

ANALISIS KEKERINGAN DI KABUPATEN SRAGEN DENGAN METODE PALMER, THORNTHWAITE, DAN STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX

DROUGHT ANALYSIS IN DISTRICT OF SRAGEN USING PALMER, THORNTHWAITE, AND STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX METHODS

Safrudin Nor Aripbilah^{1)*} Heri Suprpto¹⁾

¹⁾Universitas Gunadarma,

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Indonesia

*Correspondence Email: norabeforcampus@gmail.com

Diterima: 27 September 2021; Direvisi: 22 Oktober 2021; Disetujui: 26 Oktober 2021

ABSTRACT

El Nino and La Nina in Indonesia are one of the reasons that caused climate changes, which has possibility of drought and flood disasters. Sragen Regency wherethe dry season occurs, drought happened meanwhile other areas experience floods and landslides. A study on drought needs to be carried out so as to reduce the risk of losses due to the drought hazard. This study is to determine the drought index in Sragen Regency based on several methods and the correlation of each methods and its suitability to the Southern Oscillation Index (SOI) and rainfall. Drought was analyzed using several methods such as Palmer Drought Severity Index (PDSI), Thornthwaite-Matter, and Standardized Precipitation Index (SPI) then correlated with SOI to determine the most suitable method for SOI. The variables are applied in this method are rainfall, temperature, and evapotranspiration. The results showed that the drought potential of the Palmer method is only in Near Normal conditions, which is 1%, Severe drought conditions are 29% for the Thornthwaite-Matter method, and Extreme Dry conditions only reach 1,11% for the SPI method. The PDSI and SPI methods are inversely proportional to the Thornthwaite-Matter method and the most suitable method for SOI values or rainfall is the SPI method. These three methods can be identified the potential for drought with only a few variables so that they could be applied if they only have those data.

Keywords: Drought, PDSI, Thornthwaite-Matter, SPI, SOI

ABSTRAK

Peristiwa El Nino dan La Nina di Indonesia menjadi salah satu penyebab perubahan iklim yang kemungkinan dapat menimbulkan bencana kekeringan dan banjir. Kabupaten Sragen yang apabila musim kemarau terjadi, mengalami kekeringan saat wilayah lain mengalami kebanjiran dan tanah longsor. Kajian mengenai kekeringan perlu dilakukan sehingga dapat mengurangi resiko kerugian akibat bahaya kekeringan. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui indeks kekeringan di Kabupaten Sragen berdasarkan beberapa metode dan korelasi tiap metode serta kesesuaiannya terhadap Southern Oscillation Index (SOI) dan curah hujan. Kekeringan dianalisis menggunakan beberapa metode seperti Palmer Drought Severity Index (PDSI), Thornthwaite-Matter, dan Standardized Precipitation Index (SPI) yang dikorelasikan dengan SOI untuk mengetahui metode paling sesuai terhadap SOI. Variabel yang diterapkan dalam metode tersebut yaitu curah hujan, suhu, dan evapotranspirasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi kekeringan metode Palmer hanya kondisi Mendekati Keadaan Normal yaitu 1%, kondisi kekeringan Berat sebesar 29% untuk metode Thornthwaite-Matter, dan kondisi Ekstrem Kering hanya mencapai 1,11% untuk metode SPI. Metode PDSI dan SPI berbanding terbalik dengan metode Thornthwaite-Matter dan metode yang paling sesuai terhadap nilai SOI ataupun curah hujan adalah metode SPI. Ketiga metode tersebut dapat mengidentifikasi adanya potensi kekeringan hanya dengan variabel yang sedikit sehingga dapat diterapkan apabila hanya memiliki data tersebut..

Kata Kunci: Kekeringan, PDSI, Thornthwaite-Matter, SPI, SOI

PENDAHULUAN

Kekeringan dan banjir di Indonesia merupakan bencana alam yang kerap terjadi akibat perubahan iklim. Bencana ini dapat menyebabkan timbulnya beragam permasalahan lain. Kekeringan salah satunya, dapat menyebabkan beberapa isu seperti tanaman yang ada tidak seproduktif biasanya bahkan layu/ mati, ataupun tanahnya sudah tidak dapat lagi ditanami karena kekeringan yang ekstrim tersebut. Hal tersebut seringkali menyebabkan kerugian ekonomi yang sangat besar karena kegagalan panen/ puso akibat kurangnya sumber daya air.

Fenomena El Nino La Nina yang kerap terjadi di Indonesia, adalah salah satu penyebab terjadinya perubahan curah hujan di Kabupaten Sragen yang berdampak pada terjadinya bencana kekeringan. BNPB (2021) menyampaikan bahwa 7 kecamatan di Kabupaten Sragen mengalami kekeringan saat wilayah lain mengalami banjir dan tanah longsor. Indeks Risiko Bencana (IRB) Kekeringan Kabupaten Sragen pada tahun 2020 pun termasuk tinggi dengan skor 24,0. Kabupaten Sragen yang disebut sebagai kabupaten penghasil beras sekaligus penyandang beras daerah Jawa Tengah mampu memproduksi beras hingga ± 440.000 ton. Pertanian padi tersebut tentu saja membutuhkan konsumsi air yang besar di luar dari kebutuhan air sehari-hari untuk penduduk. Kebutuhan akan air yang besar ini dikhawatirkan tidak akan tercukupi apabila musim kemarau tiba.

Kabupaten Sragen adalah wilayah yang memiliki luas 941,55 km², dimana terdiri dari 20 Kecamatan, 12 Kelurahan, dan 196 Desa. Wilayah Kabupaten Sragen secara fisiologis terbagi menjadi 42,62% sawah (40.129 Ha) dan 57,38% tanah kering (54.026 Ha). Ketinggian rata-rata dataran di kabupaten Sragen adalah 109 m di atas permukaan laut dengan jumlah jiwa mencapai 976.951 jiwa pada tahun 2020 (BPS Kabupaten Sragen, 2021).

Meminimalisir dampak yang ditimbulkan dapat dilakukan apabila setiap lapisan masyarakat serta pemerintah terkait cepat dan sigap dalam menghadapi bencana kekeringan tersebut. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan analisis terhadap bencana kekeringan yang terjadi. Penjelasan terkait bencana juga diatur dalam Undang-Undang No. 24/2007 dan Peraturan Pemerintah No. 21/2008 yang menjelaskan mengenai Penanggulangan dan Penyelenggaraan Bencana serta Peraturan Daerah terkait.

Pratiwi et al., (2020) menjelaskan bahwa banjir dan kekeringan di Jawa Tengah berdampak buruk pada lahan sawah mencapai 90 ribu hektar. Perubahan curah hujan sebagai faktor iklim yang

sangat mempengaruhi ketersediaan air, merupakan penyebab utama terjadi bencana tersebut. Peluang kekeringan lebih besar terjadi daripada banjir saat terjadi perubahan curah hujan. Stewart et al. (2020) pun mendukung bahwa kekeringan menjadi peristiwa iklim yang berdampak besar pada kebutuhan air untuk irigasi di Sentral California.

Penelitian Ogunrinde et al. (2020) menginformasikan bahwa peringatan dini terhadap bahaya kekeringan di Nigeria bagian utara menggunakan *self-calibrating Palmer Drought Severity Index* dan data curah hujan dan suhu selama 35 tahun. Hasil yang diperoleh yaitu 4 kategori bahaya kekeringan lebih sering terjadi di awal abad 21 dibandingkan dalam dua dekade terakhir abad 20.

Kurniawan et al. (2019) menyatakan bahwa indeks kekeringan metode Palmer dan kekeringan hidrologi (menggunakan data muka air sungai atau data AWLR) memiliki hubungan searah. Faktor yang menjadi komponen utama dalam metode Palmer tersebut adalah evapotranspirasi, pengisian lensa tanah, limpasan, kehilangan air, dan karakteristik iklim. Penelitian Pramudya & Onishi (2018) tentang analisis kekeringan di kota Tegal menggunakan *Standardized Precipitation Index* (SPI) menunjukkan bahwa dari semua periode defisit, kekeringan paling parah dalam durasi dan puncak terjadi pada tahun 2015 dengan nilai SPI-12 mencapai -1,19. Hasil tersebut menggaris bawahi potensi yang ditunjukkan SPI dalam identifikasi kekeringan dan penggunaan curah hujan sangat terkait dengan kebijakan dan implementasi penanggulangan kekeringan di kota Tegal.

Mujtahiddin (2014) juga menganalisis dengan metode *Thornthwaite-Matter* dan menjabarkan bahwa mulai dari bulan April hingga bulan November, kekeringan terjadi di wilayah kabupaten Indramayu dengan kategori kekeringan yaitu berat dan puncaknya mencapai sebesar 86% pada bulan September. Hasil penelitian Mujtahiddin terkait Indramayu sebagai kabupaten penghasil padi terbesar pertama di Provinsi Jawa Barat menjadi rekomendasi untuk mengantisipasi dan memitigasi kekeringan yang terjadi pada wilayah kabupaten Indramayu.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, perlu dilakukan analisis kekeringan di Kabupaten Sragen untuk mempertimbangkan metode adaptasi dan mitigasi dalam menghadapi kekeringan. Penelitian dilakukan di Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1). Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan nilai indeks kekeringan yang terjadi menurut metode Palmer, Thornthwaite-Matter, dan SPI yang terjadi di Kabupaten Sragen. Selain itu, juga untuk mengetahui korelasi indeks

kekeringan di antara ketiga metode tersebut serta kesesuaiannya dengan *Southern Oscillation Index* (SOI) dan curah hujan.

METODOLOGI

Suatu keadaan di mana sumber air yang tersedia mengalami defisit (penurunan/lebih kecil) dibandingkan dengan permintaan akan kebutuhan air dan terjadi pada suatu periode waktu tertentu dapat diartikan sebagai kekeringan. Indeks kekeringan digunakan untuk mengukur tingkat keparahan dari kekeringan yang terjadi. Dalam penelitian ini, metode yang akan digunakan dalam mengetahui tingkat kekeringan adalah PDSI, Thornthwaite-Matter, dan SPI. Indeks kekeringan tersebut menjadikan data meteorologi sebagai parameter utama dalam mengetahui tingkat kekeringan.

Indeks Kekeringan

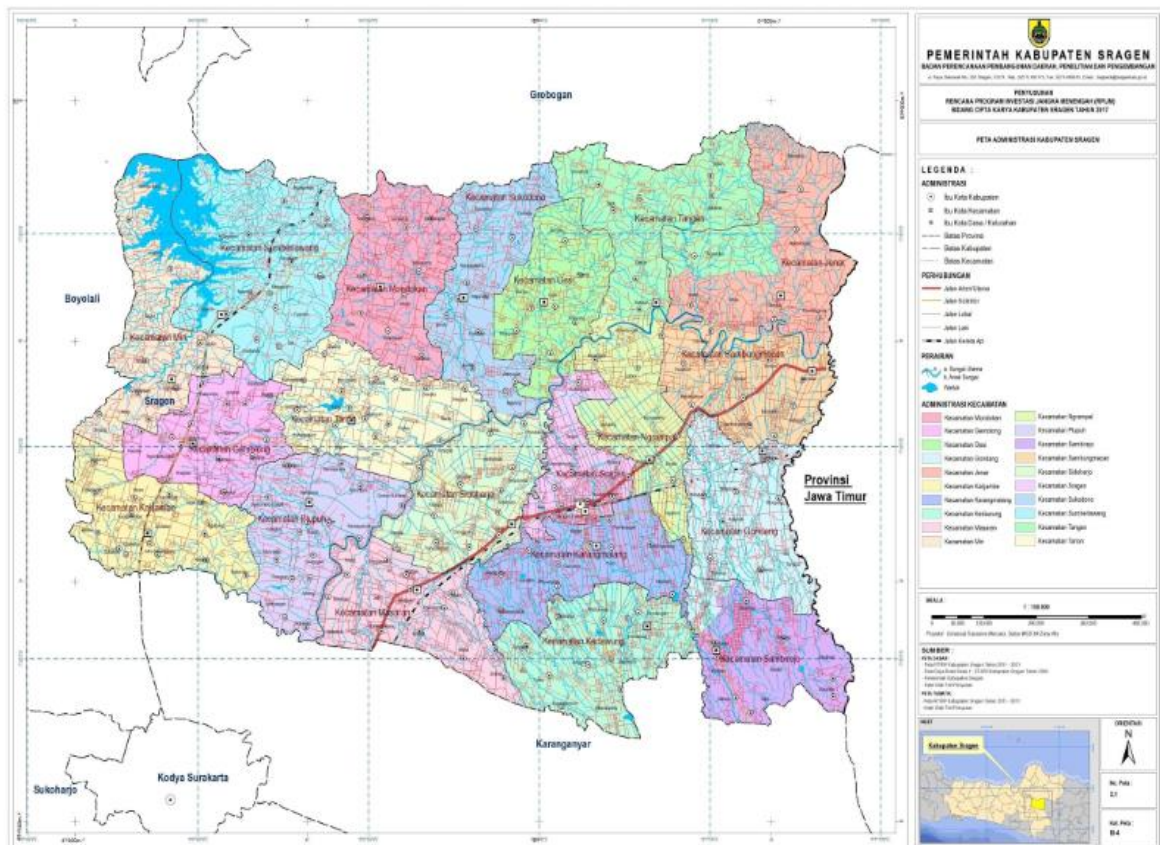
Indeks kekeringan adalah variabel utama untuk menilai efek dari kekeringan dan menentukan parameter kekeringan seperti intensitas, durasi, keparahan, dan luas daerah. Skala waktu yang paling umum digunakan untuk analisis kekeringan adalah satu tahun, lalu setelah itu satu bulan (Mishra & Singh, 2010). Indeks kekeringan

merupakan salah satu cara yang memberikan estimasi kuantitatif mengenai tingkat kekeringan pada suatu wilayah.

Palmer Drought Severity Index (PDSI)

PDSI dihitung menggunakan model keseimbangan air dengan dua lapisan tanah untuk mengevaluasi pasokan dan permintaan kelembaban hingga diperoleh indeks kekeringan (Palmer, 1965). Input model neraca air diatur oleh evapotranspirasi (ET), resapan ke tanah (R), *run-off* (RO), kehilangan air ke lapisan tanah (L), dan nilai potensial evapotranspirasi (PET), resapan ke tanah (PR), limpasan (PR) dan kehilangan air ke lapisan tanah (PL). Input untuk menghitung PDSI adalah curah hujan (P) dan suhu (T). Palmer (1965) memperkenalkan nilai iklim sesuai untuk kondisi yang ada (CAFEC) untuk mewakili jumlah yang dibutuhkan setiap aliran air untuk mempertahankan kondisi air normal (Yuan & Quiring, 2014). Curah hujan CAFEC dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \alpha_i PE + \beta_i PR + \lambda_i PRO - \delta_i L \dots\dots\dots (1)$$



Sumber: PUPR, 2015

Gambar 1 Peta Administrasi Kabupaten Sragen

Dimana:

$\alpha_i, \beta_i, \lambda_i, \delta_i$: Koefisien keseimbangan air

$$\alpha_i = \frac{ET_i}{PET_i} \quad \lambda_i = \frac{RO_i}{PRO_i}$$

$$\beta_i = \frac{R_i}{PR_i} \quad \delta_i = \frac{L_i}{PL_i}$$

Tabel 1 Kategori Kekeringan PDSI

Nilai PDSI	Kategori
$\geq 4,00$	Ekstrem Basah (EB)
3,00 – 3,99	Sangat Basah (SAB)
2,00 – 2,99	Agak Basah (AB)
1,00 – 1,99	Sedikit Basah (SEB)
0,50 – 0,99	Awal Selang Basah (ASB)
(-0,49) – 0,49	Mendekati Keadaan Normal (MKN)
(-0,99) – (-0,50)	Awal Selang Kering (ASK)
(-1,99) – (-1,00)	Sedikit Kering (SK)
(-2,99) – (-2,00)	Agak Kering (AK)
(-3,99) – (-3,00)	Sangat Kering (SK)
$\leq (-4,00)$	Ekstrem Kering (EK)

Sumber: Yu et al. 2019

Thornthwaite-Matter

Indeks kekeringan dengan metode Thornthwaite-Matter dikemukakan Thornthwaite dan Matter tahun 1957 menggunakan prinsip neraca air yang diperoleh dari data meteorologi (Ahsanita, 2018). Data yang diperlukan sama halnya dengan metode Palmer yaitu curah hujan (presipitasi), evapotranspirasi potensial (penguapan) yang dihitung dengan metode Thornthwaite-Matter, kapasitas penyimpanan air (WHC) yang diperoleh dari jenis tanah dan tanaman, serta suhu rata-rata bulanan.

$$I_a = \frac{D}{PE} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

Di mana:

D : Defisit = PE – EA

PE : Evapotranspirasi Potensial

EA : Evapotranspirasi Aktual

Tabel 2 Indeks Kekeringan Menurut Metode Thornthwaite-Matter

Nilai Indeks Kekeringan	Kategori
$< 16,77\%$	Ringan atau Tidak Ada
16,77 – 33,33%	Sedang
$> 33,33\%$	Berat

Sumber: Mujtahiddin, 2014.

Standardized Precipitation Index (SPI)

Perhitungan SPI diawali dengan mengurangi hujan aktual dengan hujan rerata dalam skala waktu tertentu, lalu dibagi dengan nilai simpangan bakunya. Hasil perhitungan tersebut akan menunjukkan nilai indeks kekeringan SPI dengan mengubahnya ke bentuk kumulatif peluang berjenis distribusi Gamma, yang kemudian diubah lagi ke dalam bentuk distribusi Normal Baku.

Tabel 3 Klasifikasi Kekeringan dan Basah Menurut Nilai SPI

SPI	Kategori
$\leq (-2)$	Kekeringan Ekstrem (KE)
(-1,5) – (-1,99)	Kekeringan Parah (KP)
(-1) – (-1,49)	Kekeringan Sedang (KS)
(-0,99) – 0,99	Mendekati Normal (MN)
1 – 1,49	Basah Sedang (BS)
1,5 – 1,99	Basah Parah (BP)
≥ 2	Basah Ekstrem (BE)

Sumber: McKee et al., 1993

Southern Oscillation Index (SOI)

Southern Oscillation Index atau sering disingkat SOI merupakan suatu penurunan yang mewakili perbedaan tekanan udara rata-rata yang diukur di Tahiti dan Darwin Australia. SOI dihitung sebagai perbedaan rata-rata bulanan tekanan permukaan laut rata-rata standar di setiap stasiun (LuAnn Dahlman, 2009). Salah satu cara untuk mengukur perbedaan besar dalam tekanan udara selama musim La Nina dan El Nino di antara pasifik tropis Barat dan Timur (keadaan Osilasi Selatan) yaitu SOI.

Secara umum, runtun waktu SOI yang dihaluskan sangat sesuai dengan perubahan suhu laut di seluruh Pasifik tropis timur. Tekanan udara yang berada di bawah normal di wilayah Tahiti dan tekanan udara yang berada di atas normal di wilayah Darwin disebut fase negatif SOI. Nilai SOI negatif pada waktu tertentu yang bertepatan dengan perairan laut hangat tidak normal disebut dengan El Nino dan jika sebaliknya disebut dengan La Nina. Seluruh kejadian tersebut terjadi di seluruh perairan pasifik tropis timur (LuAnn Dahlman, 2009).

Evaluasi Metode

Dalam suatu model, nilai yang dihitung memiliki hubungan dengan nilai acuan atau pengamatan. Keeratan hubungan antara kedua variabel tersebut, dapat diketahui dan diukur menggunakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum (Y_c - \bar{Y})^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2} \dots\dots\dots (3)$$

Di mana:

Y_c : Taksiran nilai Y yang ditentukan dengan menggunakan persamaan regresi yang diperoleh

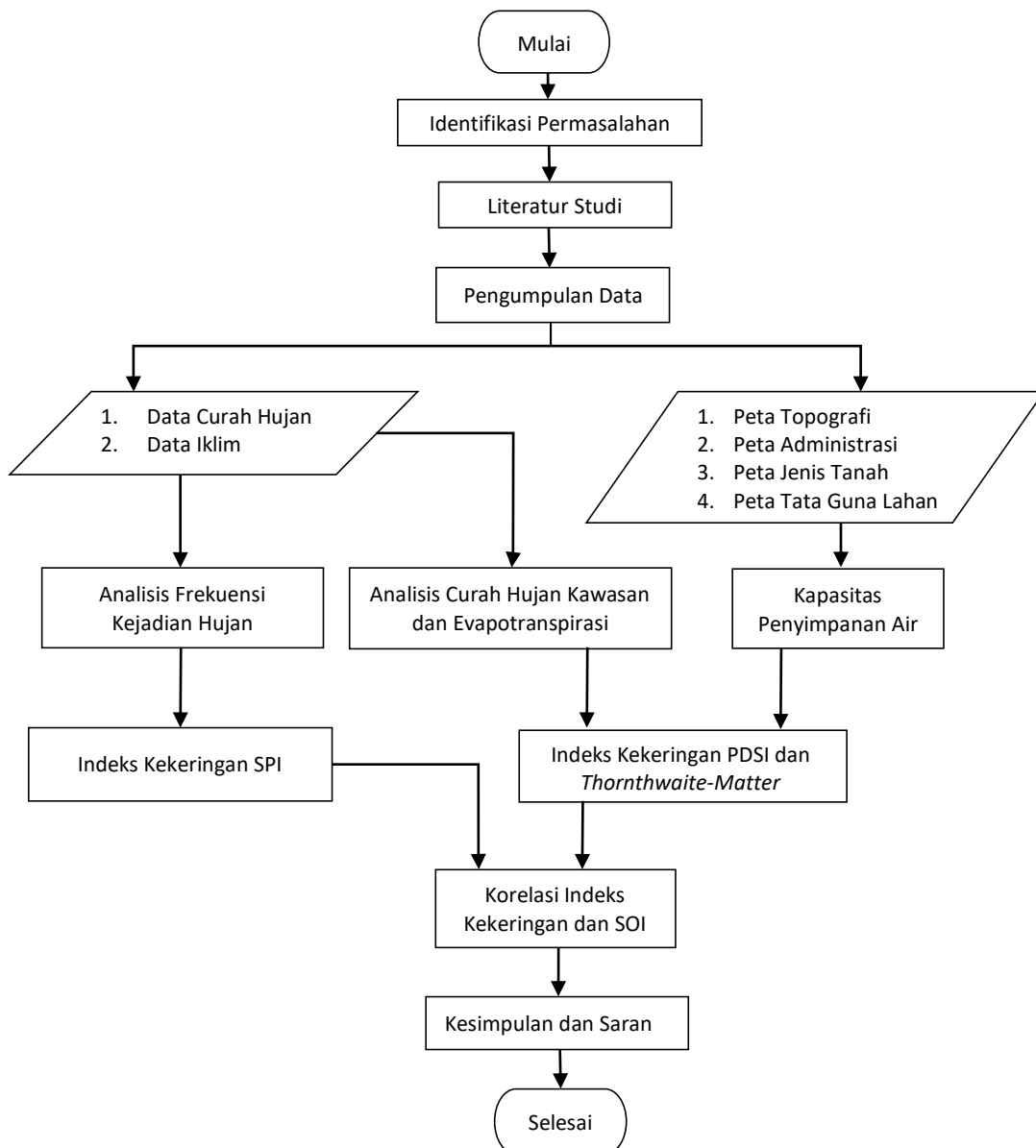
$\bar{Y}$: Y rata-rata

Y : Nilai Y actual

Nilai korelasi akan menggambarkan hubungan antara indeks kekeringan dengan nilai SOI. Tingginya keeratan dari kedua hubungan antar variabel diperoleh jika nilai koefisien korelasi

antara kedua buah variabel tersebut semakin besar (semakin mendekati 1). Sebaliknya, rendahnya keeratan dari kedua hubungan antar variabel diperoleh jika nilai koefisien korelasi antara kedua buah variabel tersebut semakin kecil (semakin mendekati 0).

Evaluasi ini diperkuat dengan uji persentase kesesuaian data. Kesesuaian data yang dimaksud adalah melihat kesesuaian klasifikasi kekeringan antara model indeks kekeringan dengan SOI. Tingkat atau klasifikasi kekeringan yang sama akan dikatakan "Sesuai" dan jika tidak, dinyatakan "Tidak Sesuai". Uji kesesuaian ini dilakukan juga pada dengan intensitas curah hujan.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

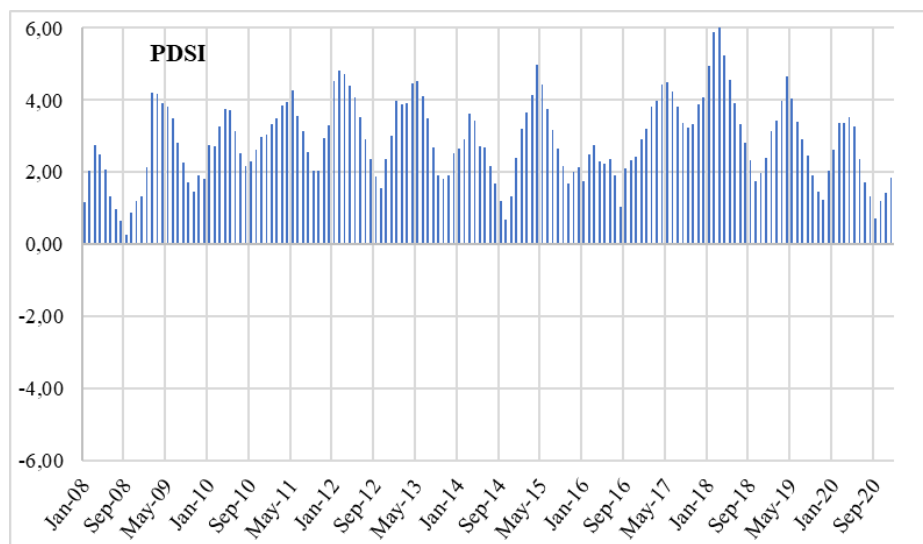
HASIL DAN PEMBAHASAN

Indeks Kekeringan PDSI

Hasil yang diperoleh berdasarkan klasifikasi kekeringan menggunakan metode PDSI, dapat terlihat wilayah penelitian selama tahun 2008 – 2020 dalam keadaan Agak Basah (AB) yaitu sebesar 32%, lalu keadaan Sangat Basah (SAB) yaitu sebesar 29%, dilanjutkan keadaan Sedikit Basah (SEB) yaitu sebesar 19%, selanjutnya keadaan Ekstrim Basah (EB) yaitu sebesar 16%, dan dua terbawah yaitu keadaan Awal Selang Basah (ASB) dan Mendekati Keadaan Normal (MKN) sebesar 3% dan 1%. Melihat hasil persentase kecenderungan kekeringan tersebut,

wilayah yang diteliti masih cukup jauh untuk dikatakan dalam keadaan kekeringan.

Nilai PDSI yang memperhitungkan berbagai faktor selain curah hujan seperti evapotranspirasi dan kelengasan tanah. Evapotranspirasi potensial (ETp) *Thornthwaite-Matter* hanya mempertimbangkan suhu merupakan metode yang kurang tepat dalam penentuan ETp. Hasil tersebut sesuai dengan penjelasan Yuan & Quiring (2014) bahwa ETp *Thornthwaite Matter* kurang mencerminkan kondisi sesungguhnya karena tidak memperhitungkan faktor radiasi, kecepatan angin, dan defisit tekanan uap yang mempengaruhi ETp melebihi suhu.



Gambar 3 Indeks Kekeringan PDSI

Tabel 4 Klasifikasi Kekeringan Metode PDSI

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2008	SEB	AB	AB	AB	AB	SEB	ASB	ASB	MKN	ASB	SEB	SEB
2009	AB	EB	EB	SAB	SAB	SAB	AB	AB	SEB	SEB	SEB	SEB
2010	AB	AB	SAB	SAB	SAB	SAB	AB	AB	AB	AB	AB	SAB
2011	SAB	SAB	SAB	SAB	EB	SAB	SAB	AB	AB	AB	AB	SAB
2012	EB	EB	EB	EB	EB	SAB	AB	AB	SEB	SEB	AB	SAB
2013	SAB	SAB	SAB	EB	EB	EB	SAB	AB	SEB	SEB	SEB	AB
2014	AB	AB	SAB	SAB	AB	AB	AB	SEB	SEB	ASB	SEB	AB
2015	SAB	SAB	EB	EB	EB	SAB	SAB	AB	AB	SEB	AB	AB
2016	SEB	AB	AB	AB	AB	AB	SEB	SEB	AB	AB	AB	AB
2017	SAB	SAB	SAB	EB	EB	EB	SAB	SAB	SAB	SAB	SAB	EB
2018	EB	EB	EB	EB	EB	SAB	SAB	AB	AB	SEB	SEB	AB
2019	SAB	SAB	SAB	EB	EB	SAB	AB	AB	SEB	SEB	SEB	AB
2020	AB	SAB	SAB	SAB	SAB	AB	SEB	SEB	ASB	SEB	SEB	SEB

Keterangan:

EB : Ekstrim Basah; **SEB** : Sedikit Basah; **SAB** : Sangat Basah; **AB** : Agak Basah; **ASB** : Awal Selang Basah; **MKN** : Mendekati Keadaan Normal;

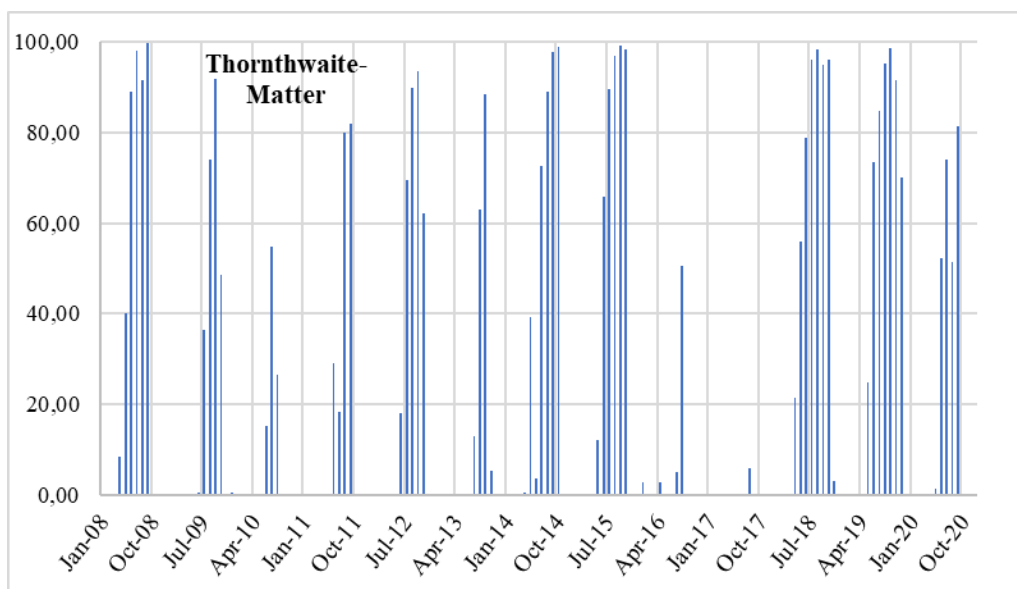
Menurut Zhong et al. (2019) ETp dengan metode *Penman-Monteith* lebih mendekati dengan kondisi tutupan lahan karena mempertimbangkan faktor radiasi, kecepatan angin, kelembaban udara, dan penyinaran matahari.

Indeks Kekeringan *Thornthwaite-Matter*

Hasil klasifikasi kekeringan dengan menggunakan metode *Thornthwaite-Matter* pada tahun 2008 – 2020 menunjukkan bahwa lokasi penelitian cenderung dalam kondisi Tidak Ada (TA) hingga mencapai 56%. Hal ini menunjukkan bahwa untuk klasifikasi *Thornthwaite-Matter*, karena range akan klasifikasi cukup besar, tidak terlihat akan

merah adanya perubahan kondisi kekeringan. Kecenderungan kondisi kekeringan selanjutnya adalah kondisi Berat (B) yaitu sebesar 29%, kondisi ringan (R) sebesar 11%, dan kondisi Sedang (S) sebesar 4%. Kondisi ini menunjukkan kemungkinan terjadi kekeringan berat yang cukup besar walaupun sebelumnya mengalami tidak mengalami kekeringan dengan persentase yang besar.

Klasifikasi metode *Thornthwaite-Matter* yang kurang mendetail menjadikan hasil yang diperoleh kurang menggambarkan keadaan sesungguhnya secara jelas.



Gambar 4 Indeks Kekeringan *Thornthwaite-Matter*

Tabel 5 Klasifikasi Kekeringan Metode *Thornthwaite-Matter*

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
2008	TA	TA	TA	R	B	B	B	B	B	TA	TA	R
2009	TA	TA	TA	TA	TA	R	B	B	B	B	TA	R
2010	TA	TA	TA	TA	TA	R	B	S	TA	TA	TA	TA
2011	TA	TA	TA	TA	TA	S	S	B	B	TA	TA	TA
2012	TA	TA	TA	TA	R	S	B	B	B	B	TA	TA
2013	TA	TA	TA	TA	TA	R	R	B	B	R	TA	TA
2014	TA	TA	TA	R	B	R	B	B	B	B	TA	TA
2015	TA	TA	TA	TA	R	B	B	B	B	B	TA	TA
2016	R	TA	TA	R	TA	TA	R	B	TA	TA	TA	TA
2017	TA	TA	TA	TA	TA	TA	TA	R	TA	TA	TA	TA
2018	TA	TA	TA	S	B	B	B	B	B	B	R	TA
2019	TA	TA	TA	TA	S	B	B	B	B	B	B	TA
2020	TA	TA	TA	TA	R	B	B	B	B	TA	TA	TA

Keterangan:

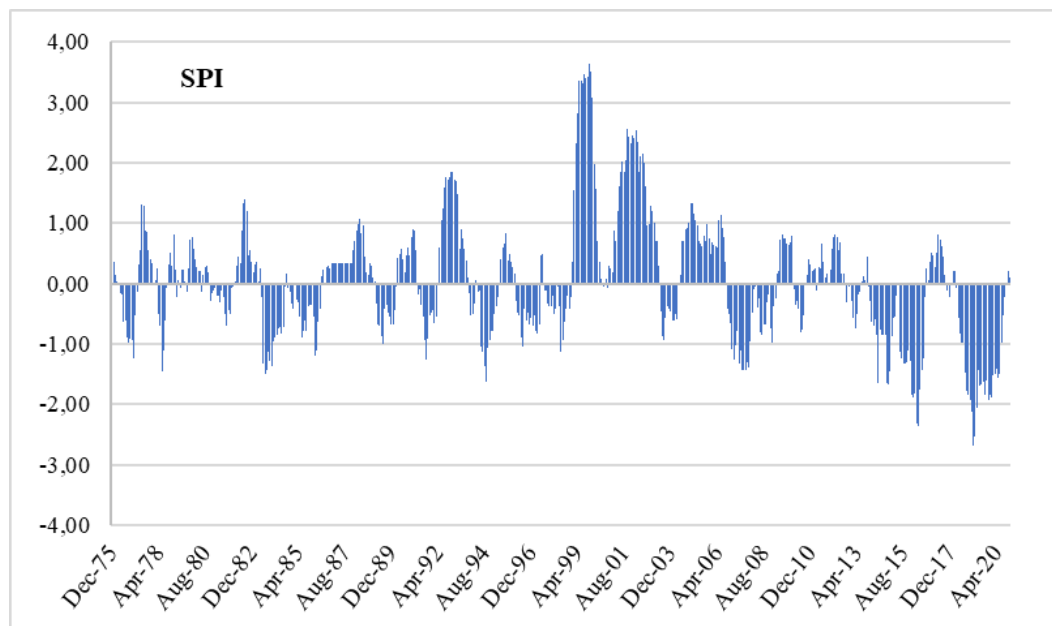
TA : Tidak Ada; R : Ringan; S : Sedang; B : Berat

Indeks Kekeringan SPI

Metode SPI dihitung untuk durasi 12 bulan pada setiap bulannya pada tahun 1975 – 2020. SPI 12 bulanan digunakan karena hasil kekeringan yang diperoleh paling sesuai dengan indeks Palmer yang juga dihitung dalam skala waktu 12 bulan. Kekeringan untuk jangka waktu panjang, lebih baik diperhitungkan selama 12 bulan kecuali menggunakan indeks kekeringan selain Palmer atau untuk peringatan dini kekeringan (< 1 tahun).

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa kekeringan terparah terjadi pada Februari tahun

2019 dengan nilai SPI sebesar -2,69 atau kekeringan ekstrim. Gambar di atas menunjukkan bahwa indeks kekeringan terkecil atau kekeringan parah hingga ekstrim terjadi pada rentang tahun 2014 – 2019. Sepanjang periode 1975-2020, probabilitas terjadinya keadaan Mendekati Normal mencapai hingga 49,22%. Hal ini menunjukkan bahwa keadaan Mendekati Normal memiliki kecenderungan yang besar untuk dapat terjadi. Sedangkan probabilitas terjadinya keadaan Ekstrim Kering hanya mencapai 1,11%.



Gambar 5 Indeks Kekeringan SPI

Tabel 6 Klasifikasi Kekeringan Metode SPI

Tahun	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KP	MN	MN	KE	KP
Feb	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KP	MN	MN	KE	KP
Mar	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KP	MN	MN	KE	KS
Apr	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KE	MN	MN	KE	KS
Mei	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KP	MN	KE	MN	MN	KS	KP
Jun	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KS	KP	MN	MN	KP	KP
Jul	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KS	KS	MN	MN	KP	MN
Agus	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KS	KS	MN	MN	KP	MN
Sep	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KS	MN	MN	KS	KP	MN
Okt	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KP	KS	MN	MN	KP	KP	MN
Nov	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KP	KS	MN	MN	KP	KP	MN
Des	MN	MN	MN	MN	MN	MN	KS	KS	MN	MN	KP	KP	MN

Keterangan:

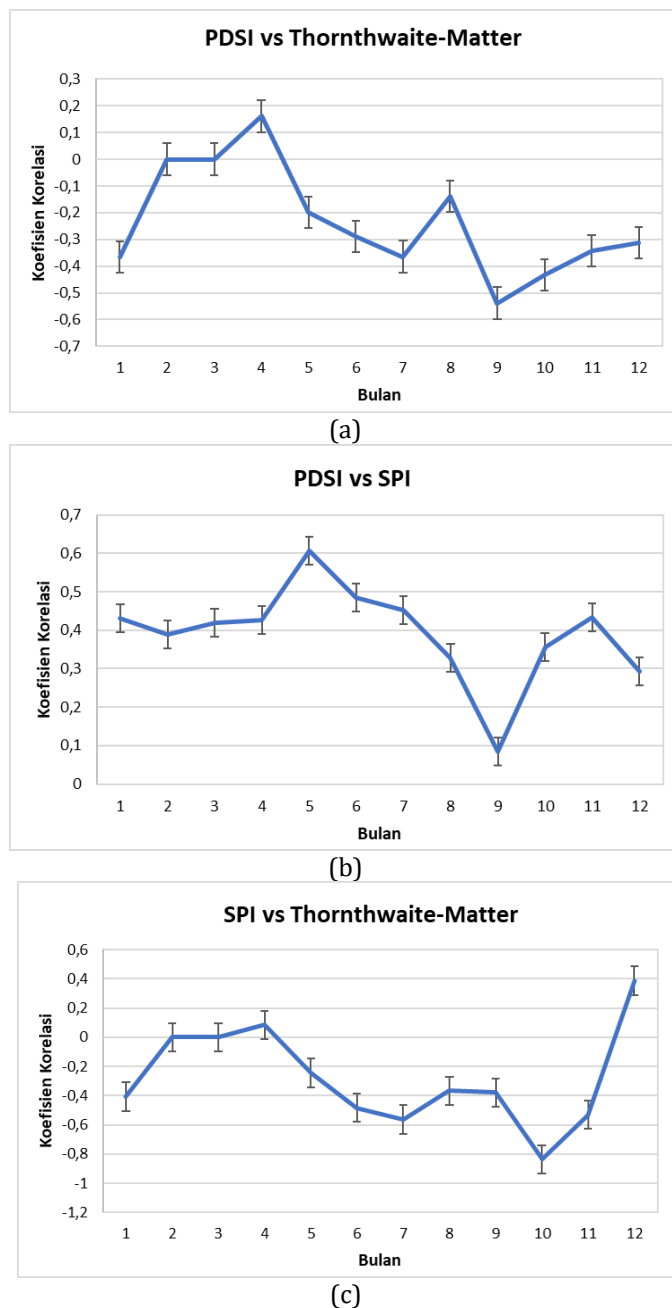
MN : Mendekati Normal; KP : Kekeringan Parah; KE : Kekeringan Ekstrim; KS : Kekeringan Sedang;

Korelasi Ketiga Indeks Kekeringan

Ketiga indeks kekeringan tersebut dihitung korelasinya disetiap bulan. Terlihat adanya korelasi negatif terhadap Metode *Thornthwaite-Matter* baik untuk PDSI dan SPI. Nilai negatif tersebut menunjukkan bahwa nilai PDSI dan SPI berbanding terbalik dengan *Thornthwaite-Matter*, yang berarti semakin besar nilai PDSI dan SPI maka semakin kecil nilai *Thornthwaite-Matter*. Hasil tersebut sesuai dengan kriteria pada *Thornthwaite-Matter* yang menunjukkan bahwa nilai indeks kekeringan

lebih dari 33% termasuk kekeringan. Lain halnya dengan metode PDSI dan SPI yang mengindikasikan kekeringan pada nilai indeks kurang dari nol.

Hasil itu pun didukung dengan korelasi PDSI terhadap SPI yang positif karena rentang kejadian kekeringan pada nilai indeks kurang dari nol. Nilai korelasi terendah yaitu pada bulan September dan nilai tertinggi yaitu pada bulan Mei, dipengaruhi nilai evapotranspirasi potensial yang cukup signifikan sehingga perbedaan nilai PDSI dan SPI akan semakin jauh.



Gambar 6 Korelasi Antara Tiga Indeks Kekeringan

Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Zhong et al. (2019) bahwa korelasi antara PDSI dan SPI bernilai positif dan dipertegas oleh Balbo et al. (2019) PDSI dan SPI berbanding lurus dengan persamaan $PDSI \approx 1,4 \text{ SPI}$.

Evaluasi Ketelitian dengan SOI

Evaluasi ketelitian indeks kekeringan dibandingkan dengan nilai El Nino (SOI) dengan skala per tahun dan keseluruhan tahun dapat diketahui hubungan keeratan dan kesesuaian data tersebut. Tabel 4 menunjukkan bahwa pada periode 2008- 2020, SPI memiliki korelasi dan kesesuaian lebih tinggi dari ketiga metode yang ada yaitu 0,34 dan 30,13%. Nilai korelasi yang tergolong rendah menunjukkan bahwa hubungan SPI dan SOI yang tidak kuat. Tanda positif pada korelasi PDSI dan SPI terhadap SOI menunjukkan hubungan yang searah yaitu semakin besar nilai SOI maka semakin besar pula nilai PDSI dan SPI. Sebaliknya, hubungan dengan *Thornthwaite-Matter* menunjukkan arah berlawanan (semakin negatif SOI, semakin besar indeks *Thornthwaite-Matter*). Hubungan yang berlawanan dikarenakan rentang nilai SOI dan *Thornthwaite-Matter* berbeda dan berlawanan.

Berdasarkan analisa kesesuaian (melihat seberapa banyak kejadian kekeringan menurut indeks kekeringan yang sesuai dengan SOI), sepanjang tahun 2008-2020 kesesuaian ketiga metode tersebut masih di bawah 50% dengan kesesuaian tertinggi pada metode SPI.

Budianto et al. (2015) menjabarkan dalam penelitiannya bahwa kesesuaian *Thornthwaite-Matter* yang lebih sesuai dengan SOI dibandingkan dengan PDSI. Nurrohmah & Nurjani (2017) menambahkan bahwa kajian kekeringan meteorologis dengan SPI di Provinsi Jawa Tengah menunjukkan hasil yang baik dengan koefisien determinasi mendekati 1. Hal tersebut didukung oleh Herdita et al. (2020) bahwa kesesuaian metode SPI dengan SOI mencapai 80% di DAS Ngrowo.

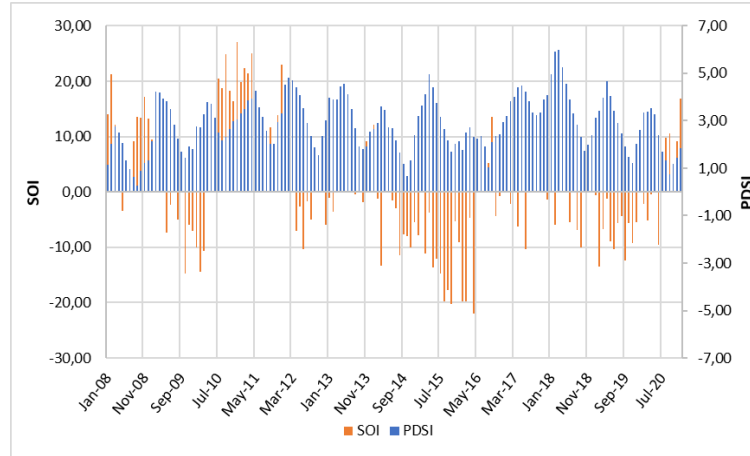
Evaluasi Ketelitian dengan Curah Hujan

Kelayakan pengaplikasian metode indeks kekeringan juga perlu disesuaikan dengan data curah hujan bulanan. Indeks kekeringan dapat dikatakan sesuai jika bulan dengan curah hujan rendah terjadi bersamaan dengan bulan kekeringan terparah pada setiap indeks. Hasil perhitungan yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 5.

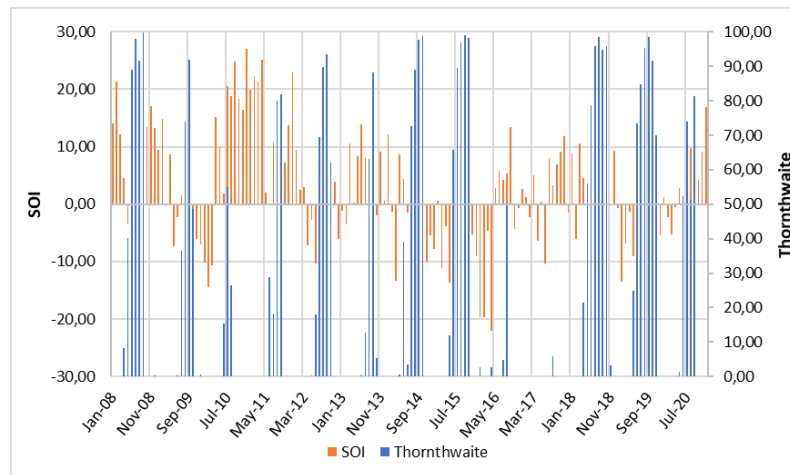
Tabel 7 Korelasi dan Kesesuaian Indeks Kekeringan dan SOI Tahun 2008 - 2020

Tahun	SOI-PDSI		SOI-TH		SOI-SPI	
	R	% Sesuai	R	% Sesuai	R	% Sesuai
2008	-0,15	8,33%	-0,47	41,67%	0,35	33,33%
2009	0,47	16,67%	-0,19	16,67%	-0,62	41,67%
2010	-0,20	16,67%	0,26	41,67%	-0,07	8,33%
2011	0,26	58,33%	-0,47	58,33%	-0,35	25,00%
2012	0,04	0,00%	-0,04	0,00%	-0,14	66,67%
2013	0,20	25,00%	-0,14	16,67%	-0,08	58,33%
2014	0,44	0,00%	-0,36	41,67%	0,17	25,00%
2015	0,41	0,00%	-0,83	41,67%	0,49	16,67%
2016	0,41	16,67%	-0,83	8,33%	0,49	33,33%
2017	-0,53	8,33%	0,06	8,33%	-0,49	41,67%
2018	0,26	16,67%	-0,57	41,67%	0,17	25,00%
2019	0,19	0,00%	-0,25	41,67%	0,15	0,00%
2020	-0,65	16,67%	0,10	16,67%	0,78	16,67%
Keseluruhan (2008 – 2020)	0,003	14,10%	-0,26	28,85%	0,34	30,13%

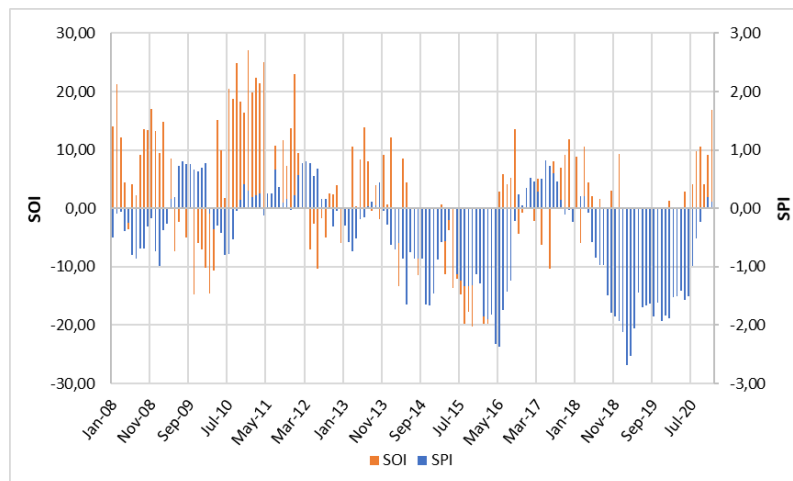
Analisis Kekeringan di Kabupaten Sragen Dengan Metode Palmer, Thornthwaite, dan SPI
(Safrudin Nor Aripilah, Heri Suprpto)



(a)



(b)



(c)

Gambar 7 Pola Hubungan SOI dengan (a) PDSI (b) Thornthwaite-Matter (c) SPI

Tabel 8 Persen Kesesuaian Indeks Kekeringan dan Curah Hujan

Tahun	CH-PDSI	CH-Thornthwaite	CH-SPI
2008	33,33%	41,67%	25,00%
2009	16,67%	41,67%	50,00%
2010	25,00%	33,33%	41,67%
2011	0,00%	25,00%	25,00%
2012	16,67%	41,67%	25,00%
2013	8,33%	16,67%	50,00%
2014	8,33%	41,67%	50,00%
2015	8,33%	50,00%	41,67%
2016	41,67%	8,33%	16,67%
2017	0,00%	0,00%	41,67%
2018	25,00%	66,67%	25,00%
2019	8,33%	50,00%	58,33%
2020	16,67%	33,33%	25,00%
Rerata	16,03%	34,62%	36,54%

Metode kekeringan SPI menunjukkan hasil kesesuaian yang paling tinggi dengan curah hujan yaitu 36,54%. Namun hasil tersebut masih di bawah 50% kesesuaian yang ada. Firdaus et al. (2021) menjelaskan dalam penelitiannya bahwa kesesuaian metode PDSI terhadap curah hujan lebih tinggi dibandingkan SPI, meskipun menurut Harisuseno (2020) bahwa SPI lebih handal dan efektif dalam menganalisis kekeringan baik dalam bulan maupun tahun. Hal tersebut dapat dikarenakan keakuratan data yang diperoleh berbeda ditambah kondisi spasial wilayah yang berbeda.

Berdasarkan hasil analisis dengan kesesuaian SOI dan curah hujan, SPI merupakan indeks kekeringan yang paling cocok pada Kabupaten Sragen. Hasil tersebut didukung oleh Stagge et al. (2015) bahwa SPI cocok digunakan untuk penentuan kekeringan pada jangka waktu tahunan. SPI juga memiliki korelasi yang baik terhadap NDVI untuk jangka waktu tahunan sedangkan PDSI sangat cocok pada skala waktu bulanan (Wang, et al., 2020). SPI pun baik untuk menggambarkan kondisi tinggi muka air tanah dengan korelasi mencapai -0,6 atau kuat (Leelaruban et al., 2017), korelasi yang baik dengan evapotranspirasi dan kelembaban tanah untuk SPI-3 bulan (koefisien korelasi > 0,62), serta berkorelasi dengan aliran sungai untuk SPI 12 bulan (Bayissa et al., 2018).

KESIMPULAN

Indeks kekeringan berbagai metode yang dilakukan menunjukkan berbagai hasil yang cukup menggambarkan keadaan kekeringan berdasarkan ketersediaannya data. Variabel yang mempengaruhi hasil indeks kekeringan adalah suhu, curah hujan, dan evapotranspirasi

Penerapan metode PDSI sebagai indeks kekeringan menunjukkan bahwa selama tahun 2008 – 2020, kecenderungan kondisi yang terjadi yaitu kondisi Agak Basah sebesar 32% dan hanya 1% kondisi Mendekati Keadaan Normal. Hal ini menunjukkan bahwa potensi/ resiko kekeringan yang terjadi untuk wilayah penelitian sangatlah kecil.

Penerapan metode *Thornthwaite-Matter* sebagai indeks kekeringan selama rentang tahun 2008 – 2020 menunjukkan kemungkinan terjadinya kondisi kekeringan Berat mencapai 29%. Nilai ini akan berpengaruh besar terhadap tindakaj yang akan diambil pada wilayah penelitian.

Metode SPI menunjukkan hanya 1,11% probabilitas kekeringan yang akan terjadi dengan kondisi Ekstrem Kering. Namun hampir 50% probabilitas kemungkinan terjadinya kondisi Normal. Sesuai dengan nilai tersebut, dapat dikatakan bahwa resiko terjadinya kekeringan adalah 50%.

Korelasi dari ketiga metode ini yaitu metode PDSI dan SPI berbanding terbalik dengan metode *Thornthwaite-Matter*. Ketika kekeringan dinilai sebesar angka negatifnya (metode PDSI dan SPI), metode *Thornthwaite-Matter* menentukan nilai kekeringan berdasarkan besarnya angka positif.

Metode yang paling tinggi tingkat kesesuaian terhadap nilai SOI ataupun nilai curah hujan adalah metode SPI. Meskipun nilai kesesuaian masih di bawah 50%, metode SPI mencapai persentase tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa metode yang paling cocok digunakan di Kabupaten Sragen untuk mengetahui tingkat kekeringan yaitu metode SPI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan tentunya kepada banyak pihak seperti kepada BBWS Bengawan Solo yang telah memberikan arahan dan tim Pendayagunaan Air Tanah yang telah membimbing selama proses penelitian di lapangan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman yang senantiasa memberikan saran dan nasihat dalam penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahsanita, D. (2018). Analisa Kekeringan menggunakan Metode Palmer Drought Severity Index (PDSI) dan Thornthwaite-Matter di Kecamatan Praya Timur Kabupaten Lombok Tengah. In *Universitas Mataram*.
- Balbo, F., Wulandari, R. A., Nugraha, M. R. R., Dwiandani, A., Syahputra, M. R., & 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). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/303/1/012012>
- Bayissa, Y., Maskey, S., Tadesse, T., van Andel, S. J., Moges, S., van Griensven, A., & Solomatine, D. (2018). Comparison of the performance of six drought indices in characterizing historical drought for the upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Geosciences (Switzerland)*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/geosciences8030081>
- BNPB. (n.d.). *Sragen Kekeringan Saat Beberapa Wilayah Lain Alami Banjir*. Retrieved August 23, 2021, from <https://bnpb.go.id/berita/sragen-kekeringan-saat-beberapa-wilayah-lain-alami-banjir>
- BPS Kabupaten Sragen. (2021). *Kabupaten Sragen Dalam Angka* 201. <http://ppid.sragenkab.go.id/v2/file/informasi/sragen-dalam-angka-2020.pdf>
- Budianto, M. B., Saidah, H., Ilmi, M. K., Teknik, J., & Ft, S. (2015). ANALISIS KESESUAIAN INDEKS KEKERINGAN METODE PALMER DROUGHT SEVEIRTY INDEX (PDSI) DAN THORNTHWAITE-MATTER DENGAN SOUTHERN OSCILLATION INDEX (SOI) Studi Kasus di Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. *Seminar Nasional Infrastruktur Berkelanjutan Era Revolusi Industri 4.0*, 7–16.
- Firdaus, A., Harisuseno, D., & Suhartanto, E. (2021). Studi Analisa Kekeringan Metode Standardized Precipitation Index (SPI) dan Palmer Drought Severity Index (PDSI) di DAS Kemuning Kabupaten Sampang. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 535–548.
- Harisuseno, D. (2020). Comparative study of meteorological and hydrological drought characteristics in the Pekalen River basin, East Java, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 45, 19–41. <https://doi.org/10.24425/jwld.2020.133043>
- Herdita, C. A. P., Harisuseno, D., & Suhartanto, E. (2020). Analisa Kekeringan Meteorologi dengan Menggunakan Metode Standardized Precipitation Index (SPI) dan Effective Drought Index (EDI) di DAS Ngrowo. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, 3(2).
- Kurniawan, A. R., Bisri, M., & Suhartanto, E. (2019). Analisis Kekeringan Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Bedadung Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig). *Jurnal Teknik Pengairan*, 10(2), 97–109. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2019.010.02.03>
- Leelaruban, N., Padmanabhan, G., & Oduor, P. (2017). Examining the relationship between drought indices and groundwater levels. *Water (Switzerland)*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/w9020082>
- LuAnn Dahlman. (2009). *Climate Variability: Southern Oscillation Index | NOAA Climate.gov*. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-southern-oscillation-index>
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1–2), 202–216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>
- Mujtahiddin, M. I. (2014). Analisis Spasial Indeks Kekeringan Kabupaten Indramayu. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 15(2), 99–107. <https://doi.org/10.31172/jmg.v15i2.179>
- Nurrohmah, H., & Nurjani, E. (2017). Kajian Kekeringan Meteorologis Menggunakan Standardized Precipitation Index (Spi) Di Provinsi Jawa Tengah. *Geomedia: Majalah Ilmiah Dan Informasi Kegeografian*, 15(1), 1–15. <https://doi.org/10.21831/gm.v15i1.16230>
- Ogunrinde, A. T., Oguntunde, P. G., Olasehinde, D. A., Fasinmirin, J. T., & Akinwumiju, A. S. (2020). Drought spatiotemporal characterization using self-calibrating Palmer Drought Severity Index in the northern region of Nigeria. *Results in Engineering*, 5(December 2019), 100088. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100088>
- Palmer, W. C. (1965). Meteorological Drought. In *U.S. Weather Bureau, Res. Pap. No. 45* (p. 58). <https://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/docs/palmer.pdf>
- Pramudya, Y., & Onishi, T. (2018). Assessment of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Tegal City, Central Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 129(1), 0–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/129/1/012019>

- 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>
- Stagge, J. H., Kohn, I., Tallaksen, L. M., & Stahl, K. (2015). Modeling drought impact occurrence based on meteorological drought indices in Europe. *Journal of Hydrology*, 530, 37–50. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.09.039>
- Stewart, I. T., Rogers, J., & Graham, A. (2020). Water security under severe drought and climate change: Disparate impacts of the recent severe drought on environmental flows and water supplies in Central California. *Journal of Hydrology X*, 7(March), 100054. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2020.100054>
- Wang, Y., Zhang, C., Meng, F. R., Bourque, C. P. A., & Zhang, C. (2020). Evaluation of the suitability of six drought indices in naturally growing, transitional vegetation zones in Inner Mongolia (China). *PLoS ONE*, 15(5), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233525>
- Yu, H., Zhang, Q., Xu, C. Y., Du, J., Sun, P., & Hu, P. (2019). Modified Palmer Drought Severity Index: Model improvement and application. *Environment International*, 130(July), 104951. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104951>
- Yuan, S., & Quiring, S. M. (2014). Drought in the U.S. Great Plains (1980–2012): A sensitivity study using different methods for estimating potential evapotranspiration in the Palmer Drought Severity Index. *Journal of Geophysical Research*, 3, 180–198. <https://doi.org/10.1002/2014JD021970>.Received
- Zhong, Z., He, B. I. N., Guo, L., & Zhang, Y. (2019). Performance of various forms of the palmer drought severity index in China from 1961 to 2013. *Journal of Hydrometeorology*, 20(9), 1867–1885. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-18-0247.1>