

Komparasi antara Metode *Standardized Precipitation Index* (SPI) dan *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index* (SPEI) untuk Identifikasi Kekeringan Meteorologis di Provinsi Papua Barat

Comparison between Standardized Precipitation Index (SPI) and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) Methods to Identify Meteorological Drought in West Papua

Arif Faisal^{1*}, Budiyo²

¹ Jurusan Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Papua

² Prodi D3 Budidaya Tanaman Perkebunan, Universitas Papua
Jl. Gunung Salju amban, Manokwari 98314.

*Email: arif.unipa@gmail.com

Abstract

The Standardized Precipitation Index (SPI) and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) methods have been widely used to monitor meteorological droughts, especially in Indonesia. This study aims to compare the SPI and SPEI methods in identifying meteorological drought in West Papua. This research consists of 3 (three) main stages, i.e., climate data inventory acquired from 1996 to 2020, drought level analysis using SPI and SPEI methods, and comparison SPI and SPEI drought index. The results showed that the drought level in West Papua is moderately dry to moderately wet based on the SPI method, and near normal to moderately wet based on the SPEI method. Generally, the SPI and SPEI methods have a strong correlation in analyzing drought in West Papua although in some periods there were significant differences in index values.

Keywords: *The Standardized Precipitation Index, Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), meteorological droughts*

Abstrak

Metode *Standardized Precipitation Index* (SPI) dan *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index* (SPEI) telah digunakan secara luas untuk memantau kekeringan meteorologis, khususnya di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan antara metode SPI dan SPEI dalam mengidentifikasi kekeringan meteorologis di Provinsi Papua Barat. Secara umum penelitian ini terdiri atas 3 (tiga) tahapan utama, yaitu; inventarisasi data iklim hasil pengamatan tahun 1996 – 2020, analisis kekeringan menggunakan metode SPI dan SPEI, dan membandingkan indeks kekeringan berdasarkan metode SPI dan SPEI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Provinsi Papua Barat memiliki tingkat kekeringan Agak Kering hingga Basah berdasarkan metode SPI, dan memiliki tingkat kekeringan Normal hingga Basah berdasarkan metode SPEI. Secara umum metode SPI dan SPEI memiliki korelasi yang kuat dalam menganalisis kekeringan di Provinsi Papua Barat, meskipun pada beberapa periode terdapat perbedaan nilai indeks yang signifikan.

Kata kunci: *Standardized Precipitation Index, Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, kekeringan meteorologis*

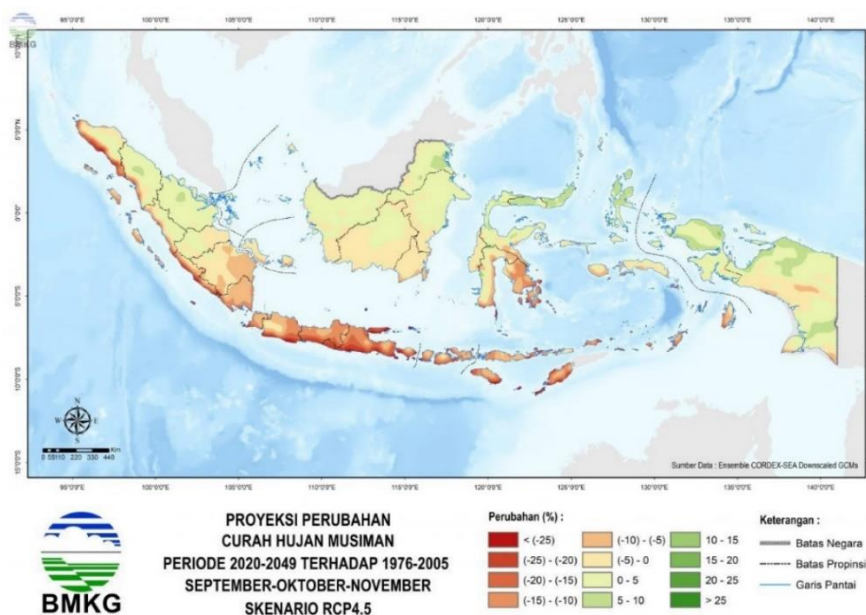
PENDAHULUAN

Fenomena pemanasan global atau *global warming* telah menjadi perhatian dunia sejak tahun 1990 pada kongres pertama

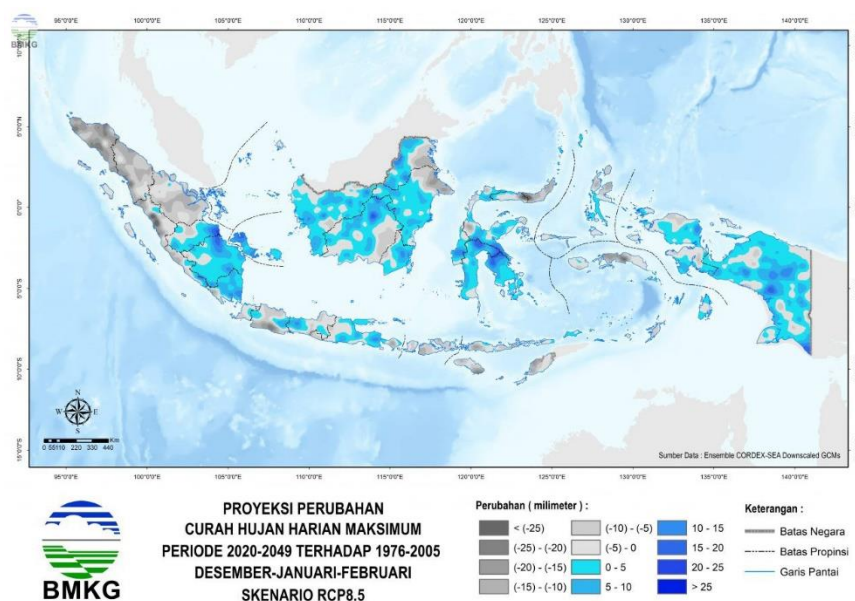
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC melaporkan bahwa fenomena pemanasan global terjadi sejak tahun 1900 yang ditandai dengan

peningkatan suhu udara sebesar 0,003 °C hingga 0,006 °C per tahun (Intergovernmental Panel on Climate Change 1992) dan diprediksi akan mengalami peningkatan suhu udara sebesar 3 kali lipat atau 0,01 °C per tahun pada tahun 2020 sampai tahun 2100 (Intergovernmental Panel on Climate Change 2022).

Pemanasan global memicu terjadinya perubahan iklim di sejumlah negara, diantaranya di Indonesia. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika memproyeksikan bahwa perubahan iklim dapat mengakibatkan peningkatan serta penurunan curah hujan di wilayah Indonesia. Proyeksi perubahan curah hujan di Indonesia disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Proyeksi perubahan curah hujan di Indonesia periode 2020 – 2049 (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika 2021)



Gambar 2. Proyeksi perubahan curah hujan harian maksimum di Indonesia periode 2020 – 2049 (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika 2021)

Perubahan iklim juga berpotensi menimbulkan kekeringan di sejumlah wilayah di Indonesia. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) melaporkan bahwa 4 kampung di Provinsi Papua Barat memiliki potensi ancaman kekeringan tinggi dan 613 kampung memiliki potensi ancaman kekeringan sedang (Yunus et al. 2019).

World Meteorological Organization (WMO) menyebutkan bahwa terdapat 3 (tiga) indikator yang digunakan dalam analisis kekeringan, yaitu; meteorologi, hidrologi, dan kelembaban tanah (World Meteorological Organization 2016). Kekeringan meteorologi menggunakan beberapa paramater iklim yaitu suhu udara, kecepatan angin, radiasi matahari,

dan curah hujan (World Meteorological Organization 2016). Beberapa metode yang digunakan untuk analisis kekeringan meteorologi diantaranya; *Aridity Anomaly Index (AAI)*, *Deciles*, *Keetch-Byram Drought Index (KBDI)*, *Percent of Normal Precipitation*, *Standardized Precipitation Index (SPI)*, *Weighted Anomaly Standardized Precipitation Index (WASP)*, *Aridity Index (AI)*, *China Z Index (CZI)*, *Crop Moisture Index (CMI)*, *Drought Area Index (DAI)*, *Drought Reconnaissance Index (DRI)*, *Effective Drought Index (EDI)*, *Hydro-thermal Coefficient of Selyaninov (HTC)*, *Palmer Drought Severity Index (PDSI)*, *Palmer Z Index*, *Rainfall Anomaly Index (RAI)*, *Self-Calibrated Palmer Drought*

Severity Index (sc-PDSI), *Standardized Anomaly Index* (SAI), *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index* (SPEI), *Reclamation Drought Index* (RDI), *Crop-specific Drought Index* (CSDI), dan *Agricultural Reference Index for Drought* (ARID) (World Meteorological Organization, 2012; World Meteorological Organization, 2016; Palmer, 1965; Byun and Wilhite, 1999; Guttman, 1999; Salehnia *et al.*, 2017).

Metode SPI dan SPEI merupakan metode yang telah digunakan secara luas di dunia untuk memantau kekeringan meteorologis, diantaranya Eropa (European Drought Observatory 2019), Amerika Serikat (Weather National Service 2020), dan Indonesia (BMKG 2018). Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kekeringan meteorologis di Provinsi Papua Barat menggunakan metode SPI dan SPEI.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni sampai November 2021. Penelitian ini terdiri atas 3 (tiga) tahapan utama, yaitu; (1) inventarisasi data iklim tahun 1996 – 2020 hasil pengamatan pada stasiun iklim Rendani – Kabupaten Manokwari, stasiun iklim Torea – Kabupaten Fakfak, stasiun iklim Utarom – Kabupaten Kaimana, dan

stasiun iklim Jefman – Kabupaten Raja Ampat, (2) analisis kekeringan menggunakan metode SPI dan SPEI, (3) komparasi metode SPI dan SPEI dalam mengidentifikasi tingkat kekeringan di Provinsi Papua Barat.

Analisis kekeringan menggunakan metode SPI dihitung menggunakan persamaan berikut (Lloyd-Hughes and Saunders 2002):

$$SPI = \begin{cases} -\left(t - \frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right), & 0 < H(x) \leq 0.5 \\ \left(t - \frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right), & 0.5 < H(x) \leq 1.0 \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

$$t = \begin{cases} \sqrt{\ln \frac{1}{(H(x))^2}}, & 0 < H(x) \leq 0.5 \\ \sqrt{\ln \frac{1}{(1-H(x))^2}}, & 0.5 < H(x) \leq 1.0 \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan; SPI adalah *Standardized Precipitation Index*, H(x) probabilitas kumulatif, $c_0 = 2.515517$, $c_1 = 0.802853$, $c_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$, $d_3 = 0.001308$.

Nilai H(x) dihitung menggunakan persamaan berikut (Lloyd-Hughes and Saunders 2002):

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan; H(x) probabilitas kumulatif, G(x) probabilitas kumulatif, q probabilitas tanpa hujan.

Nilai q dihitung menggunakan persamaan berikut (Lloyd-Hughes and Saunders 2002):

$$q = m/n \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan; q adalah probabilitas tanpa hujan, m jumlah data tanpa hujan, n jumlah pengamatan.

Nilai $G(x)$ dihitung menggunakan persamaan berikut (Lloyd-Hughes and Saunders 2002):

$$G(x) = \int \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, x > 0 \dots (5)$$

Keterangan; $G(x)$ adalah probabilitas kumulatif, α dan β konstanta, x nilai data hujan.

Tingkat kekeringan berdasarkan nilai SPI disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat kekeringan berdasarkan nilai SPI dan peluang kejadian (World Meteorological Organization 2012)

Nilai SPI	Tingkat Kekeringan	Simbol	Peluang Kejadian
$\geq 2,00$	Sangat Basah	SB	Tidak diterapkan
1,50 – 1,99	Basah	B	Tidak diterapkan
1,00 – 1,49	Agak Basah	AB	Tidak diterapkan
-0,99 – 0,99	Normal	N	1 kali dalam 3 tahun
-1,49 – -1,00	Agak Kering	AK	1 kali dalam 10 tahun
-1,99 – -1,50	Kering	K	1 kali dalam 20 tahun
$\leq -2,00$	Sangat Kering	SK	1 kali dalam 50 tahun

Analisis kekeringan menggunakan metode SPEI sama dengan metode SPI (Vicente-Serrano *et al.*, 2009). Hanya saja SPI menggunakan data hujan, sedangkan SPEI menggunakan nilai selisih antara data hujan dan data evapotranspirasi potensial (PET) (Vicente-Serrano *et al.*, 2009). Selisih antara data hujan dan evapotranspirasi potensial dihitung menggunakan persamaan berikut (Vicente-Serrano *et al.*, 2009):

$$D_i = P_i - PET_i \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan; D_i adalah selisih data hujan dan evapotranspirasi potensial pada bulan ke- i , P_i data hujan bulan ke- i , dan PET_i evapotranspirasi pada bulan ke- i .

Evapotranspirasi potensial (PET) dihitung menggunakan metode Thornthwaite berikut (Vicente-Serrano *et al.*, 2009) dengan persamaan berikut (Palmer and Havens 1958):

$$PET = 16K \left(\frac{100T}{I} \right)^m \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan; PET adalah evapotranspirasi potensial, K koefisien koreksi, T suhu udara (°C), I indeks kalor, dan m adalah nilai koefisien.

Tingkat kekeringan berdasarkan nilai SPEI disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkat kekeringan berdasarkan nilai SPEI dan peluang kejadian (World Meteorological Organization, 2012; Ogunrinde *et al.*, 2020; Ariyanto *et al.*, 2020)

Nilai SPEI	Tingkat Kekeringan	Simbol	Peluang Kejadian
≥ 2,00	Sangat Basah	SB	Tidak diterapkan
1,50 – 1,99	Basah	B	Tidak diterapkan
1,00 – 1,49	Agak Basah	AB	Tidak diterapkan
-0,99 – 0,99	Normal	N	1 kali dalam 3 tahun
-1,49 – -1,00	Agak Kering	AK	1 kali dalam 10 tahun
-1,99 – -1,50	Kering	K	1 kali dalam 20 tahun
≤ -2,00	Sangat Kering	SK	1 kali dalam 50 tahun

Komparasi antara SPI dan SPEI dilakukan menggunakan parameter statistic yaitu *Pearson correlation coefficient* (r) dan uji T berpasangan (ts):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \dots\dots\dots (8)$$

$$ts = \frac{|\bar{x}_2 - \bar{x}_1|}{\sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan: y_i adalah nilai SPI pada waktu ke-i, \bar{y} nilai SPI rata-rata pada periode tertentu, x_i nilai SPEI pada waktu ke-i; \bar{x} nilai SPEI rata-rata pada periode

tertentu, n jumlah data; \bar{x}_1 adalah nilai rerata SPI ; \bar{x}_2 adalah nilai rerata SPEI ; S_1 adalah nilai variansi SPI; S_2 adalah nilai variansi SPEI; n_1 adalah banyaknya data SPI; dan n_2 adalah banyaknya data SPEI. Tingkat keamatan hubungan (r) antara nilai SPI dan SPEI disajikan pada Tabel 3. Uji T dilakukan pada tingkat signifikansi (*level of significance*) sebesar 5% atau $\alpha = 0,05$. Nilai SPI dan SPEI berbeda signifikan apabila nilai uji T (T_{hitung}) > nilai kritis (T_{tabel}), dan nilai SPI dan SPEI tidak berbeda signifikan apabila nilai uji T (T_{hitung}) < nilai kritis (T_{tabel}).

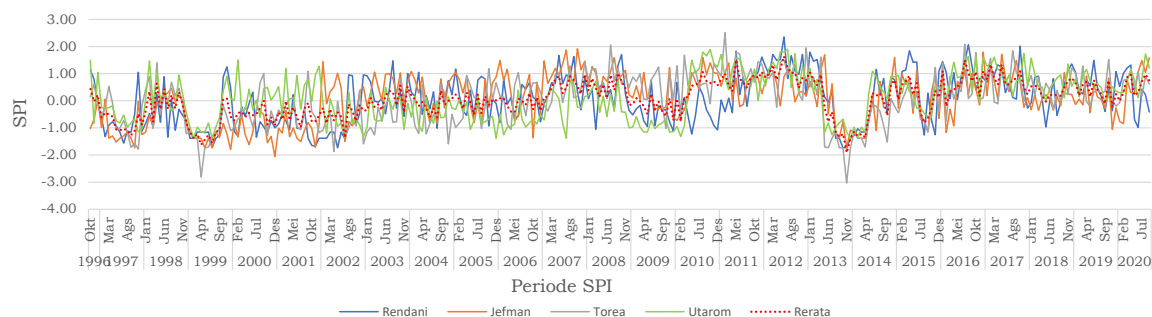
Tabel 3. Tingkat hubungan antara data hasil estimasi dan observasi (Azka dkk., 2018)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat lemah
0,20 – 0,399	Lemah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

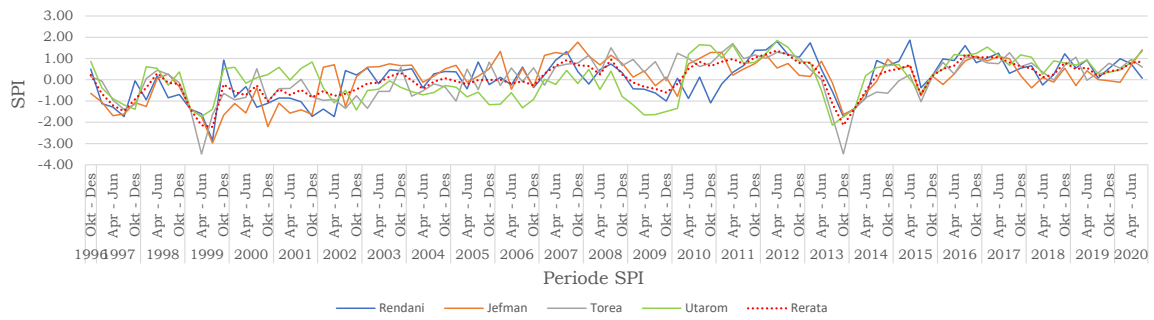
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data iklim perekaman tahun 1996 – 2020 dan metode SPI, Provinsi Papua Barat pada umumnya memiliki tingkat kekeringan Agak Kering (AK) hingga Basah (B) yang diindikasikan dengan nilai SPI berada pada kisaran -1,49 sampai 1,99 pada periode 1 bulan, 3 bulan, 6 bulan dan 12 bulan. Sedangkan berdasarkan metode SPEI, Provinsi Papua Barat pada umumnya memiliki tingkat kekeringan Normal (N) hingga Basah (B) yang

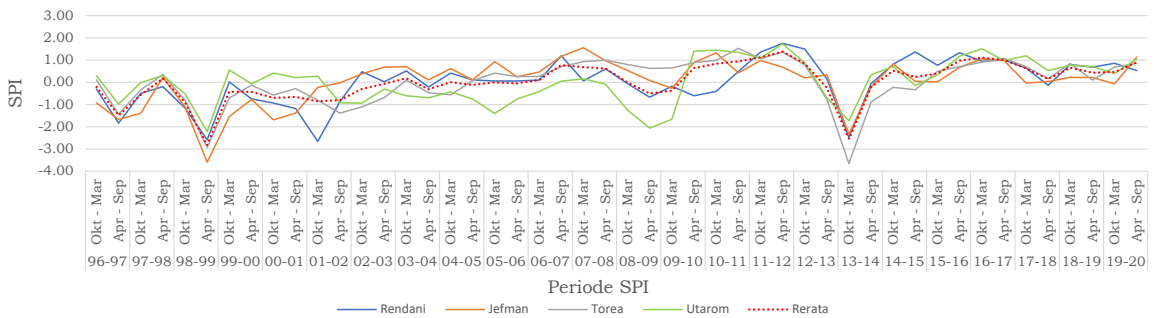
diindikasikan dengan nilai SPEI berada pada kisaran -1,00 sampai 1,99 pada periode 1 bulan, 3 bulan, 6 bulan dan 12 bulan. Hasil penelitian ini relevan dengan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) yang melaporkan bahwa sebagian besar wilayah di Provinsi Papua Barat memiliki potensi ancaman kekeringan rendah (Yunus et al. 2019). Hasil analisis tingkat kekeringan di Provinsi Papua Barat berdasarkan metode SPI dan SPEI ditunjukkan pada Gambar 3 sampai Gambar 10.



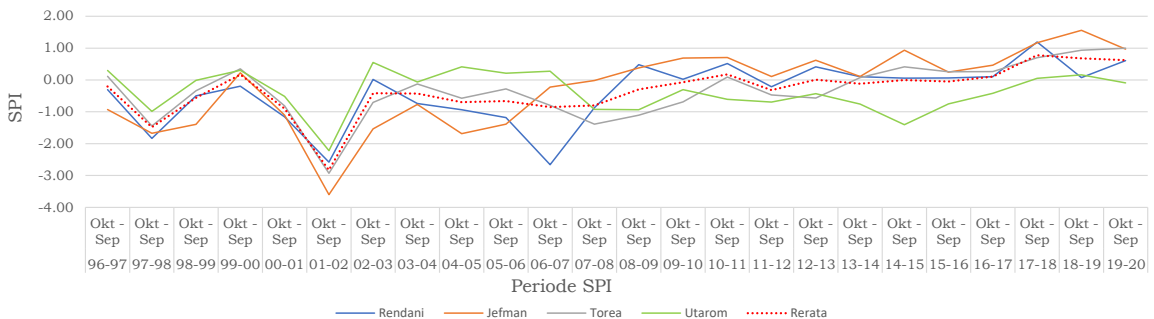
Gambar 3. Grafik nilai SPI periode 1 bulan di Provinsi Papua Barat tahun 1996 – 2020



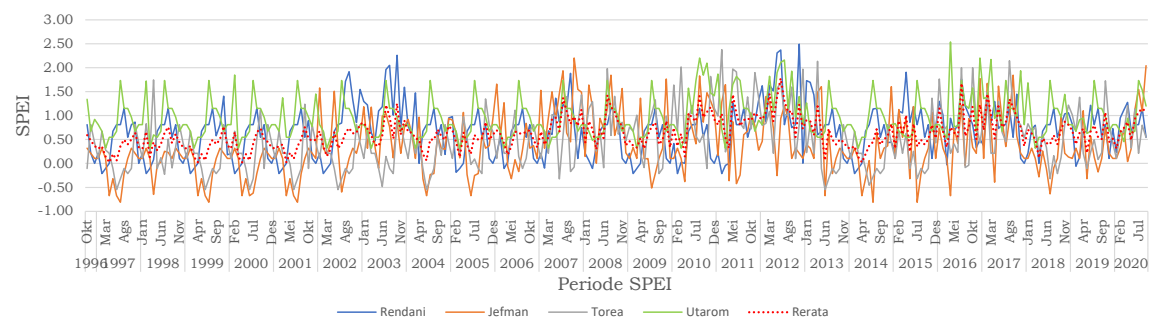
Gambar 4. Grafik nilai SPI periode 3 bulan di Provinsi Papua Barat tahun 1996 – 2020



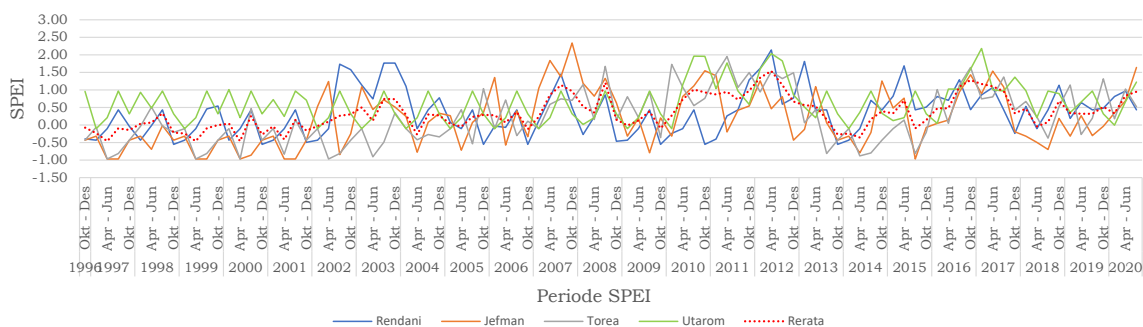
Gambar 5. Grafik nilai SPI periode 6 bulan di Provinsi Papua Barat tahun 1996 – 2020



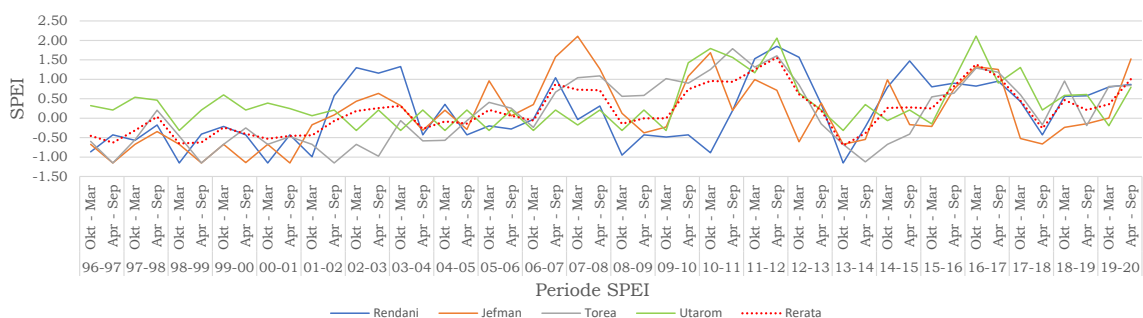
Gambar 6. Grafik nilai SPI periode 12 bulan di Provinsi Papua Barat tahun 1996 – 2020



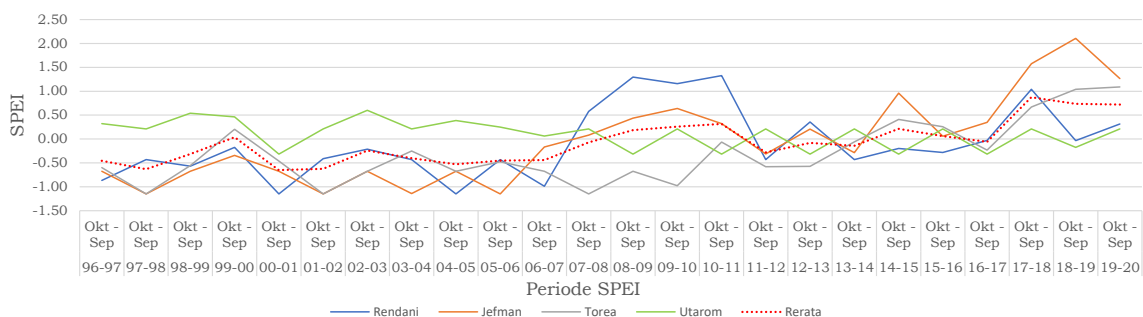
Gambar 7. Grafik nilai SPEI periode 1 bulan di Provinsi Papua Barat tahun 1996 – 2020



Gambar 8. Grafik nilai SPEI periode 3 bulan di Provinsi Papua Barat tahun 1996 – 2020



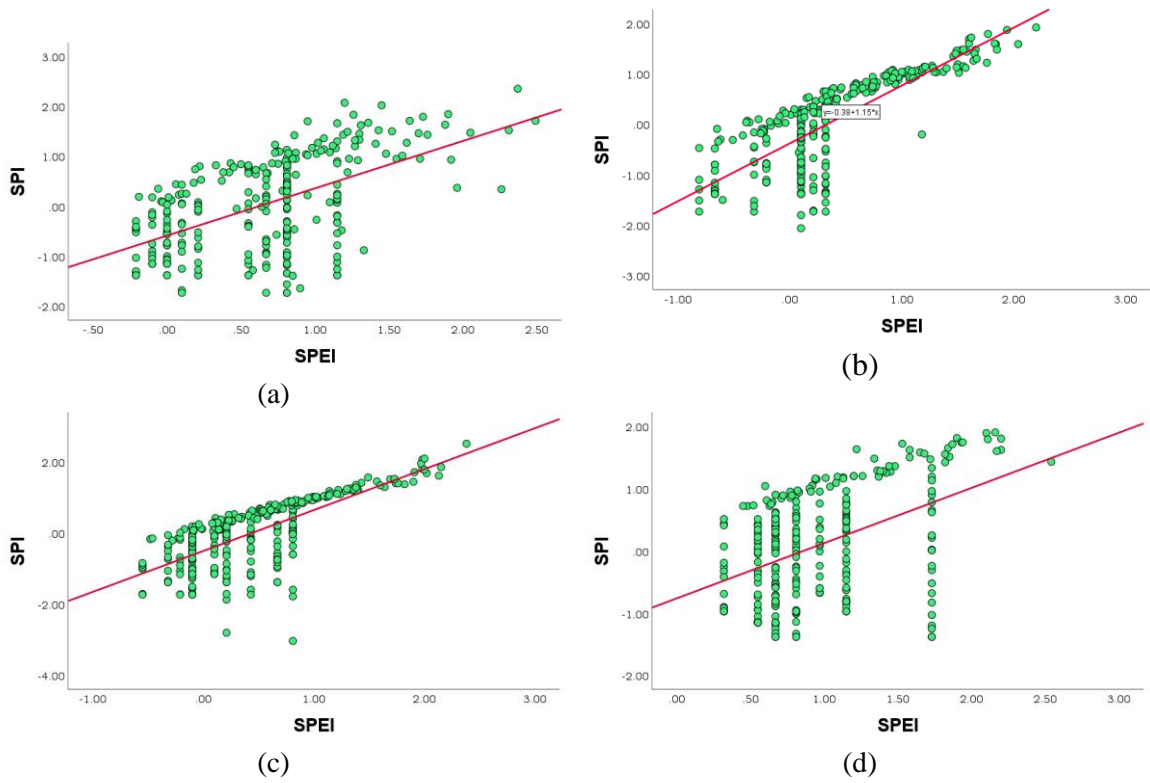
Gambar 9. Grafik nilai SPEI periode 6 bulan di Provinsi Papua Barat tahun 1996 – 2020



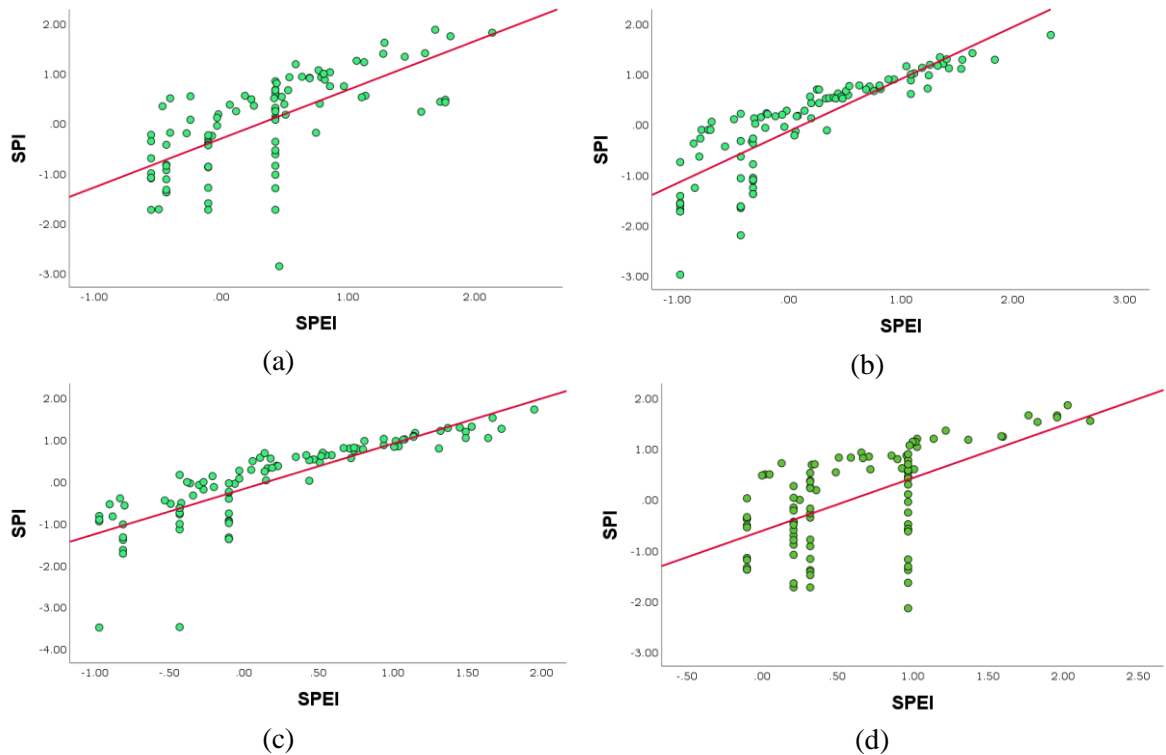
Gambar 10. Grafik nilai SPEI periode 12 bulan di Provinsi Papua Barat tahun 1996 – 2020

Pada umumnya nilai SPI dan SPEI di Provinsi Papua Barat hasil pengolahan data iklim pengamatan tahun 1996 – 2020 memiliki korelasi yang kuat. Hal ini ditandai dengan nilai koefisien korelasi pearson (r) rata-rata pada periode 1 bulan hingga 12 bulan sebesar 0,73. Scatter plot SPI dan SPEI periode 1 bulan hingga 12

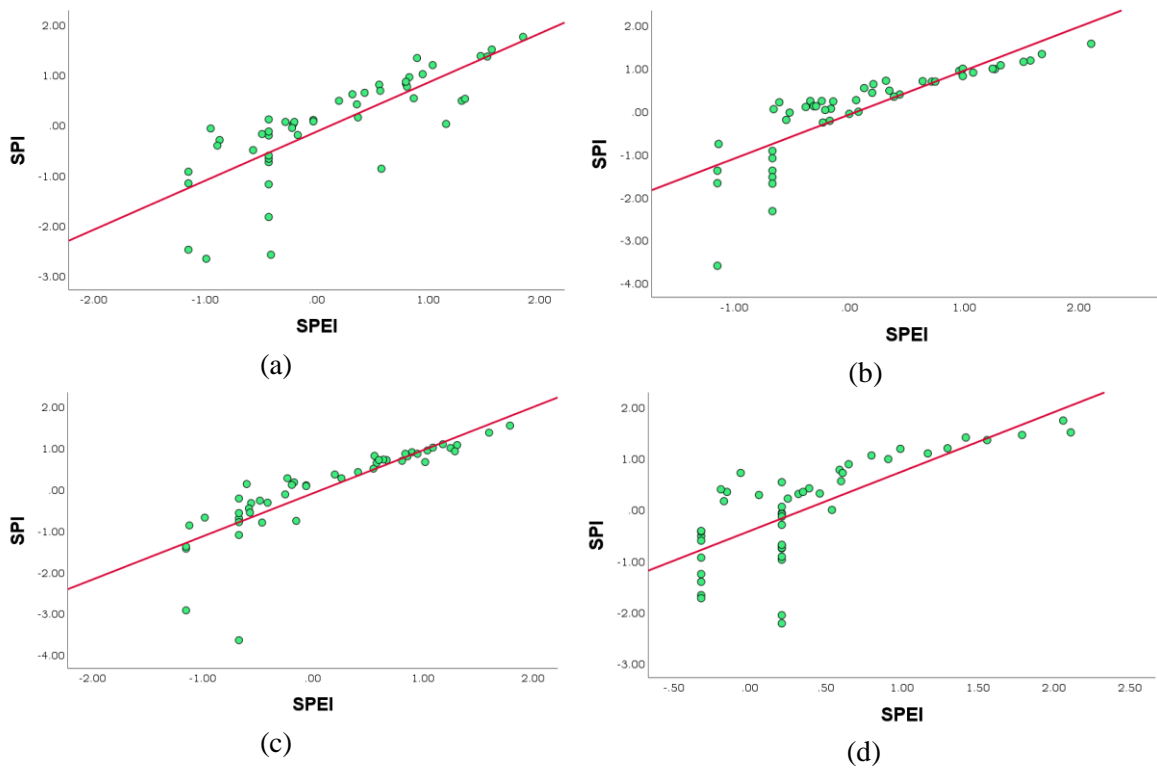
bulan di Provinsi Papua Barat hasil analisis data iklim tahun 1996 – 2020 disajikan pada Gambar 11 sampai Gambar 14. Sedangkan hasil uji koefisien korelasi pearson (r) antara metode SPI dan SPEI hasil pengolahan data iklim tahun 1996 – 2020 di Provinsi Bapua Barat disajikan pada Tabel 4.



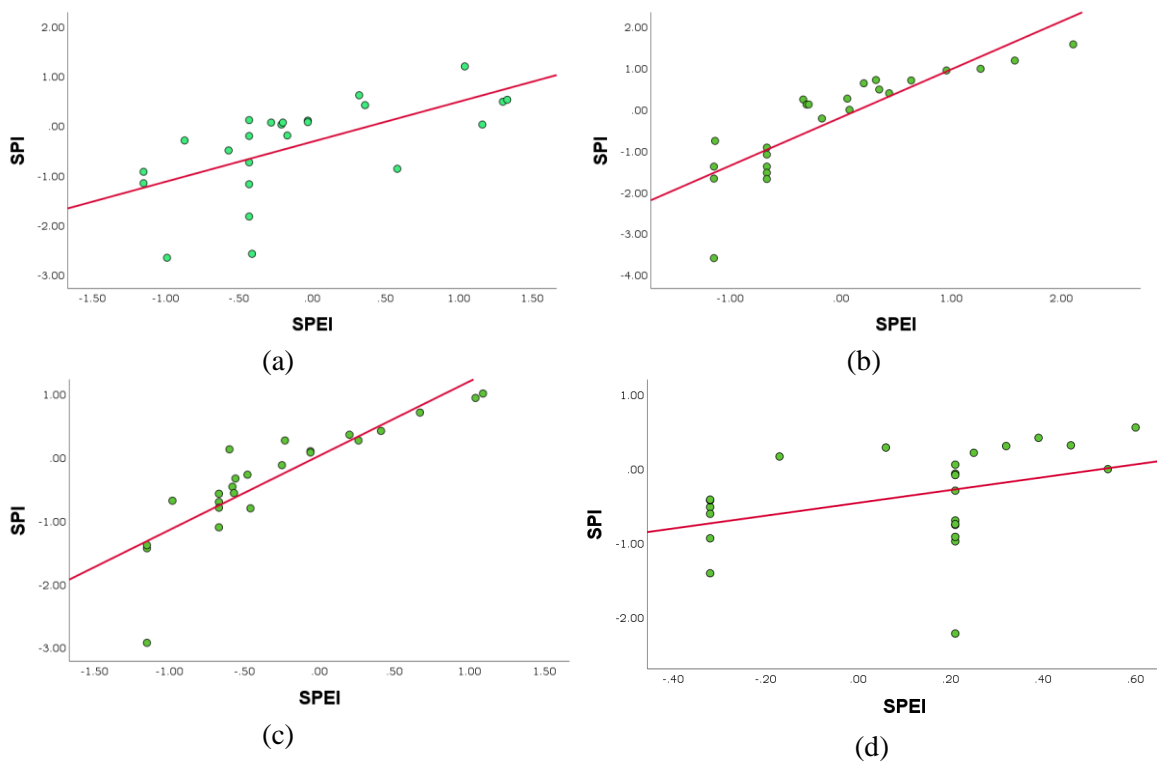
Gambar 11. Scatter plot SPI dan SPEI periode 1 bulan hasil analisis data iklim pengamatan tahun 1996 - 2020: (a) Rendani, (b) Jefman, (c) Torea, (d) Utarom



Gambar 12. Scatter plot SPI dan SPEI periode 3 bulan hasil analisis data iklim pengamatan tahun 1996 - 2020: (a) Rendani, (b) Jefman, (c) Torea, (d) Utarom



Gambar 13. Scatter plot SPI dan SPEI periode 6 bulan hasil analisis data iklim pengamatan tahun 1996 - 2020: (a) Rendani, (b) Jefman, (c) Torea, (d) Utarom



Gambar 14. Scatter plot SPI dan SPEI periode 12 bulan hasil analisis data iklim pengamatan tahun 1996 - 2020: (a) Rendani, (b) Jefman, (c) Torea, (d) Utarom

Tabel 4. Hasil uji *Pearson correlation coefficient* (r) antara metode SPI dan SPEI hasil pengolahan data iklim tahun 1996 – 2020 di Provinsi Papua Barat

Stasiun Iklim	Periode			
	1 bulan	3 bulan	6 bulan	12 bulan
Rendani	0,55	0,69	0,79	0,63
Jefman	0,79	0,84	0,82	0,85
Torea	0,73	0,84	0,85	0,88
Utarom	0,45	0,93	0,75	0,36
Rata-rata	0,63	0,83	0,80	0,68

Berdasarkan hasil uji T berpasangan, nilai SPI dan SPEI berbeda signifikan pada periode 1 bulan dan 3 bulan, dan tidak berbeda signifikan pada periode 6 bulan dan 12 bulan. Hasil uji T berpasangan nilai

SPI dan SPEI hasil analisis data iklim di Provinsi Papua Barat periode pengamatan tahun 1996 – 2020 pada tingkat signifikansi sebesar 5% disajikan pada Tabel 5 sampai Tabel 8.

Tabel 5. Hasil uji T berpasangan antara metode SPI dan SPEI periode 1 bulan

Parameter	Rendani	Jefman	Torea	Utarom
Jumlah data	288	288	288	288
α	0,05	0,05	0,05	0,05
Rata-rata SPI	0,05	0,06	0,04	0,09
Rata-rata SPEI	0,67	0,38	0,48	0,97
Standar deviasi SPI	0,93	0,91	0,94	0,86
Standar deviasi SPEI	0,54	0,63	0,59	0,44
T-tabel	1,97	1,97	1,97	1,97
T-hitung	13,55	9,74	11,30	9,28
Kesimpulan	Berbeda signifikan	Berbeda signifikan	Berbeda signifikan	Berbeda signifikan

Tabel 6. Hasil uji T berpasangan antara metode SPI dan SPEI periode 3 bulan

Parameter	Rendani	Jefman	Torea	Utarom
Jumlah data	96	96	96	96
α	0,05	0,05	0,05	0,05
Rata-rata SPI	0,04	0,04	0,04	0,03
Rata-rata SPEI	0,36	0,17	0,21	0,63
Standar deviasi SPI	0,94	0,96	0,97	0,96
Standar deviasi SPEI	0,66	0,79	0,75	0,55
T-tabel	1,98	1,98	1,98	1,98
T-hitung	4,49	2,52	3,03	7,51
Kesimpulan	Berbeda signifikan	Berbeda signifikan	Berbeda signifikan	Berbeda signifikan

Tabel 7. Hasil uji T berpasangan antara metode SPI dan SPEI periode 6 bulan

Parameter	Rendani	Jefman	Torea	Utarom
Jumlah data	48	48	48	48
α	0,05	0,05	0,05	0,05
Rata-rata SPI	0,02	0,03	0,03	0,02
Rata-rata SPEI	0,15	0,12	0,13	0,38
Standar deviasi SPI	1,02	1,03	1,02	0,98
Standar deviasi SPEI	0,82	0,83	0,82	0,63
T-tabel	2,01	2,01	2,01	2,01
T-hitung	1,48	0,99	1,22	3,74
Kesimpulan	Tidak berbeda signifikan	Tidak berbeda signifikan	Tidak berbeda signifikan	Berbeda signifikan

Tabel 8. Hasil uji T berpasangan antara metode SPI dan SPEI periode 12 bulan

Parameter	Rendani	Jefman	Torea	Utarom
Jumlah data	24	24	24	24
α	0,05	0,05	0,05	0,05
Rata-rata SPI	-0,40	-0,26	-0,33	-0,37
Rata-rata SPEI	-0,09	-0,04	-0,30	0,11
Standar deviasi SPI	0,96	1,20	0,87	0,65
Standar deviasi SPEI	0,73	0,89	0,64	0,29
T-tabel	2,07	2,07	2,07	2,07
T-hitung	1,95	1,61	0,33	3,88
Kesimpulan	Tidak berbeda signifikan	Tidak berbeda signifikan	Tidak berbeda signifikan	Berbeda signifikan

KESIMPULAN

Metode SPI dan SPEI cukup akurat dalam mengidentifikasi kekeringan meteorologis di Provinsi Papua Barat. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kemiripan antara hasil analisis dengan laporan yang dirilis oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Disamping itu metode SPI dan SPEI memiliki korelasi yang kuat dalam menganalisis kekeringan di Provinsi Papua Barat, meskipun pada beberapa periode terdapat perbedaan nilai yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, D. P., Aziz, A., Komariah, Sumani, dan Abara, M. (2020). Comparing the Accuracy of Estimating Soil Moisture Using the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). *Sains Tanah* 17(1), 23–29.
- Azka, Adib, M., Sugianto, P. A., Silitonga, A. K., dan Nugraheni, I. R. (2018). Uji Akurasi Produk Estimasi Curah Hujan Satelit GPM IMERG Di Surabaya, Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca* 19(2), 83–88.

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2021). *Proyeksi Perubahan Iklim*. Retrieved (https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=proyeksi-perubahan-iklim).
- BMKG. (2018). The Standardized Precipitation Index. Retrieved November 7, 2018 (https://www.bmkg.go.id/berita/?p=the-standardized-precipitation-index-oktober-2018&lang=ID&s=detil).
- Byun, H-R, and Wilhite, D. A. (1999). Objective Quantification of Drought Severity and Duration. *American Meteorological Society* 12(September):2747–56.
- European Drought Observatory. (2019). *Standardized Precipitation Index (SPI)*.
- Guttman, N. B. (1999). Accepting The Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm. *Journal of The American Water Resource Association* 35(2), 311–22.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (1992). *Climate Change*. Canada.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022 : Mitigation of Climate Change*.
- Lloyd-Hughes, B., and Saunders, M. A. (2002). A Drought Climatology for Europe. *International Journal of Climatology* 22(3):1571–92.
- Ogunrinde, Akinwale T., Olasehinde, D. A., and Olotu, Y. (2020). Assessing the Sensitivity of Standardized Precipitation Evapotranspiration Index to Three Potential Evapotranspiration Models in Nigeria. *Scientific African* 8:16p.
- Palmer, W. C. (1965). *Meteorological Drought*. Washington D.C.
- Palmer, W. C., and A. Vaughn Havens. (1958). A Graphical Technique for Determining Evapotranspiration By the Thornthwaite Method. *Monthly Weather Review* 86(4):123–28.
- Salehnia, Nasrin, Bannayan, M. Talent Link Co, Zarrin, A., and Hoogenboom, G. (2017). Estimation of Meteorological Drought Indices Based on AgMERRA Precipitation Data and Station-Observed Precipitation Data. *Journal of Arid Land* 9(October):797–809.
- Vicente-Serrano, S. M., Begueria, S., and Lopez-Moreno, J. I. (2009). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming : The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate* 23, 1696–1718.
- Weather National Service. (2020). United States Drought Information.
- World Meteorological Organization. (2012). *Guide to Agricultural Meteorological Practices*.
- World Meteorological Organization. (2016). *Handbook of Drought Indicators*

and Indices. 2nd ed. Geneva: World Meteorological Organization and Global Water Partnership.

Yunus, R., Amri, M. R., Wartono,

Kristanto, Y., and Nugraheni, A. D. (2019). *Katalog Desa/ Kelurahan Rawan Kekeringan*. 1st ed. edited by Wartono. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.