

## ANALISIS POTENSI KEKERINGAN METEOROLOGIS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) CILIWUNG

### *(Analysis Of Meteorological Drought Potential in The Ciliwung River Basin)*

Dyah Rizky Alyudin<sup>1,2,\*</sup>, Amanah Anggun Prambandari<sup>3,4</sup>, Nur Azizah<sup>5</sup>, Kurnia Anggraini<sup>6</sup>, Tito Latif Indra<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, dyah.rizky@ui.ac.id

<sup>2</sup>Departemen Meteorologi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, dyahrizky.aljudin@bmg.go.id

<sup>3</sup>Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, amanah.anggun@ui.ac.id

<sup>4</sup>Badan Informasi Geospasial, dyah.rizky@ui.ac.id

<sup>5</sup>Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, nur.azizzahzizi88@gmail.com

<sup>6</sup>Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, kurnia.anggraini@ui.ac.id

<sup>7</sup>Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, tito.latifi@sci.ui.ac.id

\*Email: dyah.rizky@ui.ac.id

Diterima: 24 Maret 2024, Direvisi : 7 Mei 2024, Disetujui : 8 Oktober 2024

### **ABSTRACT**

*The Ciliwung River and the Ciliwung River Basin play an important role in the availability of water in the river basin and its surrounding areas. However, the sustainability of water availability in the Ciliwung River Basin requires attention to threats such as drought. Research on the potential for drought is one step in anticipating water availability in the Ciliwung River Basin and its surrounding areas. Meteorological drought is a form of drought that can be detected through simple steps using rainfall data as the main data. With rainfall data, drought potential analysis can be carried out using 3-monthly SPI calculations, and statistical analysis of rainfall and its relationship to meteorological phenomena closely related to drought such as ENSO. Statistical analysis and SPI show that almost all observation points have indications of drought, namely Cibereum Bogor, Citeko, Gadog, Pinangsia, Ancol Pump, North Sunter Reservoir, Cempaka Baru, Bukit Duri, Manggarai and Kemayoran. In Katulampa, there are different analysis results, with statistical analysis showing a decreasing trend in rainfall while the SPI results show normal values. This shows that overall statistical analysis and SPI can support each other. Almost all areas of the Ciliwung River Basin show SPI values in the normal to dry category for October 2023 and increasingly dry in several points from November to December 2023, which are in Citeko, Depok, Cibereum, Gadog,*

*Manggarai, and Kemayoran. However, SPI and statistical analysis have weaknesses, namely its dependence on the amount of rainfall observation data available. Nevertheless, these two analyses can provide a fairly good overview of the potential for drought and rainfall trends in the Ciliwung River Basin.*

**Keywords: drought, river basin, SPI, rainfall, ENSO**

## ABSTRAK

Sungai Ciliwung dan Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung memiliki peran penting dalam ketersediaan air di wilayah DAS dan wilayah sekitarnya. Tetapi, keberlanjutan ketersediaan air DAS Ciliwung membutuhkan perhatian dengan adanya ancaman seperti kekeringan. Penelitian mengenai potensi kekeringan adalah salah satu langkah dalam mengantisipasi keberlanjutan ketersediaan air di DAS Ciliwung sekaligus wilayah sekitarnya. Kekeringan secara meteorologis adalah bentuk kekeringan yang mampu dideteksi melalui langkah yang sederhana dengan data curah hujan sebagai data utama. Dengan data curah hujan, analisis potensi kekeringan dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan SPI 3 bulanan, analisis statistik curah hujan dan keterkaitannya dengan fenomena meteorologis yang erat hubungannya dengan kekeringan seperti ENSO. Analisis statistik dan SPI menunjukkan bahwa hampir di semua titik pengamatan memiliki indikasi kekeringan yaitu Cibereum Bogor, Citeko, Gadog, Pinangsia, Pompa Ancol, Waduk Sunter Utara, Cempaka Baru, Bukit Duri, Manggarai dan Kemayoran. Sementara pada Katulampa, terdapat hasil analisis yang berbeda dimana analisis statistik menunjukkan tren penurunan curah hujan sedangkan hasil SPI menunjukkan nilai normal. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan analisis statistik dan SPI dapat saling mendukung satu sama lain. Hampir di seluruh wilayah DAS Ciliwung menunjukkan nilai SPI pada kategori normal hingga kering untuk bulan Oktober 2023 dan bulan November hingga Desember 2023 semakin mengering di beberapa titik Citeko, Depok, Cibereum, Gadog, Manggarai dan Kemayoran. Akan tetapi, SPI dan analisis statistik memiliki kelemahan yaitu adanya ketergantungan pada jumlah data pengamatan curah hujan yang tersedia. Walaupun begitu, kedua analisis ini dapat memberikan gambaran umum pada potensi kekeringan dan tren curah hujan di DAS Ciliwung dengan cukup baik.

**Kata kunci: kekeringan; DAS; SPI; curah hujan; ENSO**

## I. PENDAHULUAN

Perubahan lingkungan dan peningkatan aktivitas manusia di wilayah dekat sungai mampu meningkatkan potensi perubahan iklim sehingga berdampak secara signifikan terhadap peningkatan potensi

kekeringan dan penurunan ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung (Achmad, Rustiati, & Sutapa, 2023; Padrón *et al.*, 2020; Widayanto & Kurniyaningrum, 2023). Penyebab utama kekeringan di Indonesia, khususnya Jawa, Bali dan Nusa Tenggara adalah adanya penurunan curah

hujan (Adhyani, June, & Sopaheluwakan, 2017). Penurunan curah hujan terlihat dalam beberapa dekade terakhir, yaitu di wilayah Jawa bagian barat (Adhyani *et al.*, 2017) dan ketersediaan air di DAS Ciliwung (Sebastian, 2023). Fenomena ini dapat berpotensi menyebabkan masalah kekeringan secara meteorologis yang signifikan di masa depan yang mampu berdampak pada krisis air (Mulyanti, Istadi, & Gernowo, 2023; Susanti *et al.*, 2021) dan ketahanan pangan (Pratiwi, Ramadhani, Nurrochmad, & Legono, 2020; Siswanto *et al.*, 2022). Masalah kekeringan meteorologi banyak terjadi di DAS lainnya di Indonesia seperti DAS Lekso di Blitar (Novita, Harisuseno, & Suhartanto, 2021), DAS Bedadung di Jember (Malini, 2020), dan DAS Kadalpang di Pasuruan (Dewita, Harisuseno, & Suhartanto, 2022). Masalah kekeringan di DAS dapat menjadi pertanda bagi kekeringan atau penurunan ketersediaan air yang lebih luas di wilayah lain di sekitarnya (Maryono, 2020) sehingga penting untuk dilakukan penelitian mengenai potensi kekeringan di DAS Ciliwung.

Sungai Ciliwung adalah salah satu sungai utama yang memengaruhi Jakarta, ibu kota Indonesia (Islami, Romli, & Arina, 2022). Sungai ini bukan hanya merupakan sumber air, tetapi juga memiliki implikasi sosial, ekonomi, dan lingkungan (Pramanti & Assel, 2022; Zidane, 2020) yang sangat signifikan bagi wilayah sekitarnya. Namun, dalam beberapa tahun terakhir hingga prediksi kedepan, wilayah sekitar Sungai Ciliwung memiliki potensi yang cukup besar untuk dapat mengalami masalah kekeringan yang memengaruhi keberlanjutan air bagi masyarakat dan

ekosistem di wilayah sekitar khususnya DAS Ciliwung (Lestari & Dasanto, 2019). Selain itu, adanya aktivitas manusia seperti pembangunan permukiman, pertanian, dan industri di sekitar daerah aliran sungai juga menjadi faktor yang berkontribusi pada penurunan ketersediaan air (Noperissa & Waspodo, 2018; Nuraida, Rachman, & Baskoro, 2016; Susanto, Purwanto, Pramudya, & Riani, 2019). Dampak dari penurunan ketersediaan air ini tidak hanya memengaruhi kebutuhan masyarakat akan air bersih, tetapi juga menyebabkan dampak pada ekosistem Sungai Ciliwung (Sara, Astono, & Hendrawan, 2018; Sirait, Rahmatia, & Pattullo, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap potensi kekeringan yang terjadi di Daerah Aliran Sungai Ciliwung. Dengan memadukan data cuaca dengan pola hujan, penelitian ini mengidentifikasi potensi kekeringan secara meteorologis DAS Ciliwung melalui aspek meteorologi seperti *Southern Oscillation Index (SOI)*, *El Niño-Southern Oscillation (ENSO)* dan *Standardized Precipitation Index (SPI)* dengan menggunakan metode statistik yang mampu memperlihatkan tren penurunan curah hujan (Ikhwal, Rau, Benazir, Pawattana, & Yahya, 2023; Susanti *et al.*, 2021). Selain penggunaan indeks SPI-3 (Helmi, Basri, Sufardi, & Helmi, 2018; Krisnayanti, Pasa, & Cornelis, 2023), SOI dan ENSO (Ryadi, Sukmono, & Sasmito, 2019), penggunaan metode statistik seperti *time series*, *monthly median values*, *Residual Mass Curves 5 year moving average*, *percentage correct* dan *correlation coefficient* mampu melakukan

analisis pada potensi kekeringan atau berkurangnya pasokan air yang ditampung di berbagai wilayah termasuk DAS (Cahyono & Nurjani, 2018). Analisis mengenai keterkaitan dan hubungan antara indeks dengan potensi kekeringan melalui grafik statistik diperlukan demi mendapatkan gambaran mengenai indeks tersebut agar dapat digunakan di wilayah penelitian yang sedang dilakukan. Namun begitu, perlu juga adanya pertimbangan mengenai ketergantungan analisis ini dengan ketersediaan data curah hujan (Cahyono & Nurjani, 2018).

Pemahaman mengenai potensi kekeringan di DAS Ciliwung sangat penting dalam menyusun strategi pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi gambaran umum kondisi kekeringan berdasarkan meteorologi di DAS Ciliwung sekaligus juga menjadi dasar dalam perencanaan kebijakan yang bertujuan untuk mengurangi risiko kekeringan, menjaga keberlanjutan ekosistem sungai, serta memastikan ketersediaan air yang mencukupi bagi masyarakat di masa depan.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi

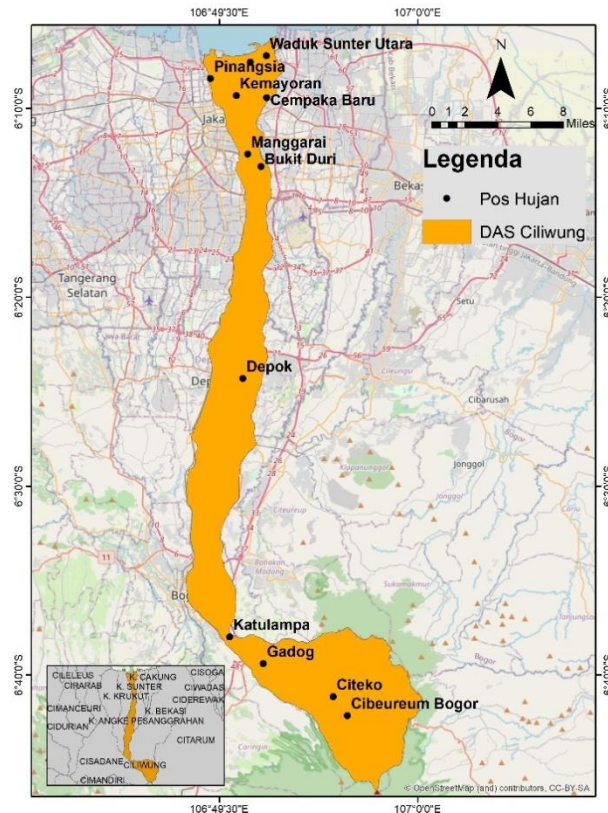
Penelitian ini dilakukan di DAS Ciliwung yang berada pada  $6^{\circ}12' - 6^{\circ}46'$  LS dan  $106^{\circ}47' - 107^{\circ}0'$  BT yang terdiri dari wilayah administratif Jakarta Utara, Jakarta Timur, Jakarta Barat, Jakarta Selatan, Jakarta Pusat, Kota Depok, Kota Bogor, dan Kabupaten Bogor, dengan 13 titik pos hujan BMKG yang tersebar tampak pada Gambar 1 dan Tabel 1. DAS Ciliwung mempunyai

curah hujan rata-rata antara 2.000 – 5.000 mm/tahun yang masuk kedalam iklim Koppen Af yaitu iklim hujan tropis lembab (Fitri, 2020; Lestari & Dasanto, 2019; PUPR, 2015). Secara umum, kondisi topografi DAS Ciliwung terdiri dari dataran rendah hingga tinggi dan memiliki variasi penggunaan lahan berupa permukiman, vegetasi, dan perkebunan dimana DAS Ciliwung hilir didominasi oleh permukiman, DAS Ciliwung tengah didominasi oleh perkebunan dan DAS Ciliwung hulu didominasi oleh vegetasi (Febrianti, Sofan, & Prasasti, 2015). Hal ini mengindikasikan adanya perbedaan pada ketersediaan air di wilayah DAS Ciliwung.

### B. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan data hujan yang digunakan dari pos hujan berdasarkan ketersediaan data dalam periode yang beragam 1-31 tahun (1992-2023) yang tertera pada Tabel 1. Keberagaman periode ketersediaan data ini dikarenakan beberapa pos hujan baru saja dioperasikan sehingga data yang tersedia hanya satu tahun dimana hal ini menjadi kekurangan dalam penelitian. Penelitian ini juga menggunakan aplikasi *Seasonal Climate Outlooks in Pacific Island Countries* (SCOPIC) buatan *Bureau of Meteorology* (BoM) (Cottrill, Charles, Shelton, Jones, & Kuleshov, 2013) yang digunakan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan bahasa pemrograman R dalam melakukan analisis statistik curah hujan, pembuatan SPI dan visualisasi potensi kekeringan DAS Ciliwung.

**PETA SEBARAN POS HUJAN DAS CILIWUNG**



Gambar (Figure) 1. Peta Lokasi Penelitian dan Sebaran Pos Hujan DAS Ciliwung (Map of Research Locations and Distribution of Rain Posts in the Ciliwung River Basin)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Tabel 1 (Table 1). Periode Data Curah Hujan dari Pos Hujan di DAS Ciliwung (Rainfall Data Period from Rain Posts in the Ciliwung River Basin)

Pos Curah Hujan (Rainfall Post)	Periode (Period)	Ukuran Periode (Period Size)
Pinangisia	Jan 2022 – Dec 2023	1 yr
Pompa Ancol	Jan 2022 – Dec 2023	1 yr
Waduk Sunter Utara	Jan 2022 – Dec 2023	1 yr
Cibereum Bogor	Jan 2012 – Dec 2023	11 yr
Citeko	Jan 1992 – Dec 2023	31 yr
Depok	Jan 1992 – Dec 2023	31 yr
Gadog	Jan 1992 – Dec 2023	31 yr
Katulampa	Jan 1992 – Dec 2023	31 yr
Kemayoran	Jan 1992 - Dec 2023	31 yr
Bukit Duri	Jan 2022 – Dec 2023	1 yr
Cempaka Baru	Jan 2022 – Dec 2023	1 yr
Manggarai	Jan 2005 – Dec 2023	18 yr

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

SCOPIC merupakan aplikasi yang digunakan untuk melakukan analisis statistik curah hujan, pembuatan SPI dan analisis SPI, sementara R digunakan untuk melakukan visualisasi potensi kekeringan DAS Ciliwung, Aplikasi pemrograman R dapat diperoleh secara gratis (*open source*) menggunakan R Studio. Data curah hujan yang digunakan berasal dari data curah hujan pos hujan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang tersebar di DAS Ciliwung. Sementara data peta DAS Ciliwung didapat dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data SOI dan ENSO yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data SOI dan ENSO yang dikeluarkan oleh *Bureau of Meteorology* (BoM) Australia untuk wilayah Indonesia dari tahun 1992 hingga 2006.

### C. Metode Penelitian

Alur Penelitian yang tampak pada Gambar 2 menunjukkan penelitian dilakukan dengan menggunakan analisis statistik dalam melihat hubungan antara SOI dengan curah hujan berupa analisis *time series* (Räsänen, Lindgren, Guillaume, Buckley, & Kummu, 2016), *monthly median values* (Hund, Grossmann, Steyn, Allen, & Johnson, 2021), *Residual Mass Curves 5 year moving average* (Avia, 2019), *percentage correct*, dan *correlation coefficient*. Analisis statistik digunakan untuk memperlihatkan adanya tren penurunan curah hujan DAS Ciliwung. Setelah melakukan analisis statistik, maka analisis berikutnya untuk melihat potensi kekeringan di DAS Ciliwung adalah dengan menggunakan

perhitungan SPI (Helmi *et al.*, 2018; Krisnayanti *et al.*, 2023). Pola sebaran SPI akhir tahun 2023 dilihat dengan memvisualisasikan hasil perhitungan SPI (Krisnayanti *et al.*, 2023) dengan menggunakan bahasa pemrograman R melalui interpolasi *spline*. Interpolasi *spline* memungkinkan untuk melakukan pemetaan pada wilayah yang tidak memiliki data perhitungan SPI dengan melakukan estimasi berdasarkan titik pos hujan yang telah memiliki nilai perhitungan SPI.

Analisis *time series* (Räsänen *et al.*, 2016) digunakan untuk melihat pola dari grafik tiap tahunnya. Ketika dibandingkan antara grafik *time series* curah hujan dengan SOI maka dapat terlihat rupa pola yang terbentuk pada masing-masing pos hujan di DAS Ciliwung. Sementara itu, analisis *monthly median values* (Hund *et al.*, 2021) melakukan hal yang sama dengan membandingkan grafik pola curah hujan tiap bulan dengan SOI tiap bulan untuk melihat hubungan tiap pos hujan di DAS Ciliwung agar dapat dikaitkan dengan fenomena El Nino maupun La Nina sehingga dapat diketahui keterkaitannya pada potensi kekeringan. Analisis *Residual Mass Curves 5 year moving average* (Avia, 2019) digunakan untuk melihat adanya variasi anomali dari data observasi curah hujan yang digunakan di DAS Ciliwung, lebih rendah dari rata-rata anomali atau tidak. Variasi anomali data observasi yang cenderung lebih rendah daripada rata-ratanya dapat dikaitkan dengan adanya indikasi kekeringan di wilayah tersebut. Analisis

ini juga mampu menunjukkan adanya tren kenaikan curah hujan atau penurunan curah hujan dimana tren penurunan mampu meningkatkan potensi kekeringan.

*Standardized Percipitation Index (SPI)* (Svoboda, Hayes, & Wood, 2012) adalah suatu indeks yang dapat dijadikan indikator potensi kekeringan berdasarkan data curah hujan di suatu wilayah dengan persamaan 1 dan diklasifikasikan menggunakan kategori SPI pada Tabel 2:

$$SPI = \frac{(X - \bar{X})}{\sigma} \quad (1)$$

Keterangan:

X = curah hujan observasi

$\bar{X}$  = rata-rata curah hujan historis untuk periode tertentu,

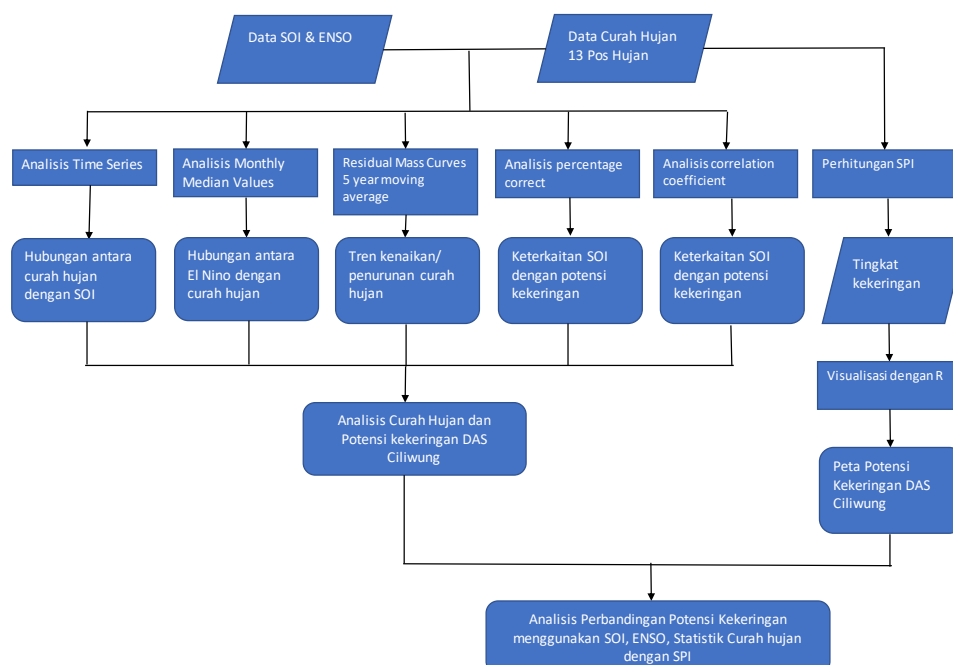
$\sigma$  = standar deviasi curah hujan historis untuk periode tertentu.

Nilai SPI kemudian dimasukkan kedalam kategori tingkat kekeringan, normal dan tingkat kebasahan seperti yang tampak pada Tabel 2.

Tabel 2 (Table 2). Kategori SPI (SPI Category)

Tingkat Kekeringan	Normal	Tingkat Kebasahan
Sangat Kering ( $\leq -2.00$ )	-0.99 s/d 0.99	Agak Basah (1.00 s/d 1.49)
Kering (-1.5 s/d -1.99)		Basah (1.50 s/d 1.99)
Agak Kering (-1.00 s/d -1.49)		Sangat Basah ( $\geq 2.00$ )

Sumber (Source): (Svoboda & Fuchs, 2017)



Gambar (Figure) 2. Alur Penelitian (Research Flow)

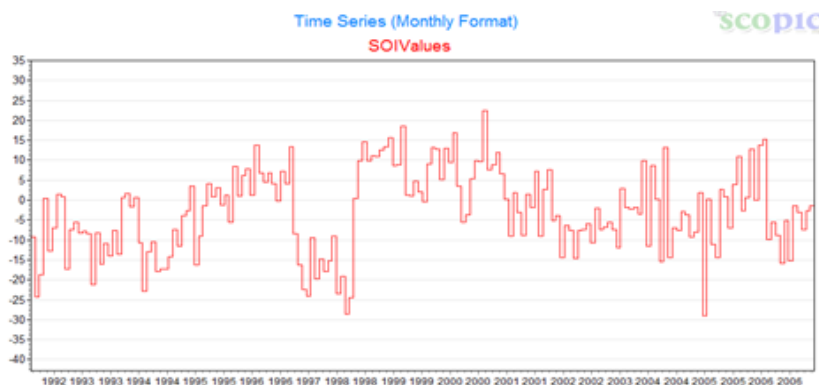
Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

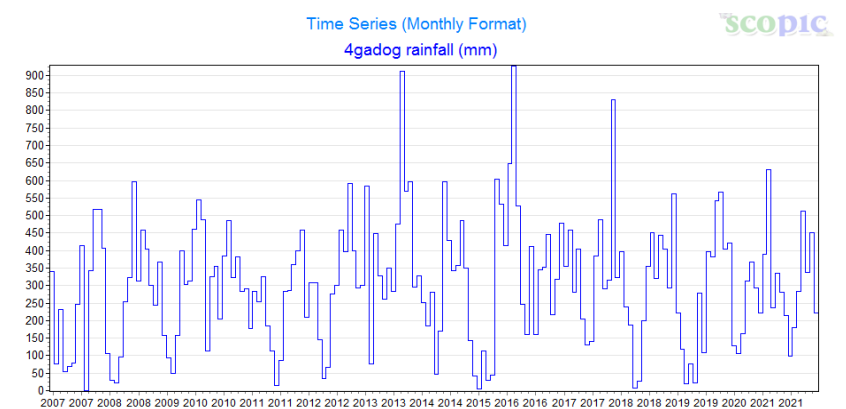
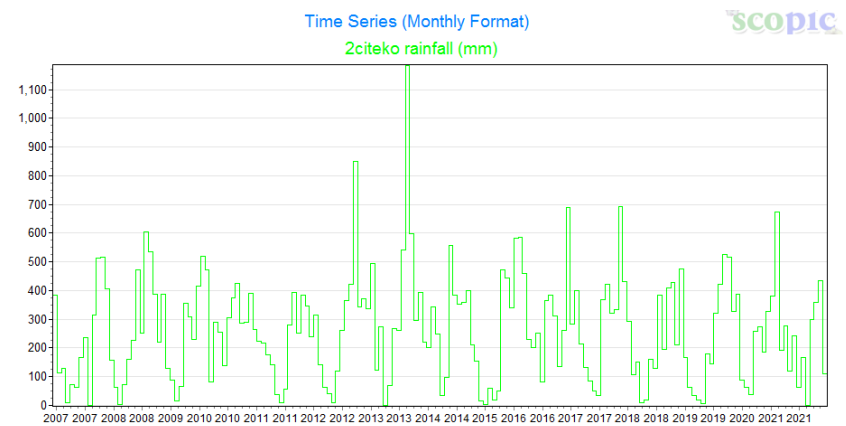
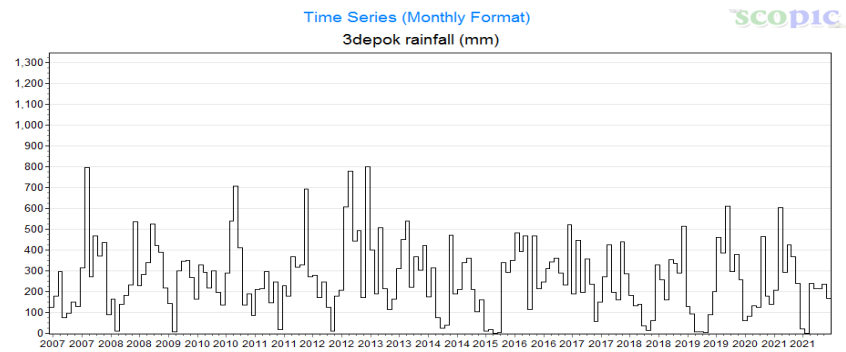
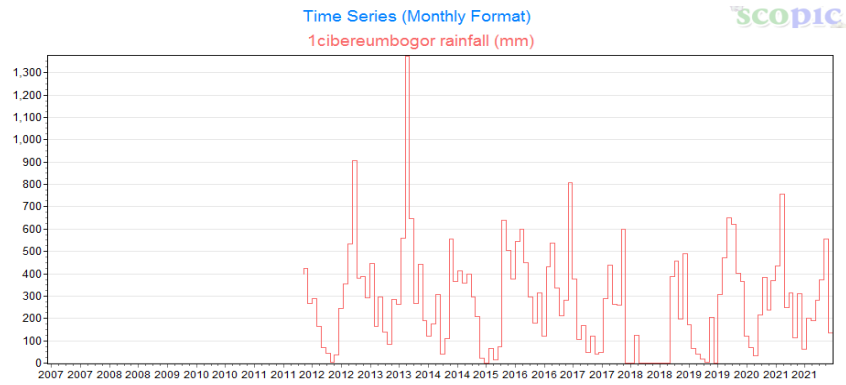
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

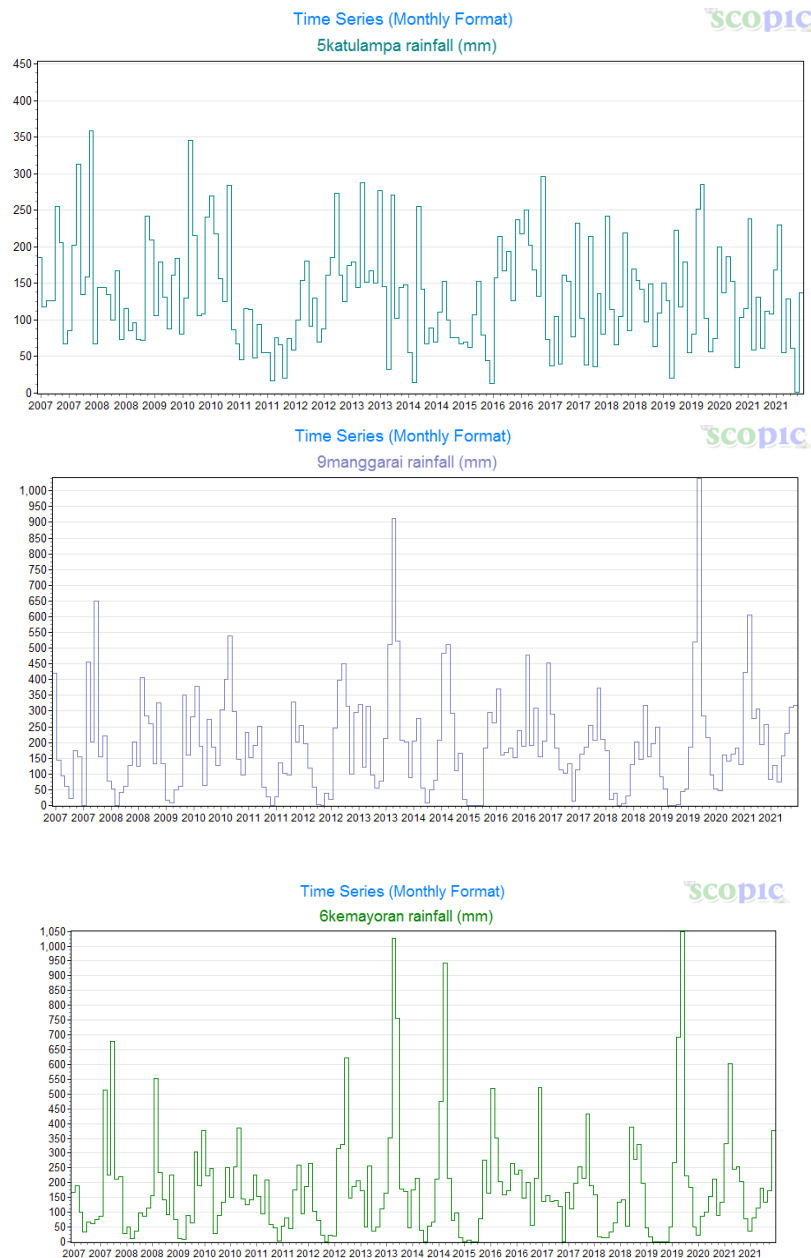
#### A. Hubungan Curah Hujan, SOI, ENSO dan Kekeringan

*Time series* curah hujan dapat menunjukkan fluktuasi intensitas curah hujan sehingga dapat dibandingkan dengan nilai SOI (Räsänen *et al.*, 2016). Hanya pada beberapa pos hujan saja dengan data yang lebih panjang yang dibuat *time series* sehingga pada Gambar 3 tampak 7 *time series* dari pos hujan di DAS Ciliwung yaitu pos hujan Cibereum Bogor, Depok, Gadog, Citeko, Katulampa, Manggarai, dan Kemayoran. Jika grafik *time series* pada Gambar 3 dari setiap pos hujan ini dibandingkan dengan grafik SOI (*Southern Oscillation Index*), maka terlihat adanya kesulitan dalam menentukan pola dari *time series* dan juga prediksi ke depan. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan pada data temporal yang dimiliki. Penelitian yang menggunakan analisis ini akan

lebih menggunakan data temporal yang sama agar mampu memperlihatkan pola yang lebih baik (Räsänen *et al.*, 2016). Untuk itu, *time series* belum dapat digunakan dengan baik untuk melihat hal tersebut berbeda dengan indikasi pengaruh El Nino dan La Nina. *Time series* curah hujan yang fluktuatif menunjukkan bahwa terdapat indikasi curah hujan di titik pengamatan terpengaruh oleh kejadian El Nino dan La Nina. Hal ini menguatkan hasil penelitian yang pernah dilakukan di beberapa negara di Asia Tenggara dimana fluktuasi dari *time series* curah hujan mampu menunjukkan keterkaitan dengan ENSO dan potensi kekeringan (Räsänen *et al.*, 2016). Namun, ketersediaan data titik menjadi salah satu hambatan, *time series* yang memperlihatkan kemiripan pola dengan lebih baik sulit dilakukan pada titik pengamatan yang memiliki data terbatas.







Gambar (Figure) 3. Time Series tujuh Pos Hujan DAS Ciliwung dan nilai SOI (*Time Series of seven Ciliwung River Basin Rain Posts and SOI values*)

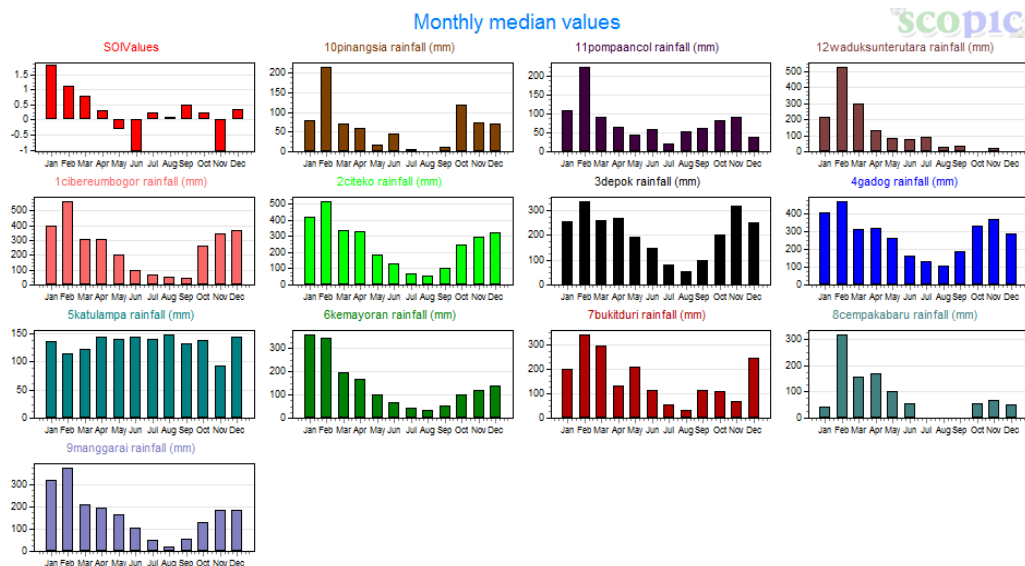
Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (*Data analysis 2024*)

Rata-rata nilai SOI yang tertera pada Gambar 4 menunjukkan bahwa pada bulan Desember - April, dan Juli - Oktober bernilai SOI positif yang mengindikasikan La Nina (banyak hujan), sementara Juni dan Desember nilai SOI negatif yang mengindikasikan adanya El Nino. Hampir di seluruh titik pengamatan dipengaruhi oleh El Nino terkecuali Katulampa, sementara La

Nina yang kuat tidak berpengaruh banyak pada titik Pinangsia, Pompa Ancol, Cempaka Baru, dan Waduk Sunter Utara. Wilayah yang dipengaruhi oleh El Nino memiliki potensi frekuensi hari hujan dan total curah hujan yang lebih sedikit dibandingkan dengan wilayah yang dipengaruhi oleh La Nina sehingga dapat menyebabkan pengurangan pada

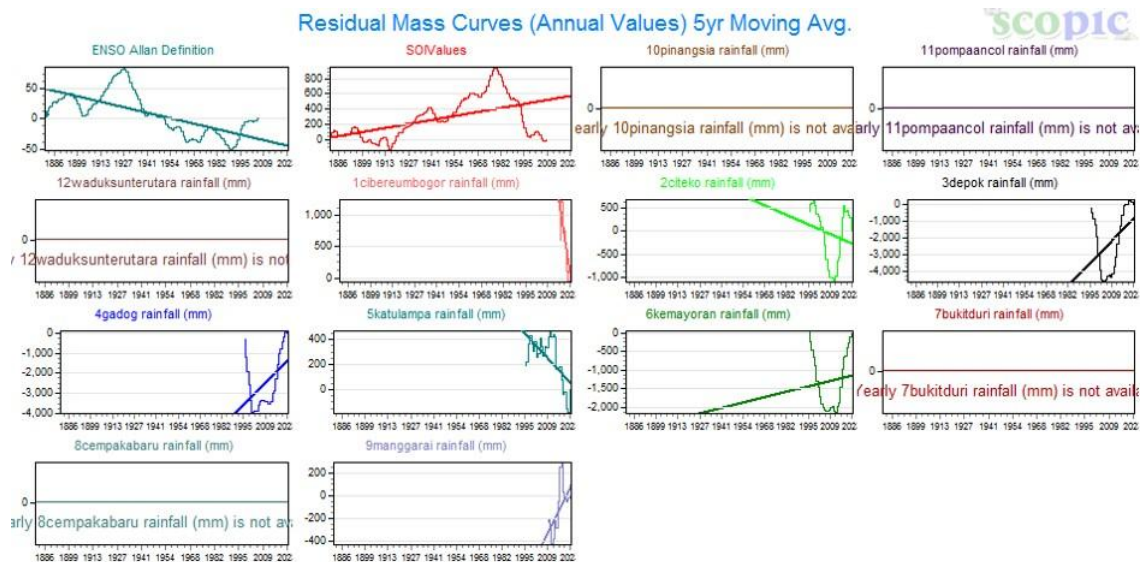
frekuensi pengisian ulang air tanah dan pengurangan aliran sungai hingga 60% yang dapat menyebabkan kekeringan (Hund *et al.*, 2021). Berdasarkan teori tersebut, maka dapat dikatakan bahwa hampir di seluruh wilayah DAS Ciliwung kecuali Katulampa memiliki potensi kekeringan di bulan Juni dan Desember. Pemantauan dan pengukuran akumulasi nilai anomali (perbedaan antara nilai observasi dan rata-rata) curah hujan selama beberapa tahun mampu mencerminkan akumulasi perbedaan antara curah hujan dengan rata-rata historis per waktu 5 tahun yang bergerak (Avia, 2019). Gambar 5 menunjukkan bahwa terdapat variasi anomali data observasi yang cenderung rendah jika dibandingkan dengan rata-ratanya, dapat diinterpretasikan

sebagai bentuk indikasi kekeringan. Hampir di semua titik pengamatan memiliki indikasi kekeringan di tahun-tahun awal pengamatan seperti Gadog, Depok, Kemayoran dan Manggarai, walaupun keempatnya memiliki tren kenaikan sementara Citeko dan Katulampa justru mengalami tren penurunan. Tren kenaikan dan penurunan pada anomali curah hujan dapat memberikan gambaran ke depan mengenai potensi bencana seperti banjir maupun kekeringan akibat dari anomali curah hujan (Avia, 2019), sehingga dapat dikatakan bahwa Citeko dan Katulampa memiliki potensi kekeringan di masa depan yang lebih besar dibandingkan di wilayah lainnya pada DAS Ciliwung.



Gambar (Figure) 4. Monthly Median Values Curah Hujan DAS Ciliwung (Monthly Median Values Rainfall Ciliwung River Basin)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

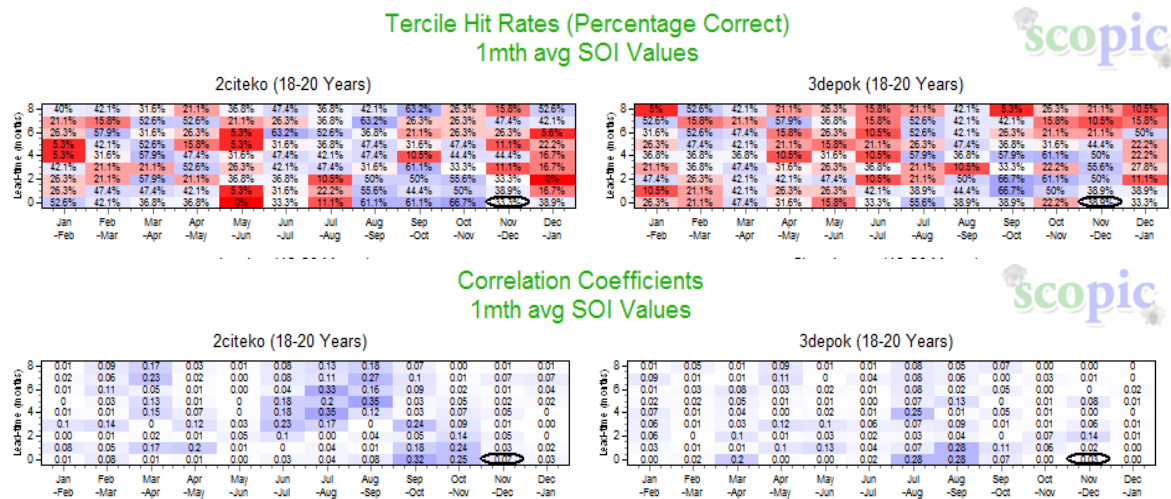


Gambar (Figure) 5. Residual Mass Curves (Annual Values) 5yr Moving Average DAS Ciliwung. (Residual Mass Curves (Annual Values) 5yr Moving Average Ciliwung River Basin.)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Dengan melihat *percentage correct* dan korelasinya antara curah hujan dengan SOI, maka sebagian besar wilayah memiliki nilai korelasi yang cukup besar terkecuali wilayah Depok yang memiliki presentase *hit* dan korelasi yang paling rendah dibandingkan wilayah lainnya. Pada Gambar 6, Depok dan Citeko diambil sebagai perbandingan antara wilayah yang memiliki korelasi antara curah hujan dengan SOI. Dengan ditandai warna merah, terlihat bahwa Depok memiliki presentase yang lebih sedikit dibandingkan Citeko. Begitu juga dengan korelasi yang lebih tinggi ditandai dengan warna biru, Citeko memiliki korelasi yang lebih baik dibandingkan Depok. Maka dari itu, terdapat kemungkinan bahwa curah hujan di Depok tidak banyak dipengaruhi oleh El Nino dan La Nina sehingga SOI kurang dapat menjadi acuan dalam melihat potensi kekeringan di Depok. Pada wilayah lain di DAS Ciliwung dapat dikatakan bisa

menggunakan acuan SOI dalam melihat potensi kekeringan. Hal ini sejalan dengan teori yang mengatakan bahwa korelasi dan presentase yang lebih tinggi antara curah hujan dan SOI dapat menjadikan SOI sebagai salah satu indikator dalam melihat adanya penurunan curah hujan (Hidayat, Efendi, Agustina, & Winarso, 2018; Sureh, Taghi Sattari, Rostamzadeh, & Kahya, 2024) yang kemudian dikaitkan dengan potensi kekeringan (Ryadi *et al.*, 2019). Namun begitu, tidak menutup kemungkinan bahwa analisis potensi kekeringan yang dilakukan menggunakan SOI pada DAS Ciliwung tidak kuat mengingat korelasi tertinggi antara curah hujan pada titik pengamatan dan SOI hanya mencapai sekitar 0.35 yang menunjukkan korelasi lemah. Karena itu, diperlukan analisis lanjutan berupa analisis yang lebih dalam menggunakan indeks tertentu seperti SPI untuk melihat potensi kekeringan.



Gambar (Figure) 6. Percentage Correct and Correlation Coefficient Citeko yang rendah dan Depok (perwakilan wilayah DAS lain yang memiliki korelasi yang lebih besar). (Low Percentage Correct and Correlation Coefficient of Citeko and Depok (representative of other river basin areas which have a greater correlation).)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

## B. SPI (Standardized Precipitation Index)

Hasil perhitungan SPI seperti yang terlihat pada Gambar 7 dan Tabel 3 menunjukkan wilayah Pinangsia, Pompa Ancol, Waduk Sunter Utara, Cempaka Baru, Bukit Duri, Manggarai, dan Kemayoran, berada pada kisaran normal hingga kering, pada wilayah Depok berada pada kisaran agak kering hingga sangat kering, serta wilayah Cibereum Bogor, Citeko, dan Gadog berada pada kisaran normal hingga sangat kering. Wilayah Citeko dan Depok berada pada kondisi sangat kering sejak September 2023 dan membutuhkan 959 mm dan 852 mm curah hujan untuk kembali ke kondisi normal. Cibereum dan Gadog berada pada kondisi kering sejak Agustus dan September 2023 dan membutuhkan 1.075 mm dan 959 mm curah hujan untuk kembali ke kondisi normal. Sementara Manggarai dan Kemayoran

berada pada kondisi agak kering sejak September 2023 dan membutuhkan 693 mm dan 632 mm curah hujan untuk kembali pada kondisi normal.

Di bulan Oktober 2023, wilayah Cibereum Bogor, Citeko dan Gadog, dominan berada pada kategori normal (di sekitar Katulampa) hingga kering (Citeko), wilayah Depok berada pada kategori normal hingga kering (Depok), dan wilayah Pinangsia, Pompa Ancol, Waduk Sunter Utara, Cempaka Baru, Bukit Duri, Manggarai dan Kemayoran berada pada kategori normal hingga kering (Kemayoran). Pada bulan November 2023, semua wilayah di DAS Ciliwung memiliki nilai Indeks SPI 0 hingga negatif yang mengindikasikan kekeringan yaitu di wilayah Bogor dan Kota Bogor (Cibereum Bogor, Citeko dan Gadog) yang berada pada kategori kering, dan wilayah Depok berada pada kategori agak kering. Sementara di wilayah Jakarta (Pinangsia, Pompa

Ancol, Waduk Sunter Utara, Cempaka Baru, Bukit Duri, Manggarai, dan Kemayoran) berada pada mayoritas kisaran normal dengan wilayah Manggarai (Jakarta Timur) dan Kemayoran (Jakarta Pusat) masuk kategori kering. Sementara di bulan Desember 2023, semua wilayah di DAS Ciliwung memiliki nilai Indeks SPI 0 hingga negatif yang mengindikasikan kekeringan di wilayah yang sama seperti di bulan November, seperti Kemayoran yang tetap berada pada kategori kering. Dan di beberapa titik, justru semakin menggelap seperti yang terlihat pada Gambar 7 seperti Depok dan Citeko yang mengindikasikan semakin kering.

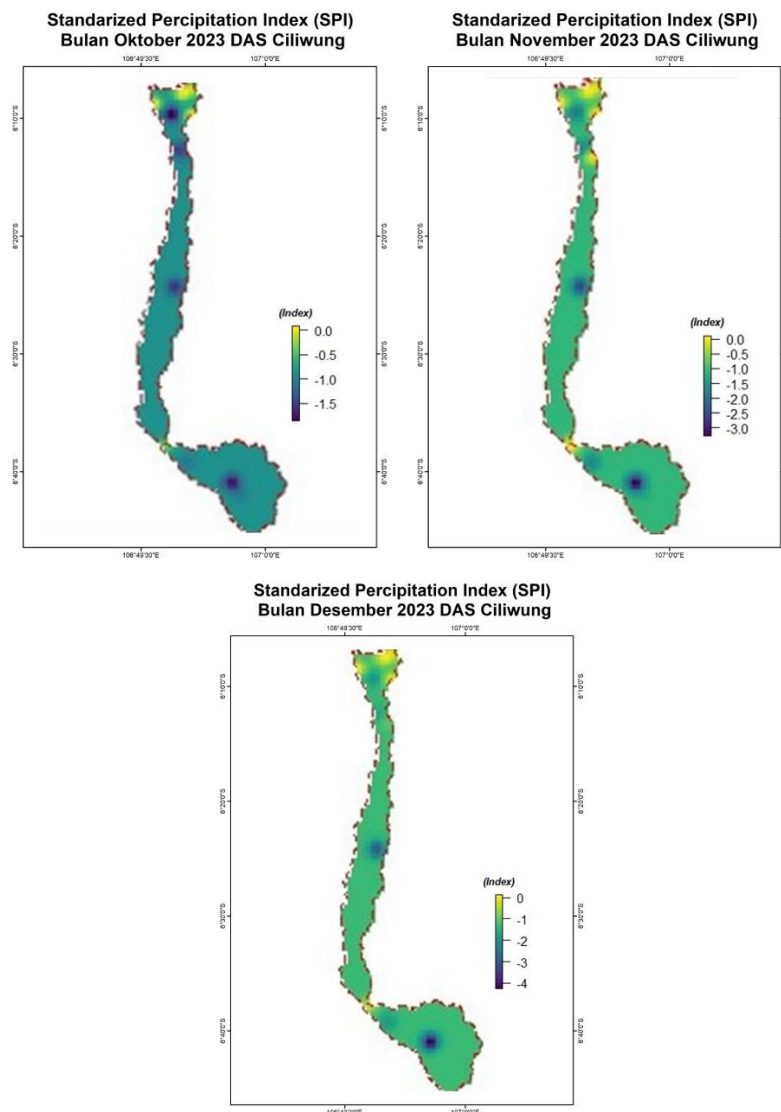
Berdasarkan analisis statistik sebelumnya, seperti *percentage correct*, terdapat beberapa titik di DAS Ciliwung yang perlu menjadi perhatian seperti Depok dan Citeko yang memiliki indikasi kekeringan baik secara statistik curah hujan, SOI dan ENSO maupun berdasarkan indeks SPI. Walaupun

secara statistik curah hujan, SOI dan ENSO menunjukkan bahwa Katulampa juga memiliki indikasi penurunan curah hujan, namun indeks SPI justru menunjukkan wilayah tersebut berada pada kondisi normal. Hal ini disebabkan Katulampa memiliki normal curah hujan yang memang rendah. Sementara Depok yang walaupun memiliki korelasi antara curah hujan dan SOI yang rendah, namun baik statistik curah hujan maupun SPI menunjukkan indikasi kekeringan. Di tempat lain seperti Citeko sebagai titik pengamatan yang memiliki indikasi kekeringan positif dari keseluruhan analisis perlu mendapatkan perhatian lebih. Hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, baik dalam penggunaan indeks kekeringan selain SPI, analisis data hidrologi dan survei lapangan dalam penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai kekeringan di DAS Ciliwung

Tabel 3 (Table). Hasil Perhitungan SPI (SPI Calculation Results)

Pos Hujan (Rainfall Station)		Okt 2023	Nov 2023	Des 2023
Hilir DAS	Pinangsia	0	0	0
	Pompa Ancol	0	0	0
	Waduk Sunter Utara	0	0	0
	Cempaka Baru	0	0	0
	Bukit Duri	-1.1	0	-1
	Manggarai	-1.5	-1.6	-1.6
	Kemayoran	-1.9	-1.9	-1.9
Tengah DAS	Depok	-1.6	-2.6	-3.1
	Katulampa	-0.36	0.1	-0.29
Hulu DAS	Cibereum Bogor	-1.1	-1.3	-1.4
	Citeko	-1.8	-3.3	-4.3
	Gadog	-1.1	-1.7	-1.9

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)



Gambar (Figure) 7. Standarized Percipitation Index DAS Ciliwung Oktober, November dan Desember 2023. (Standarized Percipitation Index Ciliwung River Basin October, November and Desember 2023)

Sumber (Source): Pengolahan data 2024 (Data analysis 2024)

Analisis statistik dan analisis SPI menunjukkan bahwa pada hampir semua titik pos hujan menunjukkan adanya konsistensi terutama di wilayah Depok dan Citeko yang sama-sama memiliki indikasi kekeringan. Namun keterbatasan jumlah dan periode data perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih baik seperti halnya penelitian yang

dilakukan di Jawa Timur (Cahyono & Nurjani, 2018). Data yang tidak memiliki periode yang sama dan mencukupi seperti 30 tahun, mengalami kesulitan dalam analisis statistik curah hujan. Di samping itu, terdapat titik pos hujan yang lain yaitu Katulampa yang memiliki sedikit perbedaan hasil analisis dimana statistik menunjukkan adanya tren

penurunan curah hujan dan nilai SPI menunjukkan pada kondisi normal sehingga tidak ada indikasi kekeringan. Adanya perbedaan ini menunjukkan bahwa perlu adanya analisis lebih lanjut mengenai penelitian. Selain itu penelitian perlu mempertimbangkan adanya kesamaan pada periode curah hujan yang digunakan, penelitian juga perlu mempertimbangkan lokasi penelitian dan survei agar mendapatkan hasil yang akurat. Hal ini mengingat Katulampa adalah wilayah yang memiliki curah hujan normal yang lebih rendah dari sekitarnya sehingga analisis statistik akan mengatakan bahwa wilayah ini berada dalam kondisi menuju kering sedangkan perhitungan SPI menunjukkan hal normal. Hal seperti itu perlu mendapatkan survei lapangan untuk mendapatkan bukti adanya kekeringan di Katulampa. Dengan begitu, hasil analisis yang didapat mampu menunjang mitigasi pengelolaan DAS Ciliwung dengan lebih akurat. Selain untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan mendapatkan validasi dari perhitungan curah hujan dan potensi kekeringan, survei dan wawancara juga dapat menjadi media dalam edukasi masyarakat terhadap pemahaman kondisi tren curah hujan dan implikasinya pada krisis air dan sebagainya di masa depan sehingga masyarakat dapat ikut berperan aktif dalam mitigasi di lingkungan DAS dalam upaya pencegahan kekeringan melalui penanaman vegetasi dan sebagainya.

Walaupun terdapat perbedaan hasil analisis statistik dan analisis SPI, seperti

yang terjadi di Katulampa, namun hampir di seluruh wilayah menunjukkan adanya persamaan hasil. Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang serupa dari analisis statistik curah hujan jika disandingkan dengan analisis SPI, SOI dan ENSO mampu ikut menggambarkan potensi kekeringan. Keseluruhan analisis dapat saling menguatkan satu sama lain sehingga analisis potensi kekeringan lebih beragam dan mendapatkan justifikasi yang lebih besar. Meski begitu, tak memungkiri adanya kenyataan bahwa masih ada kekurangan dalam penelitian dimana data penelitian curah hujan yang tidak seragam dan memiliki limitasi temporal, serta tidak hadirnya proses verifikasi dan validasi dalam penelitian mengingat terdapat wilayah yang memiliki anomali seperti Katulampa. Penelitian yang lebih mendalam dengan menambahkan unsur validasi sekiranya mampu menjelaskan anomali ini. Disamping itu, penggunaan keberagaman analisis baik statistik maupun SPI diharapkan mampu berkontribusi dalam proses perencanaan DAS Ciliwung seperti mitigasi potensi kekeringan. Dengan mempertimbangkan wilayah mana yang berpotensi kekeringan berdasarkan gabungan hasil analisis ini, diharapkan mampu menghadirkan kesadaran akan adanya potensi kekeringan di DAS Ciliwung pada lingkungan pemerintah terkait dan masyarakat yang berada di wilayah DAS.

#### IV. KESIMPULAN

Analisis statistik dan SPI menunjukkan bahwa hampir di semua titik pengamatan DAS Ciliwung memiliki indikasi kekeringan yaitu menunjukkan nilai SPI pada kategori normal hingga kering untuk bulan Oktober 2023 dan pada bulan November hingga Desember 2023 semakin mengering di beberapa titik utamanya Citeko, Depok, Cibereum, Gadog, Manggarai, dan Kemayoran. Sementara itu, wilayah Katulampa menunjukkan perbedaan hasil analisis dimana secara statistik, Katulampa berada pada tren penurunan curah hujan, sedangkan nilai SPI menunjukkan nilai normal. Indikasi yang menunjukkan adanya kekeringan di DAS Ciliwung dapat dijadikan rujukan pada pengelolaan DAS Ciliwung di masa depan. Akan tetapi, penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan data dan metode yang lebih baik. Nilai SPI dan sebaran potensi kekeringan dipengaruhi oleh banyaknya data pengamatan curah hujan. Jumlah pengamatan yang tidak memadai berpotensi untuk menormalkan indeks sehingga dirasa kurang representatif sedangkan pada dominan titik pengamatan yang memiliki data dengan interval memadai, menunjukkan indeks kering hingga sangat kering sehingga diperlukan data curah hujan dengan periode yang sama untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Selain itu, validasi melalui survei lapangan juga diperlukan dalam penelitian lanjutan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada program paska sarjana Departemen  
@2024 JPPDAS All rights reserved. Open access under CC BY-NC-SA license.

Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia serta Lembaga Pengelola Dana Pendidikan yang telah mendukung penelitian ini.

#### KONTRIBUSI PENULIS

Dyah Rizky Alyudin selaku penulis utama bertugas dalam melakukan pengumpulan data curah hujan, SOI, ENSO, dan sebagian besar analisis khususnya analisis statistik dengan dibantu oleh Nur Azizah dan Kurnia Anggraini. Amanah Anggun bertugas dalam melakukan visualisasi pemetaan baik pada peta dasar DAS dan pemetaan potensi kekeringan SPI. Sementara Dr. Tito Latif Indra selaku pembimbing yang melakukan evaluasi dan perbaikan atas penelitian yang dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R., Rustiati, N. B., & Sutapa, I. W. (2023). Climate changes affect to the Water availability in Sausu Watershed Catchment Area (Case Study). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1157(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1157/1/012055>
- Adhyani, N. L., June, T., & Sopaheluwakan, A. (2017). Exposure to Drought: Duration, Severity and Intensity (Java, Bali and Nusa Tenggara). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 26(2), 1–72. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/5>
- Avia, L. Q. (2019). Change in rainfall per-decades over Java Island, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 374(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/374/1/012037>
- Cahyono, K. A., & Nurjani, E. (2018). *Kajian Kekeringan Meteorologis di*

- Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur.* Universitas Gajah Mada.
- Cottrill, A., Charles, A., Shelton, K., Jones, D., & Kuleshov, Y. (2013). *Seasonal Forecast Verification in the Pacific using a coupled model POAMA and the statistical model.* Melbourne.
- Dewita, M., Harisuseno, D., & 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), 1–13. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2022.002.01.01>
- Febrianti, N., Sofan, P., & Prasasti, I. (2015). *Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Menilai Dampak Penggunaan Lahan Terhadap Surplus Air di DAS Ciliwung* (Vol. 033). LAPAN.
- Fitri, R. (2020). Karakteristik DAS Ciliwung Hulu Provinsi Jawa Barat. *Naturalis*, 1(2020), 169–175. Retrieved from <https://doi.org/10.31186/naturalis.9.1.12241>
- Helmi, Basri, H., Sufardi, & Helmi. (2018). Analisis Tingkat Keparahan Kekeringan Dan Upaya Mitigasi Bencana Hidrologis Di Sub Das Krueng Jreue Aceh Besar. *Seminar Nasional "Pelestarian Lingkungan & Mitigasi Bencana,"* 3(1), 10–27.
- Hidayat, A. M., Efendi, U., Agustina, L., & Winarso, P. A. (2018). Korelasi Indeks Nino 3.4 Dan Southern Oscillation Index (Soi) Dengan Variasi Curah Hujan Di Semarang. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19(2), 75. <https://doi.org/10.29122/jstmc.v19i2.3143>
- Hund, S. V., Grossmann, I., Steyn, D. G., Allen, D. M., & Johnson, M. S. (2021). Changing Water Resources Under El Niño, Climate Change, and Growing Water Demands in Seasonally Dry Tropical Watersheds. *Water Resources Research*, 57(11). <https://doi.org/10.1029/2020WR028535>
- Ikhwal, M. F., Rau, M. I., Benazir, Pawattana, C., & Yahya, H. (2023). Evaluation of Flood and Drought Events Using AR5 Climate Change Scenarios in Indonesia. *Journal of the Civil ...*, 9(1), 37–46. <https://doi.org/DOI.10.22146/jcef.4721>
- Islami, P. Y. N., Romli, R., & Arina, N. (2022). Study the Meaning Of Ciliwung River for Communities: Case Study Communities at Srengseng Sawah, South Jakarta. *ICHELSS: International Conference on Humanities, Education, Law, and Social Sciences*, 2(1), 841–850.
- 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>
- Lestari, I., & Dasanto, B. D. (2019). Penentuan Indeks Ekstrem Hidrologi menggunakan Hasil Simulasi Model HBV (Studi Kasus: DAS Ciliwung Hulu). *Agromet*, 33(1), 20–29. <https://doi.org/10.29244/j.agromet.33.1.20-29>
- Malini, C. (2020). Analisis Kekeringan Meteorologi Menggunakan Metode SPI (Standart Precipitation Index) di DAS Bedadung. Universitas Jember.
- Maryono, A. (2020). *Menangani Banjir, Kekeringan dan Lingkungan.* Yogyakarta: UGM Press.
- Mulyanti, H., Istadi, I., & Gernowo, R. (2023). Historical, Recent, and Future Threat of Drought on Agriculture in

- East Java, Indonesia: A Review. *E3S Web of Conferences*, 448. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344803016>
- Noperissa, V., & Waspodo, R. S. B. (2018). Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Domestik Menggunakan Metode Regresi di Kota Bogor. *J-SIL Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 03(03), 121–132.
- Novita, F., Harisuseno, D., & Suhartanto, E. (2021). Analisis Kekeringan Meteorologi dengan Menggunakan Metode Standardized Precipitation (SPI) dan Reconnaissance Drought Index (RDI) di DAS Lekso Kabupaten Blitar. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 672–685. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.28>
- Nuraida, Rachman, L. M., & Baskoro, D. P. T. (2016). Analisis Nilai Konservasi Tinggi Aspek Pengendali Erosi dan Sedimentasi (HCV 4.2) di DAS Ciliwung Hulu. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 6(2), 151–158. <https://doi.org/10.19081/jpsl.6.2.151>
- Padrón, R. S., Gudmundsson, L., Decharme, B., Ducharne, A., Lawrence, D. M., Mao, J., ... Seneviratne, S. I. (2020). Observed changes in dry-season water availability attributed to human-induced climate change. *Nature Geoscience*, 13(7), 477–481. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0594-1>
- Pramanti, A., & Assel, C. H. (2022). Socio-Cultural Dynamics of Urban Communities on the Ciliwung River. *Buletin Inovasi Dan Pembangunan Sosial Prodi Sosiologi FISIP UNAS*, 3.
- Pratiwi, E. P. A., Ramadhani, E. L., Nurrochmad, F., & Legono, D. (2020). The Impacts of Flood and Drought on Food Security in Central Java. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 6(1), 69. <https://doi.org/10.22146/jcef.51872>
- PUPR. (2015). *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane*.
- Räsänen, T. A., Lindgren, V., Guillaume, J. H. A., Buckley, B. M., & Kumm, M. (2016). On the spatial and temporal variability of ENSO precipitation and drought teleconnection in mainland Southeast Asia. *Climate of the Past*, 12(9), 1889–1905. <https://doi.org/10.5194/cp-12-1889-2016>
- Ryadi, G. Y. I., Sukmono, A., & Sasmito, B. (2019). Pengaruh Fenomena El Nino Dan La Nina Pada Persebaran Curah Hujan Dan Tingkat Kekeringan Lahan Di Pulau Bali. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(4), 41–49. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/25143/22353>
- Sara, P. S., Astono, W., & Hendrawan, D. I. (2018). Kajian Kualitas Air di Sungai Ciliwung dengan Parameter BOD dan COD. *Seminar Nasional Cendikiawan*, 591–597. Universitas Trisakti. <https://doi.org/https://doi.org/10.25105/semnas.v0i0.3478>
- Sebastian, M. S. (2023). *Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung Dengan Metode FJ Mock dan Tank Model Untuk Memenuhi Kebutuhan Air*. Universitas Pertamina.
- Sirait, M., Rahmatia, F., & Pattulloh. (2018). Comparison of Diversity Index and Dominant Index of Phytoplankton at Ciliwung River Jakarta. *Jurnal Kelautan Universitas Trunojoyo Madura*, 11(1), 75–79.
- Siswanto, S., Wardani, K. K., Purbantoro, B., Rustanto, A., Zulkarnain, F., Anggraheni, E., ... Dimiyati, M. (2022). Satellite-based meteorological drought indicator to support food

- security in Java Island. *PLoS ONE*, 17(6 June), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260982>
- Sureh, F. S., Taghi Sattari, M., Rostamzadeh, H., & Kahya, E. (2024). Meteorological Drought Assessment and Prediction in Association with Combination of Atmospheric Circulations and Meteorological Parameters via Rule Based Models. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 30(1), 61 – 78. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.1067486>
- Susanti, I., Sipayung, S. B., Siswanto, B., Maryadi, E., Latifah, H., Nurlatifah, A., ... Suhermat, M. (2021). Implications of extreme events on the water balance in Java. *AIP Conference Proceedings*, 2331(1), 30008. <https://doi.org/10.1063/5.0042006>
- Susanto, A., Purwanto, M. Y. J., Pramudya, B., & Riani, E. (2019). Ketercukupan Air Temporal Sebagai Indikator Ketersediaan Air Kawasan (Studi Kasus DAS Ciliwung Hulu). *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*, 1, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.36441/seoi.v1i1.604>
- Svoboda, M., & Fuchs, B. (2017). *Handbook of Drought Indicators and Indices*. <https://doi.org/10.1201/9781315265551-12>
- Svoboda, M., Hayes, M., & Wood, D. (2012). Standardized Precipitation Index: User Guide. In *World Meteorological Organization* (Vol. 1090). Geneva: WMO. Retrieved from <https://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub>
- Widayanto, A. M., & Kurniyaningrum, E. (2023). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Hujan Rencana pada DAS Ciliwung, DKI Jakarta. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 4(1), 88–100.
- Zidane, I. (2020). Analisis Sempadan Sungai Ciliwung, Kelurahan Bukit Duri, Jakarta Selatan Sebagai Ruang Terbuka Hijau. In R. Adnin (Ed.), *KOCENIN Serial Konferensi No. 1 (2020) Webinar Nasional Cendekiawan Ke 6 Tahun 2020, Indonesia* (Vol. 1, pp. 1–7). Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.