

STUDI EKSPERIMEN KOPLING INDEKS *EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION* DAN *INDIAN OCEAN DIPOLE* DI INDONESIA DENGAN MEMANFAATKAN *OCEANIC NIÑO INDEX* DAN *DIPOLE MODE INDEX* (STUDI KASUS: TAHUN 2009 – 2020)

EXPERIMENTAL STUDY OF THE COUPLING BETWEEN THE EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION INDEX AND THE INDIAN OCEAN DIPOLE IN INDONESIA UTILIZING THE OCEANIC NIÑO INDEX AND DIPOLE MODE INDEX (CASE STUDY: 2009 – 2020)

Wahyu Fajar Krisnanto¹, Aida Sartimbul¹, Widodo Setiyo Pranowo^{2,3},
Syarifah Hikmah Julinda Sari¹, Fahreza Okta Setyawan¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, FPIK, Universitas Brawijaya

²Program S2 Oseanografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL)

³Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Badan Riset dan Inovasi Nasional

e-mail: wahyufjr@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Interaksi antara laut dan atmosfer Benua Maritim Indonesia dengan kondisi yang terjadi pada Samudera Pasifik dan Hindia adalah sangat kuat. Fenomena yang sangat mempengaruhi Indonesia diantaranya adalah *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD). Indeks yang digunakan, secara teoritik, untuk menyatakan fase ENSO dan IOD sangat beragam, seperti DMI, Nino 3.4, ONI, dan sebagainya. Artikel ini menyajikan studi eksperimental tentang kopling Indeks antara ONI, DMI dan SPL. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan SPL Indonesia yang diambil dari situs NASA Oceancolor, data indeks ONI dan DMI yang diambil dari situs NOAA, dan peta SPL dan angin ekuatorial yang disediakan oleh situs IRI. Hasil riset menunjukkan bahwa saat fase El Niño/IOD positif, angin dan massa air hangat bergerak menjauhi Indonesia pada kedua samudera. Sedangkan pada fase La Niña/IOD negatif terjadi hal sebaliknya. Ada dua teori yang bisa mendeskripsikan korelasi ENSO dengan IOD, pertama ENSO dapat mempengaruhi keberadaan IOD serta intensitasnya. kedua IOD dapat terbentuk dengan sendirinya tanpa ada pengaruh dari aktivitas ENSO. Indeks baru berupa modifikasi yang didapatkan menggunakan metode korelasi, pada eksperimen ini, belum bisa digunakan untuk menentukan fase ENSO dan IOD. Namun, hasil eksperimen berupa kopling indeks menggunakan metode anomali memiliki hasil menjanjikan untuk digunakan dalam penentuan fase ENSO dan IOD untuk wilayah Indonesia, walaupun perlu dilakukan studi lebih lanjut dengan data yang lebih panjang.

Kata kunci: Benua Maritim Indonesia, ENSO, IOD, DMI, ONI, Suhu Permukaan Laut.

ABSTRACT

Interactions between the ocean and atmosphere in the Maritime Continent of Indonesia with conditions in the Pacific and Indian Oceans are highly significant. Phenomena that strongly influence Indonesia include the El Niño Southern Oscillation (ENSO) and the Indian Ocean Dipole (IOD). The indices used theoretically to indicate ENSO and IOD

phases are diverse, such as DMI, Nino 3.4, ONI, and others. This article presents an experimental study on the coupling of indices between ONI, DMI, and Sea Surface Temperature (SPL). The data used in this research include monthly SPL data for Indonesia obtained from NASA Oceancolor, ONI and DMI indices from NOAA, and SPL maps and equatorial wind data provided by the IRI website. Research results indicate that during El Niño/positive IOD phases, warm water masses and winds move away from Indonesia in both oceans. Conversely, during La Niña/negative IOD phases, the opposite occurs. There are two theories that can describe the correlation between ENSO and IOD: first, ENSO can influence the presence and intensity of IOD, and second, IOD can form independently without influence from ENSO activities. A new index modification obtained using correlation methods in this experiment has not yet been able to determine ENSO and IOD phases. However, experimental results involving coupling indices using anomaly methods show promise for determining ENSO and IOD phases for the Indonesian region, although further studies with longer data sets are needed.

Key words: Maritime Continent of Indonesia, ENSO, IOD, DMI, ONI, Sea Surface Temperature.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan serta negara maritim pada bagian ekuator bumi yang memiliki posisi geografis dan strategis. Terletak antara dua benua (benua Asia dan benua Australia) dan dua samudera (Samudera Hindia dan Samudera Pasifik), menjadikan wilayah Indonesia sangat dipengaruhi oleh sirkulasi atmosfer dan sirkulasi laut regional (Fernanda *et al.*, 2021; Hariyadi *et al.*, 2021; Heryati *et al.*, 2018; Ratnasari *et al.*, 2017; Wardani *et al.*, 2014). Fenomena regional yang sangat mempengaruhi Indonesia dalam segi atmosferik dan oseanografi adalah *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD) (Dewi *et al.*, 2020). ENSO adalah sebuah fenomena penyimpangan dari suhu permukaan laut di Samudera Pasifik dekat ekuator bagian tengah dan timur (Ashafahani *et al.*, 2021; Simanungkalit *et al.*, 2018; Hidayat *et al.*, 2018). Fenomena ENSO memiliki tiga fase berbeda yaitu keadaan normal, El Niño, dan La Niña. Fenomena IOD adalah fenomena yang terjadi pada Samudera Hindia karena adanya perbedaan suhu permukaan laut antara wilayah barat dan timur Samudera Hindia (Dewi *et al.*, 2020).

Fenomena IOD juga memiliki tiga fase yaitu normal, IOD positif, dan IOD negatif.

Samudera Pasifik dengan Samudera Hindia pada dasarnya saling berhubungan. Hubungan ini bisa ditandai dengan fenomena ENSO dan IOD yang saling berinteraksi satu sama lain dengan mengatur atau memodulasi Sirkulasi Walker dan Arus Lintas Indonesia. Maka dari itu, wilayah tropis Samudera Pasifik dan Samudera Hindia secara keseluruhan adalah sistem yang saling berhubungan erat (Zhang & Anmin, 2023).

Dalam menyatakan fase fenomena ENSO atau IOD, para peneliti menggunakan indikator angka yang disebut indeks. Indeks yang digunakan untuk menyatakan fase ENSO dan IOD sangat beragam, seperti contohnya *Dipole Mode Index* (DMI), *Nino 3.4*, *Southern Oscillation Index* (SOI), *Oceanic Niño Index* (ONI), dan lain - lain. Tetapi fokus wilayah dari indeks - indeks tersebut utamanya tidak mencakup keseluruhan wilayah Indonesia, mengingat bahwa wilayah Indonesia merupakan salah satu wilayah krusial serta wilayah yang terkena dampak langsung dari peristiwa ENSO dan IOD.

Indeks yang sering digunakan untuk mengamati fenomena ENSO dan IOD adalah indeks yang berkaitan dengan suhu permukaan laut. Contoh dari indeks yang berkaitan dengan suhu permukaan laut adalah *Oceanic Niño Index* (ONI), *Nino 3.4*, dan *Dipole Mode Index* (DMI). Fenomena ENSO dan IOD sangat berkaitan dengan suhu permukaan laut, karena ENSO dan IOD dalam proses terjadinya mempengaruhi suhu permukaan laut dan juga pola angin pada wilayah Samudera Pasifik dan Hindia (Puryajati *et al.*, 2021).

Teknologi yang sering digunakan untuk mengidentifikasi peristiwa ENSO serta IOD adalah teknologi penginderaan jauh. Penginderaan jauh adalah teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang objek atau daerah yang dalam pengumpulannya menggunakan teknologi citra satelit untuk pengambilan data (Tadjuddah, 2016). Penginderaan jauh ini memiliki banyak keuntungan, seperti tidak memakan waktu yang lama untuk kegiatan observasi, biaya yang sedikit dan tingkat keakuratan yang cukup tinggi (Shalihati, 2014).

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik ini diantaranya sudah dilakukan oleh Sartimbul *et al.* (2018) dan Dewi *et al.* (2020). Kedua peneliti ini meneliti tentang hubungan ENSO dan IOD terhadap suhu permukaan laut wilayah Indonesia menggunakan metodenya masing - masing. Hasil dari kedua penelitian ini mendapatkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara fenomena ENSO dan IOD terhadap suhu permukaan laut wilayah Indonesia. Data yang digunakan utamanya adalah data suhu permukaan laut pada wilayah penelitiannya masing – masing serta indeks ONI dan DMI. Namun, pada kedua penelitian ini hubungan ENSO dan IOD terhadap suhu permukaan laut wilayah Indonesia tidak dilanjutkan untuk dijadikan sebuah indeks baru yang dapat mencakup fenomena ENSO dan IOD khusus

untuk wilayah Indonesia.

Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat indeks baru secara eksperimental khusus untuk wilayah Indonesia yang dapat sekaligus menyatakan peristiwa ENSO dan IOD dengan memanfaatkan indeks DMI dan ONI, serta melihat suhu permukaan laut dan pola angin secara ekuatorial guna lebih memahami kondisi atmosfer Indonesia pada saat terjadinya fenomena – fenomena tersebut sekaligus memahami korelasi antara ENSO dengan IOD.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian yang digunakan adalah seluruh wilayah Indonesia dengan lintang dan bujur 6°LU – 11°LS dan 95°BT – 141°BT. Lokasi penelitian ini dipilih karena Indonesia terletak diantara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia yang menyebabkan fenomena ENSO dan IOD memiliki pengaruh serta dampak yang cukup signifikan di lokasi penelitian ini.

Data yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah data suhu permukaan laut bulanan wilayah Indonesia yang didapatkan dari situs NASA *Oceancolor* dengan rentang data Oktober 2008 – Januari 2021, data indeks ONI dan DMI yang didapatkan dari situs NOAA dengan rentang data Desember 2008 – Januari 2021, serta data spasial suhu permukaan laut dan pola angin ekuatorial Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dengan rentang data Oktober 2014 – April 2016 dan Juni 2010 – Mei 2011. Proses pengolahan data pada rangkaian penelitian ini, utamanya menggunakan *software* SeaDAS dan Ms. Excel untuk mengolah data mentah seperti data suhu permukaan laut bulanan wilayah Indonesia, indeks ONI dan DMI, serta menggunakan *Plot map on the Fly* yang disediakan oleh laman <https://iridl.ldeo.columbia.edu/> untuk mengolah data angin serta suhu permukaan laut pada Samudera Hindia dan Samudera Pasifik.

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan dua metode, metode korelasi dan metode anomali. Metode korelasi adalah metode hasil modifikasi yang dirancang oleh tim peneliti, khusus untuk penelitian ini. Tujuan dari metode ini adalah untuk membuat suatu indeks baru secara eksperimental untuk wilayah Indonesia yang dapat mencakup peristiwa ENSO dan juga IOD. Metode ini pada dasarnya adalah mengorelasikan data bulanan suhu permukaan laut wilayah Indonesia dengan nilai indeks ONI serta indeks DMI secara musiman, sehingga nanti akan didapatkan tiga hasil korelasi, yaitu korelasi antara SST – ONI, SST – DMI, dan ONI – DMI. Metode korelasi yang digunakan adalah metode korelasi pearson dengan menggunakan software Minitab 17. Rumus korelasi pearson diperoleh dari Waipoie (1993) (Persamaan 1).

$$r = \frac{\Sigma(xi - \bar{x})(yi - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(xi - \bar{x})^2 \Sigma(yi - \bar{y})^2}} \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan:

- r = Koefisien korelasi
- xi = Nilai dari variabel X dalam sampel
- \bar{x} = Rata – rata dari nilai variabel X
- yi = Nilai dari variabel Y dalam sampel
- \bar{y} = Rata – rata dari nilai variabel Y

Hasil nilai korelasi pearson yang didapat kemudian di rata - ratakan ketiganya pada software Ms. Excel dengan rumus pada Persamaan 2.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \dots\dots\dots 2)$$

Keterangan:

- \bar{x} = Nilai rata - rata
- xi = Jumlah set data
- n = Jumlah data

Hasil dari rata – rata tersebut adalah hasil akhir yang berupa indeks eksperimental yang tujuannya adalah dapat menggabungkan peristiwa ENSO dan peristiwa IOD.

Metode anomali adalah salah satu metode untuk menganalisis fenomena oseanografik dalam kurun waktu yang relatif panjang. Anomali itu sendiri adalah selisih nilai antara nilai yang terukur dengan rata – rata nilai pada set data. Metode anomali ini tidak hanya digunakan dalam bidang oseanografi, tapi juga dalam bidang meteorologi dan iklim (Sartimbul *et al.*, 2018). Metode anomali ini merupakan metode yang umum digunakan untuk menyusun sebuah indeks oseanografik. Tujuan digunakannya metode anomali dalam penelitian ini adalah untuk membuat suatu indeks baru yang dapat menggabungkan peristiwa ENSO dan IOD pada wilayah Indonesia. Rumus yang digunakan dalam metode ini pun sangat sederhana. Nilai anomali dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan rumus dari Sartimbul *et al* (2018) (Persamaan 3).

$$x' = x - \bar{x} \dots\dots\dots 3)$$

Keterangan:

- x' = Nilai anomali
- x = Nilai terukur (data bulanan suhu permukaan laut Indonesia)
- \bar{x} = Nilai rata – rata masing – masing bulan dalam seluruh tahun

Proses perhitungan nilai anomali ini menggunakan software Ms. Excel. Setelah mendapatkan hasil nilai anomali dari seluruh data bulanan suhu permukaan laut wilayah Indonesia, kemudian nilai anomali disandingkan dengan indeks ONI dan DMI untuk melihat adanya kecocokan secara visual antara nilai yang didapat dengan indeks yang sudah ada sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Permukaan Laut dan Pola Angin Secara Ekuatorial

Hasil data suhu permukaan laut dan pola angin secara ekuatorial pada Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dibagi kedalam dua batasan set data. Batasan set data pertama

adalah set data yang merepresentasikan suhu permukaan laut dan pola angin secara ekuatorial dari fase El Niño yang terjadi bersamaan dengan IOD positif yang berlangsung dari Oktober 2014 hingga April 2016. Batasan set data kedua adalah set data yang merepresentasikan suhu permukaan laut dan pola angin secara ekuatorial dari fase La Niña yang terjadi bersamaan dengan IOD negatif yang berlangsung dari bulan Juni 2010 hingga Mei 2011.

Pemilihan Batasan set data ini adalah berdasarkan intensitas ENSO dan IOD menurut pada indeks yang dipakai yang pada tahun tersebut tergolong ekstrim, akibat ENSO dan IOD terjadi secara bersamaan. Pemilihan data ini didukung oleh penelitian Zhang *et al* (2022) (Tabel 1), yang menyatakan bahwa pada periode 2015 terjadi peristiwa kombinasi antara El Niño dengan IOD positif, dan pada periode 2010 terjadi peristiwa kombinasi antara La Niña dengan IOD negatif.

Fase El Niño + IOD Positif

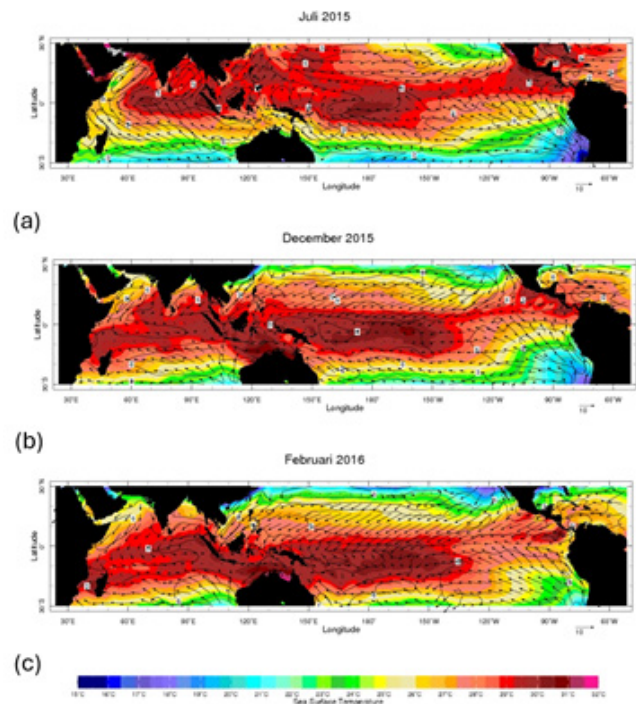
Fase ini berlangsung dari Oktober 2014 hingga April 2016 menurut indeks ONI dan DMI. Peristiwa El Niño mulai muncul pada

Oktober 2014 dan berakhir pada April 2016 dengan puncaknya pada Desember 2015 dengan indeks ONI sebesar 2,64. Peristiwa IOD positif mulai muncul pada April 2015 dan berakhir pada Januari 2016 dengan puncaknya pada Agustus 2015 dengan indeks DMI sebesar 0,68.

Pergerakan angin pada wilayah Samudera Pasifik mulai menunjukkan adanya anomali pada Juli 2015 (Gambar 1a), dimana terdapat pergerakan angin barat yang bertiup dari wilayah timur Indonesia dan wilayah timur Australia ke arah Pasifik Tengah dan timur dengan membawa massa air hangat yang menyebabkan wilayah Pasifik tengah dan Pasifik timur menjadi lebih hangat dari rata – rata normalnya, (Gambar 1b). Anomali ini terlihat melemah pada Februari 2016 karena kembali menguatnya angin pasat yang bertiup dari arah Pasifik timur menuju Pasifik barat (Gambar 1c).

Tabel 1. Tahun Kombinasi Peristiwa ENSO dan IOD diadaptasi dari Zhang *et al.* (2022)
Table 1. Years of ENSO and IOD Event Combinations Adapted from Zhang et al. (2022)

Kombinasi ENSO dan IOD	Tahun
SIOD positif tanpa El Niño	2011, 2012, 2019
IOD negatif tanpa La Niña	1979, 1980, 1981, 1989, 1990, 1992, 1996, 2001, 2016
El Niño tanpa IOD positif	1979, 1987, 2004, 2009
La Niña tanpa IOD negatif	1999, 2000, 2007, 2008, 2011, 2013, 2017
El Niño + IOD Positif	1982, 1986, 1991, 1994, 1997, 2002, 2006, 2015, 2018
La Niña + IOD Negatif	1984, 1988, 1995, 1998, 2005, 2010



Gambar 1. Pola SPL dan Angin El Niño (a) Awal Anomali; (b) Puncak Anomali; (c) Anomali Melemah.

Figure 1. Sea Surface Temperature (SST) and Wind Patterns of El Niño (a) Onset of Anomaly; (b) Peak of Anomaly; (c) Weakening of Anomaly.

Pada wilayah Samudera Hindia, pergerakan angin mulai menunjukkan anomali pada Mei 2015 (Gambar 2a), dimana angin timur yang berhembus dari wilayah barat Indonesia dan wilayah barat Australia mulai bergerak serta membawa massa air hangat menuju sisi timur dari Benua Afrika. Hal ini menyebabkan perairan di daerah Afrika timur lebih hangat dari rata – rata normalnya (Gambar 2b). Pergerakan anomali angin ini terlihat melemah pada November 2015 karena kembali menguatnya angin barat yang berhembus dari wilayah timur Benua Afrika menuju wilayah Indonesia dan Australia (Gambar 2c).

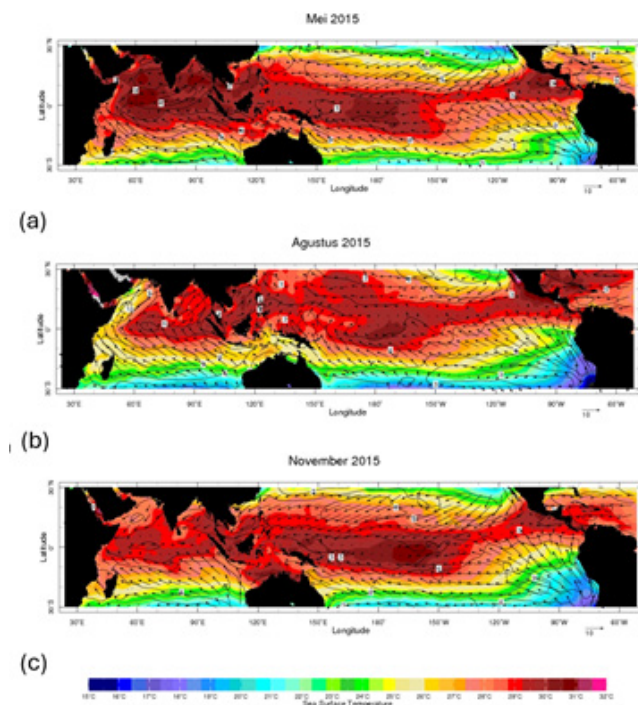
Fase La Niña + IOD Negatif

Fase ini berlangsung dari Juni 2010 hingga Mei 2011 menurut indeks ONI dan DMI. Peristiwa La Niña mulai muncul pada Juni 2010 dan berakhir pada Mei 2011 dengan

puncaknya pada Oktober 2010 dengan indeks ONI sebesar -1,64. Peristiwa IOD negatif mulai muncul pada September 2010 dan berakhir pada Desember 2010 dengan puncaknya pada November 2010 dengan indeks DMI sebesar -0,372.

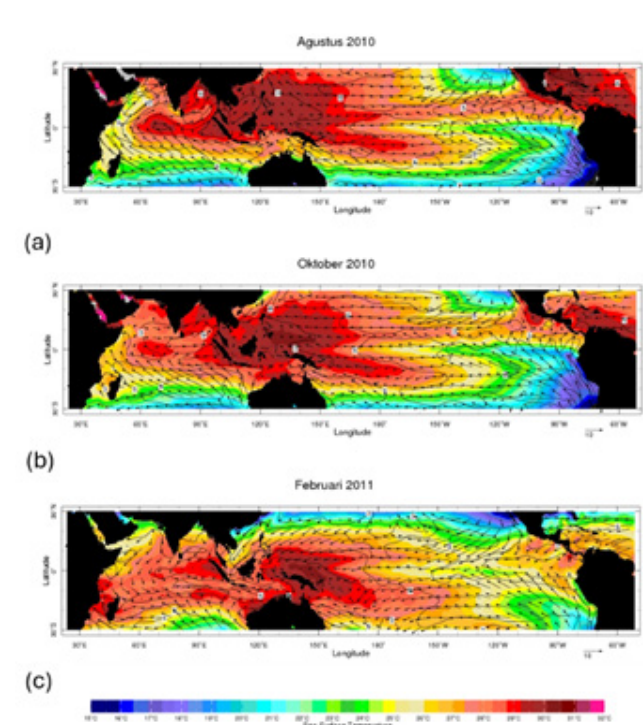
Pergerakan angin pasat pada Samudera Pasifik mulai menguat dari normalnya pada bulan Agustus 2010 (Gambar 3a), dan mendorong massa air hangat dan massa air dingin dari wilayah Pasifik timur lebih jauh ke arah barat atau ke arah Indonesia dan Australia. Hal ini menyebabkan perairan wilayah pasifik tengah dan timur lebih dingin dari normalnya dan wilayah Indonesia dan Australia lebih hangat dari normalnya (Gambar 3b). Anomali ini terlihat melemah pada bulan Februari 2011 (Gambar 3c)).

Pada wilayah Samudera Hindia, angin mulai menunjukkan anomali pada Oktober



Gambar 2. Pola SPL dan Angin IOD positif (a) Awal Anomali; (b) Puncak Anomali; (c) Anomali Melemah.

Figure 2. Sea Surface Temperature (SST) and Wind Patterns of Positive IOD (a) Onset of Anomaly; (b) Peak of Anomaly; (c) Weakening of Anomaly.



Gambar 3. Pola SPL dan Angin La Niña (a) Awal Anomali; (b) Puncak Anomali; (c) Anomali Melemah.

Figure 3. Sea Surface Temperature (SST) and Wind Patterns of La Niña (a) Onset of Anomaly; (b) Peak of Anomaly; (c) Weakening of Anomaly.

2010 (Gambar 4a), dimana angin barat dari wilayah timur Afrika mulai bertiup mendorong massa air hangat menuju bagian barat Indonesia dan barat laut Australia dan menyebabkan perairan wilayah timur Afrika lebih dingin dari normalnya (Gambar 4b). Pergerakan anomali angin ini terlihat melemah pada Desember 2010 (Gambar 4c).

Pola ENSO (2009 – 2020)

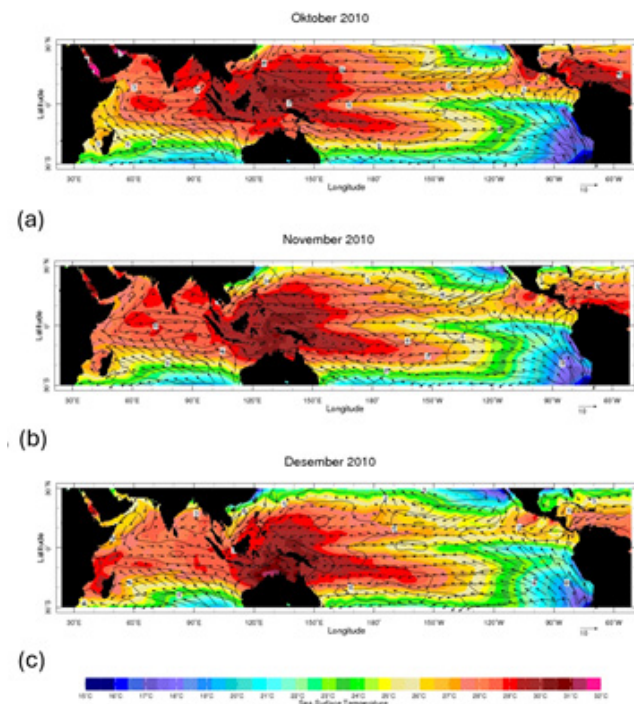
Berdasarkan hasil analisa dari data indeks ONI (Gambar 5), selama periode tahun 2009 sampai dengan tahun 2020, telah terjadi setidaknya sebanyak 4 kali peristiwa El Niño dan 6 kali peristiwa La Niña pada wilayah Samudera Pasifik. Pada awal periode, telah terjadi fase La Niña yang berlangsung pada Desember 2008 – Maret 2009. Setelah itu disusul dengan fase El Niño yang terjadi pada Juli 2009 – Maret 2010. Fase La Niña terjadi lagi pada Juni 2010 – Mei 2011, La

Niña ini merupakan La Niña dengan intensitas kuat. Berselang satu bulan, La Niña kembali muncul pada Juli 2011 – April 2012. Setelah adanya fase La Niña kuat yang diikuti dengan fase La Niña selanjutnya, pada Mei 2012 – September 2014, ENSO mengalami fase normal.

Tahun 2013 merupakan tahun dimana fase El Niño dan fase La Niña tidak terbentuk. Namun setelah itu pada Oktober 2014 – April 2016 terjadi fase El Niño dengan intensitas sangat kuat, diikuti dengan fase La Niña yang berturut – turut pada akhir tahun 2016 yaitu mulai dari Agustus 2016 – Desember 2016 dan pada akhir tahun 2017 yaitu Oktober 2017 – April 2018. Fase La Niña yang berturut – turut ini diikuti dengan fase El Niño, yang terjadi pada September 2018 – Juni 2019. Akhir periode data ditutup dengan terjadinya fase La Niña pada Agustus 2020 – Januari 2021.

Berdasarkan pola terjadinya fase El Niño dan La Niña yang telah dijabarkan pada paragraf diatas, fase El Niño umumnya terbentuk pada akhir tahun atau pada sekitaran musim gugur, serta memiliki peluang untuk terbentuk pada pertengahan tahun atau sekitaran musim panas. Lalu fase El Niño umumnya berakhir pada awal tahun atau sekitaran musim semi, yang juga memiliki peluang berakhir pada pertengahan tahun atau sekitaran musim panas.

Pola dari fase La Niña umumnya terbentuk pada pertengahan tahun atau pada sekitaran musim panas, serta memiliki peluang terbentuk pada akhir tahun atau sekitaran musim gugur dan musim dingin. Lalu fase La Niña umumnya berakhir pada awal tahun atau sekitaran musim semi, serta memiliki peluang berakhir pada pertengahan dan akhir tahun atau sekitaran musim gugur dan musim dingin.



Gambar 4. Pola SPL dan Angin IOD negatif (a) Awal Anomali; (b) Puncak Anomali; (c) Anomali Melemah

Figure 4. Sea Surface Temperature (SST) and Wind Patterns of Negative IOD (a) Onset of Anomaly; (b) Peak of Anomaly; (c) Weakening of Anomaly.

Pola IOD (2009 – 2020)

Berdasarkan hasil analisa dari indeks

DMI (Gambar 6), selama periode 2009 sampai dengan tahun 2020 telah terjadi setidaknya sebanyak 17 kali peristiwa IOD positif dan 16 kali peristiwa IOD negatif pada wilayah Samudera Hindia. Pada awal periode telah terjadi fase IOD positif yang berlangsung pada Desember 2008 – Juni 2009. Setelah itu terjadi fase IOD negatif yang terjadi selama 1 bulan pada Juli 2009 dan diikuti dengan IOD positif pada bulan berikutnya, Agustus 2009 – Mei 2010. Pada bulan berikutnya, Juni 2010 terjadi fase IOD negatif diikuti dengan IOD positif selama 2 bulan pada Juli 2010 – Agustus 2010. Pada September 2010 – Desember 2010 terjadi fase IOD negatif dan diikuti dengan fase IOD positif pada Januari 2011 – April 2011.

Fase IOD negatif terjadi lagi pada bulan selanjutnya, Mei 2011 yang hanya berlangsung selama 1 bulan dan diikuti dengan fase IOD positif pada Juni 2011 – November 2011.

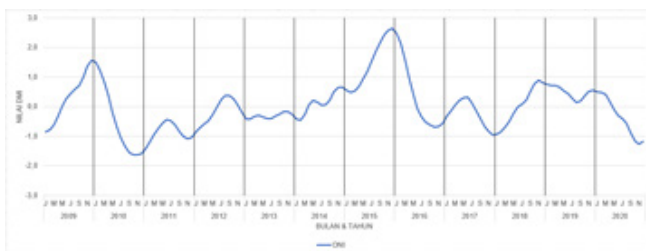
Setelah itu terjadi lagi fase IOD negatif yang berlangsung hanya 1 bulan pada Desember 2011 yang diikuti dengan fase IOD positif pada Januari 2012 – Maret 2012. Pada April 2012 – Mei 2012 terjadi fase IOD negatif dan diikuti dengan fase IOD positif pada bulan Juni 2012 – Maret 2013. Selanjutnya pada April 2013 – Oktober 2013 terjadi fase IOD negatif yang pada bulan selanjutnya, November 2013 – Desember 2013 terjadi fase IOD positif. Tahun 2014 diawali dengan terjadinya fase IOD negatif pada Januari 2014 – Maret 2014 dan setelah itu diikuti dengan fase IOD positif pada April 2014 yang hanya

berlangsung selama 1 bulan. Pada Mei 2014 terjadi fase IOD negatif selama 1 bulan dan diikuti dengan fase IOD positif selama 1 bulan juga pada Juni 2014.

Pada Juli 2014 – September 2014 terjadi fase IOD negatif dan diikuti dengan fase IOD positif pada Oktober 2014 – Desember 2014. Tahun 2015 diawali dengan terjadinya fase IOD negatif pada Januari 2015 – Maret 2015 yang setelah itu selama sepanjang tahun terjadi fase IOD positif pada April 2015 – Januari 2016. Fase IOD negatif terjadi lagi selama 1 bulan pada Februari 2016 dan diikuti dengan fase IOD positif pada Maret 2016 – April 2016. Setelah itu sepanjang tahun 2016 terjadi fase IOD negatif pada Mei 2016 – Januari 2017. Tahun 2017 didominasi oleh fase IOD positif yang terjadi pada Februari 2017 – Desember 2017.

Tahun 2018 diawali dengan fase IOD negatif selama 1 bulan pada Januari 2018 dan diikuti dengan fase IOD positif selama 1 bulan juga pada Februari 2018. Setelah itu terjadi fase IOD negatif pada Maret 2018 – April 2018 yang diikuti dengan fase IOD positif panjang dari Mei 2018 – Juli 2020. Setelah itu terjadi fase IOD negatif pada Agustus 2020 – September 2020 dan diikuti fase IOD positif hingga akhir tahun pada Oktober 2020 – Desember 2020.

Berdasarkan pola terjadinya fase IOD positif dan IOD negatif yang telah dijabarkan pada paragraf diatas, fase IOD positif umumnya terbentuk pada awal dan pertengahan tahun atau pada sekitaran musim dingin hingga musim panas, serta memiliki peluang untuk terbentuk pada akhir tahun atau sekitaran musim gugur hingga musim dingin. Lalu fase IOD positif umumnya berakhir pada awal tahun atau sekitaran musim dingin hingga musim semi, yang juga memiliki peluang berakhir pada pertengahan dan akhir tahun atau sekitaran musim panas hingga musim dingin.



Gambar Gambar 5. Pola Indeks ONI.
Figure 5. Oceanic Niño Index (ONI) Pattern.

Pola dari fase IOD negatif umumnya terbentuk pada awal dan pertengahan tahun atau sekitaran musim dingin hingga musim semi, serta memiliki peluang terbentuk pada akhir tahun atau sekitaran musim panas hingga musim gugur. Lalu fase IOD negatif umumnya berakhir pada awal tahun atau sekitaran musim dingin hingga musim semi, serta memiliki peluang berakhir pada pertengahan dan akhir tahun atau sekitaran musim panas dan musim gugur.

Korelasi Antara ENSO dan IOD

ENSO dan IOD adalah peristiwa interaksi antara laut dengan atmosfer yang terjadi di wilayah yang berbeda. ENSO pada umumnya terjadi di area Samudera Pasifik, sedangkan IOD terjadi di area Samudera Hindia. Keduanya memiliki karakteristik serta dampak masing – masing terhadap daerah sekitarnya.

Menurut Sang *et al.* (2019), pada beberapa tahun terakhir, mulai banyak penelitian tentang korelasi atau hubungan antara ENSO dan IOD, sebabnya adalah hubungan antara ENSO dan IOD dapat dijadikan alat yang sangat penting dalam proses peramalan peristiwa ENSO dan IOD secara jangka panjang. Namun, karena interaksi antara laut dengan atmosfer yang bersifat sangat kompleks, hal ini menyebabkan penelitian tentang korelasi ENSO dengan IOD menjadi terbatas. Maka dari itu penelitian mengenai korelasi atau hubungan ENSO dengan IOD masih menjadi tantangan besar untuk para peneliti.



Gambar 6. Pola Indeks DMI.
Figure 6. Dipole Mode Index (DMI) Pattern.

Walaupun penelitian ini masih terbatas, beberapa peneliti berhasil menghitung serta mendefinisikan hubungan antara ENSO dan IOD. Tabel 2 merupakan hasil dari penelitian Wang *et al.* (2016) serta Polonsky & Torbinsky (2021).

Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa hubungan antara ENSO dan IOD adalah keberadaan ENSO dapat mempengaruhi keberadaan IOD serta dapat juga mempengaruhi intensitasnya pada saat tertentu. Pada saat ini belum ada hasil penelitian yang menyebutkan bahwa keberadaan IOD dapat mempengaruhi keberadaan ENSO, namun peristiwa IOD juga dapat terbentuk dengan sendirinya tanpa adanya ENSO.

Berdasarkan data yang dipakai dalam penelitian ini, mulai dari tahun 2009 hingga tahun 2020, telah terjadi setidaknya 2 kali peristiwa El Niño dengan IOD positif yang terjadi secara bersamaan yaitu pada tahun 2015 dan tahun 2018, yang pada tahun 2015 memiliki intensitas El Niño sangat kuat. Peristiwa La Niña dengan peristiwa IOD negatif yang terjadi secara bersamaan terjadi setidaknya 2 kali yaitu pada tahun 2010 dan tahun 2016, yang pada tahun 2010 memiliki intensitas La Niña kuat.

Indeks Baru Hasil Modifikasi

Terdapat dua hasil indeks yang

Tabel 2. Tabel Korelasi antara ENSO dan IOD
Table 2. Table of Correlation between ENSO and IOD

Wang <i>et al.</i> (2016)	Polonsky & Torbinsky (2021)
<ul style="list-style-type: none"> • ENSO dapat berdampak pada intensitas IOD • ENSO memiliki dampak yang lebih besar pada sisi timur Samudera Hindia • Pengaruh ENSO lebih kuat pada fase IOD negatif 	<ul style="list-style-type: none"> • ENSO dapat mempengaruhi keberadaan IOD beserta intensitasnya • IOD dapat muncul dengan sendirinya tanpa ada pengaruh ENSO

dihasilkan dari pengolahan data bulanan suhu permukaan laut wilayah Indonesia dengan dua metode analisis yang berbeda, yaitu metode korelasi dan metode anomali. Pembahasan tentang hasil indeks baru hasil modifikasi dengan metode korelasi dan metode anomali dapat dilihat pada sub bab berikutnya.

Indeks Metode Korelasi

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, didapatkan sebuah indeks hasil penelitian eksperimen. Indeks yang akan dibahas pada sub bab ini merupakan indeks hasil eksperimen dengan metode korelasi. Hasil pengolahan data indeks menggunakan metode korelasi dapat dilihat pada Gambar 7.

Dapat dilihat pada grafik indeks dengan menggunakan metode korelasi di atas memiliki nilai indeks maksimal sebesar 1,0 dan nilai indeks minimal sebesar -0,5. Jika dilihat dari datanya, hasil indeks dengan metode korelasi ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya indeks ini tidak bisa memiliki nilai indeks yang lebih dari 1,0 dan kurang dari -1,0. Hal ini menjadikan keragaman data yang diberikan oleh indeks dengan metode korelasi ini sangat terbatas, serta informasi yang diberikan oleh indeks dengan metode korelasi ini pun sangat terbatas.

Kemudian untuk menguji indeks dengan metode korelasi ini, nilai indeks metode korelasi disandingkan dengan nilai indeks ONI dan DMI. Tujuannya adalah untuk melihat

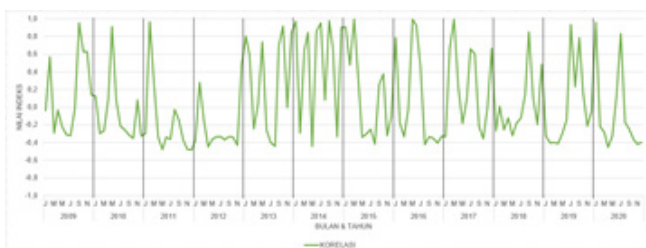
tingkat kecocokan secara visual antara indeks yang didapat dari pengolahan data secara eksperimental menggunakan metode korelasi dengan indeks yang sudah ada sebelumnya. Hasil perbandingan antara indeks metode korelasi dengan indeks ONI dan DMI dapat dilihat pada Gambar 8.

Dapat dilihat pada grafik perbandingan indeks di atas bahwa belum adanya kecocokan secara visual dari indeks metode korelasi dengan data indeks yang sudah ada sebelumnya yaitu indeks ONI dan DMI. Maka dari itu, indeks dengan metode korelasi pada saat ini memiliki kemungkinan besar belum bisa digunakan untuk mengidentifikasi peristiwa ENSO ataupun IOD pada wilayah Indonesia.

Indeks Metode Anomali

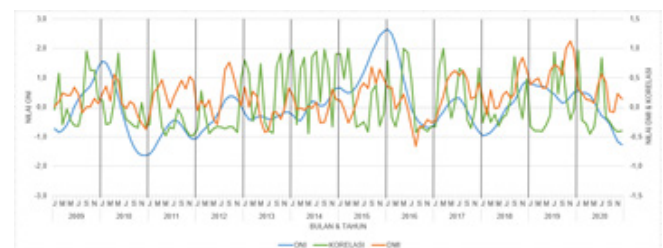
Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, didapatkan sebuah indeks hasil penelitian eksperimen. Indeks yang akan dibahas pada sub bab ini merupakan indeks hasil eksperimen dengan metode anomali Hasil pengolahan data indeks menggunakan metode anomali dapat dilihat pada Gambar 9.

Dapat dilihat pada grafik indeks dengan metode anomali di atas memiliki nilai indeks maksimal sebesar 0,98 dan nilai indeks minimal sebesar -0,93. Jika dilihat dari datanya, hasil indeks dengan menggunakan metode anomali ini memiliki beberapa kemajuan jika dibandingkan dengan hasil indeks dengan menggunakan metode korelasi, diantaranya



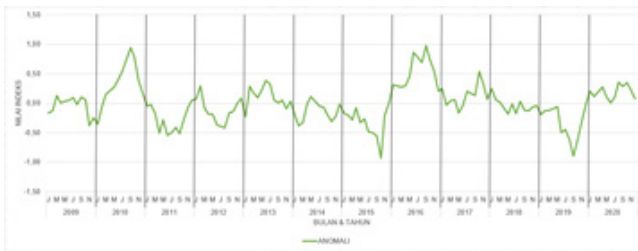
Gambar 7. Grafik Indeks Hasil Metode Korelasi Pada Tahun 2009 – 2020.

Figure 7. Chart of Correlation Index Results Using the Correlation Method from 2009 to 2020.



Gambar 8. Perbandingan Indeks Metode Korelasi Dengan ONI dan DMI.

Figure 8. Comparison of Correlation Index Method with ONI and DMI.



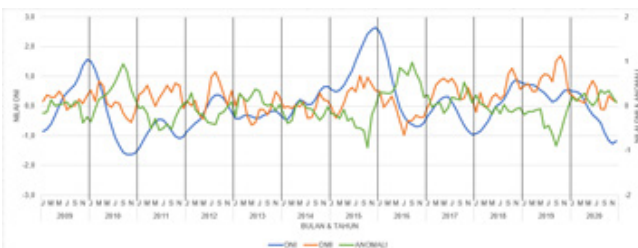
Gambar 9. Grafik Indeks Hasil Metode Anomali Pada Tahun 2009 – 2020.

Figure 9. Chart of Anomaly Index Results Using the Anomaly Method from 2009 to 2020.

indeks ini tidak memiliki batas nilai maksimal serta batas nilai minimal, hal ini menjadikan keragaman data yang diberikan oleh indeks dengan metode anomali lebih beragam dibanding indeks dengan metode korelasi, serta informasi yang diberikan oleh indeks ini pun lebih luas.

Kemudian untuk menguji indeks dengan metode anomali ini, nilai indeks metode anomali disandingkan dengan nilai indeks ONI dan DMI. Tujuannya adalah untuk melihat tingkat kecocokan secara visual antara indeks yang didapat dari pengolahan data secara eksperimental menggunakan metode anomali dengan indeks yang sudah ada sebelumnya. Hasil perbandingan antara indeks metode anomali dengan indeks ONI dan DMI dapat dilihat pada Gambar 10.

Dapat dilihat pada grafik perbandingan indeks di atas bahwa terlihat adanya kecocokan secara visual antara indeks metode anomali dengan data indeks yang sudah ada sebelumnya yaitu indeks ONI dan DMI. Maka dari itu, indeks dengan metode anomali



Gambar 10. Perbandingan Indeks Metode Anomali Dengan ONI dan DMI.

Figure 10. Comparison of Anomaly Index Method with ONI and DMI.

pada saat ini memiliki kemungkinan besar untuk bisa digunakan dalam mengidentifikasi peristiwa ENSO ataupun IOD pada wilayah Indonesia.

Uji Sensitivitas Indeks Eksperimen

Uji sensitivitas indeks eksperimen dilakukan untuk melihat respon serta konsistensi dari indeks baru yang sudah dihasilkan pada sub bab sebelumnya terhadap indeks yang sudah ada sebelumnya, yaitu indeks ONI untuk fenomena ENSO dan indeks DMI untuk fenomena IOD. Menurut Muanley *et al.* (2022), analisis sensitivitas merupakan pendekatan yang biasa dilakukan untuk memilih alternatif dalam mengukur konsistensi dan stabilitas hasil perhitungan. Uji sensitivitas ini dilakukan untuk menguji apakah indeks eksperimen yang dihasilkan bisa dipakai untuk menghasilkan sesuatu sesuai dengan tujuannya. Uji sensitivitas ini hanya dilakukan kepada indeks eksperimen dengan metode anomali saja, karena indeks eksperimen dengan metode anomali memiliki hasil yang lebih menjanjikan daripada indeks eksperimen dengan metode korelasi dalam mengakomodir fenomena ENSO dan IOD untuk wilayah Indonesia.

Dapat dilihat pada Gambar 11, dalam rentang waktu tahun 2009 sampai dengan tahun 2020, menurut indeks ONI dan DMII



Gambar 11. Klasifikasi Indeks Pada Tahun 2009 – 2020 (a) El Niño Single; (b) La Niña Single; (c) IOD Positif Single; (d) IOD Negatif Single; (e) El Niño + IOD Positif; (f) La Niña + IOD Negatif.

Figure 11. Classification of Indices from 2009 to 2020 (a) El Niño Single; (b) La Niña Single; (c) Positive IOD Single; (d) Negative IOD Single; (e) El Niño + Positive IOD; (f) La Niña + Negative IOD.

telah terjadi setidaknya 1 kali fase El Niño pada tahun 2009 serta 3 kali fase La Niña pada tahun 2011, tahun 2017, dan tahun 2020. Terjadi juga setidaknya 3 kali fase IOD positif pada tahun 2012, tahun 2017, dan tahun 2019 serta 1 kali fase IOD negatif yaitu pada tahun 2013. Pada rentang waktu 2009 sampai dengan tahun 2020, terjadi juga peristiwa 2 kali fase El Niño yang terjadi bersamaan dengan IOD positif yaitu pada tahun 2015 dan tahun 2018 serta 2 kali fase La Niña yang terjadi bersamaan dengan IOD negatif yaitu pada tahun 2010 dan tahun 2016.

Untuk melihat respon hasil indeks eksperimen terhadap indeks yang sudah ada seperti indeks ONI dan indeks DMI, dibuatlah tabel matriks cara membaca indeks eksperimen yang bertujuan untuk melihat konsistensi indeks hasil eksperimen serta untuk melihat apakah indeks baru hasil eksperimen ini sudah sesuai dengan tujuan penelitian dan juga sudah sesuai dengan teori yang sudah ada. Tabel matriks cara membaca indeks baru hasil eksperimen dapat dilihat pada Tabel 3, 4, dan 5.

Berdasarkan Tabel 3 matriks indeks eksperimen pada saat terjadinya fase El Niño/La Niña single, respon indeks hasil eksperimen terhadap indeks ONI terlihat konsisten. Pada fase El Niño single saat indeks ONI menunjukkan kenaikan, indeks hasil eksperimen akan berlawanan yaitu menunjukkan penurunan. Kebalikannya pada fase La Niña single saat indeks ONI menunjukkan penurunan, indeks hasil eksperimen akan berlawanan yaitu menunjukkan kenaikan. Hal ini sangat sesuai dengan pernyataan Ryadi *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa ketika El Niño sedang terjadi, suhu permukaan laut wilayah Indonesia semakin mendingin dari normalnya atau mengalami penurunan. Begitu juga ketika La Niña sedang terjadi, suhu permukaan laut wilayah Indonesia semakin menghangat dari normalnya atau mengalami peningkatan.

Tabel 3. Tabel Matriks Indeks Eksperimen EL Niño/La Niña Single.
Table 3. Table of Experimental Matrix Indices for El Niño / La Niña Single.

	El Niño	La Niña
• El Niño	• 2009 ONI ↑ DMI-Eksperimen ↓	
• La Niña		• 2011 ONI ↓ DMI - Eksperimen ↑ • 2017 ONI ↓ DMI - Eksperimen ↑ • 2020 ONI ↓ DMI - Eksperimen ↑

Berdasarkan Tabel 4 matriks indeks eksperimen pada saat terjadinya fase IOD positif/IOD negatif single, respon indeks hasil eksperimen terhadap indeks DMI terlihat konsisten. Pada fase IOD positif single saat indeks DMI menunjukkan kenaikan, indeks

Tabel 4. Tabel Matriks Indeks Eksperimen IOD Positif/IOD Negatif Single.
Table 4. Table of Experimental Matrix Indices for Positive IOD / Negative IOD Single.

	IOD Positif	IOD Negatif
IOD Positif	•2012 ONI - DMI ↑ Eksperimen ↓ • 2017 ONI - DMI ↑ Eksperimen ↓ • 2019 ONI - DMI ↑ Eksperimen ↓	
IOD Negatif		• 2013 ONI - DMI ↓ Eksperimen ↑

Tabel 5. Tabel Matriks Indeks Eksperimen Fenomena Coupling.

Table 5. Table of Experimental Matrix Indices for Coupling Phenomena

	El Niño	La Niña
IOD Positif	<ul style="list-style-type: none"> • 2015 ONI ↑ DMI ↑ Eksperimen ↓ • 2018 ONI ↑ DMI ↑ Eksperimen ↓ 	
IOD Negatif		<ul style="list-style-type: none"> • 2010 ONI ↓ DMI ↓ Eksperimen ↑ • 2016 ONI ↓ DMI ↓ Eksperimen ↑

hasil eksperimen akan berlawanan yaitu menunjukkan penurunan. Kebalikannya pada fase IOD negatif single saat indeks DMI menunjukkan penurunan, indeks hasil eksperimen akan berlawanan yaitu menunjukkan kenaikan. Hal ini sangat sesuai dengan pernyataan Dewi *et al* (2020) yang menyatakan bahwa pada saat IOD positif terjadi, perairan wilayah Indonesia cenderung lebih dingin dari normalnya atau mengalami penurunan suhu. Pada saat IOD negatif, terjadi kebalikan dengan IOD positif, yaitu perairan Indonesia cenderung lebih hangat dari normalnya atau mengalami kenaikan suhu.

Berdasarkan Tabel 5 matriks indeks eksperimen pada saat terjadinya fenomena coupling antara El Niño + IOD positif dan La Niña + IOD negatif, respon indeks hasil eksperimen terhadap indeks ONI dan DMI terlihat konsisten. Pada fenomena coupling antara El Niño + IOD positif, saat indeks ONI dan DMI menunjukkan kenaikan, indeks hasil eksperimen akan berlawanan yaitu menunjukkan penurunan. Kebalikannya pada fenomena coupling antara La Niña + IOD negative, saat indeks ONI dan DMI menunjukkan

penurunan, indeks hasil eksperimen akan berlawanan yaitu menunjukkan kenaikan. Hal ini didukung oleh pernyataan Dewi *et al* (2020) yang menyatakan bahwa pada saat El Niño terjadi bersamaan dengan IOD positif, perairan wilayah Indonesia akan mengalami penurunan suhu dari normalnya akibat massa air hangat pada Samudera Pasifik dan Hindia bergerak saling menjauhi wilayah Indonesia. Lalu pada saat La Niña terjadi bersamaan dengan IOD negatif, perairan wilayah Indonesia akan mengalami kenaikan suhu dari normalnya akibat massa air hangat pada Samudera Pasifik dan Hindia bergerak mendekati wilayah Indonesia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa Pola angin dan suhu pada El Niño + IOD positif (La Niña + IOD negatif) bergerak menjauhi (mendekati) wilayah Indonesia pada Samudera Hindia dan Pasifik. ENSO dapat mempengaruhi IOD, IOD dapat terbentuk dengan sendirinya, dan belum diketahui pasti apakah IOD dapat mempengaruhi ENSO. Indeks hasil eksperimen dengan metode korelasi korelasi belum bisa digunakan untuk mengetahui dan menentukan fase ENSO dan juga fase IOD yang telah terjadi ataupun sedang terjadi namun indeks hasil modifikasi yang dibuat menggunakan metode anomali menunjukkan hasil yang menjanjikan. Terkhusus indeks metode anomali dirasa sangat berpotensi untuk dilakukan penelitian lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis adalah kontributor utama. Artikel ini adalah bagian dari riset skripsi penulis pertama, yang dibimbing oleh penulis kedua dan ketiga, yang diuji oleh penulis keempat dan kelima..

DAFTAR PUSTAKA

Ashafahani, A. A., Wirasatriya, A., Pranowo,

- W. S., Sugianto, D. N. & Maslukah, L. (2021). The Dynamic of Convergence Zone Displacement in Western Pacific Ocean on 2015 Super El Niño Event. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 750 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/750/1/012015>.
- Dewi, W. Y., Wirasatriya, A., Nugroho Sugianto, D., Helmi, M., Marwoto, J., & Maslukah, L. (2020). Effect of ENSO and IOD on the Variability of Sea Surface Temperature (SST) in Java Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 530, 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/530/1/012007>.
- Fernanda, G.V., Pranowo, W.S., Setiono, H., Puspita, C.D., Kuswardani, A.R.T.D. (2021). A Schematic Model of Low Temperature and High Salinity Seawaters in Southern Java of the Indian Ocean during ENSO-IOD 2017. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 925(1), 012001.
- Hariyadi, H., Hutabarat, J., Sugianto, D. N., Noercholis, M. F. W., Prasetyarini, N. D., Pranowo, W. S., Kunarso, K., Wetchayount, P., & Wirasatriya, A. (2021). Natuna Off-Shelf Current (NOC) Vertical Variability and Its Relation to ENSO in the North Natuna Sea. *Indonesian Journal of Marine Science* 26(2), 63-70. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.26.2.63-70>.
- Heryati, H., Pranowo, W. S., Purba, N. P., Rizal, A., & Yuliadi, L. P. S. (2018). Sea surface temperature variability during ENSO Incident (1997-1998 & 2014-2015) in Java Sea, Indonesia. *J. Omni-Akuatika*, 14(1), 96-107. May 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2018.14.1.207>.
- 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. <https://doi.org/10.29122/jstm.v19i2.3143>.
- Muanley, Y. Y., Aloisius, L. S., Grandianus, S. M., Nugraha, K. F. D. (2022). Analisis Sensitivitas Dalam Metode Analytic Hierarchy Process dan Pengaruhnya Terhadap Urutan Prioritas Pada Pemilihan Smartphone Android. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 4(3), 173-190. <https://doi.org/10.35580/variansium32>.
- Polonsky, A., & Torbinsky, A. (2021). The IOD – ENSO Interaction: The Role of the Indian Ocean Current's System. *Atmosphere*, 12(12), 1662. <https://doi.org/10.3390/atmos12121662>
- Puryajati. A. D., A. Wirasatriya, L. Maslukah, D. N. Sugianto, F. Ramdani, A. R. Jalil, Y. O. Andrawina. (2021). The Effect of ENSO and IOD on The Variability of Sea Surface Temperature and Rainfall in The Natuna Sea. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 750 012020.
- Ratnasari, S.L., Harahap,S., Sunarto, S., Purba, N. P., Pranowo, W. (2017). Variabilitas ENSO Terhadap Arus Pusaran Dan Sebaran Ikan Cakalang Di Wilayah Pengelolaan Perikanan 713. *J. Harpodon Borneo*, 10(2), 23-37.
- Ryadi, G. Y. I., Abdi S., & Bandi S. (2019). Pengaruh Fenomena El Nino dan La Nina Pada Persebaran Curah Hujan dan Tingkat Kekeringan Lahan di Pulau Bali. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 8(4).
- Sang, Y. -F., Singh, V. P., & Xu, K. (2019). Evolution of IOD - ENSO relationship at multiple time scales. *Theoretical and*

Applied Climatology, 136(3–4), 1303–1309. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2557-7>.

Hindia (Selatan Jawa hingga Selatan Nusa Tenggara) Periode Tahun 2004-2010. *J. Harpodon*, 7(1), 9-18.

- Sartimbul, A., Rohadi, E., Firdaus Ali, M., & Khaidar, Z. (2018). Anomaly technique for expression the Indian Ocean Dipole in South Java Sea. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.44), 28. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.44.26857>.
- Shalihati, S. F. (2014). Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi Dalam Pembangunan Sektor Kelautan Serta Pengembangan Sistem Pertahanan Negara Maritim. *Geoedukasi*, 3(2), 115–126.
- Simanungkalit, Y.A., Pranowo, W.S., Purba, N.P., Riyantini, I., Nurrahman, Y. (2018). Influence of El Nino Southern Oscillation (ENSO) phenomena on eddies variability in the Western Pacific Ocean. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 176(1), 012002. doi: 10.1088/1755-1315/176/1/012002.
- Tadjuddah, M. (2016). Observations of Sea Surface Temperature on Spatial and Temporal Using Aqua MODIS Satellite in West Banda Sea. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 568–573. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.109>.
- Waipoie, R. M. (1993). Pengantar Statistika, 3 ed. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 515 hlm.
- Wang, H., Kumar, A., & Murtugudde, R. (2016). Interaction Between the Indian Ocean Dipole and ENSO Associated with Ocean Subsurface Variability. *Science and Technology Infusion Climate Bulletin*.
- Wardani, R., Pranowo, W. S., & Indrayanti, E. (2014). Variabilitas Salinitas Berkaitan dengan ENSO dan IOD di Samudera
- Zhang, P., & Anmin, D. (2023). Connection between the Tropical Pacific and Indian Ocean and Temperature Anomaly across West Antarctic. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 6, 49. <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00381-8>
- Zhang, Y., Zhou, W., Wang, X., Chen, S., Chen, J., & Li, S. (2022). Indian Ocean Dipole and ENSO's mechanistic importance in modulating the ensuing-summer precipitation over Eastern China. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 5(1), 48. <https://doi.org/10.1038/s41612-022-00271-5>.

