



DAMPAK ANOMALI IKLIM DI WILAYAH INDO-PASIFIK TERHADAP CURAH HUJAN EKSTREM DI KEPULAUAN NUSA TENGGARA

Putri Anggraini¹, Iskhaq Iskandar^{2*}, Suhadi³

¹ Program Magister Fisika, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

^{2*} FMIPA, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

³ Tarbiyah, Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Palembang, Indonesia

Email: iskhaq@mipa.unsri.ac.id

Abstract

Indonesia is the largest archipelagic country in the world, located between the Pacific Ocean and the Indian Ocean, this makes Indonesia vulnerable to climate change. One of the consequences of climate change is extreme rainfall. Precipitation is influenced by interannual modes of climate variability, such as El Niño–Southern Oscillation (ENSO) and Indian Ocean Dipole (IOD). Researchers analyzed potential climate anomalies in the Indo-Pacific region regarding rainfall in the Nusa Tenggara Islands and their relationship with ENSO and IOD phenomena for the time period 1992 - 2022. The data in this study is daily rainfall data at 6 BMKG stations in the Nusa Tenggara Islands region. Extreme rainfall calculations are carried out based on the rules from ETCCDI, namely PRCPTOT and Rnmm. Trend analysis was carried out using the Mankendall non-parametric statistical test and the Sens test to determine the influence of ENSO and IOD global climate anomalies on the Nusa Tenggara Islands. The highest PRCPTOT in 2021 was influenced by La Niña and the longest Rnmm in 2016 was influenced by the cold SST of the SON season.

Keywords: Climate Change, *El Niño–Southern Oscillation*, *Indian Ocean Dipole*, and Rainfall

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, yang berada di antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia hal ini menyebabkan Indonesia rentan terhadap perubahan iklim. Salah satu akibat perubahan iklim adalah curah hujan ekstrem. Curah hujan dipengaruhi oleh mode variabilitas iklim antar tahunan, seperti *El Niño–Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD). Peneliti menganalisis potensi anomali iklim di Wilayah Indo-Pasifik Terhadap Curah Hujan di Kepulauan Nusa Tenggara dan hubungannya dengan fenomena ENSO dan IOD periode waktu 1992 – 2022. Data pada penelitian ini adalah data curah hujan harian di 6 stasiun BMKG di wilayah Kepulauan Nusa Tenggara. Perhitungan curah hujan ekstrem dilakukan berdasarkan aturan dari ETCCDI yaitu PRCPTOT dan Rnmm. Analisis tren dilakukan dengan uji statistik non parametrik *mankendall* dan *sens test* untuk mengetahui pengaruh anomali iklim global ENSO dan IOD di Kepulauan Nusa Tenggara. PRCPTOT tertinggi tahun 2021 dipengaruhi La Niña dan Rnmm terpanjang tahun 2016 dipengaruhi SST dingin musim SON.

Kata Kunci: Perubahan Iklim, *El Niño–Southern Oscillation*, *Indian Ocean Dipole*, dan Curah Hujan

Cara Menulis Sitasi: Anggraini, P., Suhadi. S., Iskandar, I. (2024). Dampak Anomali Iklim Di Wilayah Indo-Pasifik Terhadap Curah Hujan Ekstrem Di Kepulauan Nusa Tenggara. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 11(2), halaman 171-182.

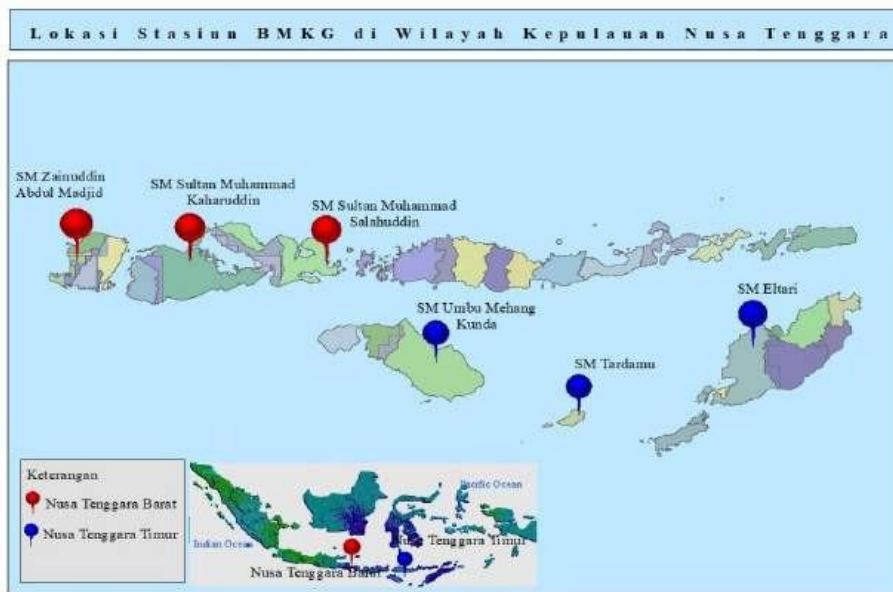
PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, yang berada di antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Selain posisi tersebut Indonesia juga berada di garis khatulistiwa kondisi ini mengakibatkan Indonesia rentan terhadap perubahan iklim (Syaifullah et al., 2013). Cuaca di Indonesia memiliki variasi curah hujan yang dipengaruhi oleh fenomena skala global, regional, dan lokal (As-Syakur et al., 2016). Secara keseluruhan, rata-rata curah hujan dipengaruhi secara signifikan oleh mode variabilitas iklim alami antar-tahunan, seperti *El Niño–Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD) (Aldrian & Dwi Susanto, 2003). Misalnya, peristiwa *El Niño* (*La Niña*) menimbulkan dampak yang serupa terhadap curah hujan di Indonesia dengan peristiwa *Indian Ocean Dipole* yang positif (negatif), sehingga menyebabkan kondisi yang lebih kering (basah). ENSO sendiri merupakan fenomena perubahan sirkulasi laut dan atmosfer menggesernya kumpulan air hangat di atas Samudera Pasifik bagian timur ke Samudera Pasifik bagian tengah/barat dan kemudian menimbulkan gerakan ke bawah (ke atas) di wilayah timur (tengah/barat) Samudera Pasifik yang tropis. Fenomena ini menyebabkan peningkatan kondisi basah di Afrika Timur, India, dan Asia Selatan serta kekeringan parah di wilayah Indonesia dan Australia (Lestari, 2018). *Mode Dipol/Zonal* Samudera Hindia (IOD/IOZM) adalah fenomena terkenal dengan variabilitas antar tahunan di Samudera Hindia (IO) (Saji et al., 1999) yaitu perbedaan SPL (anomali) di bagian barat Samudera Hindia dan SPL di bagian timur Samudera Hindia (Azuga et al., 2020) (Ashok et al., 2007). Kebanyakan kejadian IOD disertai dengan ENSO (Izumo et al., 2010). Artinya, selama *El Niño* berkembang, pergeseran zona anomali sel Walker akibat pemanasan Pasifik dari pusat ke timur dapat memicu peristiwa IOD dengan memodifikasi angin permukaan di wilayah tropis timur (Fischer et al., 2005).

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Lestari, 2018) menunjukkan bahwa Indonesia mengalami curah hujan rendah pada musim Juni-Juli-Agustus (JJA), sedangkan curah hujan tinggi terjadi pada musim Desember-Januari-Februari (DJF). Curah hujan yang relatif tinggi juga terjadi di Pulau Sumatera selama musim Maret-April-Mei (MAM) dan September-Oktober-November (SON), sedangkan curah hujan yang sangat rendah (Curah Hujan < 100 mm) terjadi di Pulau Nusa Tenggara selama musim JJA dan SON. Hasil korelasi antara indeks iklim pada kedua mode iklim tersebut menunjukkan bahwa kejadian IOD dan ENSO mempunyai korelasi yang tinggi dengan curah hujan di wilayah Indonesia pada musim JJA dan SON. Kepulauan Nusa Tenggara termasuk ke dalam tipe curah hujan monsun yang dicirikan oleh adanya perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dengan musim kemarau dalam satu tahun. Meskipun penelitian tentang curah hujan ekstrem untuk wilayah Indonesia telah banyak dilakukan sebelumnya, akan tetapi kajian tentang pengaruh anomali iklim global (ENSO dan IOD) terhadap curah hujan ekstrem di wilayah Kepulauan Nusa Tenggara belum dilakukan sehingga peneliti tertarik untuk melakukan kajian serupa di wilayah tersebut. Kajian curah hujan ekstrem menggunakan 4 indeks iklim ekstrem dari *Expert Team for Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) yaitu CDD, CWD, PRCPTOT, dan Rnmm.

METODE

Penelitian dilakukan di Kepulauan Nusa Tenggara yang terdiri dari Nusa Tenggara Barat (NTB) dan Nusa Tenggara Timur (NTT) dengan menggunakan data curah hujan pada stasiun BMKG. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan harian yang terekam di 6 stasiun BMKG di wilayah Kepulauan Nusa Tenggara periode 1992 – 2022. Dalam penelitian ini menggunakan *Dipole Mode Index* (DMI) dan indeks Niño3.4 dan SST Samudera Pasifik dan Hindia untuk mengklasifikasikan kejadian IOD dan ENSO. Rata-rata curah hujan musiman dihitung untuk menghasilkan sekumpulan data rata-rata curah hujan selama selama 4 periode bulan Desember-Januari-Februari (DJF), Maret-April-Mei (MAM), Juni-Juli-Agustus (JJA), dan September-Oktober-November (SON). Lokasi pengamatan stasiun BMKG yang digunakan yaitu:



Gambar 1. Lokasi stasiun pengamatan BMKG Kepulauan Nusa Tenggara

Lokasi pengamatan stasiun BMKG yang digunakan di kepulauan Nusa Tenggara terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. *Lokasi stasiun pengamatan BMKG wilayah Kepulauan Nusa Tenggara*

Nama stasiun	Lintang	Bujur
Stasiun Meteorologi Eltari	-10.16780	123.67039
Stasiun Meteorologi Tardamu	-10.50000	121.83000
Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda	-9.66944	120.29972
Stasiun Meteorologi Zainuddin Abdul Madjid	-8.7528	116.2498
Stasiun Meteorologi Sultan Muhammad Kaharuddin	-8.4885	117.4134
Stasiun Meteorologi Sultan Muhammad Salahuddin	-8.4867	119.8868

Penelitian ini terbagi menjadi tiga langkah utama, yaitu (1) tahap pengumpulan data (*download* dan kompilasi data), tahap ini dimulai dari membuat akun pada situs resmi BMKG <https://dataonline.bmkg.go.id/>. (2) tahap pengecekan data *quality control* (QC). (3) Analisis iklim ekstrem menggunakan *Software R RCLimdex* dan Analisis Data yang sudah dikompilasi per stasiun diolah menggunakan dengan menggunakan paket aplikasi dari *Expert Team for Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI). (4) analisis hubungan curah hujan ekstrem dengan fenomena *El Niño–Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD).

Indeks Curah Hujan

Penelitian ini difokuskan pada wilayah kepulauan Nusa Tenggara terhadap curah hujan ekstreme menggunakan 2 indek iklim ekstrem dari *Expert Team for Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) dalam Tabel 2.

Tabel 2. Indeks Curah Hujan dalam RCLimdex

Indeks	Deskripsi	Definisi	Satuan
PRCPTOT	<i>Wet day precipitation</i>	Total presipitasi tahunan dari hari basah	mm
Rnmm	<i>Heavy precipitation days</i>	Perhitungan jumlah hari secara tahunan saat Curah Hujan \geq nn, mm. nn adalah threshold yang ditentukan	Hari

Analisis Trend dan Besarnya Perubahan

Perubahan Curah Hujan Ekstrem dianalisa menggunakan Analisis Trend, khususnya uji *Mann-Kendall*. Berikut adalah persamaan uji *Mann-Kendall*. Hasil dari semua tahap menghasilkan nilai akhir dari S (Hidayat et al., 2019).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \tag{1}$$

dengan x_i dan x_j merupakan data berurutan dengan panjang data n . Nilai sign diperoleh dengan persamaan (2).

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1, & (x_j - x_i) > 0 \\ 0, & (x_j - x_i) = 0 \\ -1, & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \tag{2}$$

Lalu melakukan perhitungan nilai statistik Z normalisasi menggunakan persamaan (3). Nilai Z positif mengindikasikan kecenderungan meningkat, sedangkan nilai Z negatif mengindikasikan kecenderungan menurun (Nur Ariyani et al., 2022).

$$Z = \begin{cases} \frac{s - 1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & S > 0 \\ 0 \text{ jika} & S = 0 \\ \frac{s + 1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

dengan $\text{Var}(S)$ adalah varians yang diperoleh dengan persamaan (4). Sedangkan N adalah banyaknya tahun data hujan.

$$\text{var}(S) = \frac{N(N + 1)(2N + 5)}{18} \quad (4)$$

Besar kecilnya nilai perubahan dihitung menggunakan berdasarkan koefisien *Sen's slope*. Uji *Sen's slope* hampir sama dengan teknik regresi linear maupun kudrat terkecil. Nilai yang dihasilkan oleh grafik *Sen's* adalah besarnya perubahan yang terjadi selama kurun waktu pengamatan

$$Q_i = \frac{(x_j - x_i)}{j - i}, i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (5)$$

Nilai N dari Q_i diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar, kemudian *Sen's Slope* menggunakan median Q_i (Q_{med}) yang dihitung sebagai berikut:

$$Q_{med} = \begin{cases} Q_{\lfloor \frac{N+1}{2} \rfloor} & \text{jika } N = \text{ganjil} \\ \frac{Q_{\lfloor \frac{N}{2} \rfloor} + Q_{\lfloor \frac{N+1}{2} \rfloor}}{2} & \text{jika } N = \text{genap} \end{cases} \quad (6)$$

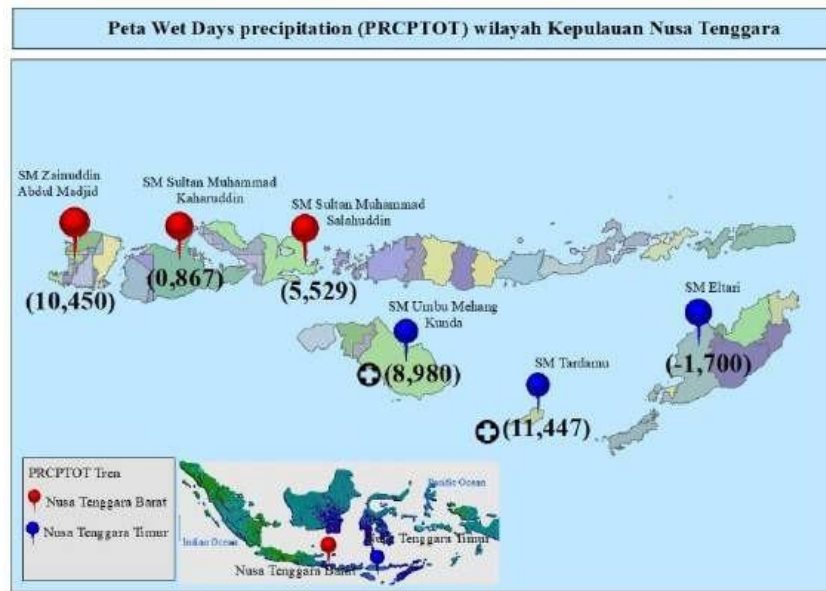
HASIL DAN PEMBAHASAN

Interaksi anomali iklim di Wilayah Indo-Pasifik tropis antartahun, yaitu *Indian Ocean Dipole* (IOD) di Samudera Hindia tropis dan *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) di Samudera Pasifik khatulistiwa. Analisis gabungan antara ENSO dan IOD terhadap anomali curah hujan musiman dan kondisi ekstrem di Wilayah Kepulauan Nusa Tenggara telah menghasilkan sejumlah hasil. Hasil analisa keterkaitan indeks (PRCPTOT dan Rnmm) dan peristiwa ENSO dan IOD diwakili pola spasial dalam bentuk peta dan temporal dalam bentuk grafik variasi curah hujan di Wilayah Kepulauan Nusa Tenggara berdasarkan *indeks Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCDDI). Rata-rata curah hujan musiman dianalisis menggunakan *Sea Surface Temperature* (SST) di Samudera Pasifik dan Hindia selama 4 periode bulan Desember-Januari-Februari (DJF), Maret-April-Mei (MAM), Juni-Juli-Agustus (JJA), dan September-Oktober-November (SON). Analisis menggunakan metode uji statistik *Mann-Kendall* dan *Sen's Slope* non-parametrik dapat menunjukkan hasil yang dapat menjawab tujuan

dari penelitian ini.

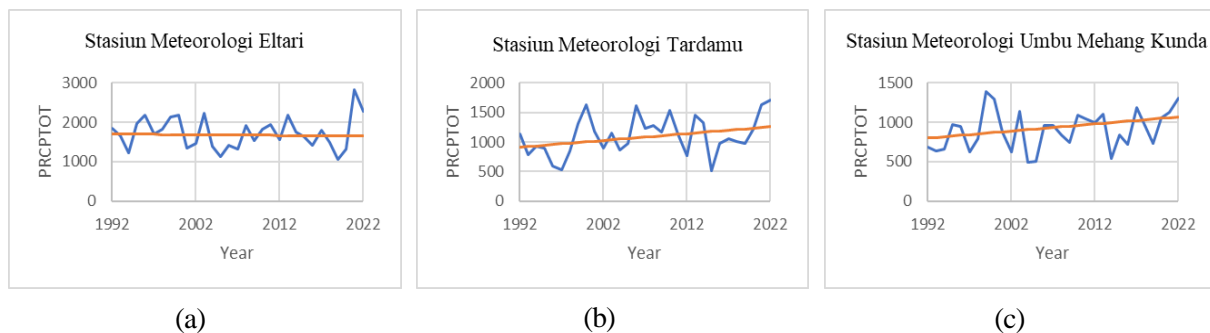
Analisis Tren Indek *Wet Days Precipitation* (PRCPTOT)

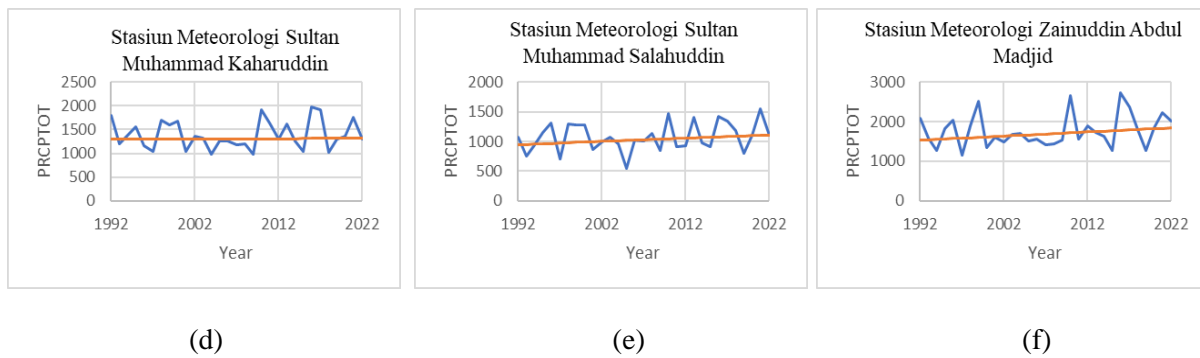
Wet Days Precipitation (PRCPTOT) adalah total presipitasi tahunan dari hari basah. Berikut adalah peta Tren PRCPTOT di setiap Stasiun BMKG.



Gambar 2. Peta wilayah *Wet day Precipitation* (PRCPTOT)

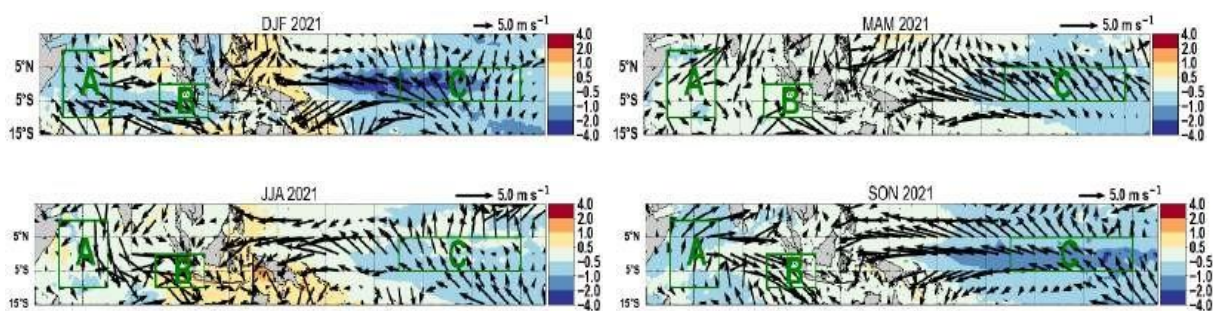
Rata-rata Stasiun mengalami peningkatan Tren PRCPTOT artinya intensitas curah hujan di Kepulauan Nusa Tenggara mengalami kenaikan. PRCPTOT yang mengalami tren tertinggi adalah di Stasiun Meteorologi Tardamu yang terletak di wilayah Provinsi NTT Kabupaten Sabu Raijua sebesar 11,447 mm artinya kenaikan PRCPTOT terjadi 355 mm setiap tahun. Penurunan Tren PRCPTOT terjadi di Stasiun Meteorologi Eltari yaitu -1,700. artinya penurunan Tren PRCPTOT terjadi 52 mm per tahun. Untuk melihat lebih detail indek PRCPTOT disetiap Stasiun diberikan grafik pada Gambar 3 berikut



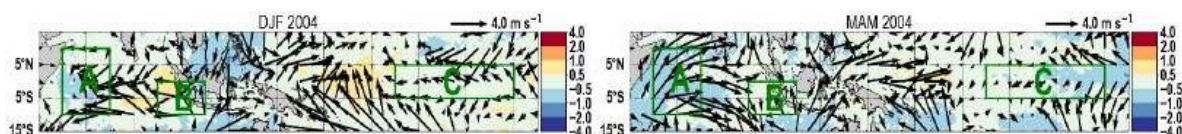


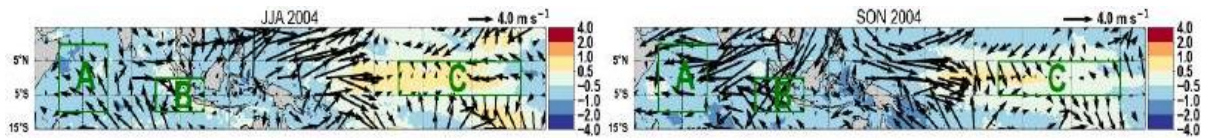
Gambar 3. Grafik *Wet day Precipitation* (PRCPTOT) disetiap stasiun BMKG wilayah Kepulauan Nusa Tenggara

Berdasarkan gambar 2 rata-rata seluruh stasiun mengalami kenaikan PRCPTOT namun Stasiun meteorologi Eltari mengalami penurunan Tren PRCPTOT artinya jumlah hari basah yang terjadi menurun setiap tahunnya. PRCPTOT tertinggi di Stasiun Meteorologi Eltari Provinsi NTT yaitu 2841,90 mm tahun 2021 (Gambar (3 a)). Tahun 2021 SST dingin di Samudera Pasifik terjadi sepanjang musim diperkuat oleh SST dingin musim DJF dan SON sehingga awan konveksi yang membawa hujan bergerak menuju Indonesia (Gambar 4). Selain itu wilayah PRCPTOT tertinggi juga di Stasiun Meteorologi Zainuddin Abdul Madjid di Provinsi NTB yaitu 2729,2 mm tahun 2016 (Gambar (3 f)). Pada tahun 2016 (Gambar 8) SST hangat di Samudera Pasifik dan Hindia musim DJF dan MAM lalu beralih ke SST dingin dimulai musim JJA dan puncaknya SON. Penurunan PRCPTOT terendah terjadi di Stasiun Meteorologi Umbu Meheng Kunda tahun 2004 yaitu 487,7 mm (Gambar (3 c)). Pada tahun 2004 SST normal di Samudera Pasifik musim DJF dan MAM (Gambar 5) lalu SST hangat terjadi musim JJA dan SON yang menyebabkan awan konveksi di Samudera Pasifik sehingga jumlah curah hujan di timur Indonesia termasuk Kepulauan Nusa Tenggara menurun. Namun pada musim JJA dan SON SST dingin terjadi di Samudera Hindia sehingga barat Indonesia menerima curah hujan.



Gambar 4. Peta anomali SST dan angin di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik tahun 2021

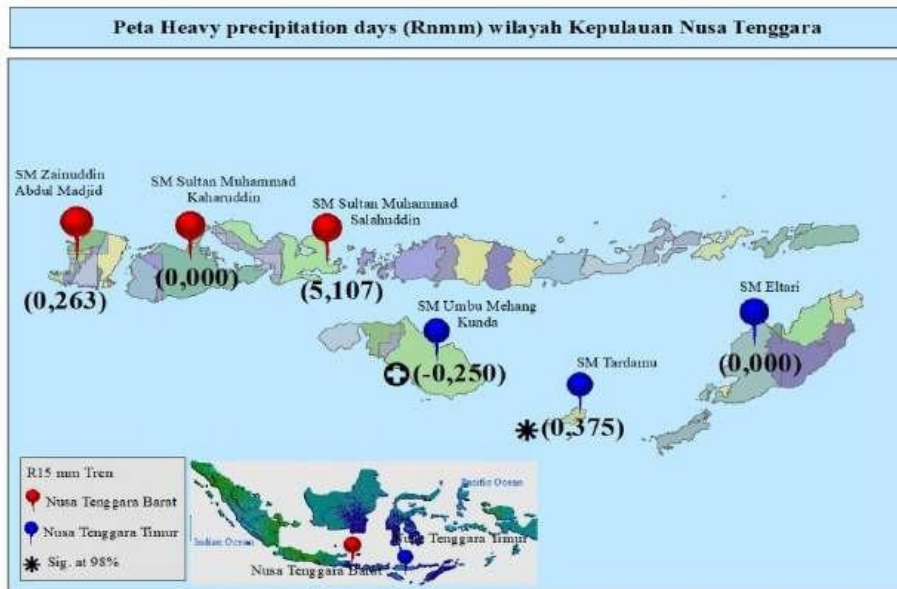




Gambar 5. Peta anomali SST dan angin di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik tahun 2004

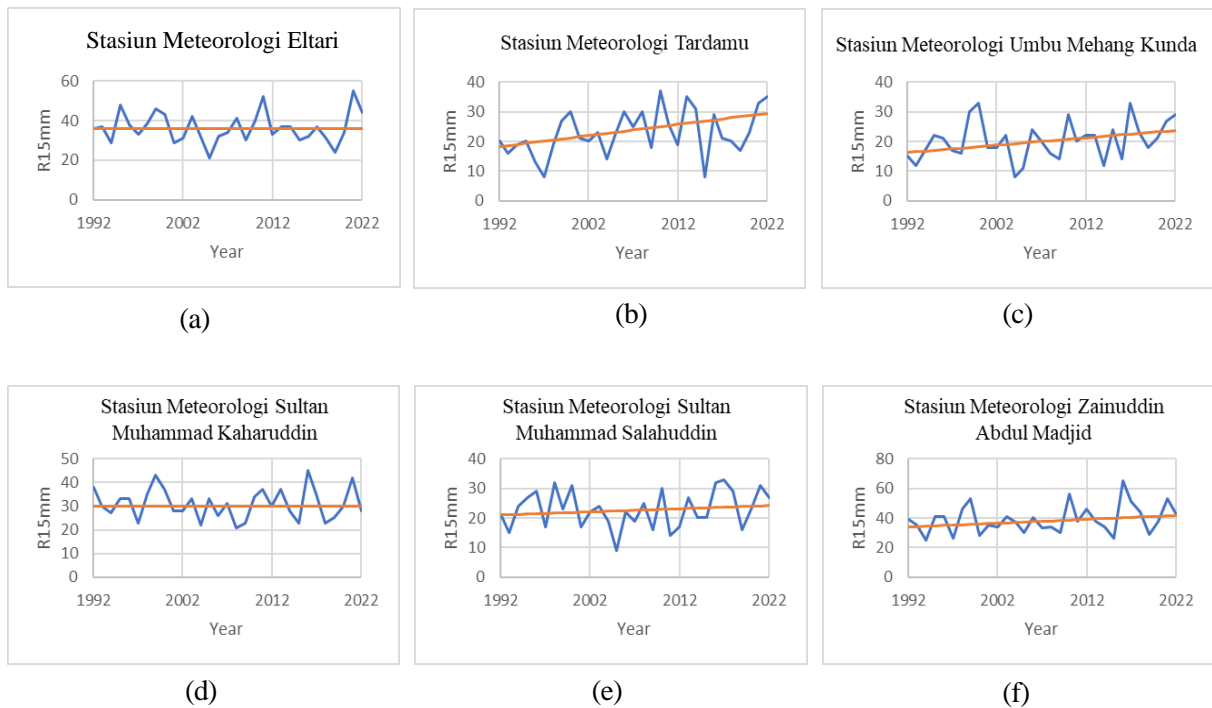
Analisis Tren Indek Heavy precipitation days (Rnmm)

Heavy precipitation days adalah perhitungan jumlah hari secara tahunan saat Curah Hujan $\geq nn$, mm nn adalah *threshold* yang ditentukan. Ukuran ambang batas ekstrem yang digunakan berdasarkan nilai standar deviasi yang dihitung dari rata-rata data curah hujan per Stasiun BMKG. Stasiun BMKG di wilayah Kepulauan Nusa Tenggara menunjukkan hasil standar deviasi yang rendah R15 mm. Berikut adalah peta Tren R15 mm di setiap Stasiun BMKG.



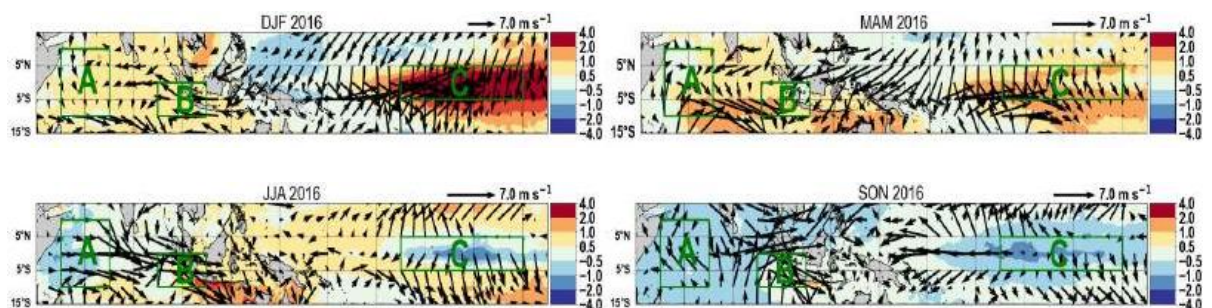
Gambar 6. Peta wilayah Heavy Precipitation days (Rnmm)

Pada gambar 6 Tren Heavy precipitation days (Rnmm) Terdapat 3 Stasiun mengalami Peningkatan Tren Rnmm yaitu Stasiun Meteorologi (Zainuddin Abdul Madjid, Sultan Muhammad Salahuddin, dan Tardamu). Stasiun yang mengalami tren peningkatan R 15 mm terbesar di Stasiun Meteorologi Sultan Muhammad Salahuddin yaitu 5,107 artinya peningkatan R 15 mm terjadi 158 hari dalam setahun. Selain itu terdapat 2 Stasiun yang tidak ada peningkatan maupun penurunan tren atau konstan yaitu Stasiun Stasiun Meteorologi (Sultan Muhammad Kaharuddin dan Eltari). Selain itu Stasiun yang mengalami penurunan Tren R 15 mm terjadi di Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda yaitu -0,250 artinya penurunan terjadi 8 dalam setahun. Tanda bintang tunggal (*) menandakan adanya tren dengan tingkat signifikansi sebesar 95 %.



Gambar 7. Grafik *Heavy Precipitation days* (Rnmm) disetiap stasiun BMKG wilayah Kepulauan Nusa Tenggara

Berdasarkan gambar 17 R 15 mm terpanjang di Stasiun Meteorologi Zainuddin Abdul Madjid Provinsi NTB yaitu 65 hari tahun 2016 (Gambar (7 f)). Pada tahun 2016 SST hangat di Samudera Pasifik dan Hindia musim DJF dan MAM lalu beralih ke SST dingin dimulai musim JJA dan puncaknya SON bersama SST dingin di Samudera Hindia (Gambar 8) sehingga awan konveksi yang membawa hujan bergerak ke Indonesia. Selain itu wilayah R 15 mm terpanjang juga di Stasiun Meteorologi Eltari di Provinsi NTT yaitu 55 hari tahun 2021 (Gambar (7a)). Tahun 2021 SST dingin di Samudera Pasifik terjadi sepanjang musim diperkuat oleh SST dingin musim DJF dan SON sehingga awan konveksi yang membawa hujan bergerak menuju Indonesia (Gambar 4). R 15 mm terpendek terjadi di Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda tahun 2015 yaitu 8 hari (Gambar (7 c)). Tahun 2015 terjadi peristiwa super El Niño sehingga wilayah Indonesia kemarau.



Gambar 8. Peta anomali SST dan angin di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik tahun 2016

KESIMPULAN

Dampak Anomali Iklim di Kawasan Indo Pasifik menyebabkan peningkatan tren curah hujan ekstrem (PRCPTOT dan R15 mm) di Kepulauan Nusa Tenggara. Rata-rata tren PRCPTOT dan Rnmm bernilai positif artinya terjadi peningkatan hari basah. La Niña dan IOD Negatif pada tahun tertinggi dan terpanjang 2021 dan 2016 berdampak pada hari basah menjadi semakin ekstrem di wilayah Nusa Tenggara. Secara keseluruhan dampak peristiwa ENSO dan IOD mempengaruhi curah hujan di Kepulauan Nusa Tenggara. El Niño dan IOD Positif (JJA dan SON) menyebabkan kondisi semakin kering serta La Niña dan IOD Negatif (MAM dan DJF) menyebabkan kondisi semakin basah di Kepulauan Nusa Tenggara.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdolrahimi, M. (2016). *The Effect of El Niño Southern Oscillation (ENSO) on World Cereal Production. May*, 1–144.
- Aldrian, E., & Dwi Susanto, R. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Ariska, M., Nuzula, K., Manggarsari, Y., Darmawan, A., Marlina, V., Ritonga, A. F., & Suhandi, A. (2023). Pemodelan Trend Pola Curah Hujan Wilayah Monsun Dan Wilayah Equatorial Berbasis Expert Team on Climate Change Detection and Indices (Etcddi) Menggunakan Teknologi Komputasi. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 10(2), 170–178. <https://doi.org/10.36706/jipf.v10i2.22501>
- Ariska, M., Irfan, M., & Iskandar, I. (2024). Detection of Dominant Rainfall Patterns in Indonesian Regions Using Empirical Orthogonal Function (EOF) and Its Relation with ENSO and IOD Events. *Science and Technology Indonesia*, 9(4), 1009-1023.
- Ariska, M., Suhadi, Supari, Irfan, M., & Iskandar, I. (2024). Spatio-Temporal Variations of Indonesian Rainfall and Their Links to Indo-Pacific Modes. *Atmosphere*, 15(9), 1036.
- Ariska, M., Suhadi, S., Supari, S., Irfan, M., & Iskandar, I. (2024). Annual and Interannual Rainfall Variability in Indonesia Using Empirical Orthogonal Function (EOF) Analysis and Its Response to Ocean-Atmosphere Dynamics. *Jurnal Ilmu Fisika*, 16(2), 151-165.
- As-Syakur, A. R., Osawa, T., Miura, F., Nuarsa, I. W., Ekayanti, N. W., Dharma, I. G. B. S., Adnyana, I. W. S., Arthana, I. W., & Tanaka, T. (2016). Maritime Continent rainfall variability during the TRMM era: The role of monsoon, topography and El Niño Modoki. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 75, 58–77. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2016.05.004>
- Ashok, K., Behera, S. K., Rao, S. A., Weng, H., & Yamagata, T. (2007). El Niño Modoki and its possible teleconnection. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(11), 1–27. <https://doi.org/10.1029/2006JC003798>
- Azuga, N. A., Galib, M., & Elizal. (2020). Analyzing the Effect of Indian Ocean Dipole Phenomenon To the Anomalies Distribution of Sea Surface Temperature in West Sumatera. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 3(3), 260–270. <https://doi.org/10.31258/ajoa.3.3.260-270>
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. N., & Van Velhuizen, H. (2005). Socio-economic and climate change impacts on agriculture: An integrated assessment, 1990-2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2067–2083. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1744>

- Hidayat, N. M., Pandiangan, A. E., & Pratiwi, A. (2019). Identifikasi Perubahan Curah Hujan Dan Suhu Udara Menggunakan Rclimdex Di Wilayah Serang. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 5(2), 37–44. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v5i2.57>
- Hu, Z., Chen, X., Chen, D., Li, J., Wang, S., Zhou, Q., Yin, G., & Guo, M. (2019). “Dry gets drier, wet gets wetter”: A case study over the arid regions of central Asia. *International Journal of Climatology*, 39(2), 1072–1091. <https://doi.org/10.1002/joc.5863>
- Izumo, T., Vialard, J., Lengaigne, M., De Boyer Montegut, C., Behera, S. K., Luo, J. J., Cravatte, S., Masson, S., & Yamagata, T. (2010). Influence of the state of the Indian Ocean Dipole on the following years El Niño. *Nature Geoscience*, 3(3), 168–172. <https://doi.org/10.1038/ngeo760>
- Jacox, M. G., Hazen, E. L., Zaba, K. D., Rudnick, D. L., Edwards, C. A., Moore, A. M., & Bograd, S. J. (2016). Impacts of the 2015–2016 El Niño on the California Current System: Early assessment and comparison to past events. *Geophysical Research Letters*, 43(13), 7072–7080. <https://doi.org/10.1002/2016GL069716>
- Lestari, D. O. (2018). *Respective Influences of Indian Ocean Dipole and El Niño-Southern Oscillation on Indonesian Precipitation*. December. <https://doi.org/10.5614/j.math.fund.sci.2018.50.3.3>
- Nur Ariyani, R., Adriat Stasiun Klimatologi Mempawah, R., Raya Pontianak-Mempawah km, J., Barat, K., Studi Geofisika, P., Mipa, F., Tanjungpura, U., & Hadari Nawawi, J. (2022). *Analisis Kecenderungan Intensitas Hujan Ekstrem Berbasis Nilai Indeks Iklim Ekstrem Periode Tahun*. 12(1), 49–59. <https://doi.org/10.26418/positron.v12i1.47312>
- Pratama, R. G. W., Januriyadi, N., & Pamungkas, R. C. (2022). Analisis Indeks Kekeringan Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). *Journal of Sustainable Infrastructure*, 1(1), 24–34. <https://doi.org/10.61078/jsi.v1i1.4>
- Qian, J. H., Robertson, A. W., & Moron, V. (2010). Interactions among ENSO, the Monsoon, and Diurnal Cycle in Rainfall Variability over Java, Indonesia. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 67(11), 3509–3524. <https://doi.org/10.1175/2010JAS3348.1>
- Saji, N. H., Goswami, B. N., Vinayachandran, P. N., & Yamagata, T. (1999). A dipole mode in the tropical Indian ocean. *Nature*, 401(6751), 360–363. <https://doi.org/10.1038/43854>
- Supari, Tangang, F., Juneng, L., & Aldrian, E. (2017). Observed changes in extreme temperature and precipitation over Indonesia. *International Journal of Climatology*, 37(4), 1979–1997. <https://doi.org/10.1002/joc.4829>
- Supari, Tangang, F., Salimun, E., Aldrian, E., Sopaheluwakan, A., & Juneng, L. (2018). ENSO modulation of seasonal rainfall and extremes in Indonesia. *Climate Dynamics*, 51(7–8), 2559–2580. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-4028-8>
- Syaifullah, M. D., Muhammad, F. N., Athoillah, I., & Wirahma, S. (2013). *PERUBAHAN IKLIM Intisari*. 1–8.
- Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1–2), 123–138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>