

## ANALISIS TEMPERATUR EKSTREM DAN PENYEBABNYA DI INDONESIA

Jamiatul Khairunnisa Putri, Suhadi\*

Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Jl. Prof. K. H. Zainal Abidin Fikri No.Km.3, RW.05, Pahlawan, Kec. Kemuning, Kota Palembang, 30126, Indonesia

\*email:suhadi@radenfatah.ac.id

### ABSTRAK

Perubahan temperatur global ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan rata-rata global yang terjadi pada tahun 2006-2015 sebesar  $0,87^{\circ}\text{C}$ . Akibatnya terjadi peningkatan frekuensi curah hujan ekstrem dan temperatur ekstrem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis temperatur ekstrem yang terjadi di Indonesia beserta penyebabnya. Data yang digunakan berasal dari NOAA Climate Prediction Center (CPC) dan data suhu permukaan laut ERA5 (ECMWF)  $0,25^{\circ}$  dengan periode waktu 1979-2023. Indeks temperatur ekstrem yang digunakan yaitu  $TXx$ ,  $TXn$ ,  $TNx$ ,  $TNn$ , dan  $DTR$ . Teknik analisis data yang digunakan adalah korelasi. Berdasarkan hasil analisis data diketahui empat dari lima ( $TXx$ ,  $TXn$ ,  $TNn$ , dan  $DTR$ ) indeks temperatur ekstrem mengalami peningkatan tren selama 45 tahun. Sedangkan  $TNx$  mengalami penurunan tren. Selama 45 tahun kejadian dominan terjadi pada tahun 1998-2002 pada indeks  $TXn$ ,  $TNx$ ,  $TNn$ . Hal ini dipengaruhi oleh fenomena El Niño-Southern Oscillation (ENSO) yang ditunjukkan melalui korelasi  $TXn$ ,  $TNx$ ,  $TNn$  masing-masing sebesar 0,28, 0,02, dan 0,14. Sehingga dapat disimpulkan selama 45 terakhir ENSO lebih berpengaruh pada temperatur ekstrem daripada Indian Ocean Dipole (IOD) khususnya di wilayah Indonesia.

Kata Kunci: Temperatur ekstrem; Indonesia; Indian Ocean Dipole; El Niño-Southern Oscillation

### ABSTRACT

[Title: Analysis Of Extreme Temperatures And Their Causes In Indonesia] Global temperature change is characterized by an increase in global average surface temperature that occurred in 2006-2015 by  $0.87^{\circ}\text{C}$ . As a result, there is an increase in the frequency of extreme rainfall and extreme temperatures. This study aims to analyze extreme temperatures that occur in Indonesia and their causes. The data used comes from the NOAA Climate Prediction Center (CPC) and ERA5 (ECMWF) sea surface temperature data  $0.25^{\circ}$  with the time period 1979-2023. The extreme temperature indices used are  $TXx$ ,  $TXn$ ,  $TNx$ ,  $TNn$ , and  $DTR$ . The data analysis technique used is correlation. Based on the results of data analysis, it is known that four of the five ( $TXx$ ,  $TXn$ ,  $TNn$ , and  $DTR$ ) extreme temperature indices have experienced an increasing trend for 45 years. While  $TNx$  experienced a downward trend. For 45 years the dominant event occurred in 1998-2002 in the  $TXn$ ,  $TNx$ ,  $TNn$  indices. This is influenced by the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) ENSO phenomenon which is shown through the correlation of  $TXn$ ,  $TNx$ ,  $TNn$  of 0.28, 0.02, and 0.14 respectively. So it can be concluded that during the last 45 ENSO has more influence on extreme temperatures than Indian Ocean Dipole (IOD), especially in the Indonesian region.

Keywords: Extreme Temperature; Indonesia; Indian Ocean Dipole; El Niño-Southern Oscillation

### PENDAHULUAN

Peningkatan suhu rata-rata global selama 2011-2020 yang mencapai  $1,1^{\circ}\text{C}$  berdampak pada peningkatan cuaca ekstrem. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan adalah resiko hilangnya spesies hewan tertentu, beresiko terhadap kesehatan manusia, dan penurunan produksi pangan (IPCC, 2023).

Beberapa penelitian tentang temperatur ekstrem untuk wilayah Indonesia telah dilakukan. Supari et al., (2017) telah melakukan penelitian untuk seluruh wilayah Indonesia selama 1983-2012 yang menunjukkan bahwa telah terjadi tren pemanasan di Indonesia. Secara khusus beberapa peneliti juga melakukan untuk wilayah tertentu.

Siswanto et al. (2016) melakukan penelitian tentang tren dan variabilitas temperatur ekstrem, curah hujan ekstrem, dan perubahan curah hujan tahunan di Jakarta selama 130 tahun (1866-2010). Hasil penelitian khususnya temperatur ekstrem menunjukkan terjadi kenaikan temperatur sebesar  $1,6^{\circ}\text{C}$  yang melebihi peningkatan rata-rata suhu global. Supari et al. (2016) juga menunjukkan kenaikan untuk beberapa indeks temperatur ekstrem ( $Tx_{mean}$ ,  $Tn_{mean}$ ,  $TX_{90p}$ ,  $TN_{90p}$ ) dan penurunan ( $TX_{10p}$  dan  $TN_{10p}$ ). Secara keseluruhan penelitian tersebut menyatakan bahwa Borneo telah menghangat selama 30 tahun terakhir (1986-2010). Selain itu wilayah Sumatera Selatan juga menunjukkan peningkatan pada indeks temperatur

ekstrem (TXmean, TNmean, TXx, TXn, TNx, dan TNn) selama 1981-2020 (Akhsan et al., 2023). Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa peningkatan tersebut berkorelasi dengan Dipole Mode Index (DMI) dan Niño3.4

Meskipun telah dilakukan penelitian tentang temperatur ekstrem, informasi tentang temperatur ekstrem untuk wilayah Indonesia secara keseluruhan masih minim. Karena penelitian terdahulu masih berfokus pada wilayah-wilayah tertentu dan periode waktu yang sudah lampau. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis tren temperatur ekstrem untuk wilayah Indonesia secara keseluruhan pada periode 1979-2023 serta korelasinya dengan El Niño Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD). Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui apakah ENSO dan IOD berpengaruh terhadap perubahan temperatur ekstrem.

**DATA dan METODE**

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data reanalisis temperatur permukaan (daratan) dari NOAA Climate Prediction Center (CPC) dengan resolusi 0,5°. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data Suhu Permukaan Laut (SST) ERA5 (ECMWF) dengan resolusi 0,25°. Data yang digunakan yaitu dari tahun 1979-2023 (45 tahun). Lokasi penelitian ini adalah kepulauan di Indonesia seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Analisis temperatur ekstrem dilakukan berdasarkan indeks yang ditetapkan oleh Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) (Zhang et al., 2004). Pada penelitian ini hanya digunakan 5 indeks temperatur ekstrem yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks temperatur ekstrem yang digunakan dalam penelitian

No	ID	Definisi	Satuan
1	TXx	Suhu Maksimum Siang Hari	°C
2	TXn	Suhu Minimum Siang Hari	°C
3	TNx	Suhu Maksimum Malam Hari	°C
4	TNn	Suhu Minimum Malam Hari	°C
5	DTR	Perbedaan Suhu Maksimum Siang hari dan Malam hari	°C

Pada masing-masing indeks iklim tersebut kemudian dilakukan analisis korelasi parsial terhadap indeks Niño3.4 dan DMI. Indeks Niño3.4 menyatakan ENSO sedangkan DMI merupakan indeks IOD. Persamaan korelasi yang digunakan yaitu:

$$r_{yx_1-x_2} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2}r_{x_1x_2}}{\sqrt{1 - r^2_{x_1x_2}}\sqrt{1 - r^2_{yx_2}}}$$

Dimana:

- $r_{yx_1}$  = korelasi IOD terhadap temperatur ekstrem
- $r_{yx_2}$  = korelasi ENSO terhadap temperatur ekstrem
- $r_{x_1x_2}$  = korelasi IOD terhadap ENSO

Fenomena ENSO terbagi menjadi El Niño dan La Niña. Sedangkan fenomena IOD terbagi menjadi IOD positif dan IOD negatif. Berdasarkan Gambar 2 Tahun terjadinya El Niño antara periode 1979-2023 yaitu 1982,1983, 1986, 1987, 1991, 1992, 1994, 1997, 1998, 2002, 2006, 2009, 2010, 2015, 2016, 2023. Tahun terjadinya La Niña yaitu 1981, 1984, 1988, 1992, 1995, 1998, 1999, 2000, 2007, 2008, 2010, 2011, 2020, 2022.

Tahun terjadinya IOD positif yaitu 1982, 1983, 1994, 1995, 1996, 1997, 2007, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2019, 2020, 2023. Tahun terjadinya IOD negatif adalah 1984, 1985, 1988, 1989, 1992, 1996, 1998, 2002, 2004, 2010, 2013, 2016, 2017, 2018, 2019, 2022.

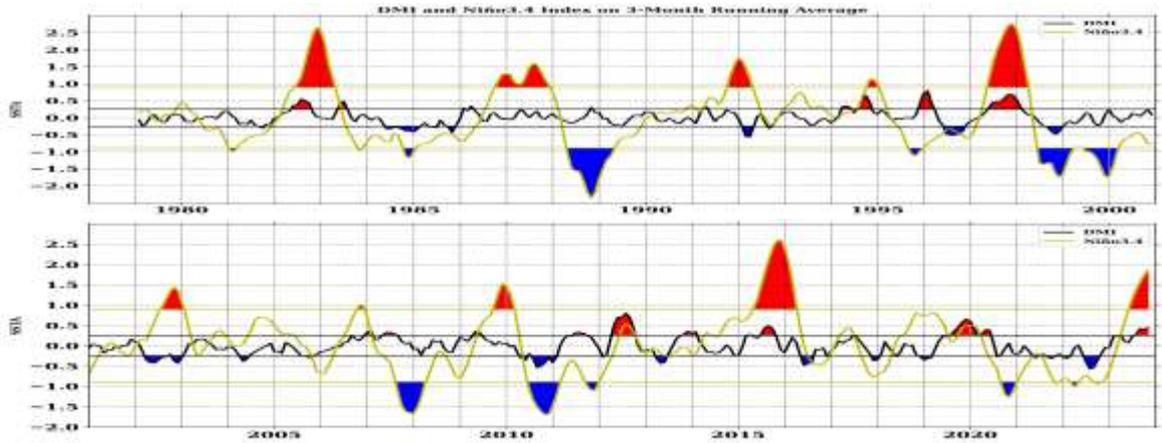
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Tren Temperatur Ekstrem**

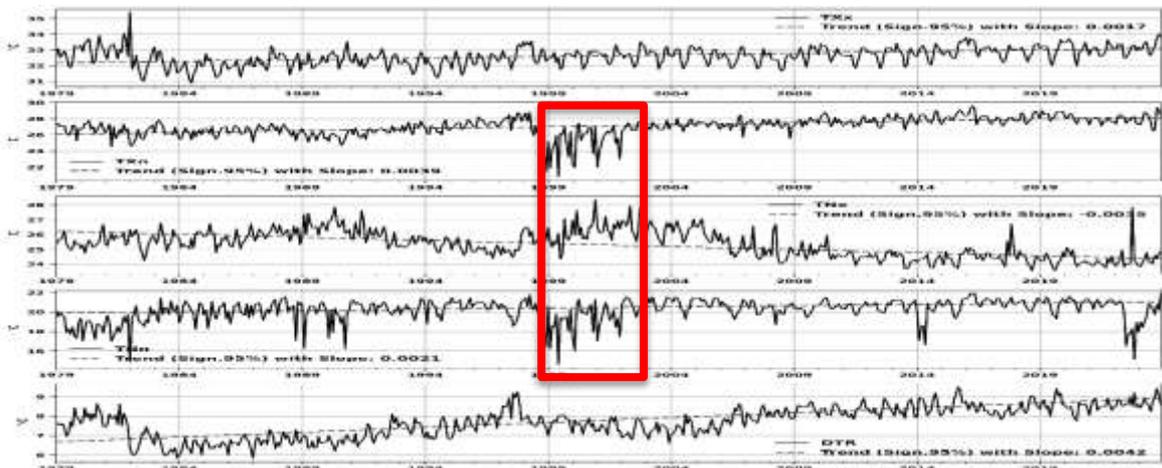
Gambar 3 menunjukkan time series dan tren dari masing-masing indeks temperatur ekstrem. Empat dari lima indeks temperatur ekstrem mengalami peningkatan. Hanya satu yang mengalami penurunan tren. Sejalan dengan beberapa hasil penelitian terdahulu yang menyatakan di seluruh wilayah Indonesia, serta di beberapa wilayah seperti Jakarta, Borneo, dan Sumatera Selatan menunjukkan hasil yang sama yaitu peningkatan tren temperatur ekstrem (Supari, Tangang, & Aldrian, 2016; Siswanto et al., 2015; Supari, Tangang, Juneng, et al., 2016b; (Akhsan et al., 2023). Peningkatan dan penurunan tren terjadi secara signifikan pada taraf signifikansi 95%. TXx, TXn, TNn, dan DTR mengalami peningkatan tren, sedangkan TNx mengalami penurunan tren. Peningkatan tren yang paling besar terjadi untuk indeks DTR yaitu sebesar 0,0042, yang menunjukkan bahwa DTR mengalami peningkatan sebesar 0,189°C dalam setahun.

Selanjutnya peningkatan tren TXn sebesar 0,0039 yang artinya selama satu tahun terjadi peningkatan TXn sebesar 0,175°C. Indeks berikutnya adalah TNn yang mengalami peningkatan tren sebesar 0,0021, artinya selama satu tahun TNn mengalami peningkatan sebesar 0,09°C. Sedangkan TNx

mengalami penurunan tren sebesar -0,0035 artinya selama satu tahun suhu maksimum malam hari mengalami penurunan sebesar 0,157°C per tahun. Kejadian yang paling dominan untuk indeks temperatur selama 45 tahun terlihat pada TXn, TNx, dan TNn.



Gambar 2. DMI dan Niño3.4 Indeks



Gambar 3. Deret Waktu dan Trend temperatur ekstrim

Tabel 2. Korelasi temperatur esktrm terhadap ENSO dan IOD

	DMI	Niño3.4 Index	TXx	TXn	TNx	TNn	DTR
DMI	1,00	0,33	-0,05	0,10	-0,15	-0,01	0,10
Niño3.4 Index	0,33	1,00	0,14	0,28	0,02	0,15	0,06
TXx	-0,05	0,14	1,00	0,42	-0,03	0,09	0,55
TXn	0,10	0,28	0,42	1,00	-0,46	0,52	0,60
TNx	-0,15	0,02	-0,03	-0,46	1,00	-0,05	-0,66
TNn	-0,01	0,15	0,09	0,52	-0,05	1,00	0,01
DTR	0,10	0,06	0,55	0,60	-0,66	0,01	1,00

Pada Gambar 3 ditunjukkan dengan tanda kotak merah. Gambar 3 menunjukkan TXn dan TNn mengalami penurunan cukup drastis selama 1998-2002. Berdasarkan Gambar 2, terlihat pada tahun tersebut terjadi La Niña dan ini adalah penyebabnya. Analisis lebih lanjut dapat dilihat berdasarkan hasil korelasi temperatur ekstrem terhadap ENSO dan IOD yang terlihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 terlihat korelasi yang diperoleh yaitu korelasi positif dan negatif. Korelasi negatif diperoleh oleh indeks TXx, TNx, dan TNn terhadap IOD. Sedangkan TXn dan DTR berkorelasi positif terhadap IOD. ENSO dan seluruh indeks temperatur ekstrem berkorelasi positif. Hasil korelasi terlihat bahwa ENSO lebih berpengaruh terhadap temperatur ekstrem dibandingkan IOD. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan Novianti et al., (2023) penelitian tersebut menyatakan El Niño tahun 2019 dan La Niña 2020/21 menyebabkan kenaikan temperatur udara di kota Palembang. Hasil korelasi pada Tabel 2 memperkuat argumen sebelumnya bahwa penurunan suhu yang drastis pada 1998-2002 disebabkan oleh La Niña.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Indeks temperatur ekstrem yang diamati selama 45 tahun (1979-2023) di wilayah Indonesia hampir seluruhnya (TXn, TNn, TXx, dan DTR) menunjukkan peningkatan tren. Hanya TNx yang mengalami penurunan tren. Selama 45 tahun pengamatan indeks TXn, TNx, dan TNn mengalami peningkatan dan penurunan data yang cukup drastis pada periode 1998-2002. Hal ini disebabkan karena pengaruh ENSO terhadap indeks tersebut. Hal ini juga ditunjukkan berdasarkan hasil analisis korelasi yang positif terhadap masing-masing indeks (TXn, TNx, dan TNn). Secara keseluruhan hasil korelasi menunjukkan ENSO lebih berpengaruh terhadap temperatur ekstrem di Indonesia dibandingkan IOD.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhsan, H., Irfan, M., & Iskandar, I. (2023). El Niño Southern Oscillation (ENSO), Indian Ocean Dipole (IOD), and the Rise of Extreme Temperatures in Eastern Sumatra: Exploring Climate Change Dynamics. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(2), 600–608. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.3084>
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers: Synthesis Report. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1–34.
- Novianti, L., Safrina, S., Satya, O. C., Affandi, A. K., & Virgo, F. (2023). Dampak ENSO dan IOD terhadap dinamika kelembaban udara dan temperatur di Kota Palembang pada Tahun 2017-2021. 25(1), 67–72.
- Siswanto, S., Oldenborgh, G. J. Van, Nederlands, K., Instituut, M., Nederlands, K., Instituut, M., Nederlands, K., & Instituut, M. (2015). Temperatur , extreme precipitation , and diurnal rainfall changes in the urbanized Jakarta city during the past 130 years. December. <https://doi.org/10.1002/joc.4548>
- Siswanto, S., van Oldenborgh, G. J., van der Schrier, G., Jilderda, R., & van den Hurk, B. (2016). Temperatur, extreme precipitation, and diurnal rainfall changes in the urbanized Jakarta city during the past 130 years. *International Journal of Climatology*, 36(9), 3207–3225. <https://doi.org/10.1002/joc.4548>
- Supari, Tangang, F., & Aldrian, E. (2016). Observed changes in extreme temperatur and precipitation. <https://doi.org/10.1002/joc.4829>
- Supari, Tangang, F., Juneng, L., & Aldrian, E. (2017). Observed changes in extreme temperatur and precipitation over Indonesia. *International Journal of Climatology*, 37(4), 1979–1997. <https://doi.org/10.1002/joc.4829>
- Zhang, X., Yang, F., & Canada, E. (2004). *RClimDex (1.0) User Manual*. 1–23.