

ANALISIS DERAJAT BENCANA KEKERINGAN DI PULAU JAWA AKIBAT FENOMENA EL-NINO 2023

S. Sanjaya^{1,4*}, Bella Koes Paulina Cantik^{2,4}, dan
Anastasia Septya Wardaningrum^{3,4}

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pradita

³Researcher, Collaborative Knowledge Network Indonesia (CKNet-INA)

⁴Collaborative Knowledge Network Indonesia (CKNet-INA), Indonesia

*sanjaya.stephen@unpar.ac.id

Pemasukan: 30 Juni 2024 Perbaikan: 29 September 2024 Diterima: 19 Desember 2024

Intisari

Kekeringan adalah sebuah bencana alam dengan proses menjalar yang tidak nampak namun dapat teridentifikasi lewat dampaknya terhadap aspek kehidupan manusia. Berdasarkan studi terkini IPCC, bencana alam hidro-meteorologi seperti banjir ataupun kekeringan akan mengalami intensifikasi, serta peningkatan dampak risikonya. Hal ini juga semakin tergambar dengan beberapa kejadian kekeringan akibat fenomena El-nino seperti pada tahun 2015-2016 yang dikategorikan kuat. Kejadian ini berdampak sangat parah terhadap aspek pertanian, dan juga perekonomian hingga kesejahteraan penduduk dunia, terkhususnya Indonesia di mana pertanian adalah komoditas utamanya. Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk mengukur seberapa parah kondisi kekeringan yang terjadi akibat fenomena alam El-nino di Indonesia pada tahun 2023 dengan Indeks Kekeringan SPI dan membuat peta sebaran kekeringan pada wilayah tertinjau, sehingga dapat diharapkan menjadi langkah awal mitigasi bencana dampak kekeringan yang terjadi. Metode penelitian yang digunakan adalah perhitungan kuantitatif Indeks Kekeringan SPI, yang diolah menggunakan pengukuran data hujan bulanan berbasis satelit, yaitu GPM 3IMERGMV07 selama 23 tahun (2001-2023) di Pulau Jawa. Pemetaan sebaran wilayah yang terdampak kekeringan dibuat berdasarkan hasil Indeks Kekeringan SPI, dengan menggunakan Metode IDW pada ArcGIS. Hasil analisis dari studi ini menunjukkan bahwa derajat keparahan kekeringan yang terjadi di Pulau Jawa rata-rata akibat fenomena El-nino tahun 2023 adalah $-0,84 \pm 0,28$, selain itu daerah yang mengalami dampak kekeringan paling parah berdasarkan pengukuran indeks ini adalah daerah selatan Pulau Jawa. Hasil ini juga didukung dengan penilaian durasi kekeringan SPI, bahwa rata-rata daerah mengalami kekeringan selama 5 bulan, pada akhir tahun 2023.

Kata Kunci: El-Nino 2023, GPM 3IMERGMV 07, Kekeringan, SPI

Latar Belakang

Kekeringan adalah bencana alam yang diakibatkan oleh defisit curah hujan dalam periode waktu tertentu yang menyebabkan tidak cukupnya ketersediaan

air untuk kegiatan manusia dan lingkungan (Surmaini, 2016). Kekeringan merupakan salah satu bencana alam dengan mekanisme menjalar yang tidak terlihat secara langsung namun memiliki dampak signifikan. Kekeringan dapat berlangsung lama dan menyebabkan kerugian besar terhadap lingkungan, perekonomian, dan kehidupan masyarakat karena tidak memiliki batas waktu yang jelas (Surmaini, 2016; Darfia and Rahmalina, 2019). Intensitas dan frekuensi bencana banjir dan kekeringan mengalami peningkatan signifikan menurut Laporan dari Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tahun 2022 (Simanjuntak and Safril, 2020; Mondiana, Zairina and Sari, 2022). Perubahan iklim yang disebabkan oleh aktivitas manusia memperburuk kondisi ini, sehingga menyebabkan lebih seringnya terjadi fenomena cuaca ekstrem (Driga and Drigas, 2019).

El-Nino, fenomena alam akibat pemanasan abnormal di Samudra Pasifik bagian tengah dan timur, menyebabkan perubahan pola cuaca global. Di Indonesia, El-Nino sering kali berasosiasi dengan musim kemarau yang lebih panjang dan intens, mengakibatkan kekeringan parah di beberapa wilayah. Fenomena ini berdampak pada sektor pertanian, ketersediaan air, dan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada hasil pertanian. El-Nino telah menunjukkan dampak pada produksi padi, produksi jagung, dan pola budidaya pertanian di Indonesia, dengan adanya diferensiasi pada produksi dan perubahan pada pola tanam, khususnya pada Pulau Jawa (Utami, Jamhari and Hardyastuti, 2011; Ramadhan, 2024).

Bencana kekeringan sebenarnya dapat dimitigasi dengan berbagai alternatif. Salah satu cara paling efektif untuk mengurangi dampaknya adalah melalui pengamatan kontinu (*drought monitoring*). Pengamatan ini dapat dilakukan dengan mempelajari pola hujan bulanan menggunakan berbagai indeks seperti Standardized Precipitation Index (SPI), Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), dan Palmer Drought Severity Index (PDSI) (Balbo dkk., 2019). Indeks kekeringan, seperti SPI, telah banyak diterapkan sebagai langkah awal untuk mendeteksi kekeringan pada studi-studi terdahulu, seperti oleh (Liu dkk., 2021). Keunggulan Metode SPI dibandingkan dengan metode lainnya adalah metode ini memiliki indeks yang fleksibel, dapat menganalisis periode bulan basah, dan analisis perhitungan yang tidak terlalu rumit dengan hanya memerlukan data hujan sebagai input data pada perhitungan (McKee dkk., 1993; Saidah, Budianto and Hanifah, 2017). Selain itu, SPI merupakan salah satu metode indeks kekeringan yang telah menunjukkan performa yang unggul dalam mendeteksi tingkat kekeringan pada suatu daerah dibandingkan dengan metode-metode lainnya (Asefjah dkk., 2014; Dewita, Harisuseno and Suhartanto, 2022).

Selain itu, mitigasi bencana kekeringan merupakan bagian penting dari rencana aksi dalam kerangka Sustainable Development Goals (SDGs), terutama terkait penanggulangan perubahan iklim dan peningkatan ketahanan terhadap bencana (Van Loon, 2020). Kekeringan secara langsung mempengaruhi beberapa tujuan utama dalam SDGs, termasuk: SDG 6: *Clean Water and Sanitation* (Air Bersih dan Sanitasi) yang menekankan pentingnya akses terhadap air bersih dan sanitasi untuk semua orang, serta pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan (Sena dkk., 2016); SDG 13: *Climate Action* (Penanganan Perubahan Iklim) yang mencakup tindakan yang diperlukan sesegera mungkin untuk memerangi perubahan iklim dan

dampaknya, termasuk peristiwa cuaca ekstrem seperti bencana kekeringan (Zhang dkk., 2019); SDG 2: *Zero Hunger* (Tanpa Kelaparan) yang berfokus pada mengakhiri kelaparan dan memastikan akses terhadap pangan yang aman, bergizi, dan cukup sepanjang tahun, yang dapat terganggu oleh kekeringan (Zhang dkk., 2019; Valin dkk., 2021); serta SDG 15: *Life on Land* (Ekosistem Daratan) yang melibatkan pengelolaan hutan, lahan basah, dan ekosistem daratan lainnya secara berkelanjutan, yang bisa terancam oleh kekeringan (Lucatello and Sannwald, 2020).

Studi ini bermaksud untuk memahami bencana kekeringan yang terjadi akibat fenomena El-Nino di tahun 2023. Dengan memahami karakteristik dan dampak kekeringan yang disebabkan oleh El-Nino, diharapkan dapat diperoleh informasi yang bermanfaat untuk perencanaan dan mitigasi bencana di masa mendatang. Maksud dari penelitian ini dapat terwujud dengan tujuan: (1) Mendeteksi kekeringan akibat fenomena el-nino tahun 2023 dengan metode SPI; (2) Mengevaluasi tingkat keparahan dan durasi dari kekeringan tersebut metode SPI; serta (3) Melakukan analisis spasial akibat kekeringan.

Metodologi Studi

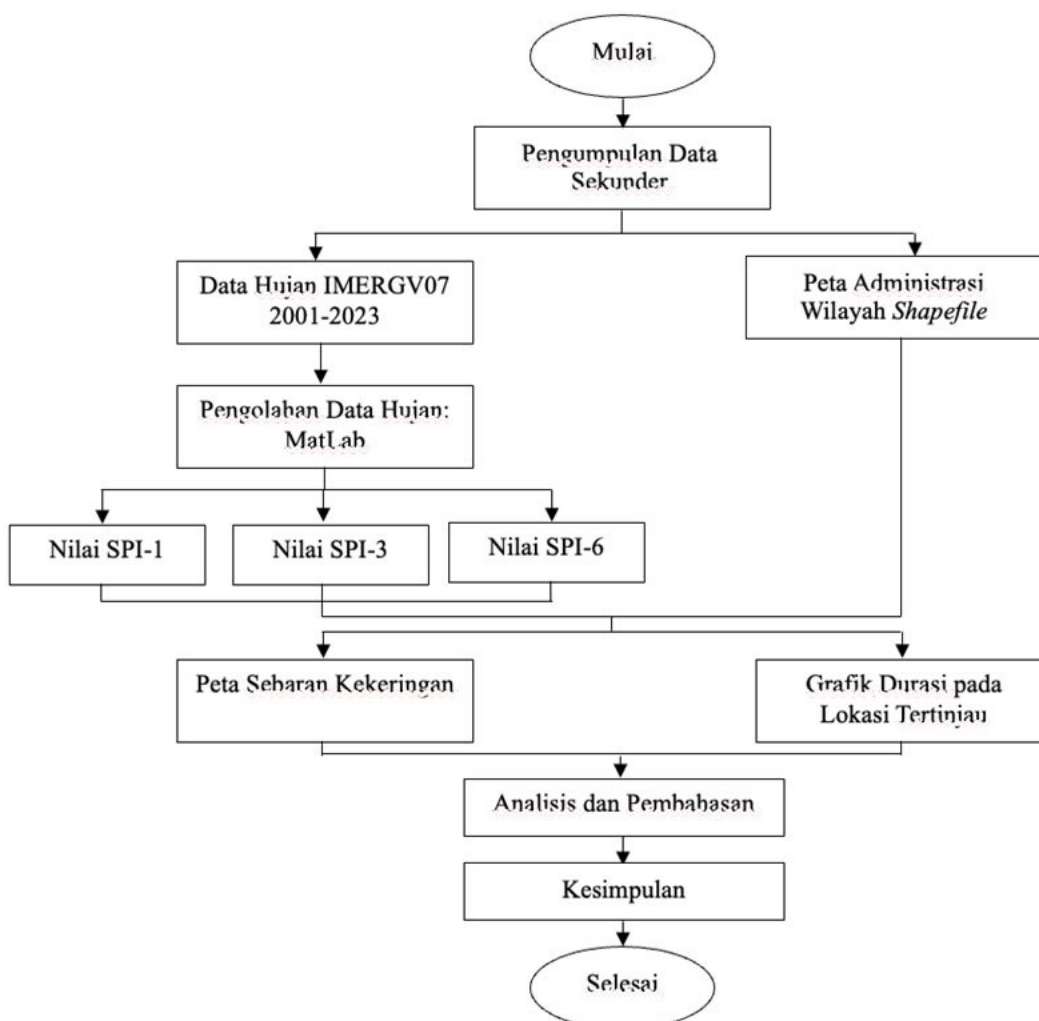
Data

Penelitian ini berfokus pada data sekunder dalam keseluruhan analisis, tanpa pengambilan sampel di lapangan. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan hasil pengukuran satelit dari misi Global Precipitation Measurement (GPM). Misi satelit ini adalah buah hasil kerjasama antara National Aeronautics and Space Administration (NASA) dan Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), yang telah diorbitkan sejak tahun 2014. Data hujan dengan pengukuran GPM (Precipitation Processing System (PPS) At NASA GSFC, 2023) memiliki resolusi waktu 30 menit serta, resolusi spasial sebesar $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$ (atau setara dengan 11 km dekat dengan daerah ekuator). Secara spesifik, data hujan bulanan yang digunakan adalah tipe hujan hasil kalibrasi dan validasi versi final, yaitu IMERG V07. Data dengan tipe ini sudah tersedia sejak bulan Juni 2000 sampai sekarang.

Metodologi Studi

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif dengan menggunakan pendekatan Analisis Data Sekunder (ADS). Kerangka alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut. Idealnya, analisis kekeringan dengan Metode SPI digunakan periode data hujan dalam rentang 20-30 tahun (Guttman, 1994; World Meteorological Organization, 2012). Oleh karena itu, periode data hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 22 tahun, mulai dari Januari 2001 sampai dengan Desember 2023. Semua data hujan akan diolah menggunakan MatLab untuk mengetahui nilai kekeringan pada masing-masing indeks SPI, dan GIS Software digunakan untuk menggambarkan peta sebaran kekeringan di Pulau Jawa. Penelitian ini berfokus pada Pulau Jawa, Indonesia yang berada pada lokasi geografi $7,6145^{\circ}$ LS, $110,7122^{\circ}$ BT. Pulau Jawa memiliki

komoditas pertanian yang sangat tinggi, sehingga kegiatan tersebut juga sangat besar dipengaruhi oleh nilai hujan bulanan untuk pemenuhan kebutuhan airnya.



Gambar 1. Kerangka Alur Penelitian

Standardized Precipitation Index (SPI) adalah sebuah indikator yang menggambarkan probabilitas terjadinya hujan pada periode waktu tertentu dalam sebuah daerah. SPI didasarkan pada probabilitas curah hujan yang kemudian diubah dalam bentuk indeks kekeringan (McKee dkk., 1993). Indeks ini diperkenalkan oleh McKee yang digunakan untuk menganalisa perubahan curah hujan dan kekeringan. SPI memiliki kelebihan karena perhitungannya yang sederhana dan cenderung stabil, serta kemampuan penerapannya dalam memantau kekeringan pada skala bulanan. Indeks ini menggambarkan nilai hujan bulanan dalam fungsi kumulatif probabilitas (CDF) gamma, yang dinyatakan dalam persamaan (Liu dkk., 2021):

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, x > 0 \quad (1)$$

dimana α adalah parameter bentuk, β adalah parameter skala, dan x adalah nilai hujan bulanan

Sedangkan nilai Γ dalam fungsi α , dinyatakan sebagai berikut:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (2)$$

Penentuan nilai α dan β diestimasi dengan menggunakan teknik Maximum Likelihood Estimation (MLE), yang dipilih dengan alasan kestabilannya dengan teknik hasil rekomendasi dari (Wilks, 1990). Selanjutnya nilai CDF gamma dikonversi ke dalam probabilitas teoretis, yaitu standar normal terdistribusi. Hasil konversi menjadi standar normal terdistribusi tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam Tabel 1. Klasifikasi Kelas SPI berdasarkan (World Meteorological Organization, 2012), nilai ini juga diacu oleh BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika).

Tabel 1. Klasifikasi Nilai SPI

Nilai SPI	Klasifikasi Nilai SPI
$\leq -2,00$	Sangat Kering
-1,50 - -1,99	Kering
-1,00 - 1,49	Agak Kering
-0,99 - 0,99	Normal
1,00 - 1,49	Agak Basah
1,50 - 1,99	Basah
$\geq 2,00$	Sangat Basah

SPI terdiri dari beberapa skala waktu, yaitu 1, 3, 6. Perbedaan pada masing-masing skala waktu SPI dapat dilihat pada Tabel 2. Indeks kekeringan dengan skala waktu mengindikasikan parameter-parameter hidrologi lainnya. Nilai indeks seperti SPI-3 dapat mengindikasikan kondisi kelembaban jangka pendek dan menengah yang berkorelasi kuat dengan kebutuhan air untuk kegiatan agrikultur. Sedangkan, SPI-6 dapat menggambarkan kondisi debit sungai yang mencerminkan kondisi kelembaban jangka menengah.

Tabel 2. Perbedaan pada masing-masing skala waktu SPI (World Meteorological Organization, 2012)

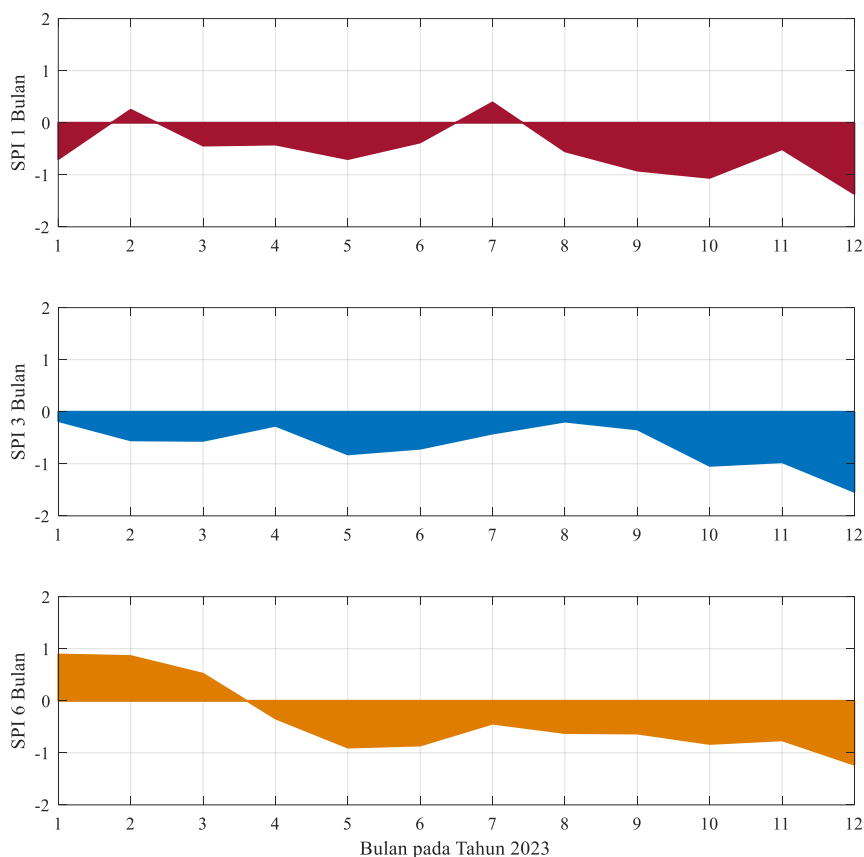
Pembeda	SPI-1	SPI-3	SPI-6
Periode	1 bulan (periode 30 hari)	3 bulan	6 bulan
Tujuan perhitungan	Mencerminkan kondisi jangka pendek	Mencerminkan kondisi kelembaban jangka pendek dan menengah	Mencerminkan kondisi kelembaban jangka menengah
Fungsi perhitungan	Memperkirakan Crop Moisture Index, dimana indeks ini merupakan bagian dari Palmer Drought Severity Index.	Memperkirakan kondisi kelembaban lebih efektif dibandingkan dengan Palmer Index atau indeks hidrologi lain yang tersedia	Pengamatan musim hujan dan anomali aliran sungai serta ketinggian waduk, tergantung pada wilayah dan waktu dalam setahun.

Perhitungan durasi kekeringan menjadi salah satu parameter penting dalam sebuah kejadian kekeringan. Durasi kekeringan itu sendiri dapat diestimasi dengan menghitung frekuensi kejadiannya apabila nilai SPI lebih kecil dari 0.

Hasil Studi dan Pembahasan

Kondisi SPI Rata-rata Tahun 2023

Hasil rerata SPI di Pulau Jawa menunjukkan bahwa pola hujan yang cenderung kering menjelang bulan Agustus, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2. Hasil SPI 1 menunjukkan durasi kekeringan selama kurang lebih 5 bulan, sejak Bulan Agustus sampai dengan Bulan Desember 2023. Pola ini tidak hanya terjadi pada skala waktu 1 bulan, akan tetapi juga terdeteksi pada SPI skala waktu 3 dan 6 bulan. Hal ini juga selaras dengan temuan fenomena El-Nino yang disampaikan terjadi sejak bulan Juni 2023 dan mencapai puncaknya pada bulan November di tahun 2023(JPL NASA, 2024).



Gambar 2. SPI rata-rata di Pulau Jawa pada skala waktu 1 bulan, 3 bulan dan 6 bulan

Perhitungan kekeringan indeks SPI dengan berbagai skala waktu, yaitu 1 bulan, 3 bulan dan 6 bulan, dilakukan di seluruh Pulau Jawa untuk mendeteksi anomali pola hujan bulanan sepanjang tahun 2023 serta kekeringan akibat El-Nino 2023. Untuk mendapatkan gambaran umum dari perubahan curah hujan bulanan di Pulau Jawa, rata-rata dari indeks kekeringan dengan berbagai skala waktu dihasilkan, dan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil rata-rata SPI di Pulau Jawa pada tahun 2023

Bulan	SPI 1		SPI 3		SPI 6	
	Rata-rata	Standar Deviasi	Rata-rata	Standar Deviasi	Rata-rata	Standar Deviasi
Jan	-0.70	0.43	-0.18	0.49	0.89	0.25
Feb	0.25	0.73	-0.55	0.65	0.86	0.46
Mar	-0.44	0.68	-0.56	0.50	0.52	0.56
Apr	-0.42	0.80	-0.27	0.76	-0.34	0.74
Mei	-0.70	0.49	-0.82	0.38	-0.90	0.57
Jun	-0.38	0.58	-0.71	0.32	-0.86	0.39
Jul	0.39	0.42	-0.42	0.39	-0.44	0.35
Agu	-0.55	0.15	-0.19	0.22	-0.62	0.23
Sep	-0.92	0.24	-0.34	0.30	-0.63	0.24
Okt	-1.06	0.26	-1.04	0.20	-0.83	0.16
Nov	-0.51	0.50	-0.97	0.24	-0.76	0.17
Des	-1.37	0.57	-1.54	0.43	-1.23	0.30

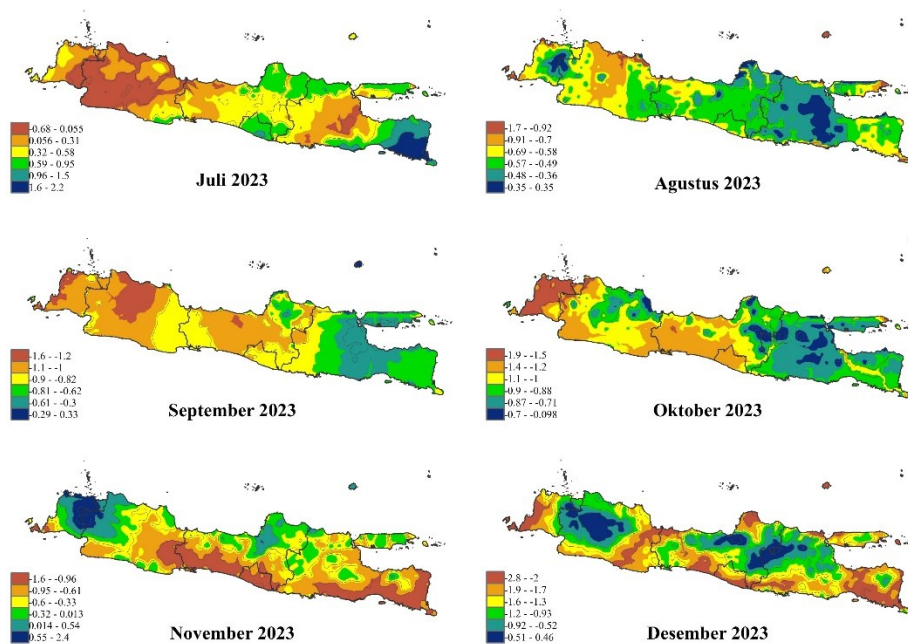
Walaupun puncak fenomena El-Nino 2023 diprediksi terjadi pada bulan November, akan tetapi dampaknya baru akan dirasakan pada bulan-bulan berikutnya, dan tentunya akan mengganggu pola iklim beberapa bulan mendatang (JPL NASA, 2024). Pernyataan ini didukung dengan bukti yaitu perubahan indeks yang begitu drastis pada bulan Desember 2023, mencapai hingga 2 kali lipat dari Bulan November. Derajat kekeringan terparah pada bulan Desember mencapai -1,37 untuk SPI 1, -1,54 untuk SPI 3 dan -1,23 untuk SPI 6. Secara lebih detail, hasil perhitungan rata-rata SPI di Pulau Jawa untuk berbagai skala waktu disajikan pada Tabel 3.

Kekeringan akibat fenomena El-Nino 2023 yang terdeteksi sejak Bulan Agustus di Pulau Jawa memiliki derajat rata-rata sebesar $-0,88 \pm 0,34$ untuk SPI 1 bulan, sedangkan derajat keparahannya rata-rata menurun untuk SPI 3 bulan dan SPI 6 bulan sebesar $-0,81 \pm 0,28$ dan $-0,81 \pm 0,22$, secara berurutan. Oleh karena itu, secara umum tingkat keparahan kekeringan akibat El-Nino 2023 untuk berbagai skala waktu adalah $-0,84 \pm 0,28$.

Analisis Spasial Kekeringan Tahun 2023

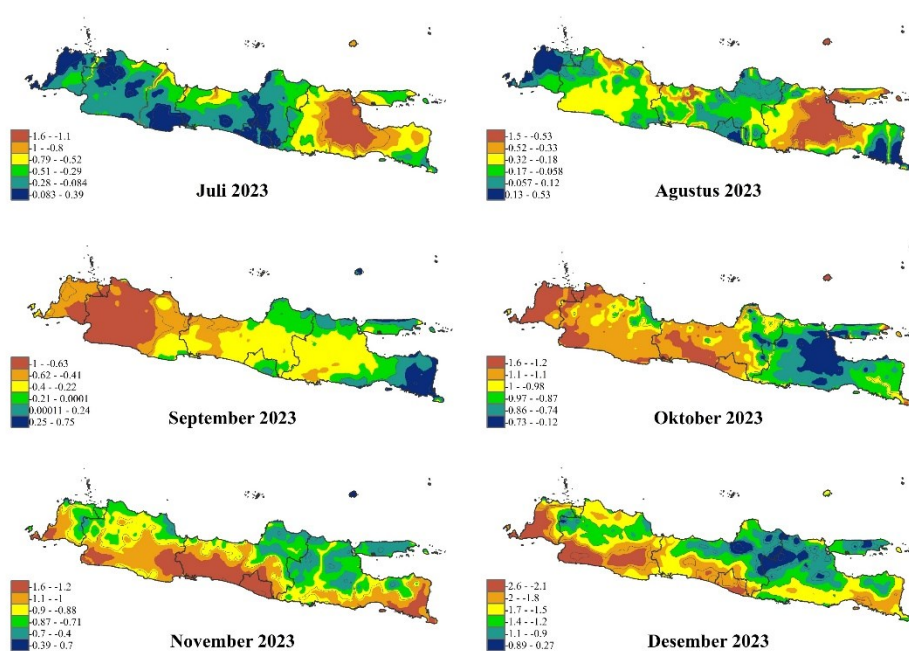
Analisis spasial terhadap kondisi kekeringan Pulau Jawa dilakukan dengan fokus memperhatikan SPI pada 6 bulan terakhir, yaitu dari Agustus sampai dengan Desember. Hal ini didasari dari kondisi rata-rata SPI selama setahun pada bagian sebelumnya. Gambar 3 sampai dengan Gambar 5 menyajikan peta sebaran nilai SPI di Pulau Jawa dari bulan yang dimaksud untuk berbagai skala waktu. Skala indeks kekeringan untuk masing-masing bulan berbeda-beda tergantung dari sebaran nilai indeksnya. Peta ini dimaksudkan untuk memperhatikan kondisi provinsi yang mengalami kekeringan dengan derajat terparah sepanjang akhir tahun 2023. Secara jangka panjang, metode ini dapat memberikan gambaran umum kepada pemangku kebijakan terkait dengan mitigasi bencana kekeringan yang dapat terjadi di lokasi tersebut.

Dari peta sebaran nilai SPI 1 bulan (lihat Gambar 3), beberapa provinsi yang masuk sebagai golongan kekeringan terparah sejak Bulan September 2023 (kategori derajat -1,6 s.d. -1,2), yaitu Provinsi Jawa Barat Bagian Utara. Sedangkan untuk bulan Oktober 2023, lokasi paling terdampak dengan kategori derajat -1,9 s.d. -1,5 ialah Provinsi Banten. Pulau Jawa bagian selatan mengalami anomali curah hujan bulanan secara berturut-turut pada Bulan November dan Desember, dengan kategori derajat -1,6 s.d. -0,96 dan -2,8 s.d. -2, secara berurutan.



Gambar 3. Sebaran nilai SPI-1 di Pulau Jawa dari Juli s.d. Desember 2023

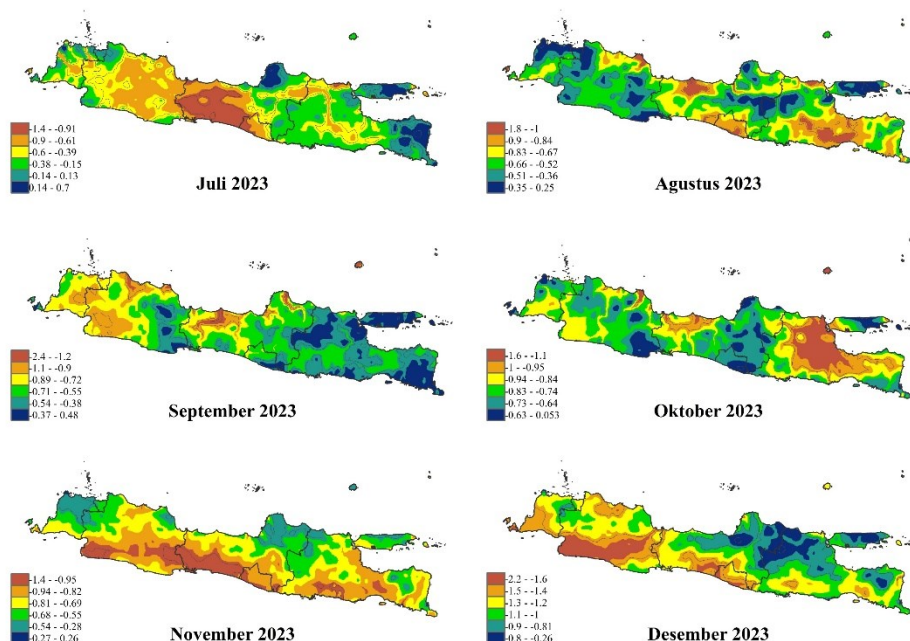
SPI 3 memiliki sebaran yang kekeringan yang cukup serupa dengan SPI 1, namun derajat keparahan SPI 1 bulan lebih tinggi daripada SPI 3. SPI 3 juga berkorelasi secara kuat dengan kondisi kelembaban udara, dan yang terdeteksi semakin menurun. Gambar 4 menunjukkan sebaran nilai SPI 3 bulanan di Pulau Jawa pada Bulan Juli sampai dengan Desember 2023. Pada Bulan Agustus 2023, hampir keseluruhan dari Provinsi Jawa Timur masuk dalam golongan kekeringan yang paling tinggi di Pulau Jawa dengan derajat -1,5 s.d. -0,53. Pada dua bulan berikutnya, kekeringan SPI 3 terdeteksi di bagian barat Pulau Jawa, dengan derajat keparahan maksimum pada September 2023 (-1,0) dan semakin menguat pada Bulan Oktober 2023 (-1,6). Di akhir dua bulan tahun 2023, pola yang sama dengan SPI 1 kembali terdeteksi di lokasi selatan Pulau Jawa, dengan derajat yang kian menguat di Desember 2023 dengan nilai maksimum -2,6.



Gambar 4. Sebaran Nilai SPI-3 di Pulau Jawa dari Juli-Desember 2023

SPI skala waktu 6 bulan memiliki korelasi kuat terhadap kondisi debit, selain itu juga SPI dengan skala ini memberikan efek kekeringan pada masa sebelumnya yang dapat mempengaruhi perhitungan indeks kekeringan pada waktu yang sama untuk skala waktu yang berbeda. Gambar 5 mengilustrasikan sebaran nilai SPI 6 bulanan di Pulau Jawa untuk enam bulan terakhir. Pada Bulan Agustus 2023, golongan derajat keparahan (kategori derajat -2,4 s.d. -1,2) ditemukan di Provinsi Jawa Tengah Bagian Timur dan sebagian besar Provinsi Jawa Timur. Berbeda dengan skala waktu sebelumnya, SPI 6 pada bulan September dengan kondisi normal hingga agak kering (derajat -1,0 s.d. -0,61) terjadi Provinsi Jawa Barat dan Provinsi Jawa Tengah Bagian Timur. Sedangkan untuk Bulan Oktober 2023, kondisi terparah meningkat hingga kering (derajat -1,6 s.d. -1,1) di Provinsi Jawa Timur. Akan tetapi, kondisi yang sama untuk SPI 6, lokasi selatan Pulau Jawa mengalami kekeringan maksimum pada Bulan November dan Desember 2023, hingga mencapai derajat maksimum -1,4 dan -2,6, secara berturut-turut.

Dari seluruh analisis SPI yang dilakukan, pada Bulan September dan Oktober, daerah yang paling terdampak adalah Propinsi Jawa Barat dan Banten, sedangkan pada Bulan November dan Desember, lokasi paling kering berada di daerah selatan Pulau Jawa. Lokasi tersebut seringkali mengalami kekeringan pada golongan derajat maksimum pada Bulan November dan Desember 2023 pada berbagai skala waktu.



Gambar 5. Sebaran Nilai SPI-6 di Pulau Jawa dari Juli-Desember 2023

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Beberapa hal penting yang menjadi fokus penelitian ini, yaitu kekeringan di Pulau Jawa akibat fenomena El-Nino terdeteksi indeks SPI pada berbagai skala waktu terjadi selama kurang lebih lima (5) bulan yaitu rata-rata sejak bulan Agustus sampai dengan Desember 2023. Derajat keparahan kekeringan akibat El-Nino di Pulau Jawa untuk SPI 1 bulan adalah $-0,88 \pm 0,34$, untuk SPI 3 bulan adalah $-0,81 \pm 0,28$ dan SPI 6 bulan adalah $-0,81 \pm 0,22$, dengan rata-rata total $-0,84 \pm 0,28$. Selain itu, hasil analisis sebaran spasial kekeringan secara umum, menunjukkan bahwa pada Bulan September dan Oktober tahun 2023, daerah yang masuk ke dalam golongan kekeringan terparah adalah Provinsi Banten dan Jawa Barat. Sedangkan pada Bulan November dan Desember tahun 2023, daerah selatan Pulau Jawa mengalami kekeringan dengan derajat maksimum pada berbagai skala waktu.

Saran

Dalam rangka peningkatan studi ini, koreksi hujan satelit terhadap data hujan pos dapat dilakukan untuk meningkatkan akurasi studi. Selain itu juga, pemuktahiran data hujan agar mencapai 30 tahun juga dapat memperbaiki akurasi perhitungan nilai SPI dengan probabilitas Gamma.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada CKNet-INA (*Collaborative Knowledge Network Indonesia*) atas kesempatan untuk berkolaborasi dalam penelitian ini, serta pihak-pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Daftar Referensi

- Asefjah, B., Fanian, F., Feizi, Z., AbolhasaniZarjo, A., Paktinat, H., TaghiNaghilou, M., Molaie Atani, A., Asadollahi, M., Babakhani, M., Kouroshniya, A., and others, 2014. Meteorological drought monitoring using several drought indices (case study: Salt Lake Basin in Iran). *Desert*, 19(2), pp.155–165.
- Balbo, F., Wulandari, R.A., Nugraha, M.R.R., Dwiandani, A., Syahputra, M.R. and Suwarman, R., 2019. The evaluation of drought indices: Standard Precipitation Index, Standard Precipitation Evapotranspiration Index, and Palmer Drought Severity Index in Cilacap-Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 303(1), p.012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/303/1/012012>.
- Darfia, N.E. and Rahmalina, W., 2019. Analisis Indeks Kekeringan di Daerah Irigasi Kelayang Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau. *Jurnal Infrastruktur*, 5(1), pp.35–44. <https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v5i1.662>.
- Dewita, M., Harisuseno, D. and Suhartanto, E., 2022. Analisis Kekeringan Meteorologi dengan Metode Standardized Precipitation Index (SPI) dan China Z Index (CZI) Di Sub DAS Kadalpang, Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(1), pp.1–13.
- Driga, A.M. and Drigas, A.S., 2019. Climate Change 101: How Everyday Activities Contribute to the Ever-Growing Issue. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES)*, 7(1), p.22. <https://doi.org/10.3991/ijes.v7i1.10031>.
- Guttman, N.B., 1994. On the Sensitivity of Sample L Moments to Sample Size. *Journal of Climate*, 7(6), pp.1026–1029. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1994\)007<1026:OTSOSL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1994)007<1026:OTSOSL>2.0.CO;2).
- JPL NASA, 2024. *El Niño/La Niña Watch & PDO*. Available at: <<https://sealevel.jpl.nasa.gov/data/el-nino-la-nina-watch-and-pdo/el-nino-2023/>> [Accessed 30 June 2024].
- Liu, C., Yang, C., Yang, Q. and Wang, J., 2021. Spatiotemporal drought analysis by the standardized precipitation index (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in Sichuan Province, China. *Scientific Reports*, 11(1), p.1280. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80527-3>.
- Lucatello, S. and Sannwald, E., 2020. Sustainable development goals and drylands: Addressing the interconnection. *Stewardship of Future Drylands and Climate Change in the Global South: Challenges and Opportunities for the Agenda 2030*, pp.27–40.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., and others, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. Boston. pp.179–183.
- Mondiana, Y.Q., Zairina, A. and Sari, R.K., 2022. Prediksi Peluang Kejadian Curah Hujan Ekstrem Dan Implikasi Pengelolaan Sumberdaya Air. *Journal of Forest Science Avicennia*, 4(2), pp.96–101. <https://doi.org/10.22219/avicennia.v4i2.19695>.

- Precipitation Processing System (PPS) At NASA GSFC, 2023. *GPM IMERG Final Precipitation L3 1 month 0.1 degree x 0.1 degree V07*. <https://doi.org/10.5067/GPM/IMERG/3B-MONTH/07>.
- Ramadhan, N., 2024. The Influence of Climate Change on Rice Production And Cultivation Patterns in Indonesia. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, [online] 6(1). <https://doi.org/10.36378/juatika.v6i1.3374>.
- Saidah, H., Budianto, M.B. and Hanifah, L., 2017. Analisa indeks dan sebaran kekeringan menggunakan metode standardized precipitation index (SPI) dan geographical information system (GIS) Untuk Pulau Lombok. *Jurnal Spektran*, 5(2), pp.173–179.
- Sena, A., Freitas, C.M.D., Barcellos, C., Ramalho, W. and Corvalan, C., 2016. Measuring the invisible: Analysis of the Sustainable Development Goals in relation to populations exposed to drought. *Ciência & Saúde Coletiva*, 21(3), pp.671–684. <https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.21642015>.
- Simanjuntak, P.P. and Safril, A., 2020. Tren Curah Hujan dan Suhu Udara Ekstrim Masa Depan (Periode 2021-2030) berdasarkan Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5 di Kota Palu. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 4(1), pp.1–11. <https://doi.org/10.24198/jiif.v4i1.23846>.
- Surmaini, E., 2016. *Sistim komunikasi dan Diseminasi Prediksi Iklim untuk Adapatasi Pertanian Menghadapi Iklim Ekstrim*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.
- Utami, A.W., Jamhari, J. and Hardyastuti, S., 2011. El-Nino, La-Nina, dan Penawaran Pangan di Pulau Jawa, Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pembangunan: Kajian Masalah Ekonomi dan Pembangunan*, 12(2), p.257. <https://doi.org/10.23917/jep.v12i2.197>.
- Valin, H., Hertel, T., Bodirsky, B., Hasegawa, T. and Stehfest, E., 2021. Achieving Zero Hunger by 2030 A Review of Quantitative Assessments of Synergies and Tradeoffs amongst the UN Sustainable Development Goals.
- Van Loon, A., 2020. Drought risk reduction for achieving Sustainable Development Goals. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-22385>.
- Wilks, D.S., 1990. Maximum likelihood estimation for the gamma distribution using data containing zeros. *Journal of climate*, pp.1495–1501.
- World Meteorological Organization, 2012. *Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood)*. (WMO-No. 1090). Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.
- Zhang, X., Chen, N., Sheng, H., Ip, C., Yang, L., Chen, Y., Sang, Z., Tadesse, T., Lim, T.P.Y., Rajabifard, A., Buetti, C., Zeng, L., Wardlow, B., Wang, S., Tang, S., Xiong, Z., Li, D. and Niyogi, D., 2019. Urban drought challenge to 2030 sustainable development goals. *Science of The Total Environment*, 693, p.133536. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.342>.