



PEMETAAN SPASIAL KEKERINGAN MENGGUNAKAN METODE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI) DI DAS BLEGA, KABUPATEN BANGKALAN

Donny Harisuseno¹, Muhammad Amar Sajali², Winnie Meilinda Dewi³

^{1,2,3}Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No 167 Malang 65141

E-mail: donnyhari@ub.ac.id¹, amar@ub.ac.id², winniemi22@student.ub.ac.id³

ABSTRACT

Drought has been a concern for the Regional Disaster Management Agency (BPBD) of Bangkalan Regency in recent years. This study aims to analyze the drought index and develop a spatial drought map in the Blega watershed. This study uses the concept of meteorological drought to analyze drought characteristics. The data used are monthly rainfall data, satellite rainfall data, and watershed maps. The drought index was analyzed using the Standardised Precipitation Index (SPI) method. The drought spatial map was estimated using the Inverse Distance Weight (IDW) method in ArcGIS 10.8. The results showed that the intensity of the worst drought lasted for seven months (May to November). The relationship pattern between the monthly drought index and drought levels from 1992 to 2021 shows that the "Extremely Dry" level occurs periodically every four years. The comparison between the occurrence of the dry year from the SPI and the occurrence of the EL Nino year issued by BMKG shows a match between them. Conformity analysis showed a percentage of 75.97%, indicating a relatively good similarity between historical drought events and droughts derived from the SPI. The study results verify that the SPI method is feasible for describing drought characteristics in the study area.

Keywords: *Drought, spatial map of drought, meteorological drought, Standardized Precipitation Index (SPI), Inverse Distance Weighted (IDW).*

ABSTRAK

Bencana kekeringan menjadi perhatian bagi Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bangkalan beberapa tahun terakhir. Studi ini bertujuan untuk menganalisis indeks kekeringan dan mengembangkan peta spasial kekeringan di Kabupaten Bangkalan khususnya di DAS Blega. Penelitian ini menggunakan konsep kekeringan meteorologis untuk menganalisa karakteristik kekeringan di lokasi penelitian. Data yang digunakan adalah data curah hujan bulanan, data curah hujan satelit, dan peta DAS Blega. Indeks kekeringan dianalisis menggunakan metode *Standardised Precipitation Index* (SPI). Peta spasial kekeringan diperoleh menggunakan metode *Inverse Distance Weight* (IDW) pada aplikasi ArcGIS 10.8. Hasil studi menunjukkan intensitas kekeringan terparah terjadi selama tujuh bulan (bulan Mei hingga November). Pola hubungan antara indeks kekeringan bulanan dengan tingkat kekeringan rentang 1992 – 2021 menunjukkan tingkat kekeringan "Amat Sangat Kering" terjadi secara berkala setiap empat tahun. Hasil perbandingan antara kejadian tahun kering dari hasil analisis metode SPI dan kejadian tahun EL Nino yang dikeluarkan BMKG menunjukkan terdapat kesesuaian antara kejadian tahun kering yang terjadi. Analisis kesesuaian menunjukkan persentase sebesar 75,97%, menunjukkan adanya kesamaan yang relatif baik antara kejadian kekeringan historis di daerah penelitian dengan kekeringan yang berasal dari metode SPI. Hasil studi memverifikasi bahwa metode SPI layak digunakan untuk menggambarkan karakteristik kekeringan di lokasi studi.

Kata kunci: Kekeringan, pemetaan spasial kekeringan, kekeringan meteorologi, Standardized Precipitation Index (SPI), Inverse Distance Weighted (IDW).



1. PENDAHULUAN

Dampak perubahan iklim telah dirasakan oleh sebagian besar wilayah di dunia, termasuk di Indonesia dimana karakteristik perubahan iklim ditandai dengan perubahan sifat hujan antara lain kedalaman hujan, frekuensi kejadian hujan maksimum dan minimum, serta durasi hujan. Perubahan karakteristik curah hujan berpotensi meningkatkan kemungkinan banjir dan kekeringan di suatu Daerah Aliran Sungai. Kekeringan didefinisikan sebagai fenomena hujan di mana nilai hujan berada di bawah nilai rata-rata hujan yang diperoleh dari hujan dengan panjang data minimal 30 tahun (Harisuseno, 2020a). Kejadian kekeringan dapat disebabkan oleh jumlah curah hujan yang minimum, kurangnya air permukaan dan air tanah, penurunan debit sungai, dan lain-lain (Malik et al., 2021). Berdasarkan hirarki proses kejadiannya, tipe kekeringan dapat diklasifikasikan menjadi kekeringan meteorologis, kekeringan pertanian, kekeringan hidrologi, dan kekeringan sosio ekonomi. Kekeringan meteorologis merupakan salah satu tipe kekeringan yang ditentukan berdasarkan karakteristik meteorologi yang meliputi sifat hujan yang meliputi jumlah curah hujan, intensitas, dan durasi hujan.

Kekeringan meteorologi sangat berkaitan erat dengan kondisi atmosfer, terutama anomali iklim atau sistem cuaca yang tidak stabil yang menyebabkan pola curah hujan tidak menentu (Kamruzzaman et al., 2019). Kekeringan meteorologis dapat diidentifikasi dengan kekurangan curah hujan dan terkait erat dengan kekurangan terhadap pemenuhan kebutuhan air tertentu seperti irigasi, kebutuhan air, dan lain-lain (Azizah et al., 2023; Kartikasari & Ihsan, 2022; Pedro-Monzonis et al., 2015). Kurangnya pengisian air tanah, menurunnya retensi pada tampungan lensa tanah, dan menurunnya debit aliran di sungai hanyalah beberapa dari banyak variabel yang mempengaruhi kekurangan terhadap pemenuhan kebutuhan air tersebut (Han et al., 2020; D. Li et al., 2020; Zhang & He, 2016). Sebagian besar ahli hidrologi menetapkan kekeringan meteorologi sebagai kekeringan yang paling penting mengingat kekeringan meteorologi merupakan tahapan awal dari semua bentuk kejadian kekeringan lainnya (Y. Li et al., 2024). Karakteristik kekeringan meteorologis ditentukan terutama oleh tingkat keparahan, intensitas, dan durasi kejadian di suatu daerah (Choukri et al., 2023; Kisaka et al., 2015).

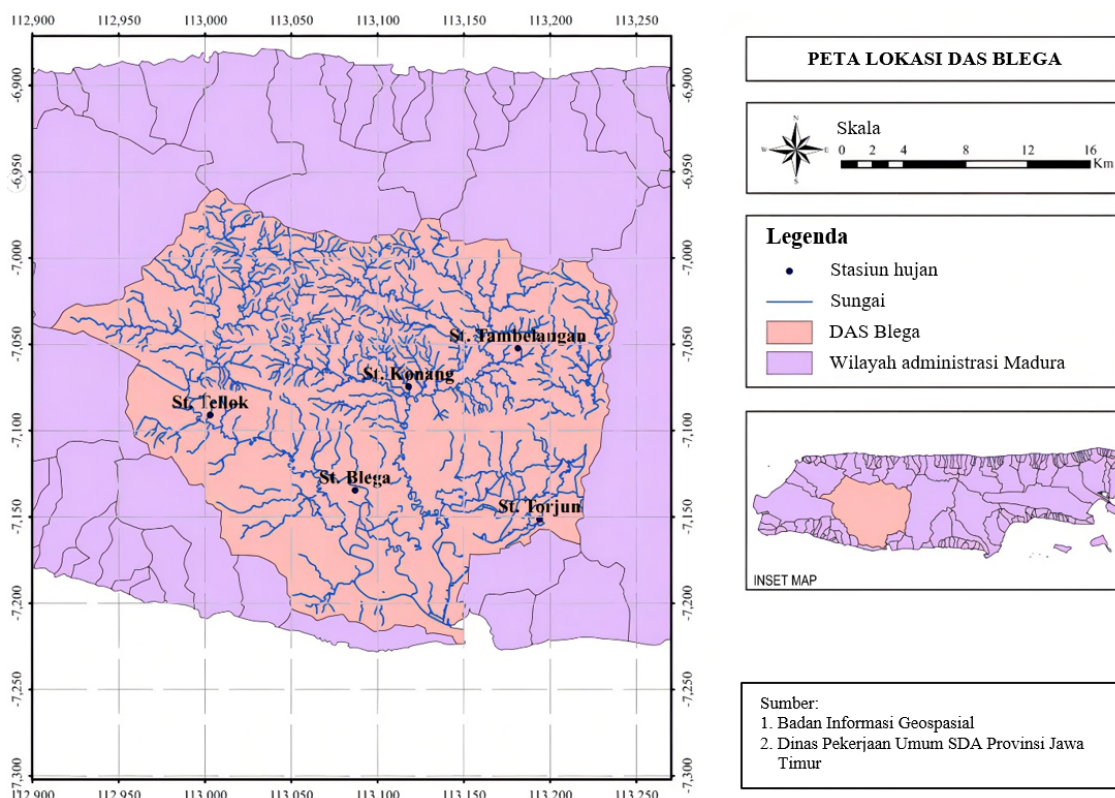
Dalam beberapa tahun terakhir, kekeringan di Indonesia telah menjadi perhatian yang signifikan, termasuk di Kabupaten Bangkalan. Data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bangkalan menyebutkan, beberapa desa rawan mengalami kekeringan di musim kemarau, yang ditandai dengan sulitnya mengakses air bersih untuk kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, rencana kontinjensi kekeringan sangat diperlukan untuk mengurangi dampak kekeringan serta menjadi informasi yang penting bagi pemerintah daerah untuk

mengantisipasi dampak bencana kekeringan (Aprilliyanti & Zainuddin, 2017). Namun kurang informasi tentang kejadian kekeringan secara spasial dan temporal di lokasi penelitian masih menjadi permasalahan yang perlu dicari solusinya. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menganalisis indeks kekeringan untuk mengetahui tingkat kekeringan di DAS Blega Kabupaten Bangkalan.

Analisa indeks kekeringan membutuhkan serangkaian data klimatologis yang panjang. Namun seringkali, ketersediaan data umumnya tidak dapat memenuhi persyaratan minimum panjang data curah hujan (Soares Geraldi & Ghisi, 2018). Ketersediaan data curah hujan satelit dapat menjadi alternatif penyelesaian untuk permasalahan kurangnya panjang data hujan yang akan digunakan dalam analisa kekeringan (Nomleni et al., 2021; Shi et al., 2020). Satelit CHIRPS umumnya digunakan untuk memperkirakan data curah hujan di permukaan lahan pada sebuah DAS karena memiliki resolusi yang baik dan tingkat akurasi yang baik (Wahyuni et al., 2021). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis indeks kekeringan meteorologi menggunakan metode *Standardized Precipitation Index* (SPI) yang memiliki kemampuan mengukur tingkat defisit curah hujan berdasarkan kondisi normal (Saidah et al., 2017). Selain itu, penelitian ini juga memiliki tujuan untuk menghasilkan peta spasial indeks kekeringan dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weight* (IDW) dengan bantuan ArcGIS 10.8 (Khairani et al., 2018). Diharapkan hasil studi ini dapat digunakan sebagai data pendukung untuk penyusunan rencana mitigasi bencana kekeringan, khususnya dalam menentukan skala prioritas penanganan kekeringan di wilayah studi

2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil lokasi di DAS Blega, Kabupaten Bangkalan, Provinsi Jawa Timur. DAS Blega memiliki luas wilayah sekitar 636,21 km² dengan panjang sungai utama sebesar 307 km serta kerapatan jaringan sungai 0,9 km/km². Sungai Blega termasuk dalam kategori sungai *intermittent* dimana kondisi debit air sungai cenderung minimum pada saat musim kemarau. Secara geografis terletak diantara garis bujur 112°40' - 113°08' BT dan garis lintang 6°51' - 7°11' LS. Gambar 1 menyajikan DAS Blega beserta lokasi stasiun hujan. Karakteristik iklim di lokasi studi termasuk iklim tipe Monsoon yang dicirikan dengan dua musim yaitu musim hujan (Nopember – April) dan musim kemarau (Mei – Oktober). Dalam studi ini, stasiun hujan yang digunakan terdiri dari 5 pos stasiun hujan yaitu stasiun hujan Blega, stasiun hujan Konang, stasiun hujan Tellok, stasiun hujan Tambelangan, dan stasiun hujan Torjun. Tipe penggunaan lahan sebagian besar terdiri dari pertanian sawah irigasi, lahan kering, perkebunan, maupun tegalan.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Panjang data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan setiap bulan dari tahun 1992 hingga 2021 dari lima stasiun hujan, yaitu Torjun, Tambelangan, Konang, Blega, dan Tellok. Data hujan diperoleh dari stasiun bumi yang disediakan oleh Badan Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur, sedangkan data satelit hujan bulanan diunduh dari situs web *Climate Hazards Group Infrared Precipitation* (CHIRPS). Metode kurva massa ganda digunakan untuk melakukan uji konsistensi data, sedangkan uji stasioner digunakan untuk memeriksa uji homogenitas data. Proses kalibrasi antara curah hujan satelit dan data stasiun bumi dilakukan dengan memperoleh faktor koreksi yang berasal dari metode intersepsi linier [19].

Standardized Precipitation Index (SPI) diterapkan untuk menghitung indeks kekeringan meteorologis, mengingat bahwa ia hanya menganggap curah hujan sebagai input tunggal (Harisuseno, 2020b). Metode SPI telah disepakati dunia untuk menganalisis tingkat kekeringan meteorologis karena kemudahannya dan kepraktisannya [14]. Metode ini dapat menilai kekeringan untuk skala waktu curah hujan yang berbeda, termasuk curah hujan kumulatif 3 bulan, 6 bulan, 9 bulan, 12 bulan, atau 24 bulan. Konsep dasar SPI adalah bahwa deret curah hujan sesuai dengan fungsi kerapatan probabilitas tertentu di mana distribusi gamma sering dikutip sebagai distribusi yang cocok untuk menggambarkan pola curah hujan. Untuk curah hujan bulanan ($P > 0$), fungsi distribusi gamma dapat diartikan sebagai berikut (Deo et al., 2017):

$$G(P) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} P^{\alpha-1} e^{-P/\beta} \quad (1)$$

di mana P adalah curah hujan bulanan, nilai α dan β menunjukkan parameter bentuk dan skala, dan $\Gamma(\alpha)$ adalah fungsi gamma. Ketika curah hujan bulanan nol ($P = 0$), probabilitas kumulatif berubah menjadi

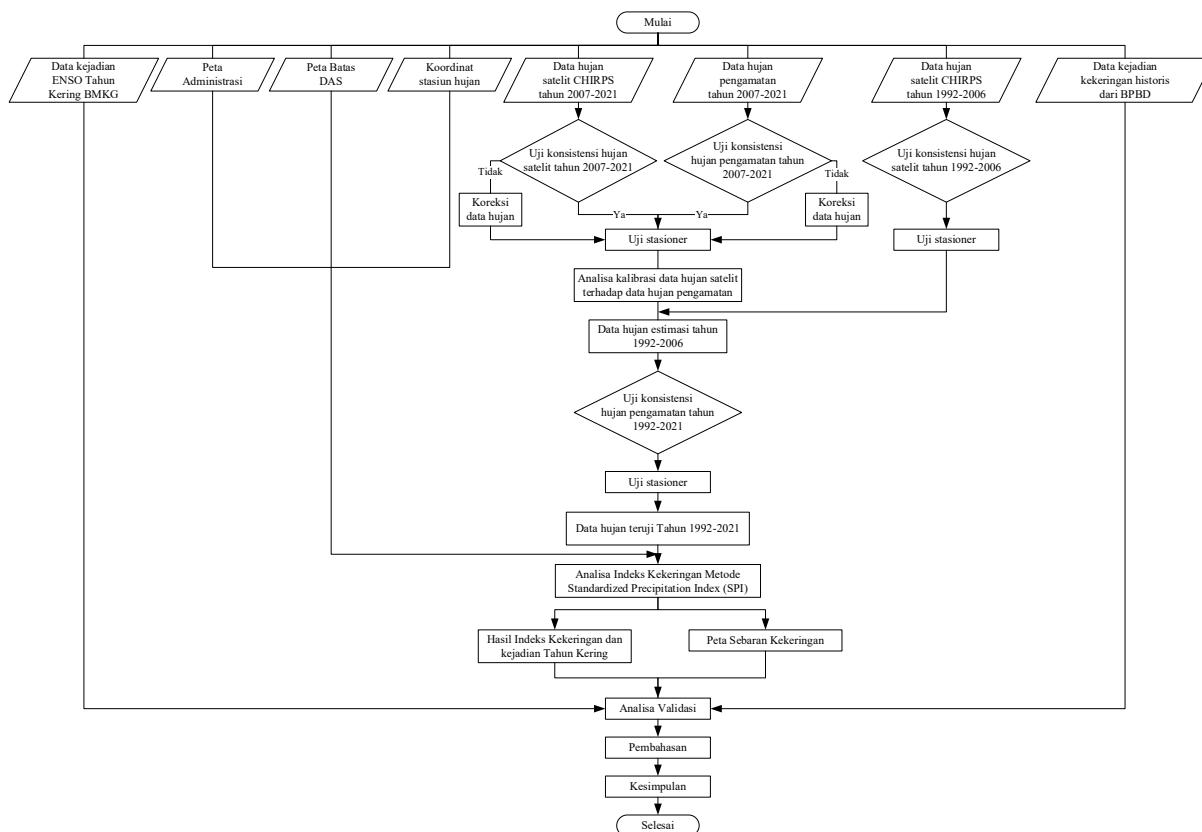
$$H(P) = q + (1 - q) \cdot G(P) \quad (2)$$

di mana $G(P)$ adalah probabilitas kumulatif dari fungsi gamma yang tidak lengkap, dan q adalah probabilitas peristiwa curah hujan dengan nilai nol. Bentuk persamaan transformasi tergantung pada nilai $H(P)$; misalnya, Persamaan 3 digunakan untuk $0 < H(P) \leq 0,5$ dan Persamaan 4 digunakan untuk $0,5 < H(P) \leq 1,0$.

$$Z = SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (2)$$

$$Z = SPI = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (3)$$

$$t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(H(P))^2} \right)} \quad (4)$$



Gambar 2. Diagram alir penelitian

$$t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(1.0 - H(P))^2} \right)} \quad (5)$$

Persamaan 5 diterapkan untuk menghitung nilai t untuk rentang $0 < H(P) \leq 0,5$, sedangkan rentang $0 < H(P) \leq 1,0$ dihitung menggunakan Persamaan 6, di mana c_0 , c_1 , dan c_2 adalah 2,516, 0,803, dan 0,010, dan d_1 , d_2 , dan d_3 masing-masing adalah 1,433, 0,189, dan 0,001. Tabel 1 menampilkan rentang klasifikasi tingkat kekeringan metode SPI (Wable et al., 2018).

Tabel 1. Klasifikasi Kekeringan Metode SPI

Nilai SPI	Tingkat Kekeringan
$\geq 2,00$	Amat Sangat Basah (ASB)
$1,50 \leq s/d \leq 1,99$	Sangat Basah (SB)
$1,00 \leq s/d \leq 1,49$	Cukup Basah (CB)
$-0,99 \leq s/d \leq 0,99$	Mendekati Normal (MN)
$-1,00 \leq s/d \leq -1,49$	Cukup Kering (CK)
$-1,50 \leq s/d \leq -1,99$	Sangat Kering (SK)
$to \leq -2,00$	Amat Sangat kering (ASK)

Peta spasial kekeringan dikembangkan menggunakan *Inverse Distance Weight Method* (IDW) yang disediakan oleh perangkat lunak ArcGIS 10.8 (Dewita et al., 2022; Wardana et al., 2024). Peta yang dihasilkan kemudian divalidasi dengan peristiwa kekeringan historis di lokasi penelitian yang dikeluarkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Bangkalan. Validasi dilakukan menilai persentase kesesuaian antara jumlah wilayah

administrasi desa yang memiliki kesesuaian status kekeringan antara hasil estimasi SPI dan kejadian historis dari BPBD. Nilai persentase kesesuaian dapat ditentukan berdasarkan persamaan 6 (Fitriah, 2018):

$$P = \frac{F}{N} \times 100\% \quad (6)$$

dengan P = persentase kesesuaian (%); F = jumlah data administrasi desa dengan status kekeringan yang sama antara hasil estimasi dengan kejadian historis BPBD; dan N = jumlah keseluruhan data historis administrasi desa yang mengalami kekeringan yang dimiliki BPBD. Klasifikasi nilai persentase kesesuaian disajikan pada Tabel 2.

Selain itu, kekeringan yang dihasilkan dari SPI diverifikasi dengan melakukan analisis pencocokan dengan tahun-tahun El Nino yang terjadi di Indonesia yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Indonesia.

Tabel 2. Klasifikasi Persentase Kesesuaian

Persentase (%)	Klasifikasi
81 s.d 100	Sangat Baik
61 s.d 80	Baik
41 s.d 60	Cukup
21 s.d 40	Kurang
0 s.d 20	Sangat Kurang

3. PEMBAHASAN

Pengujian kualitas data hujan yang dilakukan terdiri dari uji konsistensi dengan menggunakan kurva massa ganda dan uji homogenitas data. Uji homogenitas dilakukan untuk menguji kestabilan varian dengan menggunakan uji Fisher (F_{test}) dan kestabilan rata-rata dengan menggunakan uji T-student (T_{test}). Pengujian sifat homogenitas data curah hujan satelit CHIRPS dilakukan dengan menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Tabel 3 menyajikan rekapitulasi hasil pengujian statistik data curah hujan pengamatan dan curah hujan satelit CHIRPS. Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa data hujan pada seluruh stasiun hujan pengamatan dan satelit CHIRPS menunjukkan sifat konsisten dan homogen. Dengan demikian, baik data curah hujan pengamatan dan

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian kualitas data curah hujan pengamatan dan satelit

Data curah hujan pengamatan				
Periode	Stasiun hujan	Uji konsistensi	Uji homogenitas	
			F_{test}	T_{test}
2007-2021	Torjun	Data konsisten	Varian homogen	Rata-rata homogen
	Tambelangan			
	Konang			
	Blega			
	Tellok			
Data curah hujan satelit				
Periode	Stasiun hujan	Uji konsistensi	Uji homogenitas	
			F_{test}	T_{test}
2007-2021	Torjun	Data konsisten	Varian homogen	Rata-rata homogen
	Tambelangan			
	Konang			
	Blega			
	Tellok			
1996-2002	Torjun	Data konsisten	Varian homogen	Rata-rata homogen
	Tambelangan			
	Konang			
	Blega			
	Tellok			

Table 4. Nilai koefisien koreksi dan koefisien determinasi (R^2)

Stasiun hujan	Koefisien koreksi	Koefisien determinasi (R^2)
Torjun	1,097	0,73
Tambelangan	0,938	0,77
Konang	0,934	0,80
Blega	0,959	0,81
Tellok	0,860	0,78

Mengacu pada Tabel 4, koefisien koreksi dari persamaan intersepsi linier antara satelit CHIRPS dan data curah hujan pengamatan pada setiap pengukur curah hujan menunjukkan nilai yang bervariasi dari 0,73 – 0,81 dengan besaran koefisien determinasi (R^2) berkisar antara 0,73 – 0,78. Dengan demikian, data curah hujan satelit CHIRPS dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya curah hujan dari tahun 1992

3.1 Uji Kualitas Data Hujan

hujan satelit CHIRPS dapat digunakan untuk perhitungan indeks kekeringan.

3.2. Analisa Kalibrasi

Dalam studi ini, data satelit curah hujan CHIRPS digunakan untuk memperkirakan curah hujan di DAS Blega untuk rentang tahun 1996 – 2002. Analisa kalibrasi terhadap data satelit CHIRPS dilakukan dengan melakukan penyesuaian nilai koefisien koreksi yang diperoleh dari persamaan intersepsi linier yang diperoleh dari hubungan antara data satelit CHIRPS dengan curah hujan pengamatan selama 2007 – 2021. Tabel 4 menyajikan koefisien koreksi dan koefisien determinasi (R^2) untuk persamaan intersepsi linier yang dihasilkan.

– 2002 pada setiap stasiun hujan di wilayah penelitian.

Uji homogenitas antara seri data curah hujan estimasi tahun 1996 – 2002 dengan seri data curah hujan pengamatan tahun 2003 – 2021 dilakukan dengan menggunakan uji stasioner, dan hasilnya menunjukkan bahwa kedua kelompok seri data hujan tersebut bersifat homogen. Dengan demikian, kedua kelompok seri data hujan tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan karakteristik kekeringan di daerah penelitian.

3.2. Analisis Indeks Kekeringan

Dalam penelitian ini, analisis indeks kekeringan difokuskan pada kejadian tahun 2019 dengan mempertimbangkan tahun kejadian El Nino yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi,

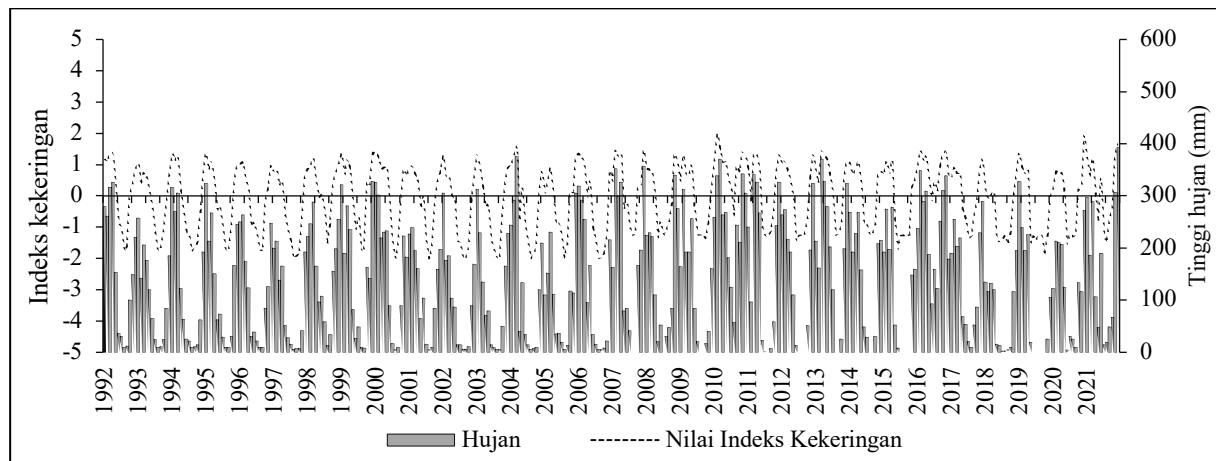
Tabel 5. Indeks Kekeringan pada setiap stasiun hujan metode SPI

Stasiun hujan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
Tellok	1,56	1,42	0,63	1,66	-1,00	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-0,97	0,07
Blega	1,85	0,14	0,41	0,70	-2,53	-1,30	-1,30	-1,30	-1,30	-2,82	-1,32	-0,05
Konang	1,34	1,30	0,84	0,55	-2,20	-1,27	-1,27	-1,27	-1,27	-2,99	-0,95	0,08
Torjun	1,16	0,91	0,66	0,75	-0,66	-1,12	-2,18	-1,12	-1,12	-1,12	-0,67	0,60
Tambelangan	1,04	0,76	0,88	0,56	-1,10	-1,30	-1,30	-1,30	-1,30	-1,30	-1,91	-0,50

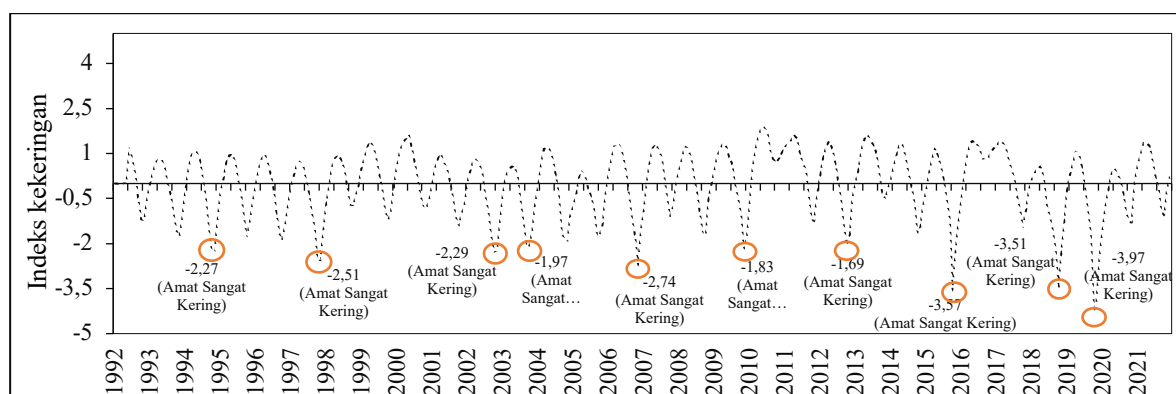
Tabel 6. Tingkat Kekeringan pada setiap stasiun hujan metode SPI

Rain gauge	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
Tellok	SB	CB	MN	SB	CK	CK	CK	CK	CK	CK	MN	MN
Blega	SB	MN	MN	MN	ASK	CK	CK	CK	CK	ASK	CK	MN
Konang	CB	CB	MN	MN	ASK	CK	CK	CK	CK	ASK	MN	MN
Torjun	CB	MN	MN	MN	MN	CK	ASK	CK	CK	CK	MN	MN
Tambelangan	CB	MN	MN	MN	CK	CK	CK	CK	CK	CK	SK	MN

Note: SB (Sangat Basah); CB (Cukup Basah); MN (Mendekati Normal); CK (Cukup Kering); SK (Sangat Kering); ASK (Amat sangat Kering)



Gambar 3. Hubungan antara curah hujan bulanan dan indeks kekeringan tahun 1992 - 2021



Gambar 4. Pola kekeringan selama 30 tahun (1992 – 2021)

dan Geofisika (BMKG) Indonesia. Tabel 5 menyajikan hasil analisa indeks kekeringan metode SPI untuk periode defisit hujan 1-bulanan untuk tahun 2019, sedangkan Tabel 6 menunjukkan tingkat kekeringan dari metode SPI pada setiap stasiun hujan di lokasi penelitian. Mengacu pada Tabel 5 dan 6, dapat diketahui bahwa kejadian kekeringan di seluruh

stasiun hujan sebagian besar terjadi dalam rentang bulan Mei hingga Oktober (durasi kekeringan enam bulan). Intensitas kekeringan terparah terjadi selama tujuh bulan (bulan Mei hingga November) di stasiun Blega dan Tambelangan. Hasil durasi kekeringan selama enam bulan memiliki kesesuaian dengan karakteristik musiman hujan di lokasi studi dimana

rata-rata kejadian musim kemarau berlangsung antara Mei hingga Oktober untuk periode tahun yang dikaji. Hasil kejadian kekeringan yang agak berbeda ditemui pada stasiun Blega dan Tambelangan yang kemungkinan disebabkan oleh adanya variasi nilai curah hujan akibat distribusi hujan yang tidak merata akibat pengaruh karakteristik iklim lokal.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara nilai indeks kekeringan bulanan dan nilai curah hujan bulanan di DAS Blega untuk periode tahun 1992 hingga 2021. Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa terdapat pola kesesuaian antara nilai curah hujan bulanan dengan nilai indeks kekeringan, dimana semakin besar nilai curah hujan bulanan bersesuaian dengan semakin besarnya nilai indeks kekeringan positif. Sebaliknya, besarnya nilai curah hujan bulanan yang rendah berhubungan dengan semakin tingginya nilai indeks kekeringan negatif.

Gambar 4 menunjukkan pola hubungan antara indeks kekeringan bulanan dengan tingkat kekeringan dari tahun 1992 hingga 2021. Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa tingkat kekeringan "Amat Sangat Kering" secara berkala terjadi setiap empat tahun di lokasi penelitian. Hasil ini dapat menjadi pedoman untuk memperkirakan kejadian kekeringan dengan tingkat kekeringan "Amat Sangat Kering" pada tahun-tahun mendatang di lokasi studi. Pola kejadian kekeringan ini dapat digunakan untuk memprediksi terjadinya kejadian "Amat Sangat Kering" di lokasi studi. Hasil

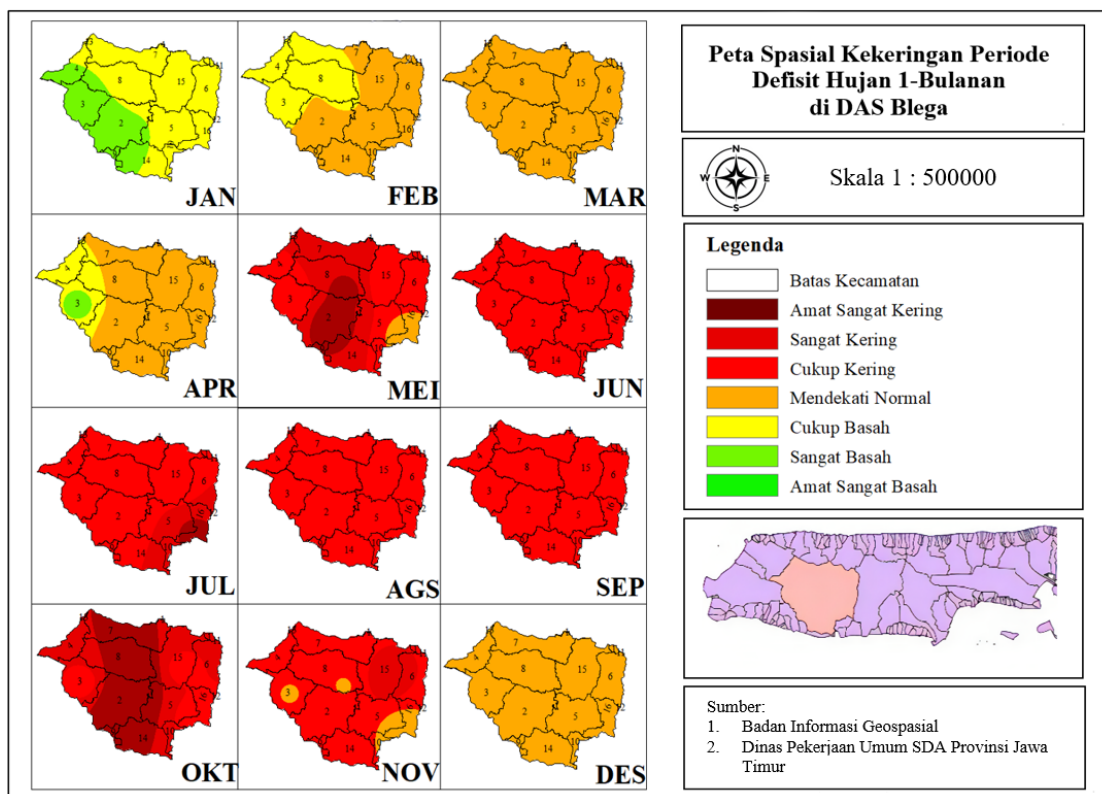
prediksi kejadian kekeringan ini dapat digunakan sebagai pedoman oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dalam menyusun rencana kontinjensi untuk perencanaan mitigasi bencana kekeringan di lokasi studi.

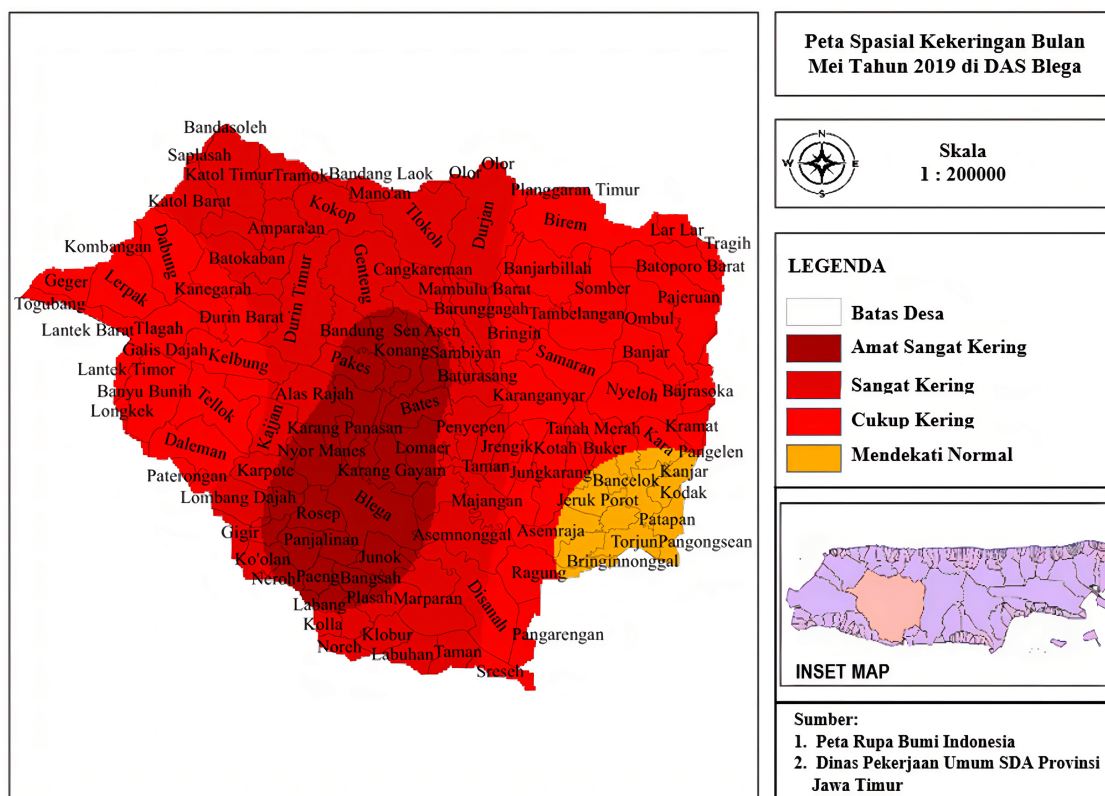
3.2. Validasi

Dalam penelitian ini, validasi berbasis kualitatif dilakukan untuk menguji akurasi peta spasial kekeringan yang dihasilkan dari metode SPI. Validasi berbasis kualitatif dilakukan dengan menilai tingkat kesesuaian status kekeringan yang berasal dari metode SPI dibandingkan dengan data kejadian kekeringan historis yang dikeluarkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD).

Gambar 5 menampilkan hasil penggambaran peta spasial kekeringan periode defisit hujan 1-bulanan metode SPI tahun 2019. Dapat dilihat pada Gambar 5, kejadian kekeringan diawali pada bulan Mei dengan tingkat keparahan kekeringan didominasi "Cukup Kering", kemudian meningkat pada bulan Juni hingga Oktober dengan tingkat keparahan kekeringan "Sangat Kering" hingga "Amat Sangat Kering".

Saat memasuki bulan November, tingkat keparahan kekeringan mulai menurun dimana kondisi "Cukup Kering" mendominasi kejadian kekeringan sejalan dengan meningkatnya jumlah curah hujan bulanan.





Gambar 6. Peta spasial kekeringan bulan Mei tahun 2019 di lokasi studi

Tabel 7. Wilayah kekeringan metode SPI yang sesuai dengan data historis dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD)

Tahun	Nama Kecamatan	Nama Desa
2019	Konang	Bandung, Batokaban, Campor, Cangkareman, Durin Barat, Durin Timur, Galis Dajah, Genteng, Sen Asen, Kanegarah, Konang, Pakes, Sambiyon
	Blega	Labor
	Galis	Blateran, Daleman, Longkek, Paterongan, Tlagah
	Geger	Dabung, Geger, Katol Barat, Kombangan, Lerpak, Togubang
	Kokop	Ampara'an, Durjan, Katol Timur, Kokop, Lembung Gunong, Mano'an, Tlokoh, Tramok, Bandang Laok, Bandasoleh
	Modung	Kolla, Paeng
	Sepulu	Saplasah
	Banyuates	Lar - Lar, Olor, Planggaran Timur, Tolang
	Jrengik	Asemnonggal, Asemraja, Bancelok, Buker, Jrengik, Jungkarang, Kalang Prao, Kotah, Majangan, Margantokol, Mlakah, Penyepen, Plakaran, Taman
	Kedungdung	Bajrasokah, Banjar, Batoporo Barat, Batoporo Timur, Kedudung, Komis, Kramat, Moktesareh, Nyeloh, Ombul, Pajeruan
	Pangarengan	Pangarengan, Ragung
	Robatal	Tragih

Kondisi “Cukup Basah” hingga “Amat Sangat Basah” terjadi pada periode bulan Desember hingga April yang menandai periode musim hujan yang berlangsung di lokasi studi. Gambar 6 menunjukkan peta spasial tingkat kekeringan pada Mei 2019 yang berasal dari metode SPI. Selanjutnya, evaluasi dilakukan untuk menilai kesesuaian kejadian kekeringan dari metode SPI dengan kejadian

kekeringan historis yang dikeluarkan secara resmi oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) pada Mei 2019, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Analisis kesesuaian menunjukkan persentase kesesuaian sebesar 75,97%, yang berarti terdapat kesamaan yang cukup baik antara kejadian kekeringan yang dihasilkan dari metode SPI dengan kejadian kekeringan historis di lokasi penelitian.

Selanjutnya, karakteristik kekeringan yang dihasilkan dari metode SPI dikaji dengan menilai terjadinya El Nino tahun di Indonesia yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Indonesia (BMKG). Berdasarkan informasi dari BMKG, tahun El Nino di Indonesia tercatat pada tahun 2003, 2005, 2018, dan 2019 (Suhadi et al., 2023) (Hidayat et al., 2018). Dalam studi ini, definisi tahun kering yaitu tahun yang memiliki status kekeringan lebih dari enam bulan berturut-turut. Tabel 8 menyajikan perbandingan antara kejadian tahun kering yang diperkirakan dari hasil analisis metode SPI dan

kejadian tahun EL Nino. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8, terdapat kesesuaian antara kejadian tahun kering yang diperkirakan dari metode SPI dengan terjadinya tahun El Nino di Indonesia, dimana kejadian tahun kering terjadi pada tahun 2003, 2005, 2018, dan 2019. Dengan demikian, hasil penelitian saat ini telah memverifikasi bahwa metode SPI layak dan efektif untuk mengevaluasi kejadian dan karakteristik kekeringan di lokasi penelitian.

Tabel 8. Perbandingan antara tahun kering yang diperkirakan dari metode SPI dan tahun EL Nino

Kejadian kekeringan	Kejadian tahun kering ENSO	Kejadian tahun kering dari metode SPI
Fenomena <i>El Nino</i> di Indonesia (Suhadi, 2023)	2003, 2005, 2018 - 2019	2003, 2005, 2018 - 2019
Kejadian kekeringan <i>El Nino Southern Oscillation</i> (ENSO) di Indonesia (Hidayat, 2018)	2004 - 2005, 2002 - 2003	

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan konsep kekeringan meteorologis *Standardized Precipitation Index* (SPI) untuk menganalisa karakteristik kekeringan di lokasi penelitian. Data curah hujan bulanan digunakan sebagai masukan untuk formulasi indeks kekeringan dalam metode SPI untuk mendapatkan indeks kekeringan bulanan. Validasi berbasis kualitatif dilakukan untuk mengevaluasi ketepatan peta spasial kekeringan yang dikembangkan dengan metode SPI. Kejadian kekeringan di seluruh stasiun hujan sebagian besar terjadi dalam rentang bulan Mei hingga Oktober (durasi kekeringan enam bulan). Intensitas kekeringan terparah terjadi selama tujuh bulan (bulan Mei hingga November). Hubungan antara nilai indeks kekeringan bulanan dan nilai curah hujan bulanan di DAS Blega untuk periode tahun 1992 hingga 2021 menunjukkan bahwa semakin besar nilai curah hujan bulanan bersesuaian dengan semakin besarnya nilai indeks kekeringan positif. Sebaliknya, besarnya nilai curah hujan bulanan yang rendah berhubungan dengan semakin tingginya nilai indeks kekeringan negatif. Pola hubungan antara indeks kekeringan bulanan dengan tingkat kekeringan dari tahun 1992 hingga 2021 menunjukkan bahwa tingkat kekeringan "Amat Sangat Kering" secara berkala terjadi setiap empat tahun di lokasi penelitian. Hasil perbandingan antara kejadian tahun kering dari hasil analisis metode SPI dan kejadian tahun EL Nino yang dikeluarkan BMKG menunjukkan terdapat kesesuaian antara kejadian tahun kering yang terjadi. Analisis kesesuaian menunjukkan persentase sebesar 75,97%, menunjukkan adanya kesamaan yang relatif baik antara kejadian kekeringan historis di daerah penelitian dengan kekeringan yang berasal dari

metode SPI. Dengan demikian, hasil penelitian saat ini telah memverifikasi bahwa metode SPI layak dan efektif untuk mengevaluasi kejadian dan karakteristik kekeringan di lokasi penelitian. Ketersediaan data curah hujan dengan kuantitas dan kualitas yang baik diperlukan untuk memperoleh hasil estimasi kekeringan yang lebih baik. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menilai dampak perubahan iklim terhadap karakteristik kekeringan, termasuk intensitas, durasi, dan tingkat keparahan di daerah penelitian.

PUSTAKA

- Aprilliyanti, T., & Zainuddin, M. (2017). Pemetaan Potensi Kekeringan Lahan se-pulau Batam menggunakan Teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh. *Majalah Geografi Indonesia*, 31(1), 90. <https://doi.org/10.22146/mgi.24251>
- Azizah, C., Rahmat, A., & Fahmi, M. (2023). Evaluation of Irrigation Water Availability and Demand in Blang Rongka, Bener Meriah District. *Civilla: Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 8(1), 1–6. <https://doi.org/10.30736/cvl.v8i1.925>
- Choukri, M., Naimi, M., & Chikhaoui, M. (2023). Drought characterization: A systematic literature review. *Sains Tanah*, 20(2), 250–264. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v20i2.77206>
- Deo, R. C., Kisi, O., & Singh, V. P. (2017). Drought forecasting in eastern Australia using multivariate adaptive regression spline, least square support vector machine and M5Tree model. *Atmospheric Research*, 184, 149–175. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.10.004>
- 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>
- Dzisofi Amelia, E., Wahyuni, S., & Harisuseno, D. (2021). Evaluasi Kesesuaian Data Satelit sebagai Alternatif Ketersediaan Data Evaporasi di Waduk Wonorejo. *Jurnal Teknik Pengairan*, 12(2), 127–138. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.02.05>
- Fitriah, F. (2018). *Perbandingan Hasil Kekeringan Menggunakan Metode Theory of Run Dan Thornthwaite Mather di DAS Rejoso Kabupaten Pasuruan*. Brawijaya.
- Han, Z., Huang, S., Huang, Q., Bai, Q., Leng, G., Wang, H., Zhao, J., Wei, X., & Zheng, X. (2020). Effects of vegetation restoration on groundwater drought in the Loess Plateau, China. *Journal of Hydrology*, 591, 125566. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125566>
- Harisuseno, D. (2020a). Comparative study of meteorological and hydrological drought characteristics in the Pekalen River basin, East Java, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 45(IV–VI), 29–41. <https://doi.org/10.24425/jwld.2020.133043>. Abstract
- Harisuseno, D. (2020b). Meteorological Drought and its Relationship with Southern Oscillation Index (SOI). *Civil Engineering Journal*, 6(10), 1864–1875. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091588>
- 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>
- Kamruzzaman, M., Cho, J., Jang, M.-W., & Hwang, S. (2019). Comparative Evaluation of Standardized Precipitation Index (SPI) and Effective Drought Index (EDI) for Meteorological Drought Detection over Bangladesh. *Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers*, 61(1), 145–159. <https://doi.org/10.5389/KSAE.2019.61.1.145>
- Kartikasari, D., & Ihsan, J. (2022). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Dusun Pataan Kecamatan Sambeng. *Jurnal Teknika*, 14(1).
- 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.
- Kisaka, M. O., Mucheru-Muna, M., Ngetich, F. K., Mugwe, J. N., Mugendi, D., & Mairura, F. (2015). Rainfall variability, drought characterization, and efficacy of rainfall data reconstruction: Case of Eastern Kenya. *Advances in Meteorology*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/380404>
- Li, D., Shao, M., Zhang, S., & Zhang, K. (2020). The dynamics of soil moisture balance components and their relations with the productivity of natural vegetation in an arid region of northwestern China. *Ecological Engineering*, 143(November 2019), 105672. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105672>
- Li, Y., Huang, Y., Li, Y., Zhang, H., Fan, J., Deng, Q., & Wang, X. (2024). Spatiotemporal heterogeneity in meteorological and hydrological drought patterns and propagations influenced by climatic variability, LULC change, and human regulations. *Scientific Reports*, 14(1), 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56526-z>
- Malik, A., Kumar, A., Kisi, O., Khan, N., Salih, S. Q., & Yaseen, Z. M. (2021). Analysis of dry and wet climate characteristics at Uttarakhand (India) using effective drought index. *Natural Hazards*, 105(2), 1643–1662. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04370-5>
- Nomleni, A., Suhartanto, E., & Harisuseno, D. (2021). Estimation of flow discharge model at Temef watershed-East Nusa Tenggara using TRMM satellite data. *Civil and Environmental Science Journal (Civense)*, 4(2), 115–126. <https://civense.ub.ac.id/index.php/civense/article/view/105>
- Pedro-Monzonis, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T., & Paredes-Arquiola, J. (2015). A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527, 482–493. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.003>
- Saidah, H., Budianto, M. B., & 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), 173–179.
- Shi, H., Chen, J., Li, T., & Wang, G. (2020). A new method for estimation of spatially distributed rainfall through merging satellite observations, raingauge records, and terrain digital elevation model data. *Journal of Hydro-Environment Research*, 28(xxxx), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2017.10.006>
- Soares Geraldi, M., & Ghisi, E. (2018). Assessment of the length of rainfall time series for rainwater harvesting in buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 133(October 2017), 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.007>

- Suhadi, Supari, Iskandar, I., Irfan, M., & Akhsan, H. (2023). Drought Assessment in Aceh and North Sumatra Using Effective Drought Index. *Science and Technology Indonesia*, 8(2), 259–264. <https://doi.org/10.26554/sti.2023.8.2.259-264>
- Wable, P. S., Jha, M. K., & Shekhar, A. (2018). Comparison of Drought Indices in a Semi-Arid River Basin of India. *Water Resources Management*, 33(1), 75–102.
- Wahyuni, S., Sisingih, D., & Dewi, I. A. G. (2021). Validation of Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS) Data in Wonorejo Reservoir, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 930(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/930/1/012042>
- Wardana, Y. P. A., Harisuseno, D., & Wahyuni, S. (2024). Pemetaan Sebaran Hujan Rancangan Menggunakan Interpolasi Kriging di DAS Kali Lamong. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 04(01), 239–249.
- Zhang, B., & He, C. (2016). A modified water demand estimation method for drought identification over arid and semiarid regions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 230–231, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.11.015>

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN