



# ANALISIS SPASIAL POTENSI KEKERINGAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI KAPUAS, KALIMANTAN BARAT

## SPATIAL ANALYSIS OF POTENTIAL DROUGHT IN KAPUAS WATERSHED, WEST KALIMANTAN

Diah Auliyani<sup>a</sup>, Muhammad Rekapermana<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS, Surakarta, Jawa Tengah; [d\\_auliyani@yahoo.com](mailto:d_auliyani@yahoo.com)

<sup>b</sup>Balai Besar Taman Nasional Betung Kerihun dan Danau Sentarum, Putussibau, Kalimantan Barat; [rekapermana@gmail.com](mailto:rekapermana@gmail.com)

### Info Artikel:

- Artikel Masuk: 7 Februari 2019
- Artikel diterima: 22 November 2019
- Tersedia Online: 31 Maret 2020

### ABSTRAK

Kekeringan merupakan efek samping dari variabilitas iklim, yang dapat terjadi di daerah dengan curah hujan tinggi maupun rendah. Kekeringan dapat menjadi suatu bencana apabila terjadi secara terus menerus. Standardized Precipitation Index (SPI) memudahkan pemantauan kejadian kekeringan dengan memanfaatkan standar deviasi dari curah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kekeringan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kapuas. Lokasi penelitian merupakan DAS terbesar di Provinsi Kalimantan Barat. Dalam tulisan ini akan digunakan SPI periode kumulatif 1 bulan, 3 bulan, 6 bulan, dan 12 bulan untuk menentukan tingkat kekeringannya. Dengan menggunakan perangkat lunak Arc GIS, nilai rata-rata SPI setiap periode kumulatif kemudian diinterpolasikan untuk mendapatkan sebaran spasial potensi kekeringan di seluruh wilayah DAS Kapuas. Seri data curah hujan harian tahun 1995-2017 dari 5 stasiun hujan yang dikelola oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Provinsi Kalimantan Barat digunakan dalam analisisnya. Kelima stasiun pengamatan hujan tersebut terletak di (1) Bandara Supadio Pontianak, (2) Pelabuhan Maritim Pontianak, (3) Bandara Susilo Sintang Kabupaten Sintang, (4) Bandara Nanga Pinoh Kabupaten Melawi, dan (5) Bandara Pangsuma Kabupaten Kapuas Hulu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap lokasi pengamatan hujan mengalami kekeringan untuk setiap periode kumulatif dengan frekuensi 1 hingga 4 kali. Kekeringan tersebut memiliki durasi paling lama 2 bulan secara berturut-turut. Distribusi spasial SPI di DAS Kapuas memiliki nilai antara -0,1 hingga -0,07 yang termasuk dalam kategori normal. Secara keseluruhan, DAS Kapuas merupakan wilayah yang tidak berpotensi mengalami bencana kekeringan.

**Kata Kunci :** Kekeringan; Hujan; SPI; Kapuas

### ABSTRACT

Drought is a side effect of climate variability, which can occur in areas with high or low rainfall. Drought will become a disaster if it happens continuously. Standardized Precipitation Index (SPI) facilitates the drought monitoring by utilizing standard deviation of its rainfall. This study aims to analyze the potential for drought in the Kapuas Watershed. Kapuas Watershed is the widest watershed located in West Kalimantan Province. In this paper, 1 month, 3 months, 6 months, and 12 months cumulative periods of SPI will be used to determine the level of drought. Using Arc GIS software, the average SPI value for each cumulative period is then interpolated to obtain the spatial distribution of potential drought in the entire Kapuas Watershed area. The 1995-2017 daily rainfall data series from 5 rainfall stations managed by The West Kalimantan Province Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (BMKG) were used in this analysis. The five rainfall stations are located at (1) Supadio Airport, Pontianak, (2) Pontianak Maritime Port, (3) Susilo Airport, Sintang Regency, (4) Nanga Pinoh Airport, Melawi Regency, and (5) Pangsuma Airport, Kapuas Hulu Regency. The results showed that each rainfall station experienced drought for each cumulative period with a frequency of 1 to 4 times. Its duration was 2 months or less. The spatial distribution of SPI in Kapuas Watershed has a value between -0.1 to -0.07 which categorized as normal. Overall, Kapuas Watershed is an area that has no potential for drought.

**Keyword:** Drought; Rainfall; SPI; Kapuas

Copyright © 2020 JPWK-UNDIP

This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY-NC-SA) 4.0 International license.

## 1. PENDAHULUAN

Kekeringan merupakan fenomena alami sebagai efek samping dari variabilitas iklim. Keadaan ini diawali dengan curah hujan yang lebih rendah dari rata-ratanya, yang selanjutnya akan mempengaruhi kelembaban tanah, debit sungai, groundwater, ekosistem, dan kehidupan manusia secara keseluruhan (Smakhtin & Hughes, 2004; Spinoni et al., 2014). Semakin lama kondisi ini terjadi maka akan menjadi suatu bencana yang menimbulkan dampak buruk semakin besar. Jika dibandingkan dengan bencana lainnya, kekeringan memiliki dampak buruk terbesar (Wilhite, 2000). Hal ini disebabkan kejadian secara onset beserta akhir periodenya sulit diprediksi (Sönmez et al., 2005). Kekeringan dapat terjadi selama beberapa bulan bahkan bertahun-tahun. Sektor yang pertama kali akan terkena imbasnya adalah pertanian (Okpara et al., 2017).

Dalam siklus hidrologi, curah hujan seringkali merupakan satu-satunya input bagi Daerah Aliran Sungai (DAS). Meskipun bukan satu-satunya penciri kekeringan, namun variasi curah hujan dapat digunakan untuk mengidentifikasi kekeringan di suatu DAS. Identifikasi kejadian kekeringan penting untuk dilakukan mengingat terjadinya perubahan iklim saat ini. Perubahan iklim mengarah pada perubahan pola hujan yang mengakibatkan pergeseran awal musim kemarau (Setiawan, 2012). Kondisi ini menyebabkan musim kemarau berlangsung lebih lama dari kondisi normal. Monitoring sumberdaya air dan curah hujan sangat diperlukan sebagai langkah awal upaya mitigasi bencana kekeringan.

Kekeringan terjadi baik di daerah dengan curah hujan tinggi maupun rendah (Wilhite & Glantz, 1985). Karena setiap daerah memiliki curah hujan yang berbeda-beda, maka diperlukan suatu indeks untuk memudahkan pemantauan kejadian kekeringan. Standardized Precipitation Index (SPI) menjadi salah satu cara yang paling umum digunakan untuk kepentingan tersebut. Indeks ini menggunakan variabilitas hujan sebagai input utama untuk menentukan tingkat kekeringan dari suatu DAS. Nilai SPI merupakan standar deviasi dari curah hujannya, sehingga dapat dibandingkan dengan daerah lain yang memiliki iklim berbeda (Okpara et al., 2017). Indeks curah hujan tersebut yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengidentifikasi kekeringan meteorologis (Adiningsih, 2014; Utami et al., 2013). Nilai SPI positif mengindikasikan bahwa curah hujan yang terjadi lebih besar daripada rata-rata curah hujannya, dan sebaliknya jika bernilai negatif.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kekeringan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kapuas. Dalam tulisan ini akan digunakan SPI untuk menentukan tingkat kekeringannya. Tulisan ini dapat digunakan sebagai dasar perlunya upaya mitigasi terutama pada daerah yang sangat kering maupun kering ekstrim untuk menjamin kontinuitas ketersediaan sumberdaya air.

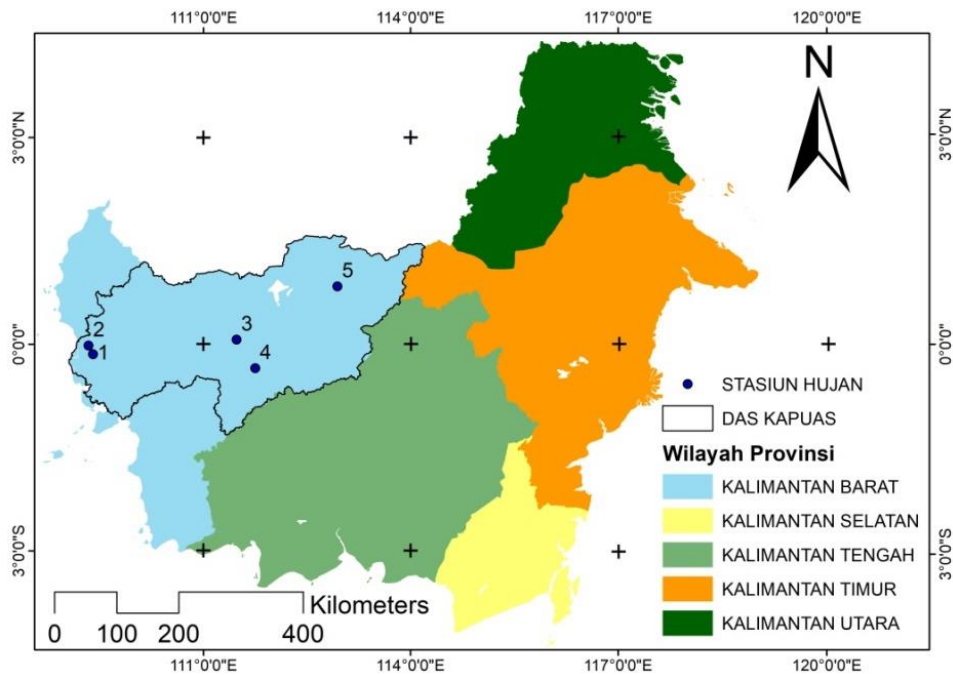
## 2. DATA DAN METODE

Pengambilan data dilakukan di DAS Kapuas yang secara administratif terletak di Provinsi Kalimantan Barat. Wilayah DAS Kapuas mencakup sebagian besar Provinsi Kalimantan Barat, membentang antara Kota Pontianak hingga Kabupaten Kapuas Hulu (Berbatasan dengan Malaysia).

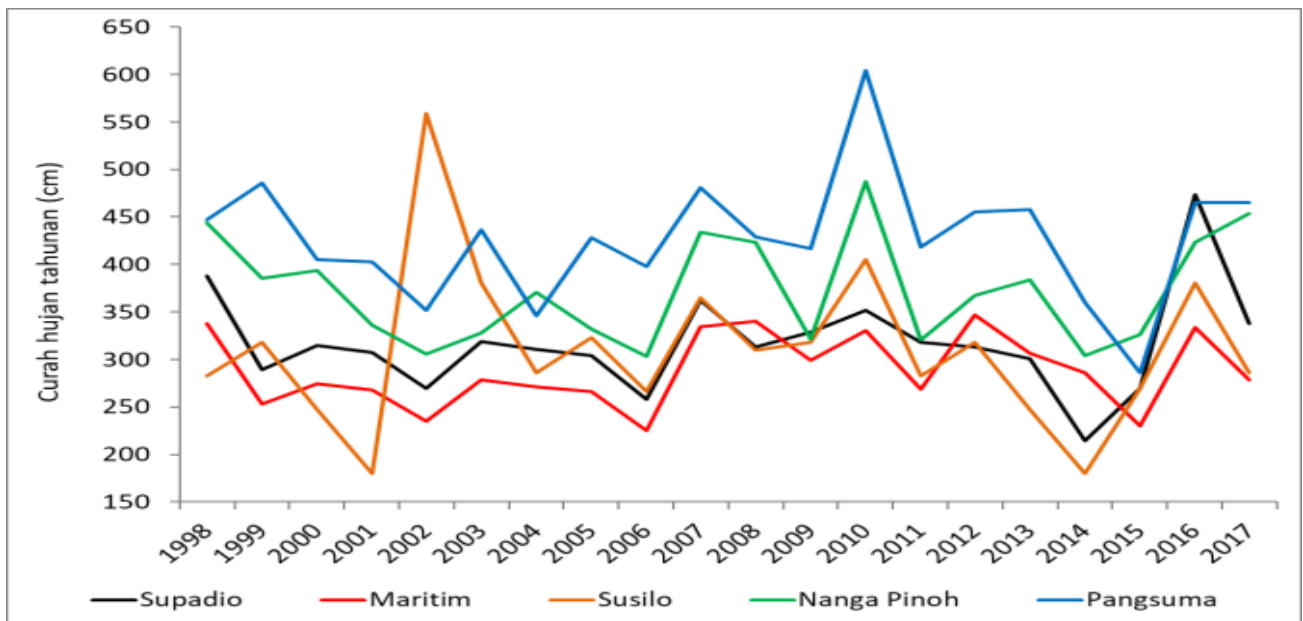
Dalam tulisan ini digunakan seri data curah hujan harian tahun 1995-2017 dari 5 stasiun hujan yang dikelola oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Provinsi Kalimantan Barat. Kelima stasiun pengamatan hujan tersebut terletak di sekitar (1) Bandara Supadio Pontianak, (2) Pelabuhan Maritim Pontianak, (3) Bandara Susilo Sintang Kabupaten Sintang, (4) Bandara Nanga Pinoh Kabupaten Melawi, dan (5) Bandara Pangsuma Kabupaten Kapuas Hulu. Lokasi pengamatan curah hujan dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengisian data yang kosong dilakukan apabila pencatatan curah hujan tidak dilakukan karena kerusakan peralatan yang digunakan. Untuk membangkitkan data hujan tersebut dilakukan metode reciprocal (Persamaan 1) (Arismaya, 2016). Dalam persamaan 1 tersebut, P adalah curah hujan dalam milimeter, dx adalah jarak dalam kilometer, i adalah stasiun yang memiliki data kosong, sedangkan A, B, C, dan seterusnya hingga N adalah stasiun pembanding bagi stasiun i. Setelah dilakukan pembangkitan data, maka diperoleh variasi curah hujan tahunan dari masing-masing stasiun hujan seperti terdeskripsikan pada Gambar 2.

$$P_i = \frac{\frac{P_A}{dX_A^2} + \frac{P_B}{dX_B^2} + \frac{P_C}{dX_C^2} + \dots + \frac{P_N}{dX_N^2}}{\frac{1}{dX_A^2} + \frac{1}{dX_B^2} + \frac{1}{dX_C^2} + \dots + \frac{1}{dX_N^2}} \quad (1)$$



Gambar 1. Lokasi pengamatan curah hujan di DAS Kapuas



Gambar 2. Distribusi curah hujan tahunan dari 5 stasiun pengamatan hujan

Potensi kekeringan dianalisis menggunakan Standardized Precipitation Index (SPI) (Hayes et al., 1999; Sönmez et al., 2005). Nilai Z dikenal sebagai nilai SPI, yang ditentukan menggunakan persamaan 2. Dalam persamaan tersebut, x adalah curah hujan dan  $\sigma$  adalah simpangan baku, sedangkan i merupakan dimensi waktu.

$$SPI = Z = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma} \quad (2)$$

Penentuan periode dalam menghitung SPI bermacam-macam tergantung peruntukan hasil perhitungannya, seperti 1, 3, 6, dan 12 bulanan. Nilai SPI periode 2-6 bulan dapat digunakan untuk mendeskripsikan aliran sungai, untuk kekeringan pertanian lebih tepat jika dianalisis menggunakan SPI periode 2-3 bulan, sedangkan kondisi air bawah tanah diketahui dari SPI periode 5-24 bulan (Guenang & Mkankam Kamga, 2014).

Peluang jumlah sebaran gamma ( $g(x)$ ) untuk  $x > 0$  dihitung menggunakan persamaan 3, dimana  $\alpha > 0$  adalah parameter bentuk,  $\beta > 0$  adalah parameter skala, dan  $x > 0$  adalah jumlah curah hujan.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (3)$$

Untuk menyesuaikan parameter distribusi, nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  diestimasi dari setiap sampel data menggunakan rumus 4 dan 5.

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

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

Dimana  $\bar{x}$  adalah rata-rata curah hujan dan nilai A dihitung dengan persamaan 6.

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (6)$$

Untuk skala dan bulan tertentu, peluang kumulatif distribusi gamma atau  $G(x)$  diperoleh dengan rumus 7.

$$G(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t/\beta} dt \quad (7)$$

Dengan menggunakan  $t = x/\beta$ , persamaan 7 disederhanakan menjadi persamaan 8.

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{x/\beta} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (8)$$

Distribusi gamma tidak dapat dihitung untuk  $x=0$ . Jika itu terjadi maka probabilitas kejadian hujannya  $q=P(x=0)$  menjadi positif, sedangkan peluang kumulatifnya dapat diestimasi dengan persamaan 9.

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (9)$$

Nilai SPI sering disebut sebagai nilai Z yang merupakan standar deviasi dari rata-rata curah hujan yang terjadi. Estimasi nilai SPI didasarkan pada transformasi distribusi gamma atau  $G(x)$  menjadi standar normal dengan rata-rata nilai 0 (nol) dan 1 (satu). Untuk menentukan nilai Z dapat dihitung menggunakan rumus 10 dan 11 untuk nilai  $H(x)$  antara 0-0,5, sedangkan untuk nilai  $H(x)$  sebesar 0,5-1 penentuan nilai Z menggunakan rumus 12 dan 13. Dalam hal ini telah ditentukan nilai dari koefisien  $c_0=2,515517$ ,  $c_1=0,802853$ ,  $c_2=0,010328$ ,  $d_1=1,432788$ ,  $d_2=0,189269$ , dan  $d_3=0,001308$ .

$$Z = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ untuk } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (10)$$

$$t = \sqrt{\ln \sqrt{\frac{1}{(H(x))^2}}} \quad (11)$$

$$Z = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \text{ untuk } 0,5 < H(x) \leq 1,0 \quad (12)$$

$$t = \sqrt{\ln \sqrt{\frac{1}{(1 - H(x))^2}}} \quad (13)$$

Nilai SPI atau nilai Z memiliki merupakan korelasi negatif dengan kekeringan. Hasil estimasi kekeringan tersebut kemudian dikelompokkan dalam tingkatan tertentu sesuai dengan Tabel 1. Rata-rata nilai SPI dari setiap stasiun pengamatan hujan kemudian diinterpolasi secara spasial untuk mendapatkan distribusi tingkat kekeringan di seluruh wilayah DAS Kapuas. Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Arc GIS.

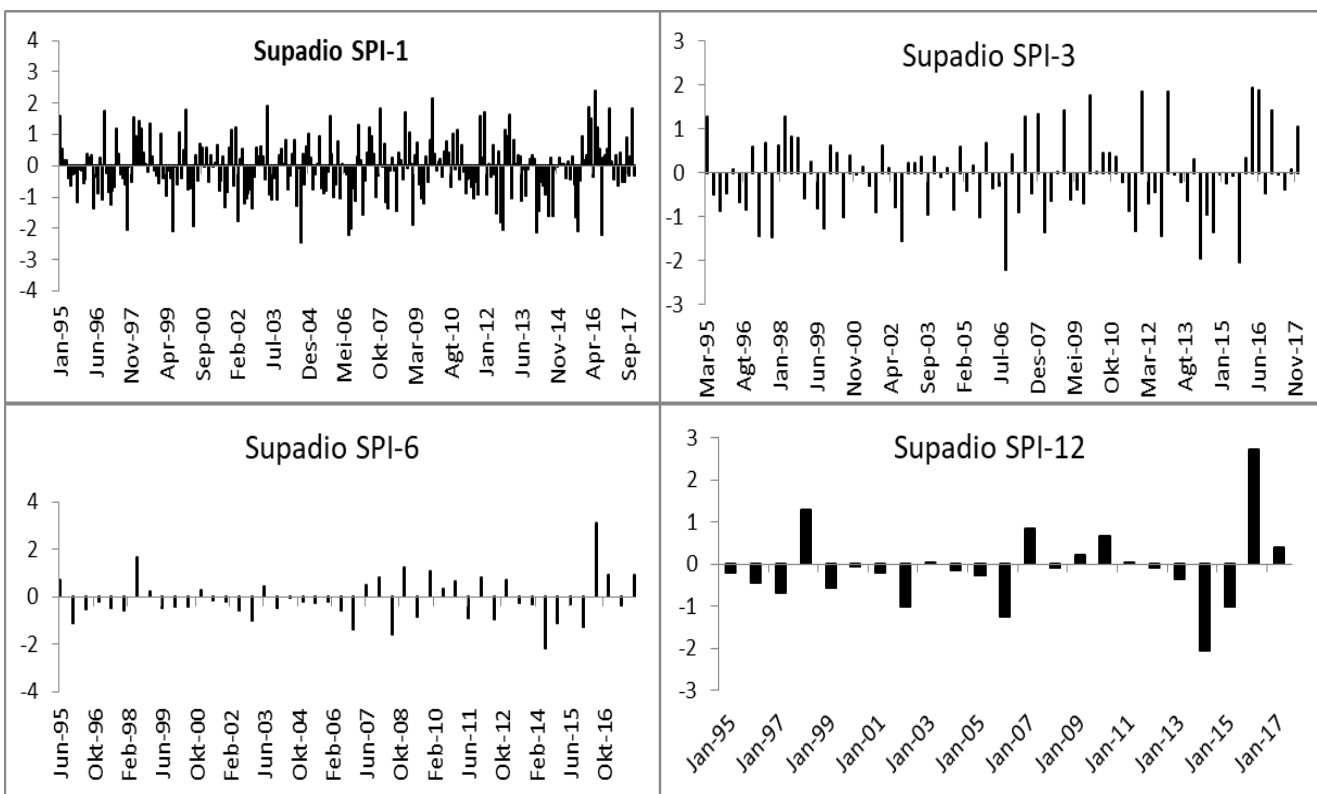
**Tabel 1.** Klasifikasi tingkat kekeringan berdasarkan SPI

No	Kategori	Nilai Indeks	Kelas
1	Bukan kekeringan	$SPI \geq 2,00$	Basah ekstrim
		$1,50 \leq SPI < 2,00$	Sangat basah
		$1,00 \leq SPI < 1,50$	Basah
		$-1,00 \leq SPI < 1,00$	Normal
2	Kekeringan	$-1,50 \leq SPI < -1,00$	Kering
		$-2,00 \leq SPI < -1,50$	Sangat kering
		$SPI < -2,00$	Kering ekstrim

Sumber : Cancelliere et al., 2007

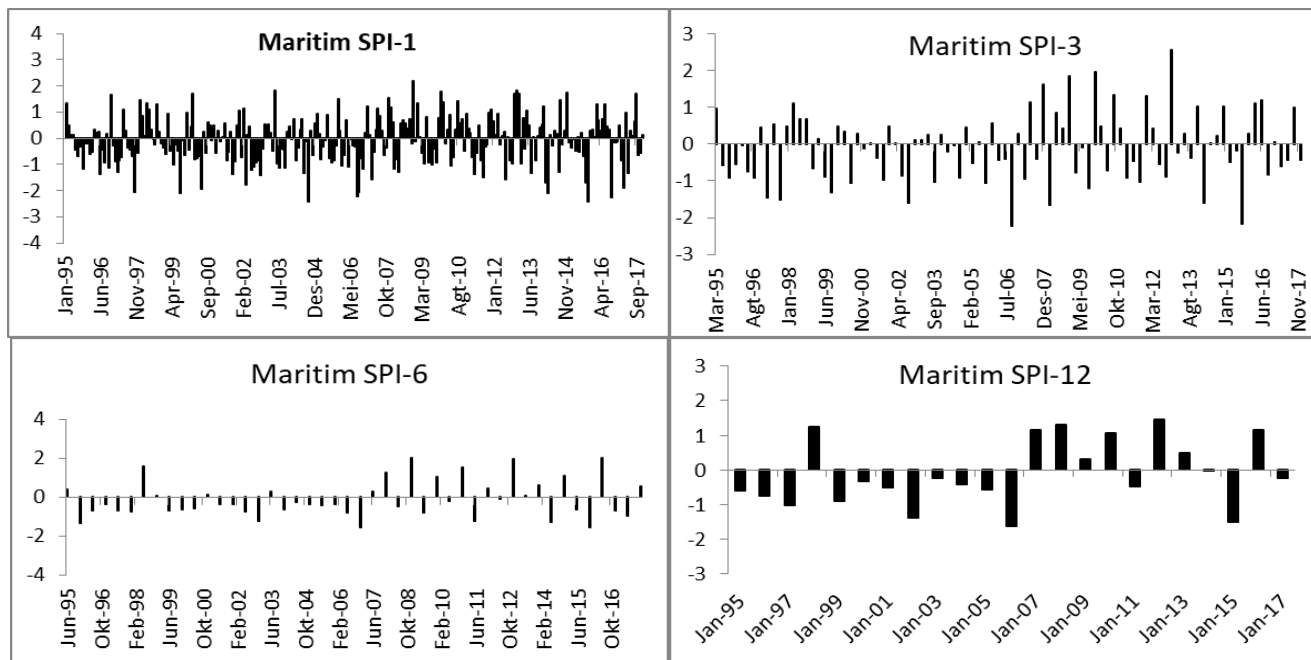
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi kekeringan menggunakan metode SPI dari masing-masing stasiun pengamatan curah hujan menunjukkan nilai yang berbeda-beda untuk setiap periode kumulatif. Hampir setiap nilai SPI terendah di stasiun pengamatan curah hujan menunjukkan tingkat kekeringan yang ekstrim meskipun tidak terjadi pada setiap periode kumulatif yang digunakan. Dari kelima stasiun pengamatan hujan, Supadio menunjukkan kejadian kekeringan ekstrim di semua periode kumulatif. Dengan kata lain, nilai terendah untuk SPI periode 1, 3, 6, maupun 12 bulan mencapai kurang dari -2,0. Fluktuasi nilai SPI di stasiun pengamatan hujan Supadio dijelaskan dalam Gambar 3.



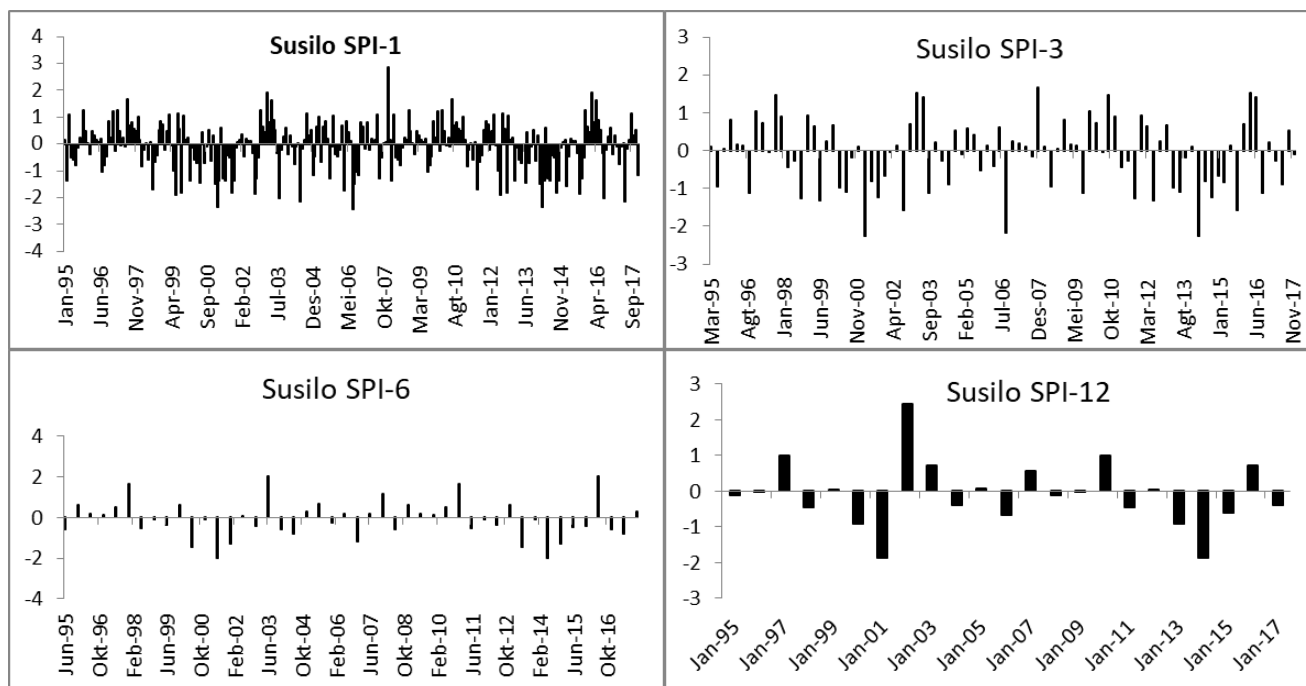
**Gambar 3.** Grafik SPI periode kumulatif 1, 3, 6 dan 12 bulanan di Stasiun Supadio

Berbeda dengan hasil penghitungan di Supadio, estimasi kekeringan di tiga stasiun pengamatan hujan lainnya (Maritim, Susilo, dan Nanga Pinoh) tidak menunjukkan tingkat kekeringan ekstrim di setiap periode kumulatif SPI nya. Seperti di stasiun meteorologi Maritim yang terletak di Pontianak, nilai SPI untuk periode kumulatif 6 dan 12 bulan termasuk dalam kategori sangat kering ( $-2,00 \leq SPI < -1,50$ ). Secara lebih jelas, SPI setiap periode kumulatif di stasiun meteorologi Maritim disajikan dalam Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik SPI periode kumulatif 1, 3, 6 dan 12 bulanan di Stasiun Maritim

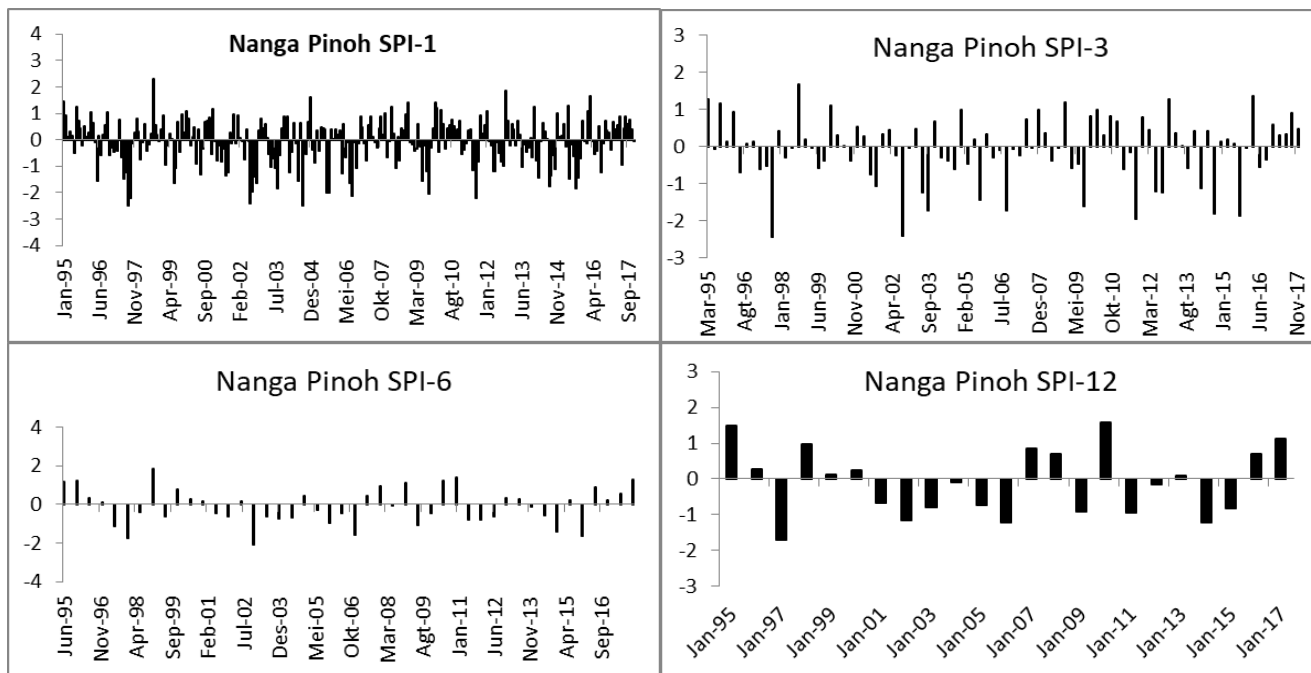
Data hujan dari stasiun pengamatan hujan Susilo yang terletak di Kabupaten Sintang menunjukkan nilai indeks terkecilnya termasuk dalam kategori kering ekstrim untuk periode kumulatif 1, 3, dan 6 bulan, sedangkan untuk periode kumulatif 12 bulan nilai SPI terkecilnya hanya masuk dalam kategori sangat kering. Gambar 5 menjelaskan nilai SPI di stasiun Susilo.



**Gambar 5.** Grafik SPI periode kumulatif 1, 3, 6 dan 12 bulanan di Stasiun Susilo

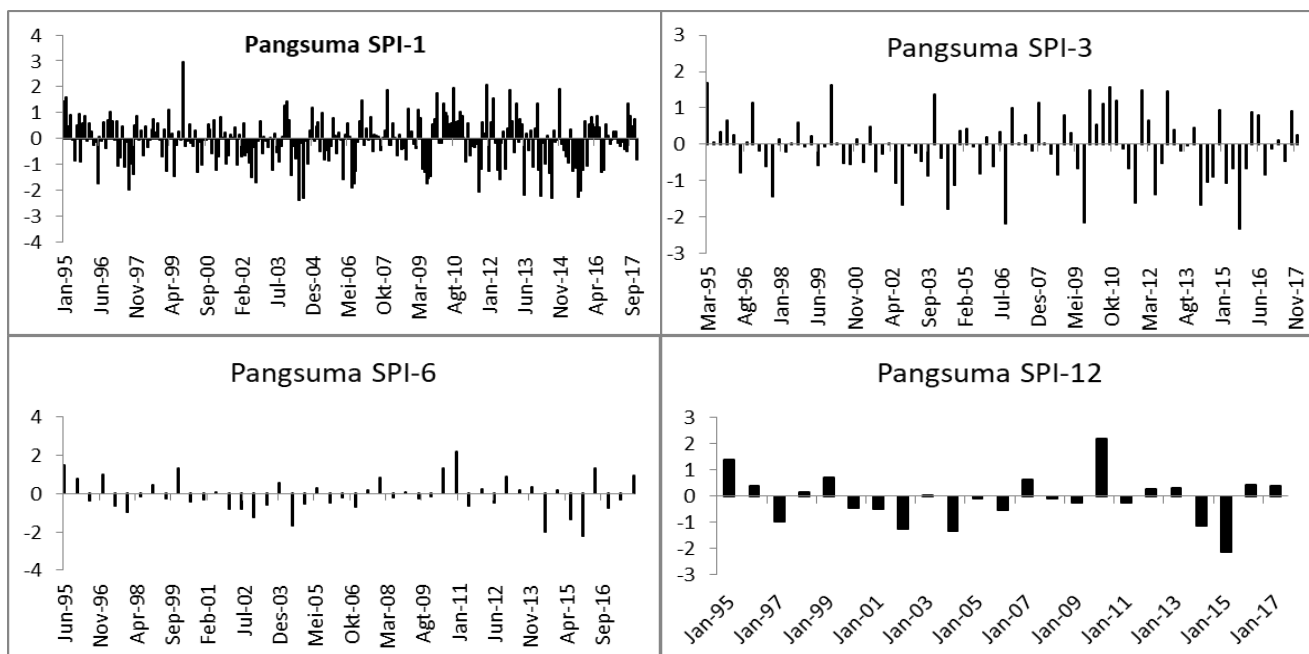
Tingkat kekeringan terparah di stasiun pengamatan curah hujan Nanga Pinoh yang terletak di Kabupaten Melawi terjadi pada periode kumulatif 1, 3, dan 6 bulan. Meskipun berada pada kategori yang sama, namun nilai SPI terendah terjadi pada periode kumulatif 1 bulan yaitu sebesar -2,45. Untuk periode

kumulatif 12 bulan, di stasiun ini hanya mengalami kekeringan kategori sangat kering dengan nilai sebesar -1,86. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.



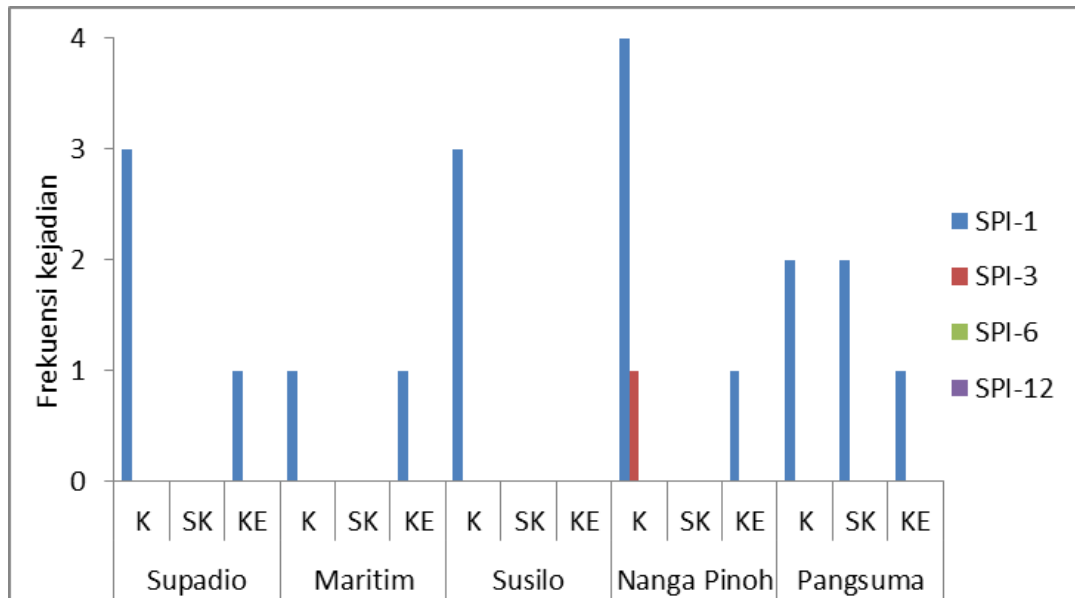
**Gambar 6.** Grafik SPI periode kumulatif 1, 3, 6 dan 12 bulanan di Stasiun Nanga Pinoh

Stasiun pengamatan curah hujan Pangsuma terletak di Kabupaten Kapuas Hulu yang merupakan daerah hulu dari DAS Kapuas. Kekeringan terparah di stasiun ini memiliki nilai SPI kurang dari -2,00 untuk setiap periode kumulatif penghitungannya. Kondisi ini sama dengan yang terjadi pada stasiun Supadio. Untuk lebih jelasnya, distribusi nilai SPI sepanjang tahun 1995 sampai 2017 di Stasiun pengamatan curah hujan Pangsuma dijabarkan dalam Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik SPI periode kumulatif 1, 3, 6 dan 12 bulanan di Stasiun Pangsuma

Seperti diuraikan sebelumnya bahwa kekeringan merupakan kondisi yang alami namun jika terjadi dalam waktu yang lama akan menjadi sebuah bencana. Hasil analisis SPI periode 1, 3, 6, maupun 12 bulan menunjukkan durasi kekeringan terlama hanya terjadi selama 2 bulan. Hal ini senada dengan yang diutarakan oleh Walsh (1996) bahwa durasi kekeringan di Pontianak tidak lebih dari 2 bulan. Di lain pihak, Wilhite (2000) menjelaskan bahwa kekeringan akan mulai terasa dampaknya apabila terjadi defisit curah hujan selama 3 bulan atau lebih. Dengan kata lain, potensi kerugian akibat kekeringan di DAS Kapuas akan lebih kecil.



Gambar 8. Kondisi kering (K), sangat kering (SK), dan kering ekstrim (KE) dengan durasi 2 bulan

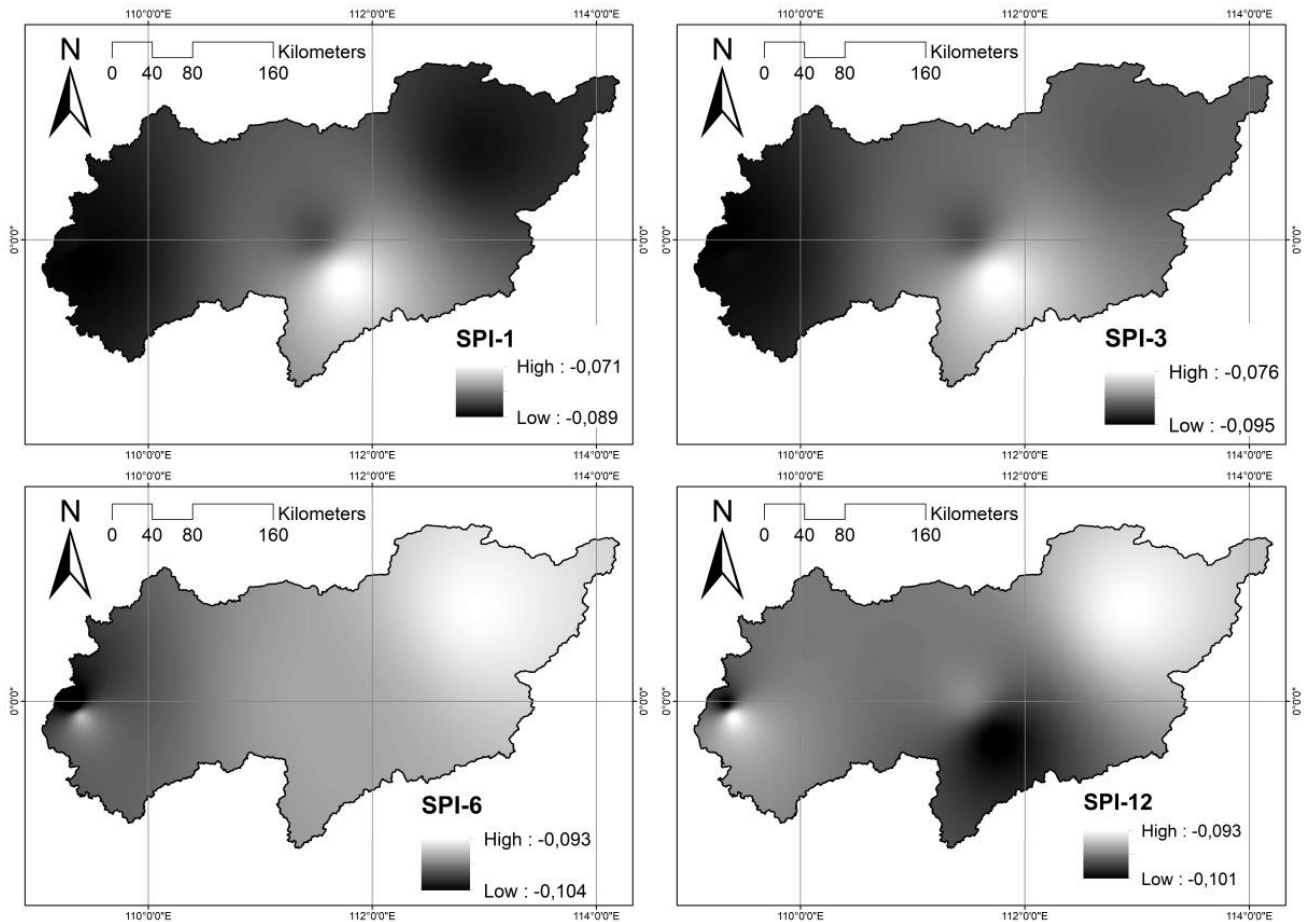
Gambar 8 menunjukkan frekuensi kejadian kekeringan di lokasi pengamatan. Pada SPI periode 1 bulan, terjadi 1 kali kering ekstrim pada 4 lokasi pengamatan selain Susilo, sedangkan kategori sangat kering hanya terjadi di Pangsuma sebanyak 2 kali kejadian. Selama kurun waktu 1995 hingga 2017 kekeringan paling sering terjadi di Nanga Pinoh yaitu sebanyak 4 kali kejadian pada SPI periode 1 bulan dan 1 kali kejadian pada SPI periode 3 bulan.

Rata-rata SPI di DAS Kapuas dilihat dari 5 lokasi pengamatan hujan menghasilkan nilai antara -0,1 sampai -0,07 seperti diuraikan dalam Tabel 2. Dengan kata lain, DAS Kapuas termasuk dalam kondisi normal, atau tidak terpapar kekeringan. Hal ini senada dengan yang disampaikan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (Amri et al., 2016) bahwa Provinsi Kalimantan Barat tidak rentan terjadi bencana kekeringan. Distribusi spasial nilai SPI di DAS Kapuas dapat dilihat dalam Gambar 9. Kondisi seperti ini merupakan penunjang bagi pengembangan sektor pertanian, pembangunan wilayah, serta mendukung kesejahteraan masyarakat secara umum.

Tabel 2. Rata-rata nilai SPI di DAS Kapuas

No	Stasiun	SPI-1		SPI-3		SPI-6		SPI-12	
1	Supadio	-0,09	(Normal)	-0,09	(Normal)	-0,10	(Normal)	-0,09	(Normal)
2	Maritim	-0,09	(Normal)	-0,10	(Normal)	-0,10	(Normal)	-0,10	(Normal)
3	Susilo	-0,08	(Normal)	-0,09	(Normal)	-0,10	(Normal)	-0,10	(Normal)
4	Nanga Pinoh	-0,07	(Normal)	-0,08	(Normal)	-0,10	(Normal)	-0,10	(Normal)
5	Pangsuma	-0,09	(Normal)	-0,09	(Normal)	-0,09	(Normal)	-0,09	(Normal)





Gambar 9. Sebaran spasial SPI di DAS Kapuas

Wilayah DAS Kapuas merupakan daerah rawan kebakaran hutan (Amri et al., 2016). Kebakaran hutan di Kalimantan berasosiasi dengan kekeringan yang disebabkan oleh kejadian El Nino (Wahyu et al., 2010). Beberapa literatur menyebutkan bahwa kebakaran hutan ini juga dipengaruhi kondisi meteorologis DAS Kapuas. Kondisi meteorologis meliputi berbagai hal, seperti jumlah curah hujan maupun jumlah hari hujan. Tulisan ini hanya menggunakan jumlah curah hujan dalam analisisnya. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa jumlah hari hujan lebih mempengaruhi frekuensi kebakaran hutan dan lahan dari pada curah hujannya (Sukmawati, 2006). Faktor antropogenik juga berperan dalam kejadian kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Kalimantan Barat secara keseluruhan. Kayoman (2010) menjelaskan bahwa faktor antropogenik lebih mempengaruhi kebakaran hutan di Kalimantan Barat dari pada faktor biofisik.

#### 4. KESIMPULAN

Standardized Precipitation Index (SPI) dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kekeringan berdasarkan data curah hujan. Distribusi spasial nilai SPI di DAS Kapuas bervariasi antara -0,1 sampai -0,07 yang termasuk dalam kategori normal. Analisis spasial SPI menunjukkan bahwa DAS Kapuas merupakan wilayah yang tidak rentan mengalami bencana kekeringan. Penelitian ini hanya menentukan tingkat kekeringan menggunakan data historis. Dengan demikian masih diperlukan proyeksi tingkat kekeringan di waktu yang akan datang.

## 5. PERNYATAAN RESMI

Penulis mengucapkan terimakasih kepada BMKG sebagai penyedia data dalam penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada para reviewer yang telah memberikan saran untuk perbaikan penulisan karya tulis ini.

## 6. REFERENSI

- Adiningsih, S. E. (2014). Tinjauan metode deteksi parameter kekeringan berbasis data penginderaan jauh. In *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014* (pp. 210–220). Bogor: LAPAN.
- Amri, M. R., Yulianti, G., Yunus, R., Wiguna, S., Adi, A., Ichwana, A., ... Septian, R. (2016). *Risiko bencana Indonesia*. (R. Jati & M. Amri, Eds.). Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Arismaya, J. (2016). *Analisis potensi kekeringan menggunakan theory of run (Studi kasus Sub DAS Bengawan Solo Hulu)*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB.
- Cancelliere, A., Mauro, G. Di, Bonaccorso, B., & Rossi, G. (2007). Drought forecasting using the standardized precipitation index. *Water Resources Management*, 21, 801–819. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9062-y>
- Guenang, G. M., & Mkankam Kamga, F. (2014). Computation of the standardized precipitation index (SPI) and its use to assess drought occurrences in Cameroon over recent decades. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 53, 2310–2324. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0032.1>
- Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A., & Vanyarkho, O. V. (1999). Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of The American Meteorological Society*, 80(3), 429–438. Retrieved from <http://enso.unl.edu/ndmc/watch/>
- Kayoman, L. (2010). *Pemodelan spasial resiko kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Kalimantan Barat*. Tesis. Sekolah Pascasarjana. IPB.
- Okpara, J. N., Afiesimama, E. A., Anuforum, A. C., Owino, A., & Ogunjobi, K. O. (2017). The applicability of standardized precipitation index: Drought characterization for early warning system and weather index insurance in West Africa. *Natural Hazards*, 89(2), 555–583. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2980-6>
- Setiawan, O. (2012). Analisis variabilitas curah hujan dan suhu di Bali. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 9(1), 66–79.
- Smakhtin, V. U., & Hughes, D. A. (2004). *Review, automated estimation and analyses of drought indices in South Asia* (No. 83). Colombo, Sri Lanka. Retrieved from <http://www.iwmi.org>
- Sönmez, F. K., Kömüscü, A. Ü., Erkan, A., & Turgu, E. (2005). An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. *Natural Hazards*, 35, 243–264. <https://doi.org/10.1007/s11069-004-5704-7>
- Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbosa, P., & Vogt, J. (2014). World drought frequency, duration, and severity for 1951-2010. *International Journal of Climatology*, 34, 2792–2804. <https://doi.org/10.1002/joc.3875>
- Sukmawati, A. (2006). *Hubungan antara curah hujan dengan titik panas (hotspot) sebagai indikator terjadinya kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Pontianak Propinsi Kalimantan Barat*. Skripsi Fakultas Kehutanan IPB.
- Utami, D., Hadiani, R. R., & Susilowati. (2013). Prediksi kekeringan berdasarkan standardized precipitation index pada Daerah Aliran Sungai Keduang di Kabupaten Wonogiri. *MATRIKS TEKNIK SIPIL*, September, 221–226.
- Wahyu, A., Kuntoro, A. A., & Yamashita, T. (2010). Annual and seasonal discharge responses to forest / land cover changes and climate variations in Kapuas River Basin, Indonesia. *Journal of International Development and Cooperation*, 16(2), 81–100. <https://doi.org/10.15027/29807>
- Walsh, R. P. D. (1996). Drought frequency changes in Sabah and adjacent parts of northern Borneo since the late nineteenth century and possible implications for tropical rain forest dynamics. *Journal of Tropical Ecology*, 12(3), 382–407. <https://doi.org/10.1017/S0266467400009585>
- Wilhite, D. A. (2000). Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. *Drought: A Global Assessment*, 1, 3–18. Retrieved from <http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub><http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/69>
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding: The drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10(3), 111–120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>