ISSN 2962-2697
Vol. 4, No. 1, Juli 2024

Karakteristik kekeringan meteorologis dan pengaruh *el niño–southern oscillation* di Nusa Tenggara Timur

Yosef Freinademetz B Warat[1], Karlina[1,*], Joko Sujono[1]
[1]Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Article Info
Available online

***Keywords*:**
Meteorological drought
Characteristics of drought
SPI
El Niño

Corresponding Author:
Karlina
karlina.sipil@ugm.ac.id

Abstract
Climate change has a significant impact on rainfall variability in tropical regions, including Indonesia. El Niño Southern Oscillation (ENSO) is one of the global climate phenomena that can trigger droughts in vulnerable regions such as Nusa Tenggara Timur (NTT). This study aims to analyze the characteristics of meteorological drought based on the Standardized Precipitation Index (SPI) on a 3-, 6-, and 12-month time scale, as well as to examine its relationship with El Niño dynamics using the Oceanic Niño Index (ONI) during the period 2010–2023. The results indicate that drought in NTT represents a recurrent annual phenomenon, with SPI-3 exhibiting the most extreme fluctuations. Spatial analysis indicates that Timor and Flores islands are predominantly characterized by prolonged drought events lasting 5–22 months, with severe intensity (reaching –49.00) and substantial monthly deficits (up to –2.18). Flores Island is characterized by prolonged cumulative drought conditions, whereas Timor Island exhibits consistently high monthly deficit intensities. Flash drought events were additionally observed across several localized regions. Correlation analysis between SPI and ONI demonstrates that the intense El Niño event (2014/2016) corresponded to substantial rainfall reductions, while the extreme drought conditions observed in 2019 were attributed to extreme positive IOD phenomena and monsoon circulation patterns.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Perubahan iklim telah menjadi tantangan global yang berdampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan (IPCC, 2018). Indonesia sebagai negara kepulauan yang terletak di sekitar garis khatulistiwa, memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap dampak perubahan iklim, khususnya curah hujan akibat pengaruh *El Niño Southern Oscillation* (ENSO). Fenomena ini secara signifikan mempengaruhi variablitas curah hujan di Indonesia, dengan dampaknya yang tidak seragam, tergantung pada lokasi pusat anaomali suhu permukaan laut di Samudra Pasifik (Dewi & Marzuki, 2020). ENSO terdiri atas dua fase utama yang mempengaruhi curah hujan, yakin *El Niño* yang cenderung menyebabkan musim kemarau berkepanjangan dan *La Niña* yang memicu musim hujan lebih panjang (Khairani, Harisuseno, & Suhartanto, 2018).

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rentan terhadap pengaruh *El Niño*. Fenomena ini berdampak pada keterlambatan awal musim hujan, periode hujan yang lebih pendek, serta penurunan jumlah curah hujan di NTT (Kain dkk, 2018). Kondisi ini berkontribusi terhadap tingginya frekuensi kejadian kekeringan

ISSN 2962-2697
Vol. 4, No. 1, Juli 2024

yang tercatat hampir terjadi setiap tahun selama kurun waktu 2004 hingga 2020 (Suni dkk, 2022). Tingginya frekuensi kejadian kekeringan tersebut menegaskan pentingnya pemantauan secara sistematis dan kuantitatif untuk mendukung perencanaan mitigasi dan adaptasi dampak perubahan iklim. *Standardized Precipitation Index* (SPI) merupakan salah satu metode yang direkomendasikan *World Meteorological Organization* untuk pemantauan kekeringan meteorologis (WMO, 2016). Penggunaan SPI secara optimal memerlukan analisis keterkaitannya dengan fenomena iklim global yang mempengaruhi pola curah hujan regional. *Oceanic Nino Index* (ONI) merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk mengidentifikasi fase-fase *El Niño* dan *La Niña*, berdasarkan anomali suhu permukaan laut di wilayah Pasifik Tengah (Nino 3.4).

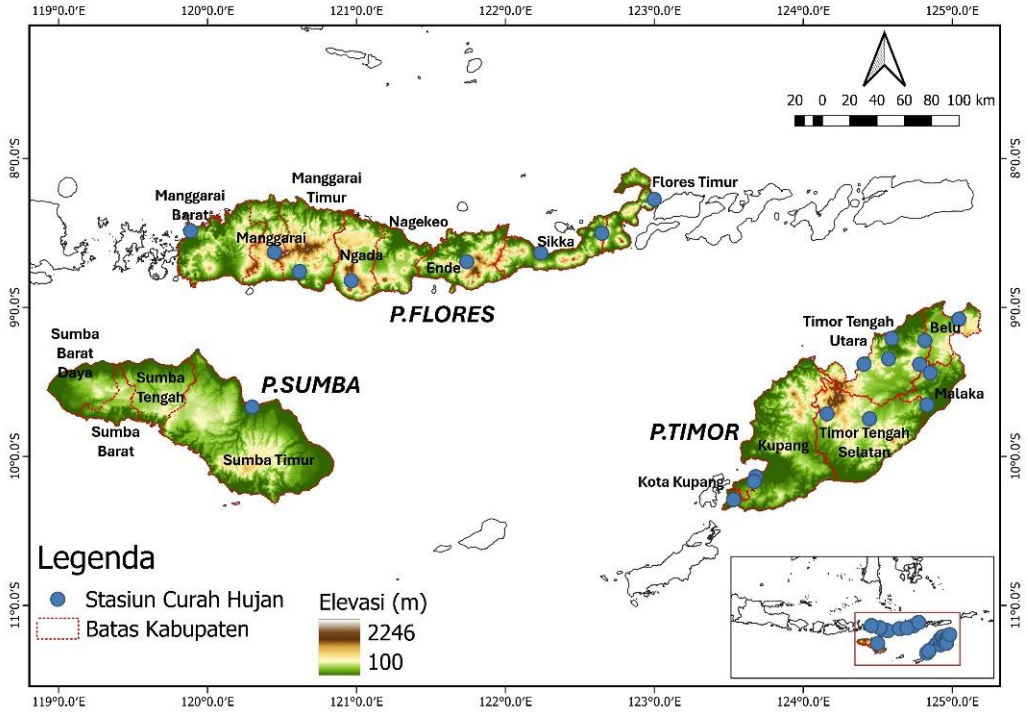
Pemantauan kekeringan menggunakan SPI telah dilakukan dalam beberapa penelitian terdahulu di NTT, terutama dalam konteks indentifikasi *peak* kekeringan terparah dan distribusi spasial kekeringan (Hima dkk, 2022; Krisnayanti dkk, 2023; Pratama dkk, 2022). Namun, analisis yang lebih mendalam mengenai karakteristik kekeringan mencakup durasi, *severity*, dan *intensity,* serta kajian mengenai hubungan SPI dan ONI di wilayah NTT masih terbatas.

Penelitian ini bertujuan menganalisi karakteristik kekeringan berdasarkan SPI pada berbagai skala waktu, serta mengkaji keterkaitannya dengan dinamika *El Niño* menggunakan ONI pada periode 2010–2023.

Metode

Lokasi penelitian

Penelitian ini berlokasi di Provinsi NTT, dengan menggunakan data curah hujan bulanan periode 2010 – 2023, yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara II (BBWS NT II) dan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).



Gambar 1. Lokasi pulau Flores dan Timor, serta persebaran stasiun curah hujan.

ISSN 2962-2697
Vol. 4, No. 1, Juli 2024

Standar preciptitation index (SPI)

Tabel 1. Klasifikasi kekeringan indeks SPI.

SPI	Klasifikasi Index
≥ 2,00	Amat Sangat Basah
1,50 s.d 1,99	Sangat Basah
1,00 s.d 1,49	Basah
-0,99 s.d 0,99	Normal
-1,00 s.d 1,49	Kering
-1,50 s.d -1,99	Sangat Kering
≤ -2,00	Amat Sangat Kering

SPI merupakan indeks statistik yang digunakan untuk mendeteksi kekeringan meteorologis berdasarkan data curah hujan. Perhitungan SPI dalam penelitian ini menggunakan data dari 22 stasiun curah hujan dengan periode perhitungan dari tahun 2010 hingga 2023. Pemilihan periode karena merupakan rentang waktu dengan sebaran data paling merata dan sebagian besar stasiun memiliki data yang relatif lengkap selama periode ini, sehingga memungkinkan analisis spasial dan temporal yang lebih konsisten.

SPI memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi dampak kekeringan pada berbagai skala waktu (Pandey dkk, 2021). Dalam penelitian ini menggunakan skala waktu 3, 6, dan 12 bulan, untuk menggambarkan kondisi kekeringan jangka pendek, menengah, dan panjang pada wilayah studi.

SPI dihitung dengan pendekatan distribusi Gamma dan ditransformasi ke distiribusi normal standar sehingga mempermudah dalam klasifikasi kekeringan (Yusman dkk, 2025).

Perhitungan SPI dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak *SPI Generator v.1.7.6* oleh *National Drought Mitigation Center Unversity of Nebraska-Lincoln*. Selanjutnya, kejadian kekeringan dalam penelitian ini defenisikan ketika nilai index SPI mencapai ≤ -1,00 dan berlangsung minimal selama dua bulan berturut-turut dan dianggap berakhir ketika dua bulan berturut-turut nilai index SPI ≥ 1,00 (Spinoni dkk, 2019). Klasifikasi kekeringan berdasarkan indeks SPI dapat dilihat pada Tabel 1.

Karakteristik kekeringan

Karakteristik kekeringan membedakan antara satu kejadian kekeringan dengan kekeringan lainnya, khususnya dalam hal durasi, *severity* dan *instensity*. Paramater-parameter ini penting untuk memahami sejauh mana dampak kekeringan terhadap wilayah terdampak.

Karakteristik kekeringan dalam penelitian ini dianalisis berdasarkan kejadian kekeringan terparah selama periode 2010–2023 untuk setiap indikator, yaitu durasi, *severity*, dan *intensity*, pada masing-masing skala waktu.

Durasi kekeringan (*DD*) mengukur Panjang periode kekeringan dalam bulan, *severity* kekeringan (*DS*) merupakan akumulasi nilai indeks selama durasi kekeringan, sedangkan *intesity* kekeringan (*DI*) menunjukan ratio perbandingan durasi dan total keparahan kekeringan (Nam, Hayes, Svoboda, Tadesse, & Wilhite, 2015; Tan, Yang, & Li, 2015).

$$DD = t_{akhir} - t_{awal} + 1 \quad (1)$$

$$DS = \sum_{i=1}^{DD} SPI_i \quad (2)$$

$$DI = \frac{DS}{DD} \quad (3)$$

Pada Pers. (1) hingga Pers. (3), t_{awal} dan t_{akhir} menunjukan bulan awal dan akhir kejadian kekeringan. SPI_i menunjukan nilai indek kekeringan pada bulan ke-*i*, *DD* menyatakan durasi kekeringan dalam bulan, *DS* adalah tingkat keparah kekeringan, dan *DI* merupakan intensitas kekeringan.

Oceanic nino index (ONI)

Tabel 2. Periode el nino yang dianalisis.

Periode	Peak	Intensitas
2014 s.d 2016	+2,6	Sangat Kuat
2018 s.d 2019	+0,9	Lemah
2023	+2,0	Sangat Kuat

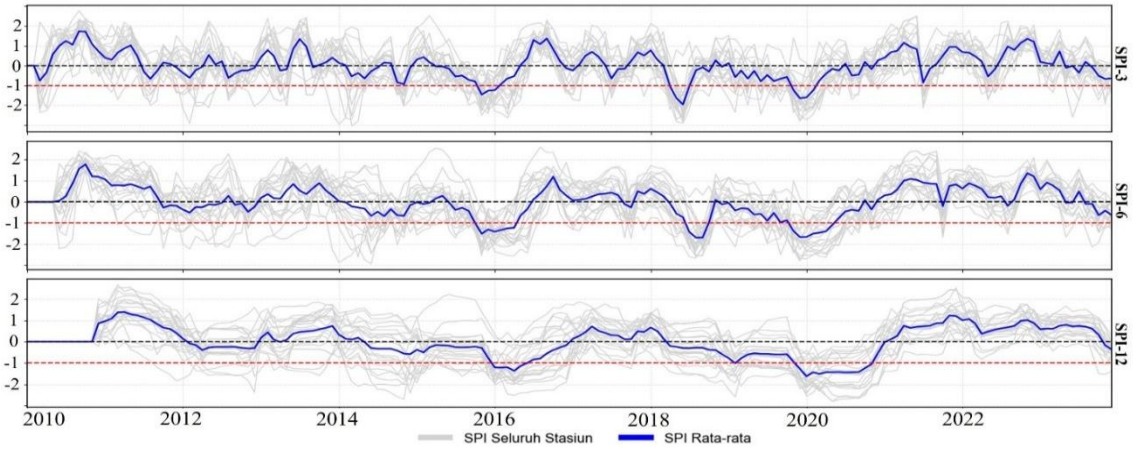
Sumber: *Intensity El Niño* berdasarkan panduan dari *Midwestern Regional Climate Center* (MRCC), sebagai berikut: lemah (ONI: 0.5 – 0.9), moderat (1.0 – 1.4), kuat (1.5 – 1.9), dan sangat kuat (≥ 2.0).

ISSN 2962-2697
Vol. 4, No. 1, Juli 2024

Identifikasi periode peristiwa fenomena *El Niño* dalam penelitian ini berdasarkan data Index ONI yang diperoleh dari *National Oceanic and Atmospheric Adiministration* (NOAA) dengan periode waktu yang disesuaikan dengan data curah hujan observasi. Berdasarkan data ONI yg diperoleh terdapat tiga periode *El Niño* yang diamati, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan nilai SPI



Gambar 2. Hasil perhitungan SPI skala waktu 3, 6 dan 12 Bulanan

Hasil perhitungan SPI pada skala waktu 3, 6 dan 12 bulan untuk seluruh stasiun curah hujan selama periode 2010–2023 dapat dilihat pada Gambar 2. Terlihat bahwa garis-garis individu nilai SPI dari sebagian besar stasiun menunjukan fluktuasi melewati ambang batas kekeringan yang terjadi hampir setiap tahun. Hal ini menunjukan bahwa kejadian kekeringan merupakan fenomena yang sering terjadi di NTT dengan indikasi adanya kekeringan moderat hingga esktrim yang bersifat berulang dari tahun ke tahun.

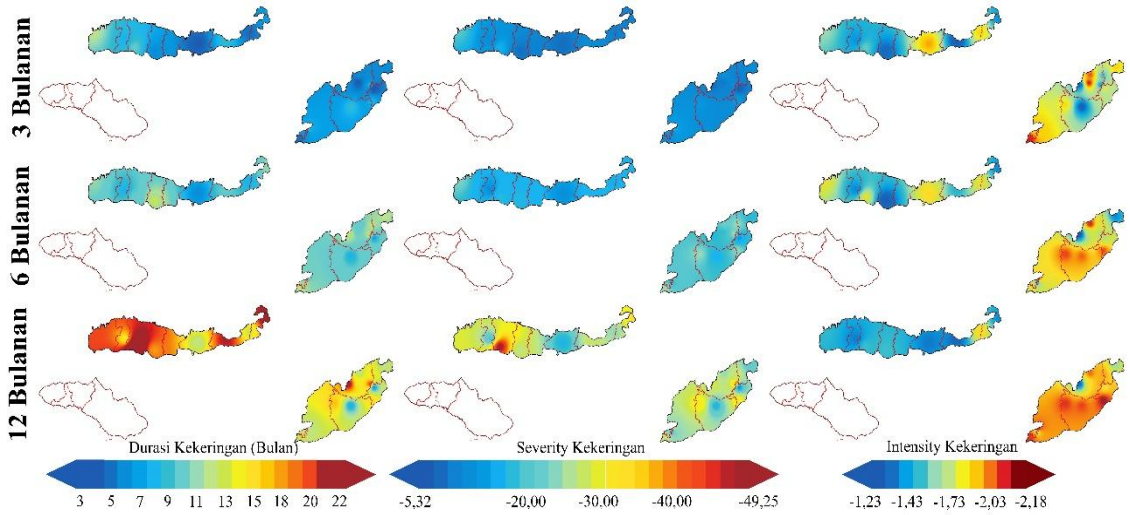
Berdasarkan Gambar 2. fluktuasi nilai SPI-3 memiliki pola paling ekstrim diantara skala waktu lainya yang mencerminkan sensivitas tinggi terhadap perubahan curah hujan jangka pendek. Nilai SPI-3 menunjukan puncak kondisi basah dan kering yang tajam dengan transisi yang cepat hampir setiap tahun, mengindikasikan dinamika curah hujan yang sangat bervariasi dalam jangka pendek pada wilayah NTT.

Sementara itu, SPI-6 memperlihatkan pola fluktuasi yang lebih merata dan tidak secepat SPI-3. Pola ini mengindikasikan respon terhadap defisit curah hujan bersifat musiman, dimana penurunan nilai SPI-6 cenderung lebih bertahan dalam beberapa bulan berturut-turut sebelum kembali meningkat. SPI-6 memberi gambaran bahwa kekeringan musiman diwilayah NTT tidak hanya bersifat sementara, tetapi dapat meluas dan berdampak pada berbagai sektor.

SPI-12 memperlihatkan pola penuruan dan pemulihan yang lebih lambat dengan fluktuasi yang lebih halus dan perubahan nilai yang cenderung berlangsung dalam jangka panjang, mengindikasikan defesit curah hujan tidak hanya berdampak pada jangka pendek dan musiman, tetapi terus berlanjut hingga membentuk kekeringan berkepanjangan yang signifikan terhadap kondisi hidrologis dan ekologis.

ISSN 2962-2697
Vol. 4, No. 1, Juli 2024

Analisis spasial karakteristik kekeringan



Gambar 3. Sebaran spasial karakteristik kekeringan

Hasil sebaran spasial karakteristik kekeringan pada skala waktu 3, 6, dan 12 bulan dapat dilihat pada Gambar 3. Skala waktu 3 bulan Karakteristik kekeringan di Pulau Timor dan Flores menunjukkan sebaran heterogen yang didominasi oleh kekeringan dengan durasi berkepanjangan (5-8 bulan), keparahan besar (-8,00 hingga -16,00), serta defisit bulanan yang tinggi (-1,63 hingga -2,13). Namun demikian, terdapat wilayah dengan karakteristik berbeda yang terkonsentrasi pada wilayah Ende dan perbatasan Sikka-Flores Timur. Wilayah tersebut memiliki durasi kekeringan yang lebih singkat (3-4 bulan) dengan tingkat keparahan rendah (-5,23), namun tetap menunjukkan defisit bulanan yang tinggi.

Skala waktu 6 bulanan, karakteristik kekeringan di Pulau Timor dan Flores menunjukkan sebaran heterogen yang didominasi oleh kekeringan berkepanjangan (7-14 bulan). Kedua pulau menunjukkan perbedaan dalam hal total keparahan, di mana Pulau Timor memiliki keparahan yang lebih tinggi (-18,00 hingga -24,00) dibandingkan Pulau Flores (-12,00 hingga -16,00). Selain itu, defisit bulanan juga berbeda antara kedua pulau. Pulau Timor didominasi oleh defisit bulanan yang tinggi dengan sebaran yang lebih meluas (-1,73 hingga -2,13), sementara Pulau Flores memiliki sebaran defisit bulanan yang lebih bervariasi (-1,23 hingga -1,83).

Karakteristik kekeringan pada skala 12 bulanan menunjukkan pola yang berbeda antara kedua pulau. Pulau Timor memiliki durasi yang relatif lebih pendek (13-20 bulan), sedangkan Pulau Flores didominasi oleh durasi kekeringan yang lebih panjang (18-22 bulan). Dari segi keparahan, Pulau Timor menunjukkan tingkat keparahan yang lebih rendah (-28,00 hingga -36,00) dibandingkan Pulau Flores (-28,00 hingga -49,00), meskipun keduanya termasuk dalam kategori keparahan yang relatif tinggi. Defisit bulanan menunjukkan bahwa Pulau Timor memiliki defisit yang tinggi berkisar -1,83 hingga -2,18, sedangkan Pulau Flores memiliki defisit bulanan yang berkisar -1,33 hingga -1,83.

Karakteristik kekeringan di wilayah studi menunjukkan adanya peningkatan durasi, keparahan (*severity*), dan *intensity* seiring bertambahnya skala waktu analisis (3, 6, dan 12 bulan). Pada seluruh skala waktu, Pulau Timor dan Pulau Flores umumnya didominasi oleh kejadian kekeringan jangka panjang yang parah, yang ditandai oleh durasi yang lama, *severity* yang tinggi, serta defisit bulanan yang besar.

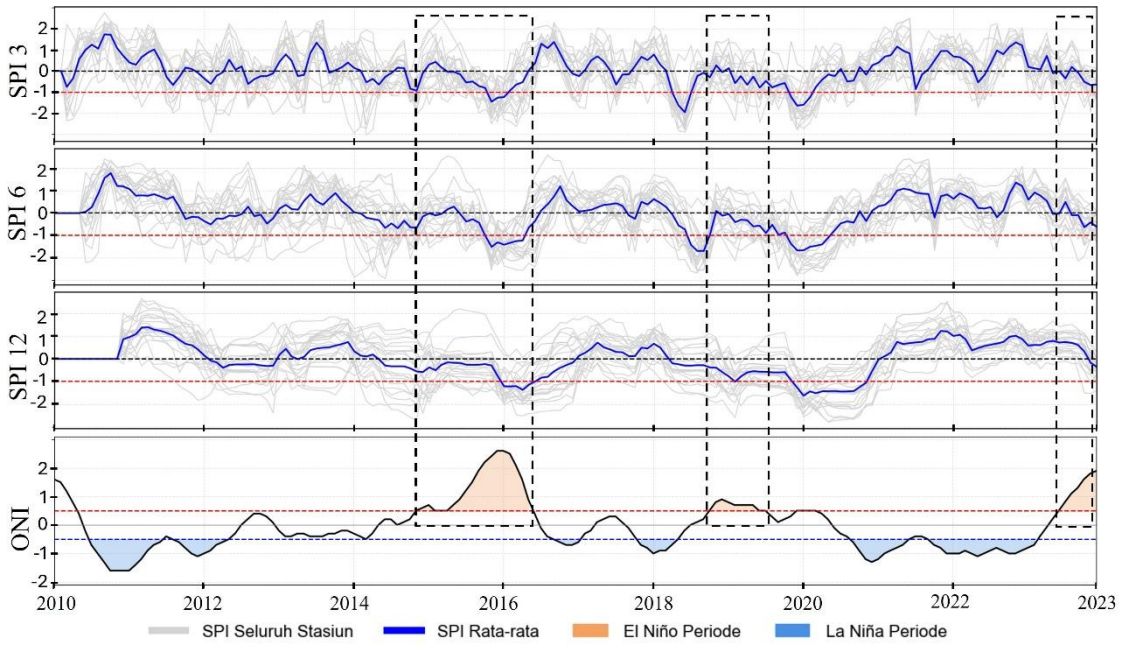
ISSN 2962-2697
Vol. 4, No. 1, Juli 2024

Pengecualian terjadi pada skala waktu 3 bulanan, khususnya di wilayah Ende dan perbatasan antara Kabupaten Sikka dan Flores Timur, yang mengalami kekeringan dengan durasi singkat (3–4 bulan) dan keparahan yang lebih rendah (sekitar –5,23), namun tetap disertai defisit bulanan yang tinggi, yang mengindikasikan kejadian *flash drought* lokal.

Pada skala waktu 12 bulanan, terlihat adanya perbedaan karakteristik antar kedua pulau. Pulau Flores mengalami kekeringan dengan durasi sangat panjang (18–22 bulan) dan keparahan yang sangat tinggi (–28,00 hingga –49,00), namun disertai defisit bulanan yang relatif lebih rendah (–1,33 hingga –1,83). Sebaliknya, Pulau Timor menunjukkan kekeringan dengan durasi yang sedikit lebih pendek (13–20 bulan), tetapi memiliki defisit bulanan yang lebih tinggi dan konsisten (–1,83 hingga –2,18).

Perbedaan ini mencerminkan bahwa Pulau Flores cenderung mengalami kekeringan kumulatif jangka panjang, sementara Pulau Timor lebih rentan terhadap tekanan bulanan yang tinggi secara terus-menerus, yang sama-sama menimbulkan risiko tinggi terhadap ketersediaan air dan ketahanan sektor pertanian di wilayah tersebut.

Hubungan SPI dan ONI



Gambar 4. Hubungan SPI dan ONI

Hubungan antara SPI pada berbagai skala waktu dengan kejadian *El Niño* berdasarkan index ONI dapat dilihat pada Gambar 4. Selama periode *El Niño* kuat yang berlangsung dari November 2014 hingga Mei 2016, penurunan signifikan nilai SPI pada berbagai skala waktu terlihat pada periode puncak *El Niño* (ONI +2,00*)*, dengan indikasi kejadian kekeringan kategori moderat hingga ekstrim (SPI -1,00 hingga < -2,00).

Penuruan signifikan nilai SPI saat periode puncak *El Niño* mengindikasikan adanya hubungan antara peningkatan suhu permukaan laut di wilayah Pasifik Tengah dan penurunan curah hujan di NTT, terutama selama fase puncak *El Niño*. Setelah periode *El Niño* berakhir, nilai SPI pada skala waktu 3 dan 6 bulanan menunjukkan adanya pemulihan curah hujan di sebagian besar wilayah ditandai dengan nilai SPI mengalami pengingkatan (SPI > -1,00), meskipun belum terjadi secara merata

ISSN 2962-2697
Vol. 4, No. 1, Juli 2024

di seluruh stasiun. Sementara itu, pada skala waktu 12 bulanan, sebagian stasiun masih menunjukkan kondisi defisit (SPI > -1,00). mengindikasikan bahwa meskipun curah hujan mulai pulih dalam jangka pendek hingga musiman, belum seluruh wilayah mengalami pemulihan tahunan yang menyeluruh.

Sementara itu, selama periode *El Niño* lemah yang berlangsung dari oktober 2018 hingga juli 2019, nilai SPI pada berbagai skala waktu menunjukkan penurunan yang tidak signifikan, hanya beberapa stasiun yang melewati ambang batas kekeringan (-1,00), hal ini mengindikasikan saat periode *El Niño* lemah tidak perpengaruh signifikan terhadap curah hujan di NTT.

Penurunan signifikan nilai SPI terlihat terjadi setelah periode *El Niño* lemah berakhir berlangsung sejak april hingga september 2018 dengan durasi yang panjang, serta mencapai kekeringan ekstrim (SPI < -2,00). Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh dari fenomena iklim lainnya terhadap penurunan curah hujan di wilayah NTT.

Berdasarkan penelitian terdahulu, pada periode Juni hingga Desember 2019 terjadi fenomena *(Indian Ocean Dipole)* IOD positif ekstrem yang terkuat dalam dua dekade terakhir yang turut memengaruhi penurunan curah hujan di wilayah Indonesia (Iskandar dkk, 2022). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kombinasi antara *El Niño* lemah dan kejadian IOD positif ekstrem berkontribusi dalam memperpanjang durasi serta meningkatkan keparahan kekeringan di wilayah NTT. Selain itu, perkembangan IOD tahun 2019 yang dimulai bersamaan dengan periode angin muson timur (April – Oktober) turut memperpanjang durasi dan keparahn kekeringan.

Periode *El Niño* tahun 2023 Meskipun tergolong kuat penurunan nilai SPI di wilayah NTT tidak langsung terlihat secara signifikan pada awal fase *El Niño*. Salah satu penyebabnya adalah kondisi curah hujan yang masih relatif tinggi di tahun sebelumnya (SPI > +1,00), ketika wilayah NTT dipengaruhi oleh *La Niña* yang berlangsung hampir sepanjang tahun 2022.

Kondisi surplus yang terjadi sebelumnya ini memperlambat penurunan nilai SPI, terutama pada skala waktu yang lebih panjang seperti 6 dan 12 bulanan. Dengan kata lain, curah hujan di awal fase *El Niño* tahun 2023 belum cukup rendah dibandingkan rerata historis untuk langsung mendorong SPI melewati ambang batas kekeringan.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kekeringan di NTT merupakan fenomena yang bersifat berulang, dengan tingkat keparahan bervariasi pada setiap skala waktu. Hasil analisis SPI pada skala 3, 6, dan 12 bulanan mengungkap bahwa sebagian besar stasiun mengalami fluktuasi nilai SPI yang melewati ambang batas kekeringan hampir setiap tahun. Fluktuasi paling tajam terjadi pada SPI-3, yang mencerminkan respons cepat terhadap perubahan curah hujan jangka pendek, sedangkan SPI-6 dan SPI-12 menunjukkan pola defisit musiman dan jangka panjang yang lebih persisten.

Secara spasial, Pulau Timor dan Flores sama-sama didominasi oleh kekeringan jangka panjang dengan durasi panjang, keparahan tinggi, dan defisit bulanan besar pada semua skala waktu. Namun, karakteristiknya berbeda: Pulau Flores lebih rentan terhadap kekeringan kumulatif jangka panjang, sementara Pulau Timor mengalami tekanan bulanan yang konsisten tinggi, khususnya pada skala 6 dan 12 bulanan. Kejadian *flash drought* lokal juga teridentifikasi di wilayah Ende dan perbatasan Sikka–Flores Timur pada skala 3 bulanan.

Analisis hubungan antara SPI dan indeks ONI mengindikasikan bahwa fenomena *El Niño*, terutama *El Niño* kuat seperti tahun 2014/2016, berkontribusi signifikan terhadap penurunan curah hujan di NTT. Penurunan nilai SPI yang tajam selama

ISSN 2962-2697
Vol. 4, No. 1, Juli 2024

puncak *El Niño* menunjukkan keterkaitan erat antara pemanasan suhu permukaan laut di Pasifik Tengah dengan kejadian kekeringan moderat hingga ekstrem. Sebaliknya, *El Niño* lemah tahun 2018/2019 tidak memberikan dampak signifikan, namun kekeringan ekstrem tetap terjadi setelahnya, yang diduga kuat dipicu oleh pengaruh IOD positif ekstrem tahun 2019, serta interaksi dengan angin muson timur.

Dengan demikian, kekeringan di NTT merupakan fenomena multiskala yang dipengaruhi oleh variabilitas curah hujan lokal, dinamika regional seperti monsun, serta fenomena iklim global seperti *El Niño* dan IOD. Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan kekeringan berbasis SPI multiskala dan integrasi informasi iklim global dalam strategi mitigasi kekeringan dan perencanaan sektor sumber daya air dan pertanian di wilayah NTT.

Daftar Pustaka

Dewi, S. M., & Marzuki, M. (2020). Analisis Pengaruh Pergeseran Lokasi ENSO terhadap Curah Hujan di Indonesia. *Jurnal Fisika Unand*, *9*(2), 176–182. https://doi.org/10.25077/jfu.9.2.176-182.2020

Hima, W. K., Udiana, I. M., & Nasjono, J. K. (2022). Analisis Indeks Kekeringan Menggunakan Standardized Precipitation Index (SPI) Method pada Daerah Kabupaten Timor Tengah Selatan. *JURNAL FORUM TEKNIK SIPIL (J-ForTekS)*, *2*(1), 68–79. https://doi.org/10.35508/forteks.v2i1.5464

IPCC. (2018). *Global warming of 1.5°C. Special Report on Global Warming of 1.5°C*.

Iskandar, I., Lestari, D. O., Saputra, A. D., Setiawan, R. Y., Wirasatriya, A., Susanto, R. D., … Kunarso. (2022). Extreme Positive Indian Ocean Dipole in 2019 and Its Impact on Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(22), 1–15. https://doi.org/10.3390/su142215155

Kain, M. M., Wahid, A., & Geru, A. S. (2018). Analisis Pengaruh El Nino Terhadap Hujan Di Ntt. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, *3*(3), 155–162. https://doi.org/10.35508/fisa.v3i3.621

Khairani, D., Harisuseno, D., & Suhartanto, E. (2018). Penerapan Metode Standardized Precipitation Index (Spi) Dan Effective Drought Index (Edi) Untuk Mengestimasi Kekeringan Di Das Rejoso Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, *3*(2), 1–12.

Krisnayanti, D. S., Pasoa, M. S., & Cornelis, R. (2023). Analisis Kekeringan Meteorologi Dengan Menggunakan Metode Standardized Precipitation Index Di Kupang – Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Sumber Daya Air*, *19*(1), 1–12. https://doi.org/10.32679/jsda.v19i1.793

Nam, W. H., Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Tadesse, T., & Wilhite, D. A. (2015). Drought hazard assessment in the context of climate change for South Korea. *Agricultural Water Management*, *160*, 106–117. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.029

Pandey, V., Srivastava, P. K., Singh, S. K., Petropoulos, G. P., & Mall, R. K. (2021). Drought identification and trend analysis using long-term chirps satellite precipitation product in bundelkhand, india. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(3), 1–20. https://doi.org/10.3390/su13031042

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

Suni, Y. P. K., Karlina, & Sujono, J. (2022). Analisis Kekeringan Menggunakan Metode SPI Dan PDSI Pada Daerah Aliran Sungai Liliba. *Jurnal Teknik Sipil*, *11*(1), 91–104. Retrieved from https://ejournal.petra.ac.id/index.php/jurnal-teknik-sipil/article/view/24660

Tan, C., Yang, J., & Li, M. (2015). Temporal-spatial variation of drought indicated by SPI and SPEI in Ningxia Hui Autonomous Region, China. *Atmosphere*, *6*(10), 1399–1421. https://doi.org/10.3390/atmos6101399

WMO. (2016). *Handbook of Drought Indicators and Indices (WMO-No. 1173)*. Geneva, Switzerland. Retrieved from https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.1.2366.1068-b

Yusman, R. D., Irsyad, F., Arlius, F., Armei, R., & Yanti, D. (2025). Analysis Rice Field Drought Potential using the Standardized Precipitation Index (SPI) Method, *14*(2), 494–505.