

Variasi Hasil Analisis Data Hasil El Nino-Southern Oscillation (ENSO) terhadap Iklim Global

(Variations in El Nino-Southern Oscillation (ENSO) Data Analysis Results on Global Climate)

Iva Tien Nur Hidayatul Ullum ^{[1]*}, Alifatul Fitria ^{[2]*}, Wahono Widodo ^[3]

^{[1],[2],[3]}Pendidikan IPA, Universitas Negeri Surabaya

ivatien.22026@mhs.unesa.ac.id, alifatulfitria.22022@mhs.unesa.ac.id, wahonowidodo@unesa.ac.id

KEYWORDS:

El Niño-Southern Oscillation, Global Climate, Extreme Weather

ABSTRACT

The impacts of climate change, especially the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) phenomenon, pose a serious threat to human and ecosystem health. El Niño-Southern Oscillation (ENSO), a phenomenon caused by variations in the surface tension of the Pacific Ocean, has a significant impact on the world's climate. Sea surface temperatures in the Pacific Ocean are immediately useful for droughts and floods in the respective regions. Apart from that, ENSO also influences the frequency and intensity of tropical storms in various regions. The aim of this research is to understand the impact of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) on global warming. The method used is the prism method where the analysis of the main reference source is Scopus which obtained 8 reference articles that lead to discussions of ENSO. Apart from Scopus, another reference source is Google Scholar which obtained 5 reference articles that match the title taken. Scientific studies have identified complex links between ENSO and global climate patterns and their impact on extreme weather events such as tropical storms, droughts and floods. El Niño generally peaks in the northern winter and transitions to La Niña the following summer. With a better understanding of ENSO, we can more effectively combat climate change caused by this phenomenon. Transboundary cooperation and joint efforts are needed to reduce vulnerability to ENSO impacts and protect the planet for future generations.

KATA KUNCI:

El Niño-Southern Oscillation, Iklim Global, Cuaca Ekstrem

ABSTRAK

Dampak perubahan iklim, khususnya fenomena El Niño-Southern Oscillation (ENSO), merupakan ancaman serius terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. El Niño-Southern Oscillation (ENSO), sebuah fenomena yang disebabkan oleh variasi tegangan permukaan Samudera Pasifik, mempunyai dampak signifikan terhadap iklim dunia. Suhu permukaan laut di Samudera Pasifik segera berguna untuk kekeringan dan banjir di wilayah masing-masing. Selain itu, ENSO juga mempengaruhi frekuensi dan intensitas badai tropis di berbagai wilayah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami dampak El Niño-Southern Oscillation (ENSO) terhadap pemanasan global. Metode yang digunakan merupakan metode prisma analisis dimana sumber rujukan utama yaitu Scopus yang memperoleh 8 artikel rujukan yang mengarah pada pembahasan ENSO. Selain Scopus sumber rujukan lain yaitu melalui Google Scholar yang memperoleh 5 artikel rujukan yang sesuai dengan judul yang diambil. Studi ilmiah telah mengidentifikasi keterkaitan kompleks antara ENSO dan pola iklim global serta dampaknya pada peristiwa cuaca ekstrem seperti badai tropis, kekeringan, dan banjir. El Niño umumnya mencapai puncaknya pada musim dingin di belahan utara dan beralih ke La Niña pada musim panas berikutnya. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang ENSO, kita dapat lebih efektif dalam melawan perubahan iklim yang disebabkan oleh fenomena ini. Kerjasama lintas batas dan upaya bersama diperlukan untuk mengurangi kerentanan terhadap dampak ENSO dan melindungi planet ini bagi generasi mendatang.

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan suatu ancaman yang serius sehingga berdampak pada manusia dan planet ini.

Iklim adalah kondisi cuaca rata-rata yang terjadi di suatu wilayah atau planet dalam jangka waktu yang lama. Iklim mencakup berbagai faktor atmosfer yang bertahan lama seperti suhu, kelembapan, angin, dan curah hujan.

Perubahan iklim global saat ini menjadi topik yang semakin penting dalam konteks perubahan lingkungan global. Saat El Niño terjadi, daerah pembentukan awan bergeser dari Indonesia menuju Samudra Pasifik bagian tengah, mengakibatkan penurunan curah hujan di Indonesia. Berdasarkan pemantauan BMKG selama 10 hari terakhir di bulan Juli 2023, indeks El Niño-Southern Oscillation (ENSO) menunjukkan nilai positif sebesar 1,14, yang menandakan intensitas El Niño semakin menguat sejak awal Juli. Puncak El Niño di Indonesia diprediksi akan terjadi pada bulan Agustus-September 2023. Meskipun demikian, beberapa wilayah di Indonesia, termasuk DKI Jakarta, masih mengalami curah hujan yang rendah pada bulan September. Oleh karena itu, meskipun puncak El Niño diperkirakan terjadi pada bulan Agustus-September, beberapa daerah diprediksi baru akan mengalami hujan pada bulan November. Jadi, meskipun puncak El Niño sudah berlalu, kekeringan masih akan berlanjut. Cuma memang tidak se-intens di bulan Agustus-September. Osilasi Selatan (ENSO), juga dikenal sebagai El Niño, merupakan fenomena alam yang memiliki dampak signifikan terhadap iklim di seluruh dunia. El Niño-Southern Oscillation (ENSO) ialah suatu peristiwa global yang kompleks yang memiliki dampak signifikan terhadap cuaca, iklim, dan berbagai sektor di Indonesia. Fenomena ini ditandai dengan perubahan pola angin dan di Samudera Pasifik suhu pada permukaan laut, yang dapat menyebabkan perubahan pola curah dari hujan, suhu udara, dan fenomena iklim ekstrem di berbagai wilayah dunia. El Niño berlangsung setiap 2-7 tahun yang akan berlangsung 12 hingga 15 bulan. Fenomena ini ditandai dengan tiga jenis siklus atau fase: El Niño netral dan La Niña (Arepalli and Naik 2024).

Fase netral ENSO ditandai dengan kelembapan tinggi dan curah hujan berulang di Australia dan Asia, sedangkan wilayah Amerika Selatan mengalami iklim yang lebih kering. Periode netral sirkulasi ENSO menunjukkan kemiripan dengan fase La Nina lemah, ketika angin pasat mendorong air hangat dari Samudera Pasifik ke arah barat dan air dingin naik ke arah timur. Hal ini menciptakan kondisi yang mendorong terjadinya upwelling air dingin yang kaya nutrisi, yang penting untuk produksi biologis di laut, khususnya melalui pengembangan fitoplankton (Taylor et al. 2008). Tanda-tanda El Niño meliputi peningkatan berkala suhu permukaan laut di sekitar wilayah Pasifik serta peningkatan perbedaan tekanan atmosfer. El Niño memberikan dampak yang signifikan terhadap iklim Indonesia yang ditandai dengan berkurangnya curah hujan dan munculnya musim kemarau yang panjang. Dampak langsung tersebut dapat memicu permasalahan tambahan di sektor pertanian, antara lain gagal panen dan berkurangnya ketahanan pangan (Safitri 2015). Ketidakpastian Ketahanan Pangan: Kekeringan yang

sering terjadi akibat El Niño dapat mengganggu produksi padi dan tanaman pangan lainnya, sehingga mengancam ketahanan pangan nasional. El Niño sendiri dapat berdampak pada ketersediaan air bersih. Kekeringan dan pencemaran air akibat ENSO dapat menyebabkan krisis air bersih di berbagai wilayah, terutama di daerah pedesaan. Selain itu kekeringan yang diakibatkan El Niño berisiko pada terjadinya kebakaran hutan, terutama pada wilayah gambut. Kebakaran hutan ini dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang parah, emisi gas rumah kaca, dan gangguan kesehatan masyarakat.

Pengaruh ENSO terhadap curah hujan tahunan di Indonesia lebih signifikan dibandingkan dengan pengaruh El Niño atau La Niña secara individu. Pengaruh ENSO terhadap curah hujan musiman di Indonesia juga signifikan, dengan El Niño memiliki pengaruh sedang dan La Niña memiliki pengaruh yang lebih lemah. ENSO juga berpengaruh signifikan terhadap kelembapan relatif dan suhu permukaan laut di Sulawesi, dengan hubungan negatif antara ENSO, curah hujan, dan indeks Niño 3,4 di kota Palembang. Pengaruh ENSO terhadap curah hujan tahunan di Indonesia bervariasi di berbagai wilayah, dengan pengaruh terbesar di Gorontalo dan terkecil di Sarmi dan Sentani. Pengaruh El Niño dan La Niña terhadap curah hujan musiman di Indonesia juga bervariasi, dengan El Niño memberikan pengaruh sedang dan La Niña memberikan pengaruh lemah. Selain itu, pengaruh ENSO terhadap kelembapan relatif dan suhu permukaan laut di Sulawesi berbeda dari pengaruh ENSO terhadap curah hujan tahunan di Indonesia. Pengaruh Indian Ocean Dipole (IOD) terhadap peluruhan El Niño juga berbeda, dengan IOD positif dengan kutub barat yang kuat memiliki pengaruh signifikan dalam mempercepat peluruhan El Niño, sementara kutub barat yang lemah tidak memiliki pengaruh signifikan. Pengaruh Osilasi Pasifik Utara (NPO) terhadap El Niño-Southern Oscillation (ENSO) juga berbeda, dengan peningkatan dampak NPO musim dingin pada ENSO yang tidak hanya disebabkan oleh perubahan intensitas NPO musim dingin, tetapi juga oleh faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam analisis lebih lanjut.

Di kalangan ilmuwan iklim, bagaimana ENSO dapat berubah seiring dengan pemanasan global dianggap sebagai salah satu pertanyaan paling penting dalam ilmu perubahan iklim (Cai et al. 2015). Namun, selain ENSO, terdapat variasi iklim lain di Samudera Hindia dan Atlantik yang tampaknya merupakan faktor pendorong independen yang penting dan dapat diprediksi terhadap variabilitas curah hujan di Afrika (Ficchi et al. 2021). Dalam artikel ini, kita akan membahas secara mendalam dampak ENSO terhadap iklim serta pengaruhnya terhadap lingkungan dan kehidupan manusia.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini merupakan metode prisma analisis dimana sumber rujukan utama yaitu Scopus yang memperoleh 8 artikel rujukan yang mengarah pada pembahasan ENSO. Selain Scopus sumber rujukan lain yaitu melalui Google Scholar yang memperoleh 5 artikel rujukan yang sesuai dengan judul yang diambil. Dari 13 artikel yang di peroleh penulis menyeleksi ulang artikel berdasarkan judul yang merujuk pada materi yang dibutuhkan. Berdasarkan berbagai literatur terbaru (maksimal 20 tahun terakhir), peneliti melakukan analisis dan merangkum temuan utamanya. Analisis ini disajikan

dalam bentuk tabel yang mencakup lima komponen penting dari setiap literatur: identitas penulis, judul penelitian, tahun penelitian, metodologi penelitian, dan hasil penelitian. Setelah melakukan analisis dan diskusi mendalam, peneliti menghasilkan ringkasan temuan yang akan dicantumkan dalam bab berikutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari literature review pada lima artikel, dari ke lima artikel tersebut dua besumber dari jurnal nasional dan tiga bersumber dari jurnal internasional, penulis menemukan bahwa ENSO berpengaruh pada curah hujan. Berikut data yang diperoleh:

No	Penulis, Judul, dan Jurnal	Metode	Hasil Penemuan
1	Sitompul, Z., & Nurjani, E. (2013). Pengaruh el nino southern oscillation (ENSO) terhadap curah hujan musiman dan tahunan di Indonesia. <i>Jurnal Bumi Indonesia</i> , 2(1).	Dengan menggunakan analisis regresi data curah hujan bulanan dan Southern Oscillation Index (SOI), penelitian ini menguji pengaruh El Niño Southern Oscillation (ENSO) terhadap curah hujan musiman dan tahunan di Indonesia. Nilai bulanan untuk curah hujan dan SOI adalah data yang diperiksa. Analisis regresi dilakukan dengan menggunakan software SPSS versi 19. Tahun normal El Niño dan La Niña dihitung dengan menggunakan pendekatan Chiew (1998), dimana nilai rata-rata SOI pada bulan April sampai Maret tahun berikutnya menjadi dasar perhitungan El Niño dan La Niña. kriteria La Nina. Studi ini bertujuan untuk menilai dampak ENSO terhadap curah hujan musiman dan tahunan di Indonesia antara tahun 1960 dan 2004.	Dengan pengaruh ENSO sebesar 16,363% terhadap curah hujan tahunan di Indonesia, hasil penelitian menunjukkan bahwa ENSO mempunyai dampak yang lebih besar dibandingkan El Niño atau La Niña saja. El Niño, La Niña, dan ENSO berdampak di berbagai wilayah di Indonesia. Pengaruh tertinggi dari ENSO terjadi di Gorontalo, sementara pengaruh terendah ditemukan di Sarmi dan Sentani. Mayoritas wilayah di Indonesia mengalami dampak sedang dari ENSO. Selain itu, Curah hujan musiman di Indonesia juga sangat dipengaruhi oleh El Niño dan La Niña. dengan El Niño cenderung memberikan pengaruh sedang dan La Niña memberikan pengaruh lemah sedang dan La Niña memberikan pengaruh yang kurang signifikan. Variasi curah hujan tahunan dan musiman di Indonesia juga disebabkan oleh kedua proses ini.
2	Ariska, M., Akhsan, H., Muslim, M., Romadoni, M., & Putriyani, F. S. (2022). Prediksi perubahan iklim ekstrem di kota Palembang dan kaitannya dengan fenomena el niño-southern oscillation (enso) berbasis machine learning. <i>JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)</i> , 6(2), 79-86.	Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini meliputi analisis regresi linier, analisis korelasi, dan prediksi dengan machine learning. Selain itu, penelitian ini menggunakan RClimate dan Google Colab untuk menganalisis data historis dan melacak laju pertumbuhan penduduk di Palembang.	Temuan penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif antara kelengkungan Hujan dengan indeks Ni±o 3,4% di Kota Palembang. Selain itu, terdapat bukti penurunan curah hujan yang signifikan dan peningkatan suhu udara sepanjang periode 2000–2020. Berdasarkan analisis tersebut, proyek perubahan iklim ekstrem di Kepulauan Palembang juga menunjukkan adanya kenaikan muka air laut minimum dan maksimum di wilayah tersebut. Kebakaran hutan dan lahan mengatur peningkatan suhu ekstrem ini. Meskipun Palembang terletak di wilayah Asia yang dipenuhi monsun, fenomena ENSO tidak memberikan dampak nyata terhadap variasi kelembapan di kota ini.
3	Wu, J., Fan, H., Lin, S., Zhong, W., He, S., Keenlyside, N., & Yang, S. (2024). Boosting effect of strong western pole of	Metode penelitian observasional dan eksperimen model numerik untuk mengeksplorasi dampak Indian Ocean Dipole (IOD) terhadap peluruhan El Niño. Penelitian ini mencakup analisis distribusi	Pengaruh Indian Ocean Dipole (IOD) terhadap peluruhan El Niño. Penelitian ini menunjukkan bahwa IOD positif dengan kutub barat yang kuat memiliki pengaruh signifikan dalam mempercepat peluruhan

No	Penulis, Judul, dan Jurnal	Metode	Hasil Penemuan
	<p>the Indian Ocean Dipole on the decay of El Niño events. <i>Npj Climate and Atmospheric Science</i>, 7(1), 1–11.</p>	<p>spasial anomali suhu permukaan laut (SST) dan klimatologi angin barat khatulistiwa di Samudera Hindia. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data rata-rata bulanan dari berbagai sumber seperti National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dan Pusat Prakiraan Cuaca Jarak Menengah Eropa (ECMWF) untuk mendukung analisisnya. Selain itu, penelitian ini juga mencoba menggunakan ukuran sampel simulasi jangka panjang dari model Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6) fase 6 untuk memeriksa hasilnya.</p>	<p>El Niño, sementara kutub barat yang lemah tidak memiliki pengaruh signifikan. IOD yang kuat menyebabkan pola Indian Ocean Basin (IOB) yang kuat, dengan puncak yang lebih awal, dan mempengaruhi sirkulasi atmosfer di Pasifik. Di sisi lain, IOD yang lemah tidak memiliki efek yang sama. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti perbedaan dalam intensitas dan cakupan kedua kutub IOD, yang tidak diperhitungkan dalam penelitian sebelumnya karena adanya kombinasi peristiwa El Niño yang cepat dan lambat. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa model iklim memiliki bias dalam mensimulasikan IOD, yang dapat mempengaruhi prediksi peluruhan El Niño. Ditemukan bahwa IOD dengan kutub barat yang lebih kuat mendukung IOB yang lebih kuat dan lebih awal mencapai puncaknya, sementara IOD yang lemah tidak memberikan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan IOB. Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa IOD memang memberikan pengaruh yang signifikan secara fisik terhadap peluruhan El Niño, bukan hanya menunjukkan korelasi statistik dengan ENSO pada tahun berikutnya. Selain itu, simulasi model iklim juga menunjukkan bias dalam mensimulasikan IOD, yang dapat mempengaruhi prediksi peluruhan El Niño.</p>
4	<p>Stephens, S. A., & Ramsay, D. L. (2014). Extreme cyclone wave climate in the Southwest Pacific Ocean: Influence of the El Niño Southern Oscillation and projected climate change. <i>Global and Planetary Change</i>, 123(PA), 13–26.</p>	<p>Metode penelitian yang digunakan dalam artikel tersebut adalah penggunaan model siklon stokastik (SCM) untuk mengukur tinggi gelombang ekstrim dari siklon tropis dan memperkirakan dampak El Niño Southern Oscillation (ENSO) terhadap ketinggian gelombang ekstrim. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan model parametrik untuk mensimulasikan medan gelombang siklon dan memetakan hasilnya hingga ke selatan 30°S untuk menggambarkan transisi ke arah badai garis lintang tengah. Metode ini memungkinkan peneliti untuk memahami perilaku siklon tropis dan dampaknya terhadap gelombang ekstrim di wilayah barat daya Pasifik. Pada penelitian ini juga dilakukan pendekatan deterministik statistik untuk penilaian risiko frekuensi El Niño ekstrem yang kemungkinan akan meningkatkan dampak badai.</p>	<p>Penelitian ini mengenai pengaruh El Niño Southern Oscillation (ENSO) terhadap gelombang siklon ekstrim di Samudera Pasifik Barat Daya serta proyeksi perubahan iklim terhadap intensitas dan frekuensi kejadian siklon. Penelitian ini menggunakan model siklon stokastik (SCM) untuk mengukur tinggi gelombang ekstrim dari siklon tropis dan memperkirakan dampak ENSO terhadap ketinggian gelombang ekstrim serta proyeksi perubahan iklim terhadap siklon. Hasilnya menunjukkan bahwa kondisi El Niño menyebabkan gelombang siklon ekstrim yang lebih tinggi di wilayah barat daya Pasifik, sementara simulasi perubahan iklim menunjukkan sedikit perubahan pada ketinggian gelombang ekstrim. Penelitian ini juga menggunakan model parametrik untuk mensimulasikan medan gelombang siklon dan memetakan hasilnya hingga ke selatan 30°S untuk menggambarkan transisi ke arah badai garis lintang tengah. Penelitian ini memberikan wawasan yang mendalam tentang pengaruh ENSO</p>

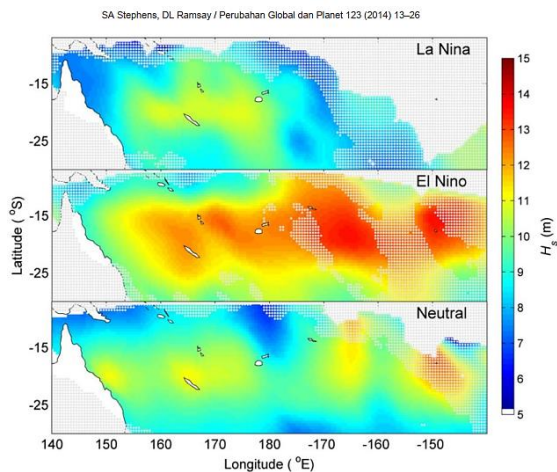
No	Penulis, Judul, dan Jurnal	Metode	Hasil Penemuan
			<p>terhadap gelombang siklon ekstrim, serta proyeksi perubahan iklim terhadap intensitas dan frekuensi kejadian siklon. Dengan menggunakan model siklon stokastik dan parametrik, Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perilaku siklon tropis dan dampaknya terhadap gelombang ekstrem di wilayah Pasifik Barat Daya.. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar penting dalam pemodelan dan proyeksi perubahan iklim di masa depan, terutama terkait dengan dampak siklon tropis. ENSO memiliki pengaruh signifikan terhadap tinggi gelombang ekstrim dari siklon tropis di Samudera Pasifik Barat Daya, yang juga dapat berdampak pada proyeksi perubahan iklim. Dengan demikian, pemahaman yang mendalam tentang hubungan antara ENSO, perubahan iklim, dan siklon tropis sangat penting untuk mitigasi bencana dan perubahan iklim yang akan datang.</p>
5	<p>Stephens, S. A., & Ramsay, D. L. (2014). Extreme cyclone wave climate in the Southwest Pacific Ocean: Influence of the El Niño Southern Oscillation and projected climate change. <i>Global and Planetary Change</i>, 123(PA), 13–26.</p>	<p>Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini mencakup analisis ulang data observasi, simulasi dengan model CMIP6 dan SSP5-8.5, serta uji bootstrap untuk memperkirakan perubahan rasio kejadian NPO dan ENSO. Dalam studi ini, pendekatan yang dilakukan adalah menggunakan pendekatan fungsi basis umum (CBF) untuk mengekstraksi pola NPO sebagai pengganti EOF2 anomali SLP Pasifik Utara.</p>	<p>Studi ini menunjukkan bahwa pemanasan global telah meningkatkan pengaruh Osilasi Pasifik Utara (NPO) terhadap El Niño-Southern Oscillation (ENSO) dengan meningkatnya Respons terhadap suhu permukaan laut, curah hujan, dan anomali angin di wilayah khatulistiwa Pasifik menunjukkan bahwa peningkatan dampak NPO (North Pacific Oscillation) musim dingin terhadap ENSO dapat mempengaruhi prediksi variabilitas antar tahun di masa depan. Model iklim menunjukkan bahwa NPO musim dingin bisa mempengaruhi peristiwa ENSO di masa mendatang, namun diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami hubungan ini secara lebih mendalam. Amplitudo NPO musim dingin juga memainkan peran penting dalam menentukan ... kekuatan pengaruh NPO musim dingin pada ENSO, dengan peningkatan dampak NPO musim dingin pada ENSO yang tidak hanya disebabkan oleh perubahan intensitas NPO musim dingin, tetapi juga oleh faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam analisis lebih lanjut.</p>

Berdasarkan hasil dari kajian 5 jurnal diatas bahwasananya dampak ENSO dapat dirasakan secara luas di seluruh penjuru dunia. Selama periode El Niño, kenaikan suhu permukaan laut dapat mengubah pola cuaca, menyebabkan kekeringan di beberapa daerah dan banjir di daerah yang lain. Pada penelitian yang telah dilakukan keefektifan penerapan metode penelitian

observasional dan eksperimen model numerik sehingga data yang di peroleh sesuai dan lebih akurat. Perubahan mempengaruhi musim kemarau dan musim hujan di banyak belahan dunia sehingga menyebabkan ketidak stabilan meteorologi dan mempengaruhi kehidupan manusia, tumbuhan dan hewan (Nurafifah, Zainuri, dan Wirasatriya 2022). Beberapa penelitian

ilmiah telah mengungkap hubungan kompleks antara ENSO dan pola iklim global, termasuk peristiwa cuaca ekstrem seperti badai tropis, kekeringan, dan banjir. Pemahaman yang lebih mendalam tentang ENSO dapat membantu memprediksi dan mengurangi dampak negatifnya terhadap kehidupan dan lingkungan (Kuleshov et al. 2010).

Perbedaan kejadian El Nino cepat dan El Nino lambat biasanya mencapai puncaknya pada musim dingin di utara dan berubah menjadi La Nina pada musim panas berikutnya. Osilasi Selatan El Niño atau bisa disebut ENSO diketahui mempengaruhi frekuensi dan distribusi spasial siklon di lautan dunia, secara signifikan mempengaruhi pola kejadian siklon dan menyebabkan risiko siklon di Pasifik Selatan bagian barat (Diamond, Lorrey, and Renwick 2013). Perubahan iklim diperkirakan akan mempengaruhi frekuensi dan intensitas siklon tropis. Saat ini tidak ada tren yang signifikan secara statistik mengenai jumlah atau intensitas siklon tropis Pasifik Selatan (Kuleshov et al. 2010). Iklim berarti kejadian El Niño yang ekstrem akan berlipat ganda di masa depan sebagai respons terhadap pemanasan rumah kaca, ancaman angin topan, dan gelombang badai di kawasan Pasifik Barat Daya. Permukaan air laut meningkat dan akan terus meningkat selama berabad-abad (Galloway, Cole, and Lewis 2013). Hal ini meningkatkan elevasi dasar untuk jatuhnya gelombang di pantai dan memperburuk kenaikan permukaan laut di masa depan pada tahun Iklim gelombang siklon ekstrim (Stephens and Ramsay 2014)

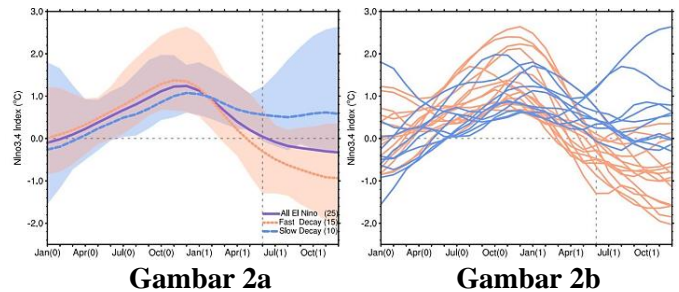


Gambar 1. Ketinggian gelombang signifikan (m) untuk berbagai kondisi ENSO, untuk probabilitas pelampauan tahunan sebesar 1/50, dihitung dari rata-rata tiga model parametrik siklon. Topeng abu-abu terang menunjukkan lokasi di mana terdapat pengamatan dari kurang dari 6 siklon unik dalam radius 3°: menunjukkan rendahnya keyakinan terhadap hasil di area.

El Niño-Osilasi Selatan mempunyai dampak signifikan terhadap intensitas dan sebaran spasial bahaya gelombang siklon. Di sebelah barat Garis Penanggalan

Internasional, iklim siklon ekstrem di wilayah Kepulauan Vanuatu tinggi sepanjang fase ENSO. Di sebelah timur Dateline tingkat pengamatan siklon menurun dan ancaman siklon relatif rendah selama periode La Niña. Namun, pengamatan siklon di sebelah timur Dateline cenderung dikaitkan dengan kondisi El Nino dan lebih intens, di mana gelombang cuaca terbesar cenderung terjadi jika dirata-ratakan selama simulasi ribuan tahun (Stephens and Ramsay 2014).

El Niño biasanya mencapai puncaknya pada musim dingin di bagian utara dan bertransisi ke La Nina pada musim panas berikutnya (kurva ungu pada Gambar 1a). Identifikasi peristiwa El Nino peluruhan cepat FD dan peluruhan lambat SD berdasarkan evolusi temporal anomali SST Niño-3.4 dari tahun 1950 hingga 2020 (Gambar 1). Penyelidikan anomali JJANiño-3.4 SST di puncak musim dingin dan musim panas yang memudar (Juni-Juli-Agustus JJA dan tahun-tahun memudarnya dikurangi oleh kondisi non-ENSO. Lima belas kasus FD dan 10 kasus SD dibedakan dengan jelas berdasarkan kriteria klasifikasi (Gambar 2b), kriteria dirinci di bagian metode. Dibandingkan dengan evolusi gabungan seluruh peristiwa El Niño, rangkaian waktu gabungan peristiwa FD dan SD El Niño terjadi hampir bersamaan dalam tahap perkembangannya. Namun, pada fase kolaps, kejadian FD mengalami transisi fase sebelum bulan Mei, sedangkan indeks komposit Ni o 3.4 untuk kejadian SD tetap positif pada tahun setelah fase puncak (kurva oranye dan biru Gambar 2a) (Wu et al. 2024).



(Gambar 2a kurva ungu). Gambar 2 Evolusi bulanan indeks Ni o 3.4 untuk semua El Ni o (ungu), El Ni o yang cepat membusuk (FD, oranye dan El Ni o yang membusuk lambat (SD, biru) . a Kurva berarsir tebal masing masing mewakili rata rata dan penyebaran indeks. b Garis padat mewakili kejadian FD (oranye) dan SD (biru). Angka '0' dan '1' pada absis masing masing mewakili tahun terjadinya dan penurunan El Ni o.

Peristiwa El Niño peluruhan cepat (FD) dan peluruhan lambat (SD) berdasarkan evolusi temporal anomali SSTNiño-3.4 selama tahun 1950–2020 (Gambar 2) selama musim panas (Juni–Juli–Agustus (JJA))) puncak dan penurunan musim dingin, dan untuk menguji apakah anomali SST JJANiño-3.4 pada tahun-tahun tersebut menurun dengan kondisi non-ENSO. Lima belas

kasus FD dan 10 kasus SD dibedakan dengan jelas berdasarkan kriteria klasifikasi. Dibandingkan dengan gabungan evolusi seluruh peristiwa El Niño, gabungan rangkaian waktu peristiwa El Niño FD dan SD terjadi hampir bersamaan dalam tahap perkembangannya. Namun, pada fase kolaps, kejadian FD mengalami transisi fase sebelum bulan Mei, sedangkan indeks komposit Ni o 3.4 untuk kejadian SD tetap positif pada tahun setelah fase puncak (kurva oranye dan biru Gambar 2a) (Wu et al. 2024).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ENSO regional dan interaksi udara-laut mempunyai dampak yang signifikan terhadap permulaan dan evolusi berbagai jenis IOD41. Selain itu, Jiang et al.³² menunjukkan bahwa musim hujan musim panas di Asia Selatan dapat berkontribusi terhadap berbagai jenis IOD. Secara khusus, IOD kutub barat timur yang kuat dikaitkan dengan monsun musim panas Asia Selatan SASM yang lemah (kuat), sedangkan IOD kutub barat dan timur yang serupa terjadi tanpa anomali SASM yang jelas. Analisis komprehensif lebih lanjut mengenai kontribusi relatif dari faktor-faktor ini sangat berharga dan harus dibahas dalam penelitian selanjutnya (Jiang et al. 2022).

Fenomena El Niño tidak aktif antara tahun 1966 dan 1976, namun kemudian menjadi lebih aktif, terutama pada tahun 1990-an. Variasi NHZI spesifik lintang menengah menunjukkan korelasi yang baik dengan SOI hingga akhir tahun 1970-an. Peningkatan ini terjadi dengan cepat pada akhir tahun 1980an dan tidak bersamaan dengan perubahan aktivitas ENSO setiap tahunnya. Perubahan garis lintang tengah pada tahun 1990-an diyakini tidak ada kaitannya dengan perubahan di garis khatulistiwa, namun diyakini berkorelasi dengan penguatan pusaran kutub. Anomali MOI menunjukkan nilai negatif pada tahun 1950an, awal tahun 1970an, akhir tahun 1980an, dan 1990an, namun menunjukkan nilai positif pada pertengahan hingga akhir tahun 1960an dan pertengahan tahun 1980an ketika anomali NHZI menunjukkan nilai negatif (Sugimoto 2011).

Dari hasil penelitian sebelumnya dapat di ketahui bahwa kelima artikel penelitian diatas memberikan gambaran yang komprehensif tentang dampak ENSO terhadap iklim global, dengan fokus pada variabilitasnya, hubungannya dengan perubahan iklim, dan jenis El Niño yang berbeda. Pemahaman yang lebih baik tentang ENSO sangat penting untuk memprediksi dan mengurangi dampak negatifnya terhadap kehidupan dan lingkungan. ENSO diprediksikan akan lebih sering terjadi dan lebih kuat di masa depan akibat perubahan iklim. Hal ini akan meningkatkan frekuensi dan intensitas fenomena cuaca ekstrem seperti kekeringan, banjir, badai tropis, dan gelombang badai. Sehingga pentingnya mitigasi yang perlu di lakukan untuk mempersiapkan langkah-langkah mitigasi dan adaptasi diantaranya meningkatkan sistem peringatan dini untuk fenomena cuaca ekstrem.

Melakukan edukasi dan pelatihan kepada masyarakat tentang cara menghadapi dampak ENSO.

4. KESIMPULAN

Dari data yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa El Niño-Southern Oscillation (ENSO) memiliki dampak yang signifikan terhadap iklim dan lingkungan di seluruh dunia. ENSO disebabkan oleh fluktuasi suhu permukaan laut Pasifik yang mempengaruhi pola cuaca global. El Niño, salah satu fase ENSO, dapat meningkatkan suhu permukaan laut di wilayah Pasifik tengah dan timur berdampak pada pola cuaca dan memengaruhi musim kemarau dan hujan di berbagai wilayah dunia. Dampak yang ditimbulkan antara lain kekeringan, banjir, dan ketidakstabilan iklim yang berdampak pada kehidupan manusia, tumbuhan, dan hewan. Selain itu, penelitian ilmiah menunjukkan hubungan kompleks antara ENSO dan pola iklim global, termasuk peristiwa cuaca ekstrem seperti badai tropis, kekeringan, dan banjir. Perubahan iklim juga diperkirakan akan mempengaruhi frekuensi dan intensitas siklon tropis di Pasifik Selatan. Selain ENSO, terdapat juga modus variabilitas iklim lain di Samudera Hindia dan Atlantik yang mempengaruhi variabilitas curah hujan. Perubahan iklim menjadi topik yang semakin penting dalam konteks pemanasan global. Penelitian mengenai ENSO dan fenomena iklim lainnya diharapkan dapat membantu memprediksi dan mengurangi dampak negatifnya terhadap kehidupan dan lingkungan. El Niño-Southern Oscillation ENSO berperan penting dalam mengatur dinamika iklim global. Dengan lebih memahami mekanisme dan dampaknya,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada semua yang telah berkontribusi dalam penulisan artikel. Pertama-tama, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Surabaya yang telah menyediakan fasilitas dan lingkungan akademik yang sangat baik. Tanpa dukungan dari universitas, artikel ini tidak akan mungkin terselesaikan dengan baik. Kepada dosen pembimbing Bapak Wahono Widodo penulis berterima kasih atas bimbingan, dukungan, dan pengetahuan yang telah Anda bagikan selama proses penulisan artikel ini. Arahan dan saran sangat berharga dan menjadi pilar utama dalam penyelesaian artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih atas waktu dan tenaga yang telah disediakan untuk menyelesaikan artikel ini. Penulis merasa bangga telah berhasil menyelesaikan artikel dengan sekuat tenaga.

REFERENSI

Arepalli, P. G., & Naik, K. J. (2024). *Informatika Ekologis*. 79. Cai, W., Santoso, A., Wang, G., Yeh, S. W., An, S. II, Cobb, K. M., Collins, M., Guilyardi, E., Jin, F. F., Kug, J. S.,

- Lengaigne, M., Mcphaden, M. J., Takahashi, K., Timmermann, A., Vecchi, G., Watanabe, M., & Wu, L. (2015). ENSO and greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 5(9), 849–859. <https://doi.org/10.1038/nclimate2743>
- Diamond, H. J., Lorrey, A. M., & Renwick, J. A. (2013). A southwest pacific tropical cyclone climatology and linkages to the El Niño-Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 26(1), 3–25. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00077.1>
- Ficchi, A., Cloke, H., Neves, C., Woolnough, S., Coughlan de Perez, E., Zsoter, E., Pinto, I., Meque, A., & Stephens, E. (2021). Beyond El Niño: Unseen climate modes drive African floods. *Weather and Climate Extremes*, 33(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100345>
- Galloway, T., Cole, M., & Lewis, C. (2013). ORE Open Research Exeter. *Journal of Cleaner Production*, 0–48.
- Jiang, J., Liu, Y., Mao, J., Li, J., Zhao, S., & Yu, Y. (2022). Three Types of Positive Indian Ocean Dipoles and Their Relationships with the South Asian Summer Monsoon. *Journal of Climate*, 35(1), 405–424. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-0089.1>
- Kuleshov, Y., Fawcett, R., Qi, L., Trewin, B., Jones, D., McBride, J., & Ramsay, H. (2010). Trends in tropical cyclones in the South Indian Ocean and the South Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 115(1), 1–9. <https://doi.org/10.1029/2009JD012372>
- Nurafifah, U. O., Zainuri, M., & Wirasatriya, A. (2022). Pengaruh ENSO dan IOD Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Pada Periode Upwelling di Laut Banda. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(3), 74–85. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i3.14971>
- Safitri, S. (2015). El Nino , La Nina dan Dampaknya Terhadap Kehidupan. *Jurnal Criksetra*, 4(8), 153.
- Stephens, S. A., & Ramsay, D. L. (2014). Extreme cyclone wave climate in the Southwest Pacific Ocean: Influence of the El Niño Southern Oscillation and projected climate change. *Global and Planetary Change*, 123(PA), 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.10.002>
- Sugimoto, T. (2011). *Impact of El Niño events and climate regime shift on living resources in the western North Pacific*. 49, 113–127.
- Taylor, M. H., Wolff, M., Mendo, J., & Yamashiro, C. (2008). Changes in trophic flow structure of Independence Bay (Peru) over an ENSO cycle. *Progress in Oceanography*, 79(2–4), 336–351. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.006>
- Wu, J., Fan, H., Lin, S., Zhong, W., He, S., Keenlyside, N., & Yang, S. (2024). Boosting effect of strong western pole of the Indian Ocean Dipole on the decay of El Niño events. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00554-5>