

ANALISIS INDEKS DAN PENYEBARAN DAERAH KEKERINGAN AKIBAT FENOMENA ENSO DI DAS NGROWO KABUPATEN TULUNGAGUNG

Chintya Ayu Permata Herdita*, Ari Murdhianti,
Donny Harisuseno, dan Ery Suhartanto

Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

*chintyaayupermataherdita2@gmail.com

Pemasukan: 14 Nopember 2022 Perbaikan: 23 Mei 2023 Diterima: 24 Mei 2023

Intisari

Kekeringan meteorologi merupakan suatu kejadian yang berlangsung secara alami dan dapat terjadi secara berulang akibat berkurangnya curah hujan dari kondisi normalnya. Kekeringan memberikan dampak yang kompleks pada berbagai sektor kehidupan. Perlu dilakukan usaha untuk memantau dan menganalisis karakteristik kekeringan sebagai langkah awal untuk melakukan upaya mitigasi bencana kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung indeks kekeringan dan penggambaran peta sebaran kekeringan di wilayah DAS Ngrowo menggunakan metode *Standardized Precipitation Index* (SPI) dan *Effective Drought Index* (EDI). Dalam menghitung indeks kekeringan dibagi menjadi 5 periode defisit, yaitu 1, 3, 6, 12, dan 24 bulanan. Nilai indeks kekeringan yang diperoleh dibandingkan dengan fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) menggunakan nilai Indeks Osilasi Selatan (SOI) untuk dapat mengetahui kesesuaian dengan keadaan di lokasi penelitian. Dengan menggunakan data sekunder dari 16 stasiun hujan dan panjang pencatatan data hujan harian selama 18 tahun, didapati hasil grafik perbandingan nilai indeks kekeringan metode SPI & EDI tiap periode defisit, pada periode yang sama kedua metode menghasilkan prediksi kekeringan dengan pola yang mirip. Selain itu didapati bahwa metode EDI memiliki hasil yang lebih menunjukkan kemiripan secara visual grafik surplus dan defisit terhadap nilai indeks osilasi selatan, artinya EDI secara visual lebih baik dalam pembacaan kejadian kekeringan akibat fenomena *EL Nino*. Secara kuantitatif nilai persen kesesuaian, korelasi, dan determinasi EDI juga memberikan nilai yang lebih besar terhadap kejadian ENSO dibandingkan metode SPI sehingga digambarkan peta sebaran kekeringan dari hasil indeks kekeringan dengan metode EDI berdasarkan trend tahun-tahun kejadian kekeringan terparah yaitu 2001, 2005, 2009, dan 2014. Hasil interpolasi pada peta juga menunjukkan kesesuaian hasil analisis dengan wilayah desa yang sering terdampak kekeringan di DAS Ngrowo.

Kata Kunci: kekeringan, SPI, EDI, ENSO, *el nino*

Latar Belakang

Perubahan iklim telah menjadi salah satu permasalahan global, hal ini nampak dari diterimanya secara universal hasil konvensi PBB tentang perubahan iklim (UN

Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) pada konferensi tingkat tinggi (KTT) bumi tentang lingkungan dan pembangunan (*UN Conference on Environment and Development, UNCED*) di Rio de Janeiro, Brasil Tahun 1992 (Murdiyarso, 2015).

Kekeringan meteorologi didefinisikan sebagai suatu kejadian yang berlangsung secara alami dan dapat terjadi secara berulang akibat berkurangnya curah hujan dari kondisi normalnya (Rafiuddin dkk., 2011). Bencana kekeringan adalah dampak dari perubahan iklim global, El Nino dan La Nina. Tahun kering di Indonesia akibat terjadinya El Nino dan tahun basah merupakan pengaruh terjadinya La Nina yang intensif (Brumbelow dkk., 2005).

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Tulungagung menyatakan, sedikitnya ada 15 desa di 5 kecamatan di Kabupaten Tulungagung rutin terjadi kekeringan dan kekurangan pasokan air bersih. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Trenggalek menyatakan, sedikitnya ada 4 desa yang rutin terdampak kekeringan di Kabupaten Trenggalek.

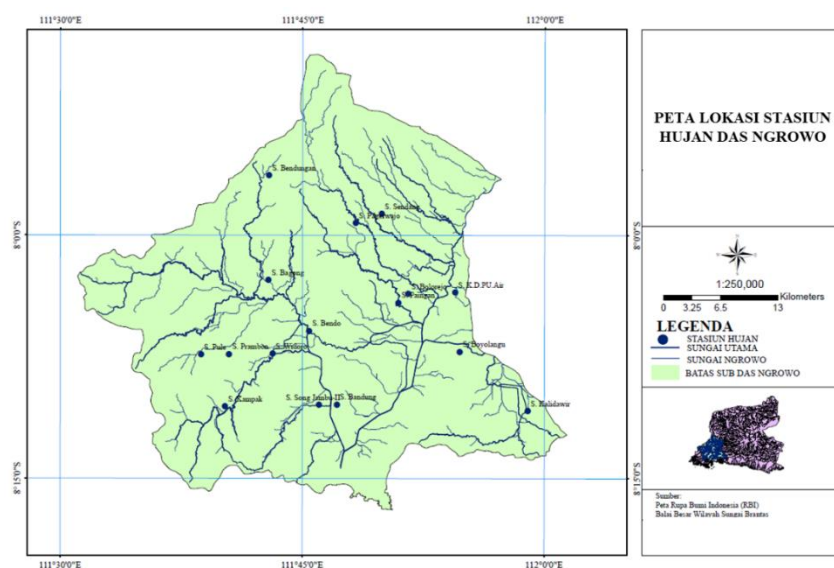
Beberapa studi sebelumnya telah dilakukan untuk mengetahui indeks kekeringan di berbagai daerah. Seperti Byun dkk., (2010) yang telah menganalisis kekeringan meteorologi dengan membandingkan metode *Effective Drought Index (EDI)* dan *Standardized Precipitation Index (SPI)* untuk pemantauan kekeringan di Seoul Korea, hasil penelitian mengatakan bahwa metode *EDI* lebih efisien dari *SPI* untuk mengasumsi kekeringan jangka pendek maupun jangka panjang. Selain itu terdapat studi mengenai perbandingan tujuh metode kekeringan meteorologi di Iran (Morid dkk., 2006), hasil penelitian mengatakan metode *SPI* dan *EDI* direkomendasikan karena dapat mendeteksi timbulnya kekeringan, variasi spasial dan temporal secara konsisten, namun *EDI* ternyata lebih responsif untuk kekeringan yang muncul dan tampil lebih baik.

Sejauh ini belum ada studi mengenai analisis kekeringan meteorologi metode *SPI* dan *EDI* di DAS Ngrowo, yang kemudian di bandingkan dengan fenomena *El Nino Southern Oscillation (ENSO)* menggunakan data Indeks Osilasi Selatan (*SOI*) yang dikeluarkan oleh *Bureau of Meteorology Australian Government*. Studi ini mencoba untuk mengetahui metode kekeringan meteorologi yang memiliki kesesuaian terhadap fenomena El Nino yang berdampak pada berkurangnya curah hujan di Indonesia. Kemudian akan digambarkan peta sebaran kekeringan menggunakan program berbasis spasial dengan interpolasi *Kriging*.

Metodologi Studi

Lokasi Studi

Lokasi studi berada di DAS Ngrowo yang terletak pada koordinat 111°31'31'' BT - 111°50'50'' BT dan 7°53'56'' LS - 8°15'16'' LS. DAS Ngrowo sendiri memiliki luas sebesar 1.470 km² dan juga memiliki 16 stasiun hujan, DAS Ngrowo terbagi menjadi 5 wilayah kabupaten yaitu, Tulungagung, Trenggalek, Ponorogo, Kediri, dan Nganjuk (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi stasiun hujan DAS Ngrowo

Data Penelitian

Data yang dibutuhkan pada studi ini antara lain data curah hujan harian (tahun 2000-2017), data Indeks Osilasi Selatan (*SOI*) bulanan (tahun 2000-2017), peta batas DAS, peta jaringan sungai, peta lokasi stasiun hujan dan peta batas administrasi di DAS Ngrowo.

Tahapan Analisis

Tahapan analisis yang dilakukan dalam studi ini sebagai berikut:

- 1) Melakukan studi pustaka mengenai teori-teori yang akan digunakan dalam pengerjaan
- 2) Pengumpulan data skunder
- 3) Analisis hidrologi
 - a. uji konsistensi data (Kurva Massa Ganda)
 - b. uji stationer (Uji F dan Uji T)
- 4) Analisis indeks kekeringan dengan metode
 - a. *Standardized Precipitation Index (SPI)*
 - b. *Effective Drought Index (EDI)*
- 5) Perbandingan hasil perhitungan indeks kekeringan metode *SPI* dan *EDI*
- 6) Perbandingan hasil indeks kekeringan metode *SPI* dan *EDI* dengan data indeks osilasi selatan (*SOI*).
- 7) Penggambaran peta sebaran kekeringan

Metode *Standardized Precipitation Index (SPI)*

Metode *SPI* merupakan metode yang dikembangkan oleh McKee (1993). Metode ini merupakan model untuk mengukur curah hujan pada berbagai periode berdasarkan kondisi normalnya. Kriteria nilai indeks kekeringan metode *SPI* diklasifikasikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. intensitas kekeringan metode SPI

Klasifikasi	Nilai <i>SPI</i>
Amat sangat basah (ASB)	>2,00
Sangat basah (SB)	1,50 - 1,99
Cukup basah (CB)	1,00 - 1,49
Mendekati normal (MN)	(-0,99) - 0,99
Cukup kering (CK)	(-1,00) - (-1,49)
Sangat kering (SK)	(-1,50) - (-1,99)
Amat sangat kering (ASK)	< (-2,00)

(Sumber: Mc Kee, 1993)

Perhitungan nilai *SPI* berdasarkan jumlah sebaran gamma yang didefinisikan sebagai fungsi frekuensi atau peluang kejadian, untuk $x > 0$ sebagai berikut:

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^\alpha T(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (1)$$

Nilai α dan β diestimasi untuk setiap stasiun hujan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3)$$

$$\text{atau: } \alpha = \frac{\bar{x}^{-2}}{s^2} \quad (4)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (5)$$

Untuk $x = 0$ maka nilai $G(x)$ menjadi:

$$H(x) = q + (1-q).G(x) \quad (6)$$

dengan q = jumlah kejadian hujan = 0 (m) / jumlah data (n), Nilai *SPI* merupakan transformasi dari distribusi gamma ($G(x)$) menjadi standart normal dengan rata-rata 0 (nol) dan perbedaan 1, atau menggunakan rumusan berikut:

$$\text{Untuk } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad Z = SPI = + \left(t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (7)$$

$$\text{Untuk } 0 < H(x) \leq 1,0 \quad Z = SPI = - \left(t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (8)$$

$$\text{Untuk } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad t = \sqrt{\ln \frac{1}{(H(x))^2}} \quad (9)$$

$$\text{Untuk } 0 < H(x) \leq 1,0 \quad t = \sqrt{\ln \frac{1}{(1-H(x))^2}} \quad (10)$$

$$C_0 = 2,515 \quad d_1 = 1,433 \quad C_1 = 0,802 \quad d_2 = 0,189 \quad C_2 = 0,010 \quad d_3 = 0,001$$

Metode *Effective Drought Index* (EDI)

Metode *EDI* telah diuji oleh Morid dkk. (2006) untuk mendemonstrasikan kekeringan di Iran. Klasifikasi *EDI* yang digunakan dalam analisis ini menggunakan kelas kekeringan termodifikasi. Hal ini dilakukan untuk mempermudah melihat perbandingan tingkat klasifikasi berdasarkan kedua metode, Tabel 2 merupakan klasifikasi intensitas kekeringan metode *EDI* Modifikasi.

Tabel 2. Intensitas kekeringan metode EDI modifikasi

Klasifikasi	Nilai EDI
Amat sangat basah (ASB)	>2,00
Sangat basah (SB)	1,50 - 1,99
Cukup basah (CB)	1,00 - 1,49
Mendekati normal (MN)	(-0,99) - 0,99
Cukup kering (CK)	(-1,00) - (-1,49)
Sangat kering (SK)	(-1,50) - (-1,99)
Amat sangat kering (ASK)	< (-2,00)

(Sumber: Byun, 2010)

Perhitungan nilai indeks *EDI* dapat dihitung berdasarkan beberapa langkah berikut:

- 1) Menghitung nilai *EP* (*Effective Precipitation*)

$$Epi = \sum_{n=1}^i \left[(\sum_{m=1}^n Pm) / n \right] \quad (11)$$

dengan keterangan:

i : durasi penjumlahan

n : banyak data

Pm : curah hujan

- 2) Menghitung nilai rata-rata curah hujan efektif sepanjang tahun pengamatan data atau *Mean Effective Precipitation (MEP)*
- 3) Menghitung (*Deviation of EP from climatology*) *DEP* yang merupakan selisih dari *EP* dan *MEP*, kemudian hitung standar deviasinya

$$DEP = EP - MEP \quad (12)$$

- 4) Untuk mendapatkan nilai indeks *EDI* dengan cara membagi nilai *DEP* untuk setiap bulan dengan deviasi standar (*SD*) dari *DEP* selama panjang tahun data.

$$EDI = \frac{DEP}{SD(DEP)} \quad (13)$$

ENSO (El-Nino Southern Oscillation)

Fenomena yang sangat mempengaruhi iklim di Indonesia adalah *ENSO*, karena Indonesia terletak diantara Samudra Pasifik dan Hindia. *El Nino* merupakan fase ekstrim dalam siklus *ENSO*. *El Nino* menyebabkan terjadinya penurunan curah hujan di beberapa wilayah Indonesia. Indeks Osilasi Selatan (*SOI*) merupakan parameter yang biasa digunakan untuk mendeteksi terjadinya fenomena *El Nino*, dimana *SOI* adalah menyatakan perbedaan tekanan permukaan laut (*SLP*) antara Tahiti dan Darwin-Australia.

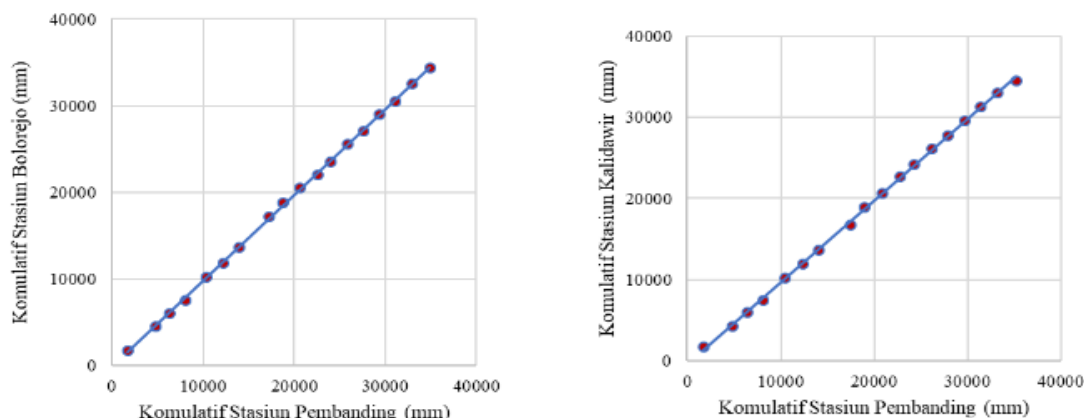
Metode Interpolasi *Kriging*

Metode *Kriging* adalah estimasi *stochastic* yang mirip dengan *Inverse Distance Weighted (IDW)* dimana menggunakan kombinasi linear dari *weight* untuk memperkirakan nilai diantara sampel data. Yuan (2016) melakukan penelitian variasi spasial dan temporal dalam akurasi peta kekeringan meteorologi, hasilnya *Kriging* bekerja lebih baik daripada *IDW*.

Hasil Studi dan Pembahasan

Uji Konsistensi

Berdasarkan hasil uji konsistensi data hujan dengan menggunakan kurva massa ganda di 16 stasiun hujan di DAS Ngrowo tidak ditemukan adanya penyimpangan, maka data hujan dianggap konsisten sehingga dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Pada Gambar 2 disajikan contoh grafik kurva massa ganda di Stasiun Bolorejo dan Stasiun Kalidawir.



Gambar 2. Grafik kurva massa ganda Stasiun Bolorejo dan Stasiun Kalidawir

Uji Stationer (Uji F dan Uji T)

Dari hasil Uji F dan Uji T pada 16 stasiun hujan di DAS Ngrowo menggunakan derajat kepercayaan 5% pada pengujian dua arah hipotesa nol seluruhnya diterima (Tabel 3 dan 4). Sehingga dapat disimpulkan seluruh data hujan pada stasiun yang berada di DAS Ngrowo merupakan data yang stabil terhadap nilai rata-rata dan variannya atau dapat dikatakan deret berkala pada semua stasiun adalah stasioner dan homogen.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil uji F di DAS Ngrowo

No.	Stasiun Hujan	Nilai F tabel		Nilai F hitung		Nilai F tabel	Kesimpulan
1	Bolorejo	-1,49	<	0,980	<	1,49	Diterima
2	Bandung	-1,49	<	0,889	<	1,49	Diterima
3	Bendo	-1,49	<	1,451	<	1,49	Diterima
4	Bendungan	-1,49	<	1,132	<	1,49	Diterima
5	Bagong	-1,49	<	0,891	<	1,49	Diterima
6	Boyolangu	-1,49	<	0,782	<	1,49	Diterima
7	K.D.PU.Air	-1,49	<	0,895	<	1,49	Diterima
8	Kalidawir	-1,49	<	1,075	<	1,49	Diterima
9	Kampak	-1,49	<	0,811	<	1,49	Diterima
10	Pagerwajo	-1,49	<	0,747	<	1,49	Diterima
11	Paingan	-1,49	<	1,113	<	1,49	Diterima
12	Prambon	-1,49	<	1,224	<	1,49	Diterima
13	Pule	-1,49	<	0,874	<	1,49	Diterima
14	Sendang	-1,49	<	1,011	<	1,49	Diterima
15	Song Jambu-II	-1,49	<	1,123	<	1,49	Diterima
16	Widoro	-1,49	<	0,835	<	1,49	Diterima

Tabel 4. Rekapitulasi hasil uji T di DAS Ngrowo

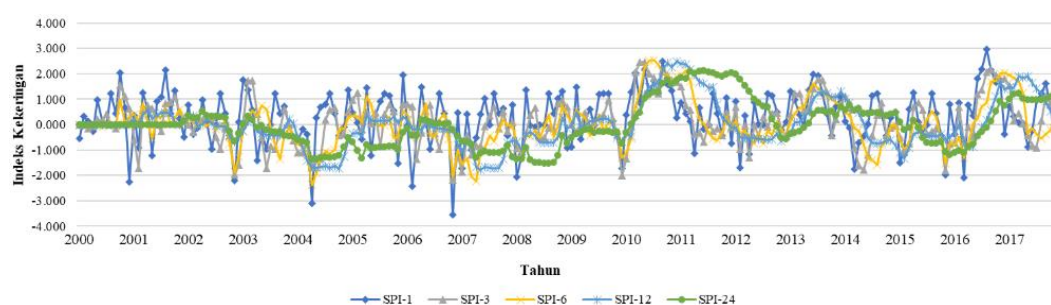
No.	Stasiun Hujan	Nilai t tabel		Nilai t hitung		Nilai t tabel	Kesimpulan
1	Bolorejo	-1,97	<	0,13	<	1,97	Diterima
2	Bandung	-1,97	<	0,18	<	1,97	Diterima
3	Bendo	-1,97	<	0,03	<	1,97	Diterima
4	Bendungan	-1,97	<	0,13	<	1,97	Diterima
5	Bagong	-1,97	<	0,12	<	1,97	Diterima
6	Boyolangu	-1,97	<	0,12	<	1,97	Diterima
7	K.D.PU.Air	-1,97	<	0,12	<	1,97	Diterima
8	Kalidawir	-1,97	<	0,13	<	1,97	Diterima
9	Kampak	-1,97	<	0,10	<	1,97	Diterima
10	Pagerwajo	-1,97	<	0,14	<	1,97	Diterima
11	Paingan	-1,97	<	0,08	<	1,97	Diterima
12	Prambon	-1,97	<	0,03	<	1,97	Diterima
13	Pule	-1,97	<	0,12	<	1,97	Diterima
14	Sendang	-1,97	<	0,09	<	1,97	Diterima
15	Song Jambu-II	-1,97	<	0,12	<	1,97	Diterima
16	Widoro	-1,97	<	0,13	<	1,97	Diterima

Nilai Indeks Kekeringan Metode (*SPI*)

Bedasarkan hasil analisis metode *SPI*, memberikan hasil perbandingan indeks kekeringan berbagai periode defisit seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi *SPI* 1, 3, 6, 12, 24 bulanan

Periode Defisit	Jumlah Kejadian							Nilai Indeks
	ASB	SB	CB	MN	CK	SK	ASK	Minimum
SPI 1	8	10	41	137	6	7	7	-3,553
SPI 3	7	14	12	158	12	10	1	-2,178
SPI 6	8	11	8	160	15	5	4	-2,372
SPI 12	7	10	18	150	7	13	0	-1,793
SPI 24	8	11	13	130	27	4	0	-1,535



Gambar 3. Grafik perbandingan metode *SPI* periode defisit 1, 3, 6, 12, 24 bulanan di Stasiun Hujan Bolorejo

Semakin besarnya periode defisit maka grafik menunjukkan alur garis yang lebih halus, hal ini memungkinkan terjadi karena metode *SPI* perhitungan periode defisit dilakukan dengan akumulasi hujan bulanan seiring bertambahnya periode dapat dilihat pada Gambar 3. Selain itu, kondisi pada periode yang lebih besar cenderung lebih stabil, baik kondisi basah maupun kering, tidak menunjukkan nilai dengan

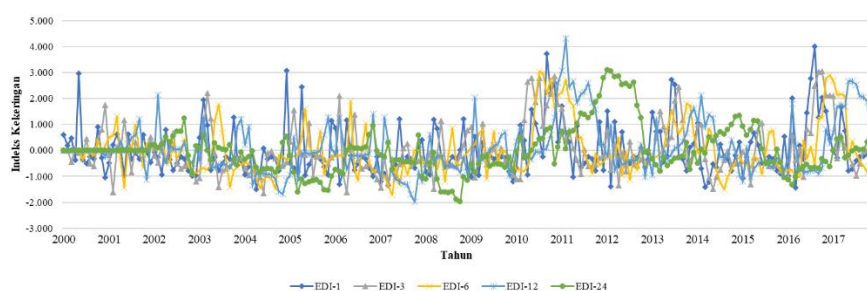
intensitas kondisi yang ekstrim. Salah satu faktor dari perbedaan variasi periode defisit tersebut adalah semakin besar jumlah periode, nilai hujan yang terjadi akan semakin stabil karena fluktuasi perbedaan akumulasi periode defisit akan memberikan dampak pada hasil indeks kekeringan.

Nilai Indeks Kekeringan Metode (*EDI*)

Berdasarkan hasil analisis metode *EDI*, memberikan hasil perbandingan indeks kekeringan berbagai periode defisit seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi *EDI* 1, 3, 6, 12, 24 bulanan

Periode Defisit	Jumlah Kejadian							Nilai Indeks Minimum
	ASB	SB	CB	MN	CK	SK	ASK	
SPI 1	12	6	13	172	12	1	0	-1,507
SPI 3	14	8	10	158	21	3	0	-1,658
SPI 6	14	9	6	162	19	1	0	-1,719
SPI 12	16	9	13	149	14	4	0	-1,986
SPI 24	10	2	12	144	16	9	0	-1,984

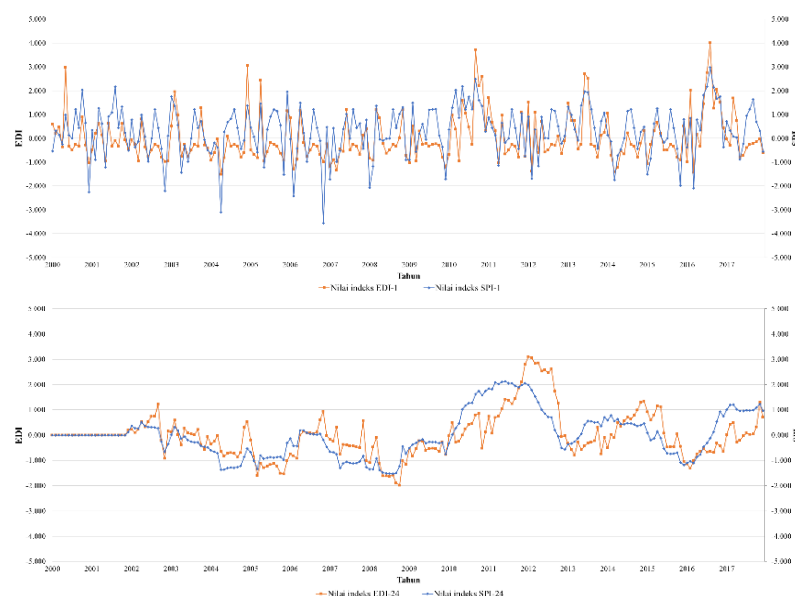


Gambar 4. Grafik perbandingan metode *EDI* periode defisit 1, 3, 6, 12, 24 bulanan di Stasiun Hujan Bolorejo

Pada metode *EDI* perbedaan dari masing-masing periode defisit tidak terlalu signifikan, berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat metode *EDI* lebih mampu memberikan nyata perbedaan surplus dan defisit indeks pada berbagai periode, hal ini memungkinkan terjadi karena dalam metode *EDI* perhitungan periode defisit tidak hanya dihitung berdasarkan akumulasi curah hujan saja, tetapi dilakukan dengan menghitung hujan efektif yang mana nilai hujan tertimbang akibat sisa pengaruh hujan pada waktu saat ini dan sebelumnya, selain itu indeks *EDI* tidak menunjukkan nilai dengan intensitas kondisi kekeringan yang ekstrim, artinya nilai kekeringan tidak ada yang jauh melampaui kelas klasifikasi intensitas kekeringan yang ada.

Perbandingan Metode *Standardized Precipitation Index* (SPI) dan *Effective Drought Index* (EDI)

Untuk membandingkan pola kekeringan yang terjadi antara *SPI* dan *EDI* digambarkan grafik yang menunjukkan surplus dan defisit indeks kekeringan dengan periode yang sama seperti pada Gambar 5.



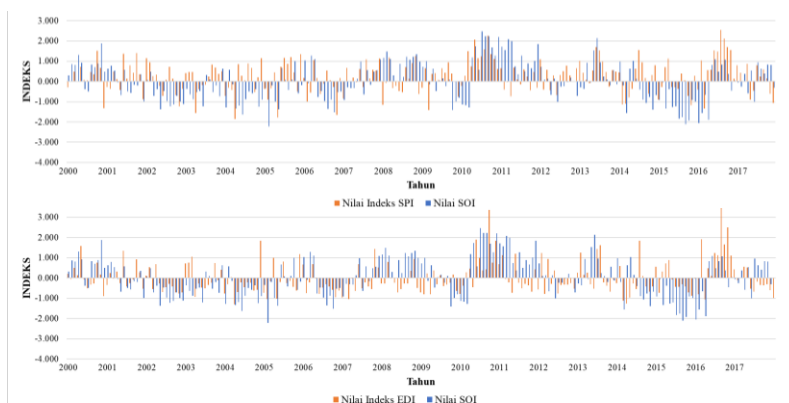
Gambar 5. Grafik perbandingan indeks kekeringan metode *SPI* dan *EDI* periode defisit 1 dan 24 bulanan

Dengan menggunakan langkah perhitungan yang berbeda, kedua metode menghasilkan prediksi kekeringan dengan pola yang cenderung sama. Pada pola yang dihasilkan oleh metode *EDI* dapat terlihat perubahan naik turunnya indeks yang terjadi meskipun dalam waktu yang singkat dari kondisi basah ke kering dan sebaliknya. Berbeda dengan metode *SPI* yang sulit dilihat dalam waktu yang singkat, hal ini memungkinkan terjadi karena dalam metode *EDI* tidak hanya memperhitungkan hujan yang terjadi saat ini melainkan juga memperhitungkan hujan tertimbang dari periode sebelumnya.

Non-transformasi pada perhitungan indeks kekeringan metode *EDI* mengakibatkan curah hujan dipertahankan kemiringannya terhadap seri datanya, akibatnya positif curah hujan yang miring menghasilkan kisaran yang lebih besar *EDI* positif daripada *EDI* negatif. Mengingat nilai *EDI* yang negatif lebih penting untuk mewakili curah hujan yang diperlukan untuk kembali normal dari kondisi kekeringan, hal ini dapat dijadikan keuntungan dari metode *EDI* dibandingkan dengan *SPI* untuk keakuratan deteksi kekeringan. Kelebihan lain yang membuat nilai indeks *EDI* memiliki hasil yang lebih akurat, metode ini tidak memerlukan parameter distribusi atau asumsi lainnya terkait data hujan.

Perbandingan Metode *Standardized Precipitation Index (SPI)* dan *Effective Drought Index (EDI)* dengan Data *SOI* (Indeks Osilasi Selatan)

Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui apakah kekeringan yang terjadi di DAS Ngrowo dipengaruhi oleh faktor peristiwa *ENSO*. Perbandingan yang dilakukan adalah dengan membandingkan nilai surplus dan defisit dari masing-masing metode *SPI-1* dan *EDI-1* bulanan rerata 16 stasiun hujan di DAS Ngrowo dengan data *ENSO* berupa indeks osilasi selatan (*SOI*) yang terdistribusi normal.

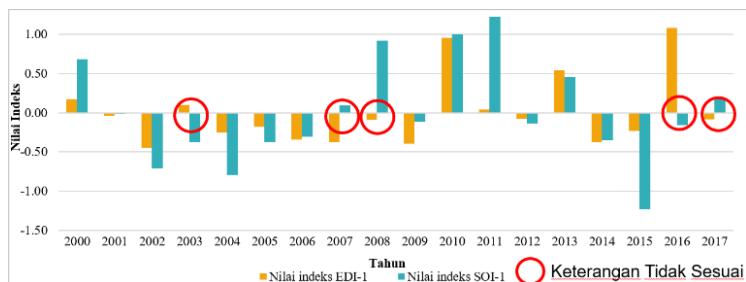


Gambar 6. Grafik perbandingan indeks kekeringan metode *SPI-1* (atas) dan *EDI-1* (bawah) bulanan rerata 16 stasiun hujan di DAS Ngrowo dengan *SOI-1* bulanan

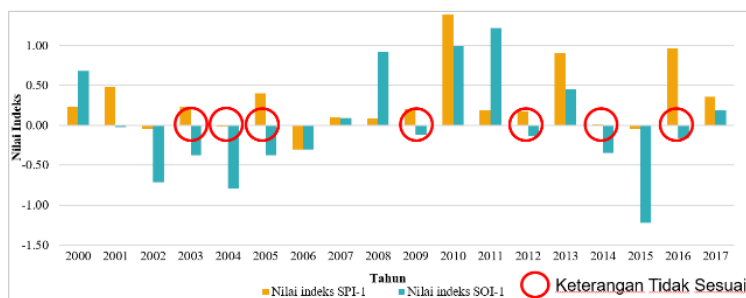
Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa metode *EDI* menghasilkan grafik surplus dan defisit yang lebih mirip secara visual terhadap nilai indeks osilasi selatan dibanding metode *SPI*. Ketika surplus pada metode *EDI*, maka terjadi surplus pada *SOI*, dan sebaliknya. Hal tersebut menunjukkan *EDI* secara visual adalah lebih baik dalam pembacaan kejadian kekeringan akibat fenomena *EL Nino*.

Nilai Persen Kesesuaian Metode *Standardized Precipitation Index (SPI)* dan *Effective Drought Index (EDI)* dengan Data *SOI* (Indeks Osilasi Selatan)

Untuk mengetahui secara kuantitatif metode mana yang memiliki hubungan paling besar terhadap fenomena *ENSO (El Nino Southern Oscillation)* dalam membaca kejadian kekeringan di DAS Ngrowo, digunakan perhitungan analisis persen kesesuaian dari nilai indeks osilasi selatan (*SOI*) dengan nilai indeks metode *SPI* dan *EDI* seperti pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Grafik surplus dan defisit indeks kekeringan rerata tahunan *EDI-1* Bolorejo dengan *SOI-1* rerata tahunan



Gambar 8. Grafik surplus dan defisit indeks kekeringan rerata tahunan *SPI-1* Bolorejo dengan *SOI-1* rerata tahunan

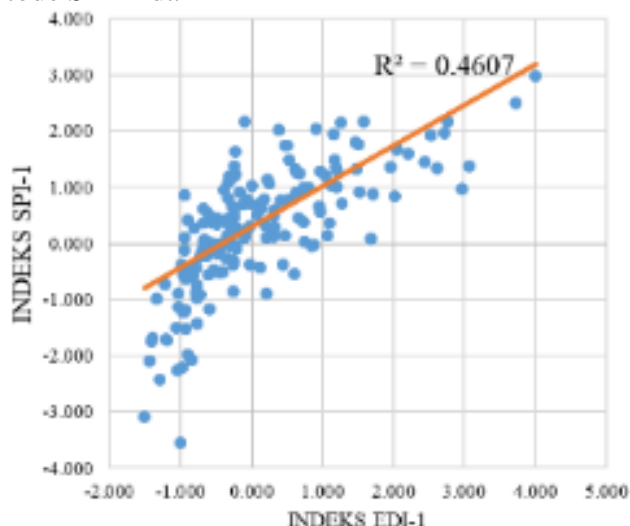
Tabel 7. Hasil persen kesesuaian metode *SPI* dan *EDI* terhadap Indeks Osilasi Selatan

Stasiun Bolorejo	Sesuai	Persen Kesesuaian
<i>SPI-1</i> Rerata Tahunan Dan <i>SOI-1</i> Rerata Tahunan	11	61,11
<i>SPI-1</i> Minimum Tahunan Dan <i>SOI-1</i> Rerata Tahunan	11	61,11
<i>SPI-1</i> Minimum Tahunan Dan <i>SOI-1</i> Minimum Tahunan	15	83,33
<i>EDI-1</i> Rerata Tahunan Dan <i>SOI-1</i> Rerata Tahunan	13	72,22
<i>EDI-1</i> Minimum Tahunan Dan <i>SOI-1</i> Rerata Tahunan	11	61,11
<i>EDI-1</i> Minimum Tahunan Dan <i>SOI-1</i> Minimum Tahunan	16	88,89

Secara kuantitatif dari 16 stasiun hujan di DAS Ngrowo metode *EDI* memiliki persen kesesuaian yang lebih besar terhadap nilai *SOI* dibandingkan dengan metode *SPI* (Tabel 7). Namun selisih perbedaan persen kesesuaian kedua metode tersebut terhadap *SOI* tidak terlalu jauh, artinya metode *EDI* lebih unggul dalam analisis persen kesesuaian grafik surplus dan defisitnya dibanding metode *SPI*.

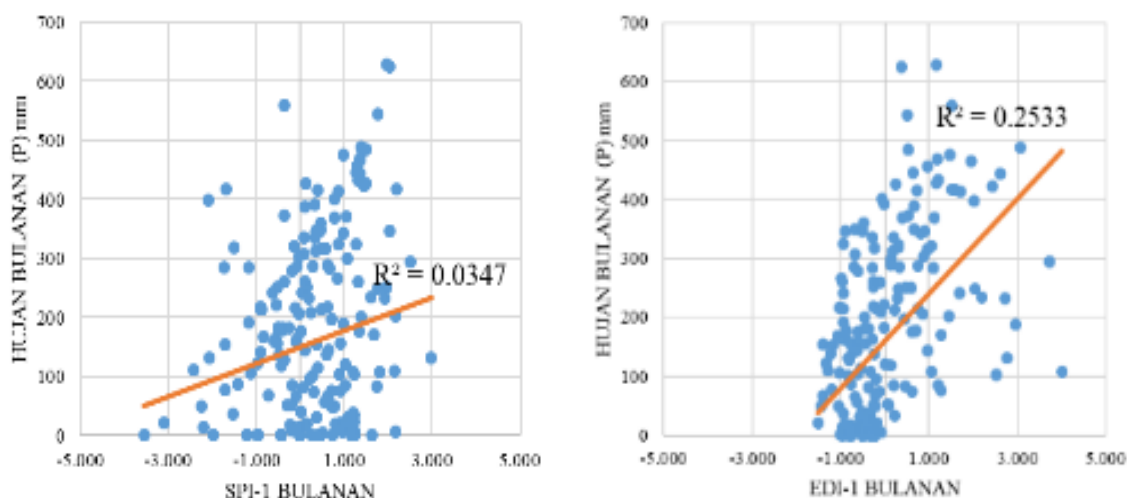
Analisis Korelasi dan Determinasi

1) Korelasi metode *SPI-1* dan *EDI-1*

Gambar 9. Hubungan nilai indeks *SPI-1* dan *EDI-1* bulanan Bolorejo

Berdasarkan Gambar 9 di atas, grafik sebaran plot nilai indeks periode defisit 1 bulanan pada kedua metode diperoleh nilai R^2 (koefisien determinasi), untuk mengetahui seberapa besar hubungan dapat dilihat pada koefisien korelasi (R). Dari hasil 16 stasiun hujan di DAS Ngrowo metode *EDI* dan *SPI* memiliki hubungan dalam memberikan hasil indeks kekeringan, artinya dapat dikatakan metode *EDI* memberikan hasil indeks kekeringan yang memiliki hubungan dengan metode yang sudah banyak digunakan yaitu *SPI*, sehingga *EDI* dapat dijadikan pertimbangan untuk melakukan analisis kekeringan meteorologi karena metode pengerjaan yang cukup sederhana dan hasilnya dapat diterima dengan baik.

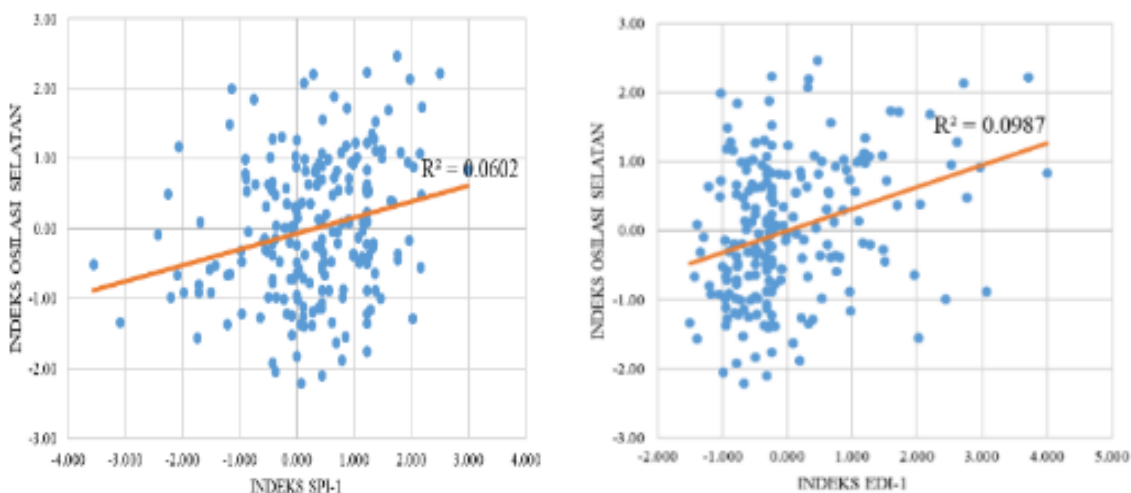
2) Korelasi dan determinasi metode *SPI-1* dan *EDI-1* dengan data hujan bulanan



Gambar 10. Hubungan nilai indeks SPI-1 dan EDI-1 bulanan dengan data hujan bulanan

Berdasarkan 16 stasiun hujan di DAS Ngrowo, *EDI* lebih baik dalam memberikan model kekeringan yang sesuai dengan kejadian hujan yang sesungguhnya dibanding metode *SPI*, terbukti secara kuantitatif dari hasil nilai koefisien korelasi dan determinasinya terhadap curah hujan bulanan yang lebih baik dibanding *SPI*. Hal ini mungkin terjadi dikarenakan *EDI* tidak melakukan proses transformasi dalam analisis kekeringannya, non-transformasi pada perhitungan indeks kekeringan metode *EDI* mengakibatkan curah hujan dipertahankan kemiringannya terhadap seri datanya, sehingga mampu memberikan hasil yang lebih akurat karena tidak menggunakan parameter distribusi atau asumsi lainnya tentang data hujan yang digunakan.

3) Korelasi dan determinasi metode *SPI-1* dan *EDI-1* dengan Indeks Osilasi Selatan



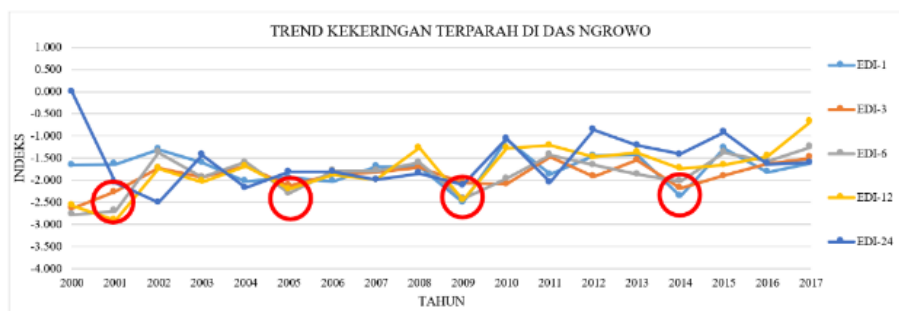
Gambar 11. Hubungan nilai indeks *SPI-1* dan *EDI-1* bulanan dengan data Indeks Osilasi Selatan

Berdasarkan 16 stasiun hujan di DAS Ngrowo, hasil pembacaan memberikan korelasi yang lebih baik pada metode *EDI* dibanding *SPI*. Artinya metode *EDI* lebih baik dalam menghasilkan indeks yang berkorelasi dengan fenomena *El Nino Southern Oscillation (ENSO)*.

Dari keseluruhan analisis metode *EDI* lebih baik dalam analisis kekeringan yang dihasilkan dikarenakan hubungan indeks kekeringan yang dihasilkan memiliki hubungan korelasi dan determinasi yang lebih baik terhadap indeks osilasi selatan yang mampu mengitrepetaskan fenomena *El Nino* dan *La Nina* yang memberikan hubungan terhadap perubahan nilai variabilitas curah hujan di Indonesia.

Kegunaan Indeks Kekeringan *EDI* untuk Masa yang Akan Datang

Hasil studi dengan metode *EDI* ini dapat digunakan untuk memprediksikan kekeringan di masa yang akan datang dengan cara melihat *trend* kekeringan terparah yang terjadi, berikut disajikan grafik trend kekeringan yang terjadi di DAS Ngrowo berdasarkan kekeringan minimum 16 stasiun hujan di DAS Ngrowo setiap periode defisit:



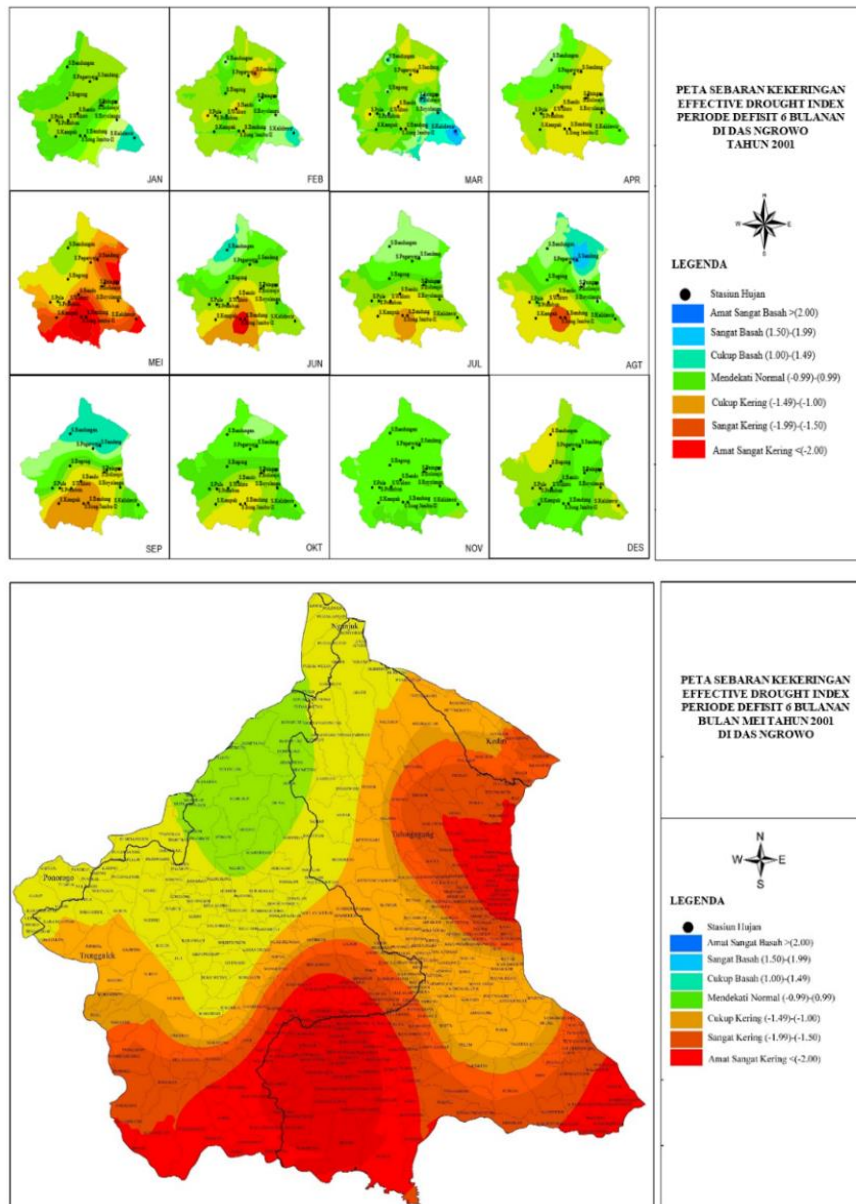
Gambar 12. Trend kekeringan terparah di DAS Ngrowo

Grafik trend di Gambar 12, kekeringan minimum tahunan yang terjadi di DAS Ngrowo di beberapa periode menunjukkan kekeringan dengan indeks di bawah -2 yang masuk dalam klasifikasi kekeringan “amat sangat kering”. Hal tersebut terjadi pada 4 dan 5 tahun sekali. Hal ini mungkin terjadi akibat perubahan iklim yang terjadi atau perubahan tata guna lahan yang tidak di perhitungan dalam analisis ini, sehingga dapat disimpulkan kemungkinan terjadinya kekeringan terparah di masa mendatang bisa terjadi 4 atau 5 tahun setelah tahun 2014. Namun dalam analisis ini keterbatasan data menjadi kekurangan dalam mendapatkan prediksi kekeringan di masa mendatang. Artinya ketelitian prediksi kekeringan masa mendatang dapat lebih baik apabila data yang digunakan dalam analisis memiliki kurun waktu yang lebih panjang hingga kondisi terbaru. Selanjutnya tahun-tahun kekeringan terparah akan digambarkan dalam peta sebaran kekeringan pada pembahasan selanjutnya.

Peta Sebaran Kekeringan

Penggambaran peta sebaran kekeringan dari hasil indeks kekeringan meteorologi metode (*Effective Drought Index*) *EDI* menggunakan program berbasis spasial dengan metode interpolasi *Kriging*. Untuk dapat mengetahui wilayah administrasi yang terdampak kekeringan dengan intensitas “amat sangat kering” perlu dilakukan *overlay* hasil interpolasi *kriging* hasil interpolasi *kriging* peta sebaran kekeringan

dan data wilayah administrasi di Kawasan DAS Ngrowo. Gambar 13 merupakan peta sebaran kekeringan untuk *EDI-6* bulanan tahun 2001 di DAS Ngrowo serta *overlay* dengan wilayah administrasi untuk mengetahui desa terdampak kekeringan di DAS Ngrowo.



Gambar 13. Peta sebaran kekeringan *EDI-6* di DAS Ngrowo tahun 2001 dan wilayah administrasi yang terdampak kekeringan

Dari hasil penggambaran peta sebaran kekeringan metode *EDI-6* tahun 2001 di DAS Ngrowo dapat dilihat perbedaan kondisi kering dan basah berdasarkan klasifikasi warna pada peta. Kekeringan terparah terjadi pada bulan Mei tepatnya pada musim kemarau dengan tingkat kekeringan “Amat Sangat Kering” yang berada di wilayah Kabupaten Tulungagung dan sebagian Kabupaten Trenggalek. Desa-desanya yang sering terjadi bencana kekeringan sesuai dengan hasil analisis

kekeringan meteorologi metode *EDI* dan hasil interpolasi kriging sebaran kekeringannya, nama desa-desa tersebut diantaranya sebagai berikut, di Kabupaten Tulungagung meliputi Desa Pakisrejo, Desa Kresikan, Desa Tenggarejo, Desa Besuki, Desa Sedayu Gunung, Desa Keboireng, Desa Tulungrejo, Desa Kalibatur, Desa Rejosari, Desa Banyu Urip, Desa Winong, Desa Kali Genthong, dan Desa Sukorejo. Sedangkan di Kabupaten Trenggalek meliputi Desa Besuki, Desa Karangrejo, Desa Pakel dan Desa Watulimo

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode *SPI* menghasilkan indeks kekeringan terparah di Stasiun Hujan Kalidawir pada tahun 2000 dengan periode defisit 3 bulanan sebesar (-5,14). Metode *EDI* menghasilkan indeks kekeringan terparah di Stasiun Hujan Song Jambu-II pada tahun 2001 dengan periode defisit 12 bulanan sebesar (-2,91).
2. Perbandingan pola periode defisit metode *SPI* cenderung lebih rendah dalam kondisi negatif (kering) sedangkan *EDI* cenderung lebih tinggi dalam kondisi positif (basah). Metode *EDI* secara visual menunjukkan grafik perubahan naik turunnya indeks dengan jelas pada berbagai periode baik basah maupun kering pada fenomena *ENSO (El-Nino Southern Oscillation)* dibandingkan metode *SPI*.
3. Peta sebaran kekeringan dengan metode *EDI* kejadian kekeringan terparah dengan tingkat “amat sangat kering” terjadi pada tahun 2001, 2005, 2009, dan 2014 menggunakan interpolasi *kriging*.
4. Peta sebaran kekeringan yang di-*overlay* dengan wilayah administrasi menunjukkan kesesuaian dengan peta bencana kekeringan dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Tulungagung dan Trenggalek.

Saran

Untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat diperlukan data hujan yang panjang dan lengkap, serta metode analisis kekeringan meteorologi lain sebagai pembandingan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada BBWS Brantas, Dinas Pengairan dan *Bureau of Meteorology Australian Government* yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan terkait penyediaan data sehingga dapat menunjang analisis dan penyelesaian penulisan studi ini.

Daftar Referensi

- Brumbelow, K, and Georgakakas, 2005. Consideration of Climate Variability and Change in Agricultural Water Resources Planning, *J. Water Resources Planning and Management*, W.R/2005/022915.
- Byun, H.R. and Kim, D.W., 2010. *Comparing the effective drought index and the standardized precipitation index*. South Korea.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J., 1993. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*, (January), 17–22.
- Morid, Saeid, 2015. *Comparison of Seven Meteorological Indices for Drought Monitoring In Iran*. Tarbiat Modarres University, College of Agriculture, Tehran, Iran
- Murdiyarso, 2015. The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5(12), 1089–1092. <https://doi.org/10.1038/nclimate2734>
- Rafiuddin M Dash B, Khanam F, 2011. Diagnosis of drought in Bangladesh using the Standardized Precipitation Index. *2011 International Conference on Environment Science and Engineering, IPCBEE vol 8, IACSIT Press*, Singapore.
- Yuan, S., Quiring, S. M., dan Patil, S., 2016. Spatial and Temporal Variations in the Accuracy of Meteorological Drought Maps. *Cuadernos de Investigacion Geografica*. Volume 42 (1). 167-183. <https://doi.org/10.18172/cig.2916>