwa hubungan antara ENSO IOD terhadap parameter oseanografi cenderung kuat saat memasuki musim timur (JJA) hingga peralihan II (SON). Kemudian SPL rendah ini memicu peningkatan penguapan air laut sehingga menyebabkan penurunan curah hujan. Temuan ini didukung oleh penelitian Aldrian & Susanto (2003) yang menunjukkan bahwa SPL memiliki peran penting dalam mempengaruhi pola curah hujan di Indonesia. Variasi SPL dapat mempengaruhi sirkulasi atmosfer yang kemudian membentuk pola awan dan mengatur distribusi curah hujan.

Berdasarkan sebaran anomali yang terjadi terlihat bahwa hubungan antara ENSO IOD terhadap parameter oseanografi cenderung kuat saat memasuki musim timur (JJA) hingga peralihan II (SON). Hal itu dapat diperkuat dengan penelitian Hidayat & Ando (2014), yang menemukan bahwa dampak dari El Niño dan IOD+ terhadap penurunan intensitas curah hujan di Indonesia terlihat jelas pada musim timur (JJA) dan musim peralihan II (SON). Penelitian ini mengungkapkan bahwa El Niño dan IOD positif berdampak signifikan terhadap penurunan curah hujan di Indonesia pada periode tersebut. Perubahan SPL dan angin permukaan saat terjadinya El Niño memainkan peran penting dalam hal ini. Pada awalnya, terjadi peningkatan suhu di Pasifik dan penurunan suhu di wilayah Indonesia, yang mempengaruhi pola tekanan udara dan aliran angin di sekitar Laut Banda. Hal ini mengakibatkan terbentuknya pola anomali sirkulasi Walker yang pergeseran musim hujan di Indonesia.



Gambar 6. Anomali SPL Saat El Nino dan IOD- Tahun 2015



Gambar 7. Grafik Timeseries Anomali SPL dan CH Tahun 2010 dan 2015

Selama tahun 2010, terjadi fenomena La Niña dan IOD secara bersamaan. Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa tahun 2010 mengalami anomali positif dimana terjadi peningkatan SPL dan curah hujan. Peningkatan SPL dan curah hujan ini terutama terjadi saat memasuki musim timur (JJA) dan musim peralihan 2 (SON). Puncak peningkatan SPL terjadi pada bulan September dengan peningkatan sebesar 1.344 °C, sementara puncak peningkatan curah hujan terjadi pada bulan Agustus dengan peningkatan mencapai 5.648 mm/hari. Namun, pada tahun 2015 terjadi kebalikan dari tren tersebut dimana terjadi penurunan anomali SPL dan curah hujan. Penurunan SPL dan curah hujan ini terlihat jelas saat memasuki musim timur (JJA) dan musim peralihan 2 (SON). Puncak penurunan SPL terjadi pada bulan Oktober dimana SPL menurun -0.8 °C dari kondisi normal. Sedangkan curah hujan mengalami penurunan terbesar pada bulan September sebesar -4.575 mm/hari. Temuan ini didukung oleh penelitian Narulita (2017), yang menemukan bahwa fenomena El Niño dan IOD positif memiliki kecenderungan untuk mengurangi jumlah curah hujan secara tahunan maupun musiman di Indonesia, terutama pada musim JJA dan SON. Penelitian ini juga menemukan bahwa fenomena El Niño dan IOD positif dapat memperpanjang durasi musim kemarau atau mempersingkat musim hujan.

Hubungan ENSO dan IOD Terhadap SPL dan Curah Hujan

Hasil korelasi antara ENSO dan SPL (Tabel 1) menunjukkan adanya korelasi berbanding terbalik pada musim timur (JJA) dan peralihan II (SON). Namun, pada musim barat (DJF) dan peralihan 1 (MAM), korelasi berbanding lurus. Nilai korelasi tertinggi mencapai -0.745 pada bulan Oktober, menunjukkan adanya korelasi yang kuat. Hal ini mengindikasikan bahwa ketika indeks ENSO tinggi (El-Niño) maka SPL cenderung rendah. Sedangkan koefisien determinasi (Tabel 1) tertinggi mencapai 0.554 pada bulan Oktober yang mengindikasikan bahwa adanya pengaruh cukup kuat antara ENSO dan SPL. Sementara itu, korelasi antara IOD dan SPL menunjukkan pola yang serupa, dengan nilai korelasi tertinggi mencapai -0.677 (Tabel 1) pada bulan September. Korelasi ini menunjukkan hubungan yang kuat, ketika indeks IOD positif (IOD+) maka SPL cenderung rendah. Sedangkan, koefisien determinasi (Tabel 1) tertinggi mencapai 0.459 pada bulan September yang mengindikasikan bahwa adanya pengaruh cukup kuat antara IOD dan SPL. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Setiawan *et al.* (2019), El-Niño terjadi akibat peningkatan suhu perairan di wilayah Pasifik timur dan tengah, yang berdampak pada peningkatan suhu dan kelembaban atmosfer di atasnya. Dampak El-Niño terhadap Indonesia umumnya adalah penurunan SPL di sekitar wilayah tersebut. Sebaliknya, La-Niña akan menyebabkan peningkatan SPL di perairan Indonesia.

Tabel 1. Korelasi dan Koefisien Determinasi ENSO-IOD Terhadap SPL

Bulan	ENSO-SPL		IOD-SPL	
	Korelasi	Determinasi	Korelasi	Determinasi
Januari	0.466	0.217	0.466	0.217
Februari	0.6	0.36	-0.016	0.0003
Maret	0.624	0.379	0.103	0.011
April	0.609	0.354	0.275	0.076
Mei	0.252	0.064	0.252	0.064
Juni	-0.329	0.108	-0.329	0.108
Juli	-0.504	0.254	-0.493	0.243
Agustus	-0.575	0.33	-0.526	0.277
September	-0.458	0.21	-0.677	0.459
Oktober	-0.745	0.554	-0.659	0.434
November	-0.641	0.411	0.037	0.001
Desember	0.338	0.114	0.409	0.167

Tabel 2. Korelasi dan Koefisien Determinasi ENSO-IOD Terhadap Curah Hujan

Bulan	ENSO-Curah Hujan		IOD-Curah Hujan	
	Korelasi	Determinasi	Korelasi	Determinasi
Januari	-0.197	0.039	-0.357	0.128
Februari	-0.541	0.293	-0.377	0.142
Maret	0.094	0.009	0.53	0.28
April	0.368	0.135	0.361	0.13
Mei	-0.407	0.166	-0.26	0.068
Juni	-0.186	0.035	-0.029	0.001
Juli	-0.434	0.188	-0.016	0.0003
Agustus	-0.607	0.368	-0.213	0.045
September	-0.735	0.541	-0.397	0.157
Oktober	-0.742	0.55	-0.684	0.467
November	-0.595	0.354	-0.14	0.02
Desember	-0.638	0.407	-0.706	0.498

Hasil korelasi antara ENSO dan curah hujan (Tabel 2) menunjukkan adanya korelasi berbanding terbalik pada musim timur (JJA) dan peralihan II (SON). Nilai korelasi tertinggi mencapai -0.735 pada bulan September, menunjukkan adanya korelasi yang kuat. Hal ini mengindikasikan bahwa ketika indeks ENSO tinggi (El-Niño) maka curah hujan cenderung rendah. Sedangkan, koefisien determinasi (Tabel 2) tertinggi mencapai 0.541 pada bulan September yang mengindikasikan bahwa adanya pengaruh cukup kuat antara ENSO dan curah hujan. Sementara itu, korelasi antara IOD dan curah hujan tertinggi mencapai -0.684 (Tabel 2) pada bulan Oktober. Korelasi ini menunjukkan hubungan yang kuat, ketika indeks IOD positif (IOD+) maka SPL cenderung rendah. Sedangkan, koefisien determinasi (Tabel 2) tertinggi mencapai 0.459 pada bulan September yang mengindikasikan bahwa adanya pengaruh cukup kuat antara IOD dan SPL.

Temuan ini didukung oleh penelitian Kubota *et al.* (2011) yang menemukan bahwa angin selatan musiman yang lebih kuat dapat menyebabkan penurunan SPL di wilayah Indonesia timur dan mengurangi aktivitas konveksi selama periode Juli-November selama tahun El Niño. Pada saat yang sama, konveksi termal dangkal menyebabkan penurunan curah hujan di atas Laut Banda saat musim peralihan menuju musim dingin Australia, dan kekeringan juga dapat menyebar ke daerah sekitarnya pada bulan Oktober selama tahun El Niño. Di sisi lain, selama tahun La Niña, SPL lebih hangat dan kondisi lebih basah berlangsung lebih lama. Selain itu, pada tahun La Niña, lebih banyak air permukaan laut yang hangat diangkut dari Pasifik ke Laut Banda melalui Selat Makassar melalui Arus Lintas Indonesia (Arlindo), sementara kurang air yang diangkut pada tahun El Niño. Arus Indonesia dapat memainkan peran penting dalam variasi antartahunan ENSO dan monsun Asia. Ini dapat membawa lapisan permukaan air tawar dari Indonesia bagian barat, kemudian menghambat aliran air permukaan hangat dari Pasifik mengalir ke selatan ke Samudra Hindia, dan menyebabkan penurunan suhu Samudra Hindia yang dapat melemahkan monsun Asia (Wajsowicz, 2002).

KESIMPULAN

Variasi SPL dan curah hujan di wilayah Laut Banda terkait erat dengan iklim ENSO dan IOD. Pada tahun 2015, El Niño dan IOD positif menyebabkan penurunan SPL $0.3^{\circ}\text{C} - 1^{\circ}\text{C}$ dan curah hujan 2-5 mm/hari, sementara pada tahun 2010, La Niña dan IOD negatif menghasilkan peningkatan SPL $0.5^{\circ}\text{C} - 1.5^{\circ}\text{C}$ dan curah hujan 4-6 mm/hari. Fenomena ini menunjukkan bahwa ENSO dan IOD memiliki pengaruh yang signifikan pada variabilitas oseanografi Laut Banda, terutama pada musim timur dan musim peralihan II, dengan koefisien determinasi yang kuat antara ENSO-SPL(0.554), ENSO-curah hujan (0.541), IOD-SPL (0.459), dan IOD-curah hujan (0.467).

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, K., Ma'mun, A., & Taufik, M. 2021. Karakteristik Oseanografi Laut Banda Bagian Barat Pada Musim Barat dari Data Pengukuran In-Situ 2016. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 4(1): 1-11.
- Aldrian, E., & Susanto, R. D. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(12): 1435-1452.
- As-Syakur, A. R. 2012. Pola Spasial Hubungan Curah Hujan Dengan ENSO Dan IOD Di Indonesia - Observasi Menggunakan Data TRMM 3B43. *Bunga Rampai Penginderaan Jauh Indonesia*, pp. 92–108.
- Efron, B., & Hastie, T. 2016. *Computer age statistical inference, student edition: algorithms, evidence, and data science* (Vol. 6). Cambridge University Press.
- Hidayat, R., & Ando, K. 2014. Variabilitas curah hujan Indonesia dan hubungannya dengan enso/iod: estimasi menggunakan data jra-25/jcdas. *Agromet*, 28(1): 1-8.
- Kubota, H., Shirooka, R., Hamada, J. I., & Syamsudin, F. 2011. Interannual rainfall variability over the eastern maritime continent. *気象集誌. 第 2 輯*, 89: 111-122.
- Kunarso, K., Hadi, S., Ningsih, N. S., & Baskoro, M. S. 2011. Variabilitas suhu dan klorofil-a di daerah *upwelling* pada variasi kejadian ENSO dan IOD di perairan selatan Jawa sampai Timor. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(3): 171-180.
- Kurniadi, A., Weller, E., Min, S. K., & Seong, M. G. 2021. Independent ENSO and IOD impacts on rainfall extremes over Indonesia. *International Journal of Climatology*, 41(6): 3640-3656.
- Kurniawan, R. 2016. Analisis regresi. Prenada Media.
- Nur'utami, M. N., & Hidayat, R. 2016. Influences of IOD and ENSO to Indonesian Rainfall Variability: Role of Atmosphere-Ocean Interaction in the Indo-Pacific Sector. *Procedia Environmental Sciences*, 33: 196–203.
- Narulita, I. 2017. Pengaruh ENSO dan IOD pada variabilitas curah hujan di DAS Cerucuk, Pulau Belitung. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 41(1): 45-60.
- Rao, S. A., V. V. Gopalakrishna, S. R. Shetye, & T. Yamagata. 2002. Why were cool SST anomalies absent in the Bay of Bengal during the 1997 Indian Ocean Dipole Event? *Geophysical Research Letters*, 29(11): p.1555.
- Rukajat, A. 2018. Pendekatan Penelitian Kuantitatif: Quantitative Research Approach. Deepublish, Yogyakarta.
- Setiawan, R. Y., Wirasatriya, A., Hernawan, U., Leung, S., & Iskandar, I. 2020. Spatio-temporal variability of surface chlorophyll-a in the Halmahera Sea and its relation to ENSO and the Indian Ocean Dipole. *International Journal of Remote Sensing*, 41(1): 284-299.
- Saji, N. H., Goswami, B. N., Vinayachandran, P. N. & Yamagata, T. 1999. A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature*, 401(6751): 360–63.
- Trenberth, K. E., & Caron, J. M. 2000. The Southern Oscillation Revisited: Sea Level Pressures, Surface Temperatures, and Precipitation. *Journal of Climate*, 13(24): 4358–65.
- Trisianto, G., Wulandari, S. Y., Suryoputro, A. A. D., Handoyo, G., & Zainuri, M. 2021. Studi variabilitas *upwelling* di Laut Banda. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(1): 25-35.
- Wajswicz, R. 2002. Air-sea interaction over the Indian Ocean due to variations in the Indonesian Throughflow. *Climate Dynamics*, 18: 437-453.
- Zhou, Q., Duan, W., Mu, M., & Feng, R. 2015. Influence of positive and negative Indian Ocean Dipoles on ENSO via the Indonesian Throughflow: Results from sensitivity experiments. *Advances in Atmospheric Sciences*, 32: 783-793.