

ANALISIS KEKERINGAN METEOROLOGI DI WILAYAH IKLIM HUTAN HUJAN TROPIS PADA SAAT EL-NIÑO KUAT TAHUN 2015

METEOROLOGICAL DROUGHT ANALYSIS IN TROPICAL RAINFOREST CLIMATE REGIONS DURING THE STRONG EL-NIÑO OF 2015

Andi Ihwan*, Tyas Khansa Tsabita, dan Riza Adriat

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Pontianak Kalimantan Barat, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: andihwan@physics.untan.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 15 Juli 2023
Direvisi: 19 September 2023
Disetujui: 20 Oktober 2023

KEYWORDS:

El Niño, hotspots, KBDI, severity,

ABSTRACT

Forest and land fires in tropical rainforest climate regions including West Kalimantan are problems that occur almost every year. El-Niño is expected to exacerbate droughts, and prolonged droughts result in forest and land fires. This study aims to assess the impact of the El-Niño event (2015) on the severity of drought in West Kalimantan. The model used for drought analysis is the Keetch-Byram Drought Index (KBDI). The drought index value of the El-Niño year was then compared with the normal year (2013). The results showed that El-Niño (2015) influence of on the severity and duration of drought in West Kalimantan. July to October are months with high drought potential in West Kalimantan, especially in the southern part of West Kalimantan. The effect of the El-Niño event was also observed on drought-prone land, where the area of drought-prone land increased by more than 10% compared to normal years. Information on when and where drought levels reach high fire risk levels is very important for mitigating forest and land fires in the West Kalimantan region.

ABSTRAK

Kebakaran hutan dan lahan di wilayah iklim hutan hujan tropis termasuk Kalimantan Barat merupakan masalah yang terjadi hampir setiap tahun. El-Niño diperkirakan memperparah kekeringan, dan kekeringan yang berkepanjangan berdampak pada kebakaran hutan dan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak peristiwa El-Niño (2015) terhadap tingkat keparahan kekeringan di Kalimantan Barat. Model yang digunakan untuk analisis kekeringan adalah Keetch-Byram Drought Index (KBDI). Nilai indeks kekeringan tahun El-Niño kemudian dibandingkan dengan tahun normal (2013). Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh El-Niño (2015) terhadap tingkat keparahan dan durasi kekeringan di Kalimantan Barat. Bulan Juli hingga Oktober merupakan bulan dengan potensi kekeringan tinggi di Kalimantan Barat, khususnya di bagian selatan Kalimantan Barat. Efek peristiwa El-Niño juga teramati pada lahan rawan kekeringan, dengan luas lahan rawan kekeringan meningkat lebih dari 10% dibandingkan dengan tahun-tahun normal. Informasi kapan dan dimana tingkat kekeringan mencapai tingkat resiko kebakaran yang tinggi sangat penting untuk mitigasi kebakaran hutan dan lahan di wilayah Kalimantan Barat.

KATA KUNCI:

El Niño, KBDI, tingkat keparahan, titik api

1. PENDAHULUAN

Kekeringan berkepanjangan di wilayah hutan hujan tropis Kalimantan dapat berdampak pada kebakaran hutan dan lahan dan ini merupakan permasalahan yang hampir setiap tahunnya terjadi dan menjadi perhatian berbagai peneliti global (Latifah *et al.*, 2019; Nurdiati *et al.*, 2021; Tan *et al.*, 2021).

Fenomena El-Niño merupakan kejadian global yang menyebabkan penurunan curah hujan di wilayah Indonesia dan berdampak peningkatan kekeringan (Taufik *et al.*, 2017; Ihwan *et al.*, 2019). Peristiwa kebakaran hutan dan lahan dalam skala besar pernah terjadi di Indonesia pada tahun 2015 khususnya di Pulau Sumatra, Kalimantan dan Papua, dengan luas hutan dan lahan yang terbakar di Indonesia sebesar 2.611.411,44 ha, sebanyak 3,6% terjadi di Kalimantan Barat (SiPongi, 2023). Faktor yang memengaruhi kebakaran hutan dan lahan pada tahun tersebut terjadi fenomena El-Niño berkategori kuat (Beese *et al.*, 2022).

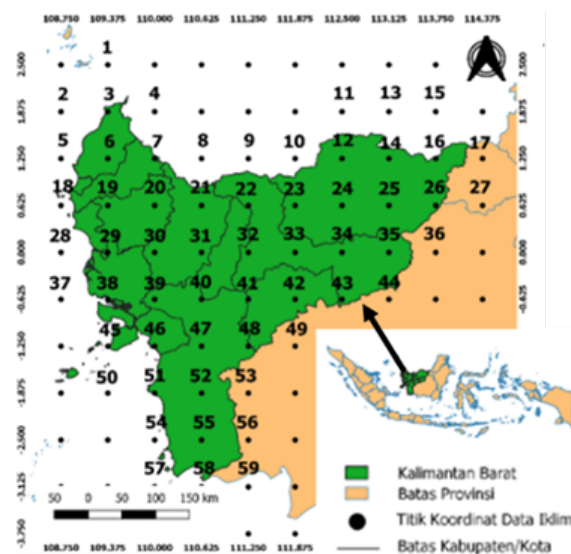
Kalimantan Barat merupakan wilayah beriklim hutan hujan tropis yang memiliki suhu dan kelembapan udara serta curah hujan yang tinggi (Saputro *et al.*, 2021). Kalimantan Barat memiliki hutan dan lahan gambut yang sangat luas membuat wilayah Kalimantan Barat sering mengalami kebakaran hutan terutama saat musim kemarau yang berkepanjangan. Jumlah titik api (hotspot) berkategori ekstrem di Kalimantan Barat pada durasi tahun 2003-2004 (Heryalianto, 2006). Titik hotspot tersebut merupakan indikator awal terjadinya kebakaran hutan dan lahan (Nurdiati, Sopaheluwakan and Septiawan, 2022). Informasi tentang kekeringan hutan dan lahan perlu diketahui sedini mungkin sebagai upaya mitigasi bencana hidrometeorologi.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis tingkat kekeringan kaitannya dengan tingkat bahaya kebakaran hutan dan lahan adalah metode Keetch-Byram Drought Index (KBDI). Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji tingkat kekeringan meteorologis yang terjadi di Kalimantan Barat pada saat kejadian El-Niño kuat tahun 2015, menggunakan metode KBDI. Kejadian El-Niño dapat mempengaruhi parameter cuaca di Indonesia yakni menyebabkan penurunan curah hujan dengan kategori di bawah normal (Athoillah *et al.*, 2017; Firmansyah *et al.*, 2022).

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di Kalimantan Barat seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Lokasi penelitian

Tabel 1. Klasifikasi indeks kekeringan KBDI

Nilai KBDI	Kategori
0 – 100	Rendah
101 – 150	Sedang
151 – 175	Tinggi
176 – 203	Ekstrem

2.2 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data iklim berupa data curah hujan dan suhu udara maksimum harian untuk wilayah Kalimantan Barat, yang terdiri dari 59 titik dengan resolusi spasial $0,625^\circ \times 0,625^\circ$. Data iklim tersebut diunduh di <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Selanjutnya data hotspot yang digunakan sebagai penduga kebakaran hutan dan lahan dengan satelit MODIS yang diperoleh dari <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>.

2.3 Keetch-Byram Drought Index (KBDI)

KBDI merupakan metode kekeringan dikembangkan di Florida oleh Keetch dan Byram (1968). Pada penelitian ini Model KBDI menggunakan persamaan yang telah disesuaikan untuk iklim di wilayah iklim tropis (Taufik *et al.*, 2015) dengan parameter iklim adalah curah hujan dan suhu udara maksimum. Persamaan-persamaan untuk menghitung indeks kekeringan KBDI adalah:

$$\text{KBDI} = \text{KBDI}^{t-1} - R_{\text{net}} + \text{DF} \quad (1)$$

$$\text{DF} = \frac{(203 - \text{KBDI}^{t-1})(0.4982e^{(0.0905 \times T_m + 1.6096)} - 4.268) \times 10^{-3}}{1 + 10.88e^{(-0.001736 \times R_0)}} \quad (2)$$

Keterangan: KBDI= Indeks kekeringan; KBDI^{t-1} = Indeks kekeringan sebelumnya; R_{net} = Curah hujan bersih (mm); DF= Faktor kekeringan (mm); T_m = Suhu udara maksimum harian $^\circ\text{C}$; R_0 = Akumulasi curah hujan tahunan (mm)

Indeks kekeringan KBDI dihitung menggunakan persamaan (1). Data yang digunakan adalah data iklim tahun 2015 (El-Niño) dengan tahun 2013 (normal) sebagai tahun pembanding. Penentuan nilai awal KBDI yaitu ketika nilai curah hujan dalam satu pekan berjumlah ≥ 150 mm. Nilai curah hujan yang berjumlah ≥ 150 mm dalam satu pekan dianggap sebagai hari hujan sehingga nilai indeks kekeringan pada hari tersebut bernilai 0. Klasifikasi nilai indeks kekeringan Keetch-Byram disajikan pada Tabel 1 (Taufik *et al.*, 2015).

Selanjutnya dilakukan Perata-rataan bulanan nilai KBDI untuk 59 titik penelitian yang merupakan wilayah Kalimantan Barat. Nilai KBDI bulanan dianalisis secara temporal dan spasial

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis tingkat kekeringan KBDI

Tingkat keparahannya pada tahun El-Niño (2015) pada umumnya lebih tinggi jika dibandingkan dengan tahun normal (Tabel 2). Pada tahun normal kekeringan di Kalimantan Barat dominan berkategori rendah yaitu 99% dan sisanya berkategori sedang (1%), serta tidak ada yang kategori tinggi dan ekstrim sedangkan pada tahun El-Niño tingkat kekeringan di Kalimantan Barat terjadi kekeringan dengan kategori rendah lebih sedikit dibandingkan pada tahun normal yaitu 83% bahkan tingkat kekeringan pada tahun El-Niño terdapat kekeringan dengan kategori tinggi dan ekstrim yaitu masing-masing 2%.

Tabel 2. Persentase Kategori kekeringan KBDI di Kalimantan Barat pada tahun Normal dan tahun El-Niño

Tahun	Kategori Kekeringan (%)			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Ekstrem
Normal	99	1	0	0
El-Niño	83	13	2	2

Tabel 3. Nilai indeks kekeringan KBDI bulanan (minimum, rata-rata dan maksimum) 59 titik pengamatan di Kalimantan Barat pada tahun Normal (2013) dan Tahun El-Niño (2015).

o	Tahun Normal			Tahun El-Niño			o.	Tahun Normal			Tahun El-Niño		
	min	rata-rata	max	min	rata-rata	max		min	rata-rata	max	min	rata-rata	max
0	1,61	42,18	87,37	0,64	78,45	151,02	31	1,43	20,02	40,08	3,28	41,33	130,8
	2,93	32,32	56,77	1,93	78,66	148,39	32	0,85	19,42	49,71	4,31	40,24	126,94
	2,19	33,89	71,22	0,63	68,83	124,79	33	0,79	19,14	46,24	4,47	39,65	124,78
	1,39	22,74	52,75	0,59	59,64	120,47	34	0,45	13,14	30,94	2,80	36,55	118,29
	4,98	31,45	60,44	1,34	67,24	139,50	35	0,16	9,29	29,97	0,47	35,63	116,25
	4,02	28,69	55,57	1,17	62,69	115,39	36	0,37	12,54	57,00	0,91	37,63	123,52
	2,82	20,76	49,09	1,07	49,66	96,26	37	0,82	20,99	49,06	4,51	43,93	114,40
	1,29	20,97	57,35	1,27	38,36	99,31	38	5,49	25,12	59,92	6,78	48,86	134,76
	1,00	27,68	67,21	1,73	31,97	93,42	39	5,29	25,64	61,38	7,30	50,34	139,47
0	0,92	21,40	49,61	0,79	28,01	79,76	40	2,12	21,05	50,74	4,57	44,33	138,10
1	1,70	23,29	62,25	0,49	27,70	77,56	41	0,91	18,16	48,86	4,73	39,59	123,23
2	1,20	13,34	43,89	0,52	25,56	78,14	42	6,98	30,49	68,51	32,92	132,92	195,07
3	1,69	15,74	43,46	0,27	30,39	97,48	43	0,45	16,89	55,39	2,63	38,43	122,93
4	1,20	11,03	41,81	0,49	27,87	89,78	44	0,27	15,44	63,23	1,91	46,33	148,59
5	1,25	9,37	26,55	0,16	26,07	89,41	45	3,58	27,55	71,88	5,51	51,76	141,04
6	1,09	9,37	34,27	0,46	26,63	87,96	46	3,60	29,35	78,93	6,63	56,79	153,58
7	0,73	6,79	25,97	0,15	25,44	80,20	47	1,77	25,30	74,43	5,63	53,19	156,15
8	6,75	28,37	58,32	2,06	52,85	110,74	48	0,81	18,93	52,65	6,00	44,00	132,14
9	4,16	23,28	54,73	2,52	46,50	112,00	49	0,73	19,29	54,53	6,22	43,13	130,96
0	2,98	21,32	52,64	2,32	42,95	108,42	50	1,65	31,21	95,36	5,87	53,06	151,66
1	0,85	17,82	35,06	2,07	36,58	111,82	51	1,34	31,15	98,55	6,51	53,00	150,72
2	0,94	18,74	41,86	2,73	38,11	120,88	52	2,39	36,66	117,09	5,99	66,06	182,50
3	0,90	15,14	38,86	2,03	35,51	118,18	53	10,44	43,43	128,44	9,18	79,61	192,29
4	0,82	12,77	35,92	1,33	34,72	108,44	54	1,54	33,54	107,74	6,11	51,85	153,42
5	0,44	10,01	30,82	0,51	31,74	98,55	55	0,96	31,70	105,09	5,76	55,45	161,70
6	0,43	8,02	25,91	0,56	28,03	88,63	56	9,44	37,37	114,88	9,02	78,24	188,97
7	0,34	11,07	45,08	0,41	35,64	114,14	57	5,15	39,17	88,16	6,32	76,15	188,57
8	3,85	23,17	48,45	4,05	44,84	107,14	58	2,10	35,98	117,15	2,85	64,84	177,61
9	7,75	26,18	55,52	4,95	47,17	125,96	59	8,95	34,62	105,35	6,38	72,84	181,43
0	7,05	24,75	56,09	5,04	46,15	128,46							

Tingkat kekeringan berdasarkan metode KBDI di Kalimantan Barat berdasarkan 59 titik untuk dua periode tahun normal (2013) dan tahun El-Niño (2015) menunjukkan hasil yang bervariasi seperti yang terlihat pada Tabel 3. Pada penelitian ini indeks kekeringan KBDI di Kalimantan Barat pada tahun normal dan tahun El-Niño berada pada rentang dengan nilai indeks 0,16 – 192,10. Pada tahun normal pada umumnya nilai indeks kekeringannya di bawah 100 hanya beberapa titik yang memiliki nilai indeks kekeringan KBDI di atas 100 atau berkategori normal yaitu di titik 22, 24 s/d 30) (Tabel 3).

Tingkat keparahan kekeringan pada tahun Normal maksimum 128,40 (kategori sedang), sedangkan pada tahun El-Niño tingkat keparahan kekeringan maksimum sebesar 192,10 (kategori ekstrim).

Meningkatnya nilai kekeringan KBDI pada tahun El-Niño 2015 terutama pada bulan Juli s/d Oktober. Hal ini menunjukkan bahwa fenomena El-Niño memengaruhi tingkat keparahan kekeringan di Kalimantan Barat terutama pada saat El-Niño kuat seperti pada tahun 2015. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Hidayat *et al.*, (2018), bahwa kejadian El-Niño dapat memperparah tingkat kekeringan di wilayah Indonesia termasuk Kalimantan Barat. Peningkatan tingkat kekeringan di Indonesia pada saat El-Niño disebabkan karena tingkat dan durasi curah hujan yang sangat rendah.

3.2 Analisis Kekeringan secara Spasial

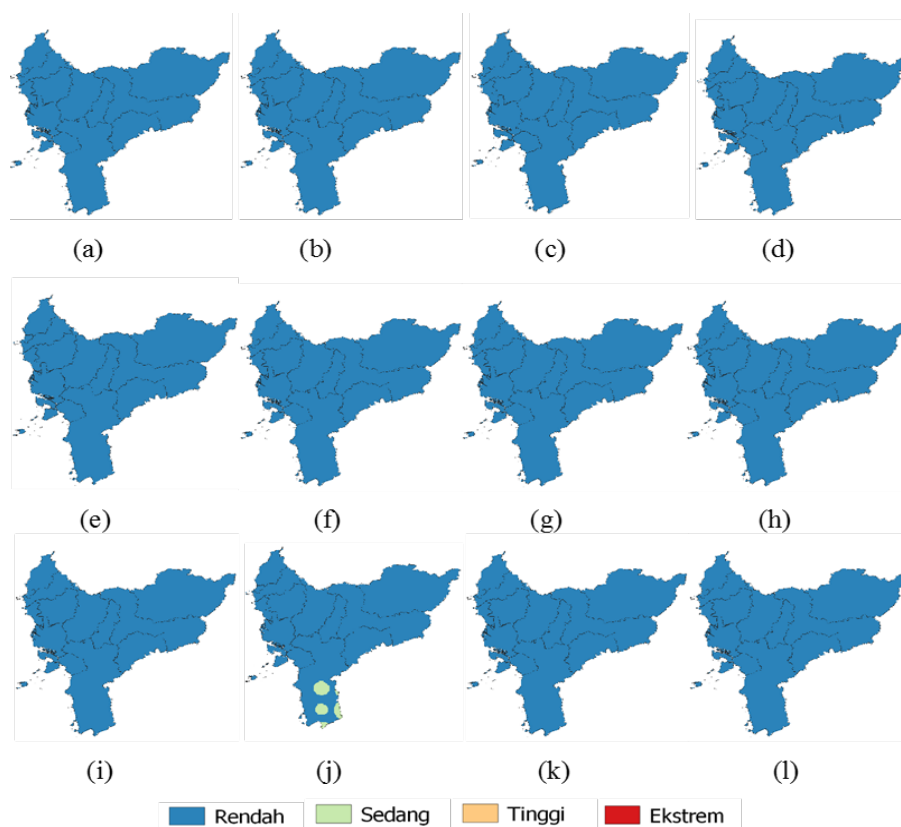
Analisis spasial indeks kekeringan di Kalimantan Barat dilakukan dengan pemetaan indeks kekeringan KBDI rata-rata bulanan. Peta sebaran nilai indeks kekeringan dua periode yang berbeda yaitu pada tahun normal (2013) dan pada tahun El-Niño (2015) kemudian kedua peta sebaran indeks kekeringan tahun yang berbeda tersebut dibandingkan untuk menganalisis pengaruh El-Niño terhadap kekeringan di Kalimantan Barat.

Sebaran kekeringan skala bulanan di Wilayah Kalimantan Barat tahun normal (2013) pada umumnya berkategori rendah hingga sedang (Gambar 2). Kekeringan dengan kategori rendah terjadi di seluruh wilayah Kalimantan Barat hampir setiap bulannya, kecuali pada bulan Oktober. Kekeringan dengan kategori sedang terjadi pada bulan Oktober khususnya di wilayah bagian selatan Kalimantan Barat yaitu di wilayah Kabupaten Ketapang.

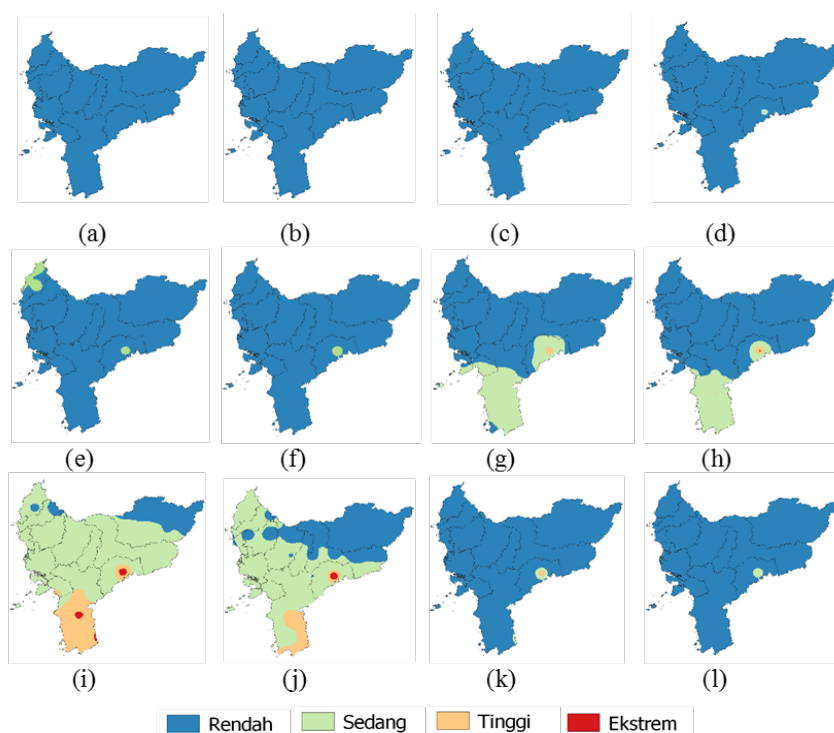
Peta sebaran indeks kekeringan rata-rata bulanan di Kalimantan Barat tahun El-Niño (2015), sangat berbeda dengan tahun normal. Walaupun pada bulan Januari hingga Maret seluruh wilayah Kalimantan Barat kategori kekeringan masih tergolong rendah, namun pada bulan April mulai terlihat sedikit wilayah yang terdampak kekeringan dengan kategori sedang. Bulan Juli wilayah Kalimantan Barat mulai mengalami kekeringan dengan kategori tinggi seperti yang terjadi di bagian hulu sebelah selatan Kalimantan Barat letaknya sekitar Kabupaten Melawi.

Pengaruh El-Niño terhadap tingkat kekeringan di Kalimantan Barat mulai pada bulan Juli, hal ini diperlihatkan dengan meningkatnya indeks kekeringan KBDI menjadi kategori sedang di wilayah selatan Kalimantan Barat (Kabupaten Ketapang dan Melawi) (Gambar 3.g). Kemudian puncak kekeringan di Kalimantan Barat pada tahun 2015 terjadi pada bulan September (Gambar 3.i), hal ini ditunjukkan oleh nilai KBDI dengan kategori sedang terjadi hampir di seluruh wilayah Kalimantan Barat, kecuali bagian timur (sebagian Kabupaten Kapuas Hulu) masih berkategori rendah, bahkan bagian selatan Kalimantan Barat tingkat kekeringannya berkategori tinggi sampai dengan ekstrem yaitu di sekitar wilayah Kabupaten Melawi dan Ketapang. Kekeringan dengan kategori ekstrem masih terjadi di bulan Oktober tepatnya di Kabupaten Melawi dan terlihat penurunan nilai KBDI.

Berdasarkan Gambar 2 dan 3 yang lebih terdampak kekeringan di Kalimantan yaitu saat terjadi El-Niño kuat (2015). Fenomena El-Niño berdampak pada berkurangnya curah hujan dan dapat memperparah kekeringan di suatu wilayah. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh (Syauфина *et al.*, 2014) bahwa curah hujan merupakan unsur iklim yang berkorelasi kuat terhadap kekeringan dan dapat berdampak pada kejadian kebakaran hutan dan lahan. Salah satu wilayah yang paling rawan terhadap kekeringan ialah Kabupaten Ketapang. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Dicelebica *et al.* (2022), bahwa Kabupaten Ketapang merupakan wilayah Kalimantan Barat yang rentan terhadap kekeringan dibandingkan dengan wilayah lainnya. Sedangkan wilayah Kapuas Hulu merupakan wilayah tidak rawan kekeringan.



Gambar 2. Peta sebaran indeks kekeringan KBDI Kalimantan Barat tahun Normal (2013) (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember



Gambar 3. Peta sebaran indeks kekeringan KBDI Kalimantan Barat tahun El-Niño (2015) (a) Januari, (b) Februari, (c) Maret, (d) April, (e) Mei, (f) Juni, (g) Juli, (h) Agustus, (i) September, (j) Oktober, (k) November, (l) Desember

Tabel 3. Luas lahan terpapar kekeringan di Kalimantan Barat berdasarkan kategori KBDI

Kategori KBDI	Luas lahan kekeringan				Perubahan El-Niño – Normal	
	Tahun Normal		El-Niño			
	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Rendah	14.649.393,01	99,8	12.363.072,13	84,2	- 2.286.320,87	- 15,57
Sedang	30.692,06	0,2	2.054.540,45	14,0	2.023.848,39	13,79
Tinggi	0,00	0,0	242519,76	1,7	242.519,76	1,65
Ekstrem	0,00	0,0	1,79	0,1	1,79	0,14

Pada tahun normal luas lahan yang terpapar kekeringan sangat dominan berkategori rendah (99,8%), hanya 0,2% yang berkategori sedang dan sepanjang tahun tidak terdapat lahan yang terpapar kekeringan berkategori tinggi dan ekstrem. Pengaruh kejadian El-Niño di wilayah Kalimantan Barat terlihat pada luas lahan yang terpapar kekeringan. Pada saat El-Niño (2015) mengalami peningkatan luas yang terpapar kekeringan lebih dari 10% yang berkategori sedang s/d ekstrem terhadap tahun normal (Tabel 3).

4. KESIMPULAN

Analisis pengaruh kejadian El-Niño terhadap tingkat kekeringan di Kalimantan Barat dapat dikaji dengan membandingkan tingkat kekeringan pada tahun normal (2013) dengan tahun El-Niño (2015). Pada tahun normal tingkat kekeringan di Kalimantan Barat dominan berkategori rendah kemudian berkategori sedang dan tidak terdapat kategori tinggi maupun kategori ekstrem pada tahun tersebut. Bulan Juli hingga Oktober merupakan bulan dengan potensi besar terjadi bencana kekeringan di Kalimantan Barat, terutama saat terjadi fenomena El-Niño. Bagian selatan Kalimantan barat (Kabupaten Ketapang) menjadi daerah yang paling rawan terjadi kekeringan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Athoillah, I., R. Sibarani, & D. Doloksaribu. 2017. Analisis spasial pengaruh kejadian el nino kuat tahun 2015 dan la nina lemah tahun 2016 terhadap kelembapan, angin dan curah hujan di Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*. 18(1): 33–41.
- Beese, L., M. Dalponte, G.P. Asner, D.A. Coomes, & T. Jucker. 2022. Using repeat airborne LiDAR to map the growth of individual oil palms in Malaysian Borneo during the 2015–16 El Niño. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 115: 1–10.
- BPS. 2017. Luas Lahan Menurut Penggunaan dan Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Barat (Ha). <https://www.bps.go.id/>.
- Dicelebica, T.F., A.A. Akbar, & D.J. Rahayu. 2022. Identifikasi dan pencegahan daerah rawan bencana kebakaran hutan dan lahan gambut berbasis sistem informasi geografis di Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 20(1): 115–126.
- Firmansyah, A.J., E. Nurjani, & A.B. Sekaranom. 2022. Effects of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) on rainfall anomalies in Central Java, Indonesia. *Arabian Journal of Geosciences*. 15(24): 1746.
- Hidayat, A., U. Efendi, L. Agustina, & P. Winarso. 2018. Korelasi indeks nino 3.4 dan southern oscillation index (SOI) dengan variasi curah hujan di Semarang. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19(2): 75–81.
- Ihwan, A., H. Pawitan, R. Hidayat, A.L. Latifah, & M. Taufik. 2019. Karakteristik kekeringan DAS Kapuas Kalimantan Barat berdasarkan data global climate model (GCM). *POSITRON* 9(2): 74–80.

- Latifah, A.L., A. Shabrina, I.N. Wahyuni, & R. Sadikin. 2019. Evaluation of random forest model for forest fire prediction based on climatology over Borneo, in *2019 International Conference on Computer, Control, Informatics and its Applications (IC3INA)*. 1–8.
- Heryalianto, S.C. 2006. Studi Tentang Sebaran Titiik Panas (hotspot) Sebagai Penduga Kebakaran Hutan dan Lahan di Propinsi Kalimantan Barat Tahun 2003 dan Tahun 2004. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor, Fakultas Kehutanan.
- Nurdiati, S.A., Sopaheluwakan, & P. Septiawan. 2021. Spatial and temporal analysis of El Niño impact on land and forest fire in Kalimantan and Sumatra. *Agromet*. 35(1): 1–10.
- Nurdiati, S.A., Sopaheluwakan, & P. Septiawan. 2022. Joint distribution analysis of forest fires and precipitation in response to ENSO, IOD, and MJO (Study Case: Sumatra, Indonesia). *Atmosphere*. 13(4):538.
- Saputro, J.G.J., I.G.A.K.R. Handayani, & F.U. Najicha. 2021. Analisis upaya penegakan hukum dan pengawasan mengenai kebakaran hutan di Kalimantan Barat. *Jurnal Manajemen Bencana (JMB)*. 7(1):27–36.
- SiPongi. 2023. SiPongi (Karhutla Monitoring System). <http://sipongi.menlhk.go.id>.
- Syaufina, L., R. Siwi, & A.D. Nurhayati. 2014. Ratio of hotspot source as an indicator of forest and peat fire and its correlation with rainfall in Sepahat Village, Bengkalis District, Riau. *Journal of Tropical Silviculture*, 5(2): 113–118.
- Tan, Z. D., L.R. Carrasco, & D. Taylor. 2021. *Corrigendum to*: Spatial correlates of forest and land fires in Indonesia. *International Journal of Wildland Fire*. 30(9): 732.
- Taufik, M., P.J.J.F. Torfs, R. Uijlenhoet, P.D. Jones, D. Murdiyarso, & H.A.J. Van Lanen. 2017. Amplification of wildfire area burnt by hydrological drought in the humid tropics. *Nature Climate Change*. Nature Publishing Group, 7: 428–431.
- Taufik, M., B.I. Setiawan, & H.A.J. van Lanen. 2015. Modification of a fire drought index for tropical wetland ecosystems by including water table depth. *Agricultural and Forest Meteorology* 203: 1–10.