



APAKAH KEKERINGAN EKSTREM LOKAL BERKAITAN DENGAN FENOMENA *EL NIÑO* ?

Heri Mulyanti*

Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bojonegoro, Bojonegoro, Indonesia

*Email Koresponden: izzatafirdausa@gmail.com

Diterima: 07-04-2023, Revisi: 16-06-2023, Disetujui: 02-12-2023

©2023 Program Studi Pendidikan Geografi, FISE, Universitas Hamzanwadi

Abstrak Kabupaten Bojonegoro memiliki lahan pertanian yang cukup luas, namun karena terletak di Pulau Jawa bagian timur menyebabkan wilayah tersebut rentan terhadap kekeringan, karena curah hujan yang cenderung rendah. Selain kekeringan, banjir merupakan ancaman besar bagi produksi pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi wilayah yang rawan terhadap *El Niño* di Kabupaten Bojonegoro. Curah hujan bulanan observasional selama 25 tahun digunakan untuk mengidentifikasi periode bulan kering. Aktivitas *El Niño* diinvestigasi menggunakan data rerata berjalan 5 bulan dari *Sea Surface Temperature Anomaly (SSTA) Nino 3.4*. Relevansi antara curah hujan dan *El Niño* menggunakan korelasi Pearson. Historis kekeringan-banjir digunakan untuk menganalisis korespondensi dengan aktivitas *El Niño*. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa stasiun di bagian selatan lebih rentan kekeringan akibat penurunan curah hujan saat *El Niño* kuat berlangsung. Korelasi menunjukkan bahwa indeks *El Niño* berkaitan erat dengan kondisi kering pada hampir semua wilayah di bagian timur Bojonegoro. Indeks SSTA Nino 3.4 tepat digunakan untuk memprediksi curah hujan musim kemarau (Juni-Juli-Agustus-September). Kejadian kekeringan ekstrem konsisten dengan fenomena *El Niño* kuat.

Kata kunci: Bojonegoro, *El Niño*, Kekeringan Ekstrem

Abstract Bojonegoro Regency has quite extensive agricultural land, cause it is located in the eastern part of Java Island, that region is vulnerable to drought because of relatively low precipitation amount. Apart from drought, flood were the most catastrophe to agricultural production. The study aims to identify susceptible region to *El Niño* events in Bojonegoro Regency. Dry months overall periods are identified using monthly rainfall data from ground rain-gauge with average spans exceeding 25 years are used to identify. *El Niño* activity was investigated by using 5-months moving average of *Sea Surface Temperature Anomaly (SSTA) Nino3.4*. Relevance between rainfall and *El Niño* are determined by using Product Moment Pearson's Correlation. Drought – flood historical event data used to analyze the correspondence event in the *El Niño* activity. Based on the research results, it can be concluded that stations located in the south are vulnerable in drought effect rainfall decrease when the strong *El Niño* occurred. The correlation analysis reveals that ENSO index has a close relation to dry conditions in most of the eastern part of Bojonegoro. SSTA 3.4 index is appropriate for predicting dry month rainfall (June-July-August-September). Occurrence of severe drought consistence with strong *El Niño* occurrence.

Keywords: Bojonegoro, *El Niño*, Extreme Drought

PENDAHULUAN

Kabupaten Bojonegoro merupakan kabupaten 'langganan' kekeringan, terutama bagian selatan yang berupa perbukitan. Terdapat sebanyak 80 desa termasuk dalam desa rawan bencana kekeringan (Mulyanto, 2015; Heriyanto, 2017). Kekeringan tidak hanya berhenti pada dampak sosial dan ekonomi, tetapi dapat berubah menjadi bencana kebakaran hutan. Secara administratif, wilayah rawan kekeringan di Kabupaten Bojonegoro jauh dari pusat kabupaten, akses jalan berliku, dan berada di kawasan perbukitan, sehingga *dropping* air menjadi sulit. Kekeringan merupakan jenis bencana yang sifatnya *creeping* (merayap) yang mana memiliki ciri gejala tidak tampak tetapi akibatnya nyata (Spinoni et al., 2020).

Kejadian kekeringan parah yang terjadi pada tahun 2014-2015 di wilayah ini, bersamaan dengan terjadinya *El Niño* kuat. Tidak mengherankan, karena Pulau Jawa secara umum rentan terhadap kedua fenomena tersebut (Aldrian, Gates & Widodo, 2003) meskipun efek secara lokal bervariasi.

Kejadian kekeringan ekstrem seringkali dikaitkan dengan fenomena *El Niño* maupun *La Niña* (EN/LN, dua fenomena ini disebut dengan ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*) (Trenberth, 1997, Halpert & Ropelewski, 1998). Musim kemarau lebih panjang berasosiasi dengan *El Niño* yang terjadi ketika suhu muka laut di perairan Samudera Pasifik timur mengalami anomali pemanasan sehingga awan konvektif bergeser ke timur. Kekeringan ekstrem hampir selalu berkaitan dengan *El Niño* untuk wilayah Indo-Australia (Kementerian Lingkungan RI, 2007).

Efek kejadian ENSO dapat dikatakan merata untuk wilayah yang berbatasan langsung dengan Samudra Pasifik. Meskipun demikian, efek dari kejadian *El Niño* bersifat sangat lokal di wilayah Indonesia karena kompleksitas topografi dan posisi geografis. *El Niño* kuat menyebabkan penurunan curah hujan signifikan untuk Pulau Jawa (Qian, Robertson & Moron, 2010), terutama Jawa bagian timur (Mulyanti, Sudibyakto & Hadi, 2015; Siswanto dan Supari, 2015). Kejadian ENSO seringkali terjadi pada musim kemarau dibandingkan musim penghujan sehingga adanya *El Niño* akan memperparah kondisi kering.

Penelitian skala lokal tentang pengaruh ENSO pada skala kabupaten telah dilakukan oleh Mulyanti dan Sari (2019), serta Mulyanti, Harjono & Rendra (2020) yang menyebutkan bahwa Kabupaten Bojonegoro mengalami penurunan curah hujan pada beberapa stasiun hujan. Penelitian tersebut belum menggunakan korepondensi indeks kejadian ENSO dengan kejadian kekeringan berdasarkan pengamatan. Kabupaten Bojonegoro sebagai daerah pertanian intensif perlu lebih waspada karena gangguan iklim diperkirakan akan meningkat baik intensitas, frekuensi, dan durasinya seiring dengan perubahan iklim global (WMO, 2013). Periode *El Niño* menjadi semakin pendek yaitu antara 2-3 tahun. Oleh karena itu penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi wilayah rawan terjadi penurunan hujan saat terjadi *El Niño* terutama *El Niño* kuat di Kabupaten Bojonegoro serta mengaitkannya dengan data lapangan. Adanya identifikasi awal kekeringan dapat menjadi informasi awal akan bahaya kekeringan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur, berbatasan dengan Kabupaten Tuban di sebelah utara, Kabupaten Lamongan di sebelah timur, Kabupaten Blora dan Ngawi di sebelah barat; dan Kabupaten Nganjuk, Jombang, dan Madiun di sebelah selatan. Secara geografis terletak pada 111°25' BT – 112°09' BT dan 6°59' LS – 7°37'LS Bojonegoro memiliki 28 kecamatan, 419 desa dan 11 kelurahan.



Gambar 1. Lokasi Stasiun Hujan di Kabupaten Bojonegoro
(Sumber: Olah Data Hujan PU Sumber Daya Alam di Kabupaten Bojonegoro, 2023)

Gambar 1 menunjukkan lokasi stasiun hujan yang berada Sepanjang Sungai Bengawan Solo yang terletak di Kabupaten Bojonegoro. Tampak persebaran utama stasiun hujan di sebelah timur yang memanjang dari selatan ke utara. Adapun bagian barat hanya ada satu stasiun hujan yang berada di dekat Cepu.

Data

Data curah hujan bulanan dari 25 stasiun hujan di Bengawan Solo Hilir yang terletak di Kabupaten Bojonegoro digunakan untuk analisis bulan kering berdasarkan persentil 20. Suatu tahun dinyatakan kering jika mengalami curah hujan < persentil 20 selama minimal 3 bulan berturut-turut. Kriteria ini diambil berdasarkan pemahaman bahwa awal mula kekeringan adalah penurunan curah hujan di bawah keadaan normal. Data curah hujan diperoleh dari UPT Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) yang berada di Kabupaten Bojonegoro. Data debit dari UPT PSDA digunakan untuk kajian banjir secara teoritis. Adapun data kejadian kekeringan dan banjir sejak tahun 2010 diperoleh untuk mengetahui keadaan banjir dan kekeringan sebenarnya. Data banjir dan kekeringan diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bojonegoro. Identifikasi El Nino dan La Nina menggunakan indeks *Sea Surface Temperature Anomaly* (SSTA) Nino 3.4 yang diperoleh dari NOAA (2018) dan *Multivariate ENSO Index* (MEI) untuk tahun yang sama. Indeks SSTA Nino 3.4 telah distandardisasi sehingga tidak perlu diubah dalam bentuk statistik normal.

Identifikasi Waktu *El Niño* dan *La Niña*

El Niño terjadi ketika rerata berjalan (*moving average*) SSTA Nino 3.4 selama 5 bulan memiliki anomali $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$ selama minimal 6 bulan berturut-turut (Trenberth, 1997). *El Niño* lemah didefinisikan sebagai anomali temperatur muka laut $0,5^{\circ}\text{C}$ sampai $0,9^{\circ}\text{C}$; moderat ketika anomali dari $1,0^{\circ}\text{C}$ sampai $1,4^{\circ}\text{C}$ (kategori lemah dan sedang dijadikan dalam satu kriteria lemah-sedang); dan kuat saat anomali $\geq 1,4^{\circ}\text{C}$.

Identifikasi Kekeringan

Curah hujan bulanan selama tahun pengamatan dihitung reratanya untuk mendapatkan nilai persentil. Kondisi kering adalah bulan dimana curah hujan kurang dari persentil 20. Kekeringan terjadi jika nilai persentil di bawah 20 terjadi minimal 3 bulan berturut-turut. Jumlah bulan selama tahun pengamatan direkap untuk mendapatkan persentase bulan kering antara 1979-2017.

Ketekaitan ENSO dengan Curah Hujan

Teknik korelasi Pearson digunakan untuk analisis hubungan ENSO dengan curah hujan karena masing-masing data telah berdistribusi normal. Korelasi dinilai signifikan pada derajat kepercayaan minimal 95% ($\alpha = 0,05$). Stasiun hujan yang memiliki korelasi signifikan dengan kejadian *El Niño* digunakan untuk melihat daerah pengaruh. Metode yang digunakan untuk interpolasi adalah IDW (*Inverse Distance Weighted*) yang diplotkan dalam peta Bojonegoro. Korelasi dihitung antara curah hujan dengan indeks SSTA ketika ENSO positif (EN) serta pada musim penghujan (Desember-Januari-Februari-Maret/ DJFM) dan bulan kering (Juni-Juli-Agustus-September/ JJAS). Korelasi positif berarti saat indeks positif maka curah hujan bernilai positif (tidak ada perubahan curah hujan).

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

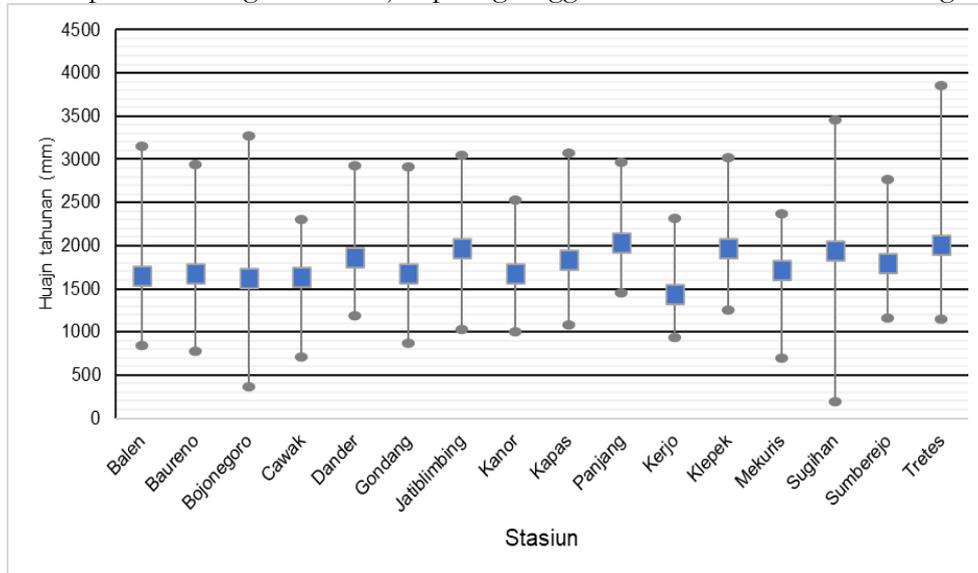
Statistik Hujan Kabupaten Bojonegoro

Stasiun hujan Kabupaten Bojonegoro berada pada ketinggian hampir sama, antara 9-115 meter di atas permukaan laut. Topografi yang relatif datar memungkinkan metode pengisian data hilang dapat menggunakan metode aritmatik. Uji persistensi dan uji konsistensi data hujan menunjukkan hanya 64% stasiun dapat digunakan dalam penelitian lebih lanjut. Beberapa data tidak digunakan karena panjang data kurang dari 20 tahun. Panjang data merupakan kriteria pertama dalam seleksi stasiun hujan, yaitu minimal 20 tahun. Data kurang dari 20 tahun kurang dapat merepresentasikan kondisi iklim suatu wilayah. Uji persistensi data hujan dilakukan untuk mengetahui dependensi data hujan suatu stasiun. Data dependen

tidak dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut karena berarti antar data terdapat korelasi berarti sehingga dikhawatirkan mengacaukan analisis.

Uji konsistensi menggunakan grafik massa ganda dengan memerhatikan terjadinya perubahan data yang signifikan atau disebut dengan *break*. Data sebelum *break* dengan setelah *break* dianalisis menggunakan uji beda yaitu *t-test* dan *F-test*. Jika stasiun tidak lolos 2 dari 3 uji, maka stasiun tersebut tidak dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut. Selain Stasiun Leran dan Karangnongko, stasiun Stasiun Sukun juga tidak digunakan dalam analisis lebih lanjut. Total stasiun digunakan dalam penelitian adalah 16.

Curah hujan Bojonegoro bervariasi dengan rerata antara 1400 – 2000 mm/tahun (**Gambar 2**). Hujan tahunan paling rendah berada pada Stasiun Kerjo (1447,18 mm/tahun), adapun hujan paling tinggi yaitu di Stasiun Tretes (2004,5 mm/tahun). Tingginya curah hujan tahunan di Tretes dipengaruhi oleh efek topografi berupa dataran tinggi yang lebih mudah terbentuk awan kondensasi. Ketinggian stasiun Tretes adalah 115 m dpal dan merupakan stasiun dengan posisi paling tinggi. Daerah yang berada pada dataran rendah memiliki curah hujan pada kisaran 1400–1800 mm/tahun. Secara keseluruhan rerata curah hujan Bojonegoro adalah 1756 mm/tahun. Apabila dilihat dari curah hujan maksimal, stasiun Tretes juga menempati urutan pertama dengan curah hujan paling tinggi kemudian disusul stasiun Sugihan.



Gambar 2. Statistik deskriptif curah hujan maksimum, minimum, dan rerata tahunan stasiun hujan Bojonegoro (Sumber: Analisis Data Primer, 2023)

Nilai koefisien variasi (KV) juga dapat digunakan sebagai indikator risiko iklim suatu wilayah. Koefisien variansi ditunjukkan dengan perbedaan signifikan antara maksimum, minimum, serta rerata. Semakin tinggi nilai KV, maka fluktuasi hujan semakin tinggi. Para petani yang masih menggunakan sistem tadah hujan perlu waspada karena curah hujan tahunan atau bahkan bulanan sulit diprediksi. **Tabel 1** menunjukkan nilai koefisien variasi (KV) dari 16 stasiun hujan di Kabupaten Bojonegoro. Daerah dengan curah hujan fluktuatif di antaranya Gondang dan Sugihan. Daerah dengan curah hujan relatif stabil ditunjukkan oleh Dander, Panjang, Klepek, dan Mekuris.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Stasiun Hujan Bojonegoro

Stasiun	Mean	Max	Min	Stdev	Koef. variasi
Balen	1692,70	2452	840	389,56	23,01
Baureno	1666,39	2695	783	456,26	27,38
Bojonegoro	1541,46	2244	362	368,57	23,91
Cawak	1609,26	2299	712	408,97	25,41
Dander	1895,13	2930	1182	414,45	21,87
Gondang	1656,66	2910	649	613,25	37,02

Jatiblimbing	1973,54	3045	1244	455,23	23,07
Kanor	1612,47	2387	767	404,48	25,08
Kapas	1843,37	3079	1151	439,22	23,83
Panjang	2005,68	2769	1454	366,54	18,28
Kerjo	1428,72	2317	932	343,00	24,01
Klepek	1914,26	3019	1303	368,37	19,24
Mekuris	1652,97	2186	696	341,34	20,65
Sugihan	1792,52	3455	190	634,85	35,42
Sumberejo	1777,84	2772	1167	459,87	25,87
Tretes	2038,01	3850	1285	506,52	24,85

Sumber: Analisis Data Primer, 2017

Koefisien variasi merupakan perbandingan antara standar deviasi dengan rerata curah hujan. Stasiun Gondang memiliki koefisien variasi sebesar 35,74 yang berarti 67% dari tahun-tahun di Gondang akan memiliki varian sebesar $\pm 35,74\%$ dari rerata curah hujan tahunan. Berbeda dengan Gondang, stasiun Panjang mempunyai koefisien sebesar 18,28 yang berarti sebesar 67% kejadian hujan akan bervariasi sebesar $\pm 18,28\%$ dari rerata tahunan. Hal ini menunjukkan bahwa stasiun Gondang memiliki variabilitas hujan antar tahun lebih besar dibandingkan stasiun lain di Bojonegoro, atau dengan kata lain memiliki peluang kejadian hujan ekstrem kering dan ekstrem basah lebih tinggi. Semakin sempit rentang variasi menunjukkan bahwa curah hujan tahunan stasiun tersebut relatif stabil mendekati rerata.

Kejadian *El Niño*

Kejadian *El Niño* dan *La Niña*—untuk selanjutnya disingkat EN dan LN, adapun gabungan disebut ENSO—diidentifikasi menggunakan beberapa indeks. Salah satu indeks yang luas digunakan adalah indeks SSTA Nino 3.4. Tahun-tahun disinyalir terjadi fenomena ENSO jika nilai rerata berjalan (*moving average*) dari SSTA Nino 3.4 (*Sea Surface Temperature Anomaly*) selama kurun waktu 5 bulan memiliki anomali $> 0,5^{\circ}\text{C}$ selama minimal 6 bulan berturut-turut. Anomali positif menunjukkan ENSO positif, sedangkan anomali negatif menunjukkan ENSO negatif (Trenberth, 1997).

Sebagian besar kejadian ENSO dimulai bulan Mei-Juni-Juli, yang mana bersamaan dengan bulan kemarau di Indonesia. ENSO positif, yang mana diprediksi menurunkan curah hujan, lebih sulit diprediksi efeknya karena curah hujan kemarau secara alamiah memang kecil. **Tabel 2** menunjukkan waktu dan durasi kejadian ENSO. Durasi paling lama kejadian ENSO positif terjadi tahun 1968-1988 dengan lama 17 bulan, akan tetapi tidak termasuk ENSO kuat. ENSO kuat terjadi tahun 1982-1983, 1997-1998, dan 2015-2016. Tiga waktu tersebut disebut sebagai *Super El Niño* (Santoso, McPhaden & Cai, 2017). Durasi ENSO positif kuat cukup lama, lebih dari 10 bulan untuk setiap kejadian.

Tabel 2. Kejadian ENSO 1979 - 2017

Tahun	Bulan	SSTA Nino 3.4	
		Durasi (bulan)	Tipe ENSO
1975-1976	Jan-Mei	17	negatif
1975-1976	Agst-Jan	6	negatif kuat
1982-1983	Jul-Mei	11	positif
1982-1983	Okt-Feb	5	positif kuat
1983	Sep-Jan	5	negatif
1984-1985	Sep-Des	18	negatif
1986-1988	Sep-Jan	17	positif
1988-1989	Mei-Jul	15	negatif

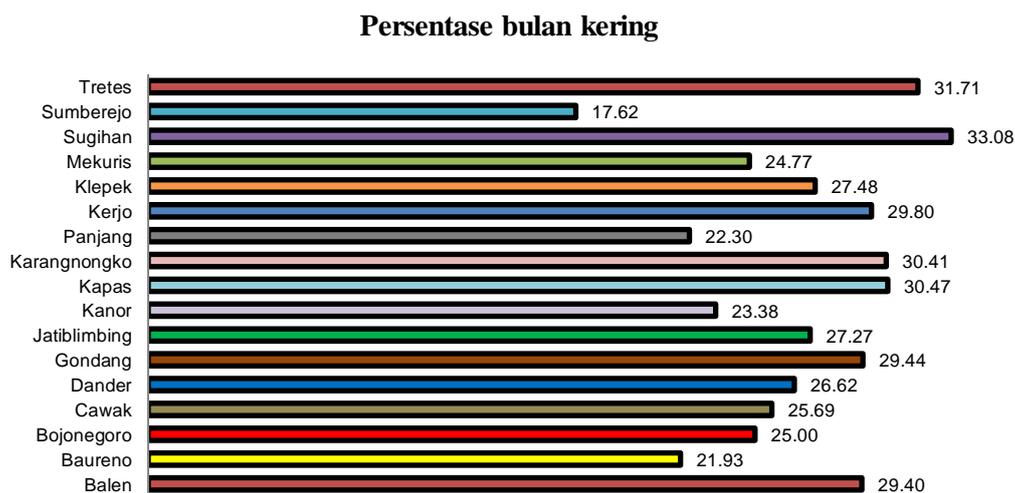
1988-1989	Sep-Feb	6	negatif kuat
1991-1992	Jun-Jul	13	positif
1994-1995	Sep-Mar	7	negatif
1995-1996	Sep-Mar	7	negatif
1997-1998	Mei-Apr	12	positif kuat
1998-2001	Jul-Feb	32	negatif
2002-2003	Jun-Fe	9	positif
2004-2005	Agst-Jan	6	positif
2007-2008	Agst-Jun	11	negatif
2009-2010	Jul-Aor	10	positif
2010-2011	Jul-Apr	10	negatif
2011-2012	Sep-Feb	6	negatif
2015-2016	Apr-Apr	13	positif kuat

Sumber: Analisis Data Primer, 2019.

Persentase Bulan Kering

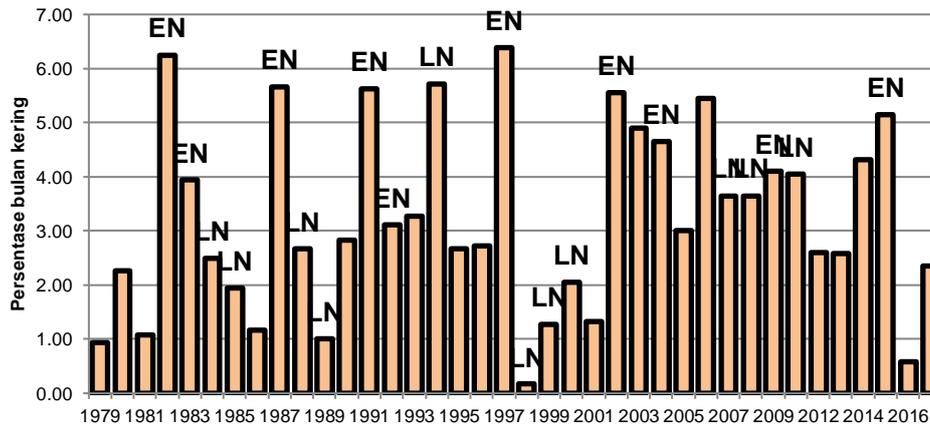
Bulan kering diidentifikasi berdasarkan perhitungan persentil 20 setiap bulan. Apabila curah hujan kurang dari 20 selama tiga bulan berturut-turut, kondisi tersebut disebut dengan kekeringan. **Gambar 3** menunjukkan persentase bulan kering dari stasiun hujan. Persentase bulan kering dihitung berdasarkan persentil <20 selama tiga bulan berturut-turut. Persentase bulan kering merupakan perbandingan antara jumlah bulan dengan kriteria kering (persentil <20) dengan jumlah bulan kering dalam seluruh tahun pengamatan (secara umum tiap tahun ada 6 bulan kering yaitu Juni-Juli-Agustus-Sept-Okt-Nov).

Stasiun Sugihan memperlihatkan persentase bulan kering tertinggi di antara seluruh stasiun, dengan persentase 33,08% yang berarti sepertiga dari bulan kering yang dialami Stasiun Sugihan masuk dalam kategori kering. Stasiun Sugihan terletak di dataran tinggi, sehingga rawan terhadap kondisi kering saat musim kemarau. Stasiun lain yang mengalami bulan kering lama adalah Stasiun Tretes, Karangnongko, dan Kapas dengan persentase di atas 30%. Sedangkan stasiun Sumberejo memiliki persentase bulan kering paling rendah sebesar 17,62%.



Gambar 3 Persentase bulan kering stasiun selama rekap 1979-2017
(Sumber: Analisis Data Primer, 2019)

Rerata bulan kering stasiun dalam satu tahun



Gambar 4. Rerata bulan kering stasiun dalam satu tahun 1979-2017, EN adalah tahun El Niño, LN adalah tahun La Niña. (Sumber: Analisis Data Primer, 2019)

Semakin besar persentase kekeringan menunjukkan bahwa stasiun tersebut semakin sering mengalami kondisi kering secara meteorologis (penurunan curah hujan), yang mana jenis kekeringan ini merupakan awal dari kekeringan hidrologis, pertanian, maupun sosial ekonomi. Stasiun dengan persentase kekeringan rendah adalah Sumberejo dan Baureno dengan angka pada kisaran 20. Hingga 2010, curah hujan di wilayah Kabupaten Bojonegoro dapat dibagi menjadi arah utara-selatan (Mulyanti, 2023).

Hubungan Anomali Curah Hujan dengan Kejadian ENSO

Tahun 1997 dan 1982 menunjukkan jumlah bulan kering lebih tinggi dibandingkan dengan tahun normal (Gambar 4). Bukan hanya ENSO kuat yang berasosiasi dengan curah hujan, kejadian ENSO moderat pun juga berkaitan dengan curah hujan. Tahun 2002, disinyalir terjadi EN moderat, yang mana untuk tahun yang sama sebanyak 10 stasiun mengalami anomali kering. Gambar 4 menunjukkan rerata bulan kering dan kesamaan dengan kejadian ENSO. Berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa kejadian EN kuat cenderung mengakibatkan bulan kering yang lebih panjang (secara rerata) untuk stasiun hujan di Bojonegoro. Peningkatan curah hujan saat LN terjadi pada musim kemarau yang mengakibatkan curah hujan menjadi lebih rendah. Analisis efek EN maupun LN untuk bulan kering pada wilayah monsun cenderung sulit karena secara umum curah hujan bulan tersebut sudah rendah (Nuryanto, 2013; Satyawardhana, Trismidianto & Yulihastin, 2018).

Respons Stasiun terhadap ENSO

Respons stasiun dilakukan untuk semua bulan pengamatan, dengan pembagian bulan kering dan musim penghujan. Pembagian bulan ini dimaksudkan agar diketahui bulan yang lebih tepat dalam analisis ENSO. Tabel 2 menunjukkan korelasi antara curah hujan stasiun dengan indeks SSTA maupun MEI. Hampir semua stasiun menunjukkan hubungan kuat dengan indeks SSTA Nino 3.4, terutama untuk analisis bulan kering. Adapun menggunakan indeks MEI, hasil korelasi lebih rendah dibandingkan dengan SSTA. Musim penghujan memperlihatkan korelasi yang lebih rendah dibandingkan bulan kering (dilihat dari korelasi pada Des-Jan-Feb-Mar). Korelasi kuat ditunjukkan pada musim kemarau. Hasil ini bersesuaian dengan penelitian sebelumnya, yang mana efek ENSO lebih kuat saat musim kemarau (Asyaktur et al., 2014).

Tabel 2. Korelasi antara curah hujan stasiun dengan indeks SSTA dan MEI

Stasiun	SSTA		MEI	
	JJAS	DJFM	JJAS	DJFM
Balen	-0,479	-0,227	-0,443	-0,317
Baureno	-0,658	0,070	-0,569	0,038
Bojonegoro	-0,477	0,082	-0,446	0,049
Cawak	-0,398	0,167	-0,304	0,233
Dander	-0,483	-0,063	-0,441	-0,047
Gondang	-0,370	0,271	-0,286	0,362
Jatiblimbing	-0,583	-0,091	-0,541	-0,103
Kanor	-0,520	-0,093	-0,447	-0,087
Kapas	-0,554	0,065	-0,442	0,131
Karangnongko	-0,473	-0,033	-0,379	0,078
Panjang	-0,484	0,224	-0,411	0,250
Kerjo	-0,385	0,019	-0,279	0,030
Klepek	-0,508	0,055	-0,487	-0,015
Leran	-0,447	-0,064	-0,342	-0,025
Mekuris	-0,471	-0,229	-0,456	-0,151
Sugihan	-0,415	0,229	-0,323	0,183
Sumberejo	-0,549	-0,087	-0,459	-0,070
Tretes	-0,290	0,227	-0,277	0,305

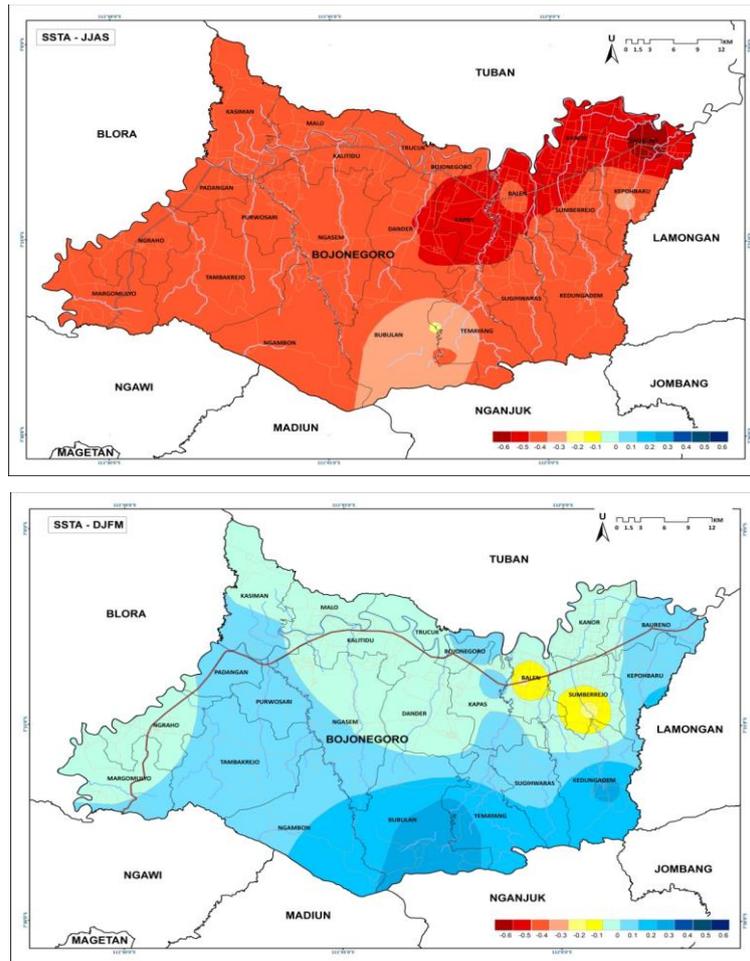
Sumber: Olah Data Penelitian, 2019.

EN terjadi rata-rata pada musim kemarau, sehingga analisis curah hujan pada musim kemarau dapat menggunakan indeks ENSO, terutama SSTA. Efek EN sendiri adalah menurunkan curah hujan, padahal curah hujan bulan kering sudah rendah sehingga efek penurunan curah hujan perlu lebih dipertajam dengan perpanjangan musim kemarau. Korelasi antara musim penghujan dengan ENSO menunjukkan bahwa curah hujan saat LN lebih sulit diprediksi, kecuali untuk beberapa stasiun seperti Balen, Gondang, Cawak, Panjang, dan Tretes. Hubungan negatif berarti indeks positif (EN) berasosiasi dengan curah hujan lebih rendah dan sebaliknya.

Gambar 5 secara lebih jelas memperlihatkan sebaran spasial dari pengaruh ENSO terhadap curah hujan musim penghujan. Tampak bahwa nilai yang dihasilkan adalah positif (warna biru) dengan nilai rendah. Nilai ini menunjukkan bahwa korelasi antara indeks ENSO baik MEI maupun SSTA tidak optimal untuk musim penghujan. Implikasinya adalah bahwa prediksi pengaruh ENSO saat musim penghujan sangat sulit menggunakan indeks ENSO. Sesuai dengan hasil penelitian Chanda et al., (2018) untuk wilayah India (karakteristik pengaruh sama dengan Indonesia), EN terjadi jika indeks positif dan dampaknya negatif. Sebaliknya, LN terjadi dengan indeks negatif dan dampak positif. Hal ini menunjukkan korelasi lebih kuat ditemukan pada saat musim kemarau, terutama bagian utara Kabupaten Bojonegoro.

Kejadian ENSO dan Kejadian Banjir Kekeringan Bojonegoro

EN identik dengan dampak menurunkan curah hujan, adapun LN identik dengan peningkatan curah hujan. **Tabel 3** merupakan rekap antara kejadian EN-LN dengan ranking kejadian bencana Bojonegoro sejak 2009. Tahun 2009 merupakan tahun EN baik menggunakan indeks SSTA maupun MEI, yang mana EN yang terjadi adalah EN moderat. Tampak bahwa ranking kejadian bencana adalah pada posisi 3. Akan tetapi, saat EN kuat tahun 2015/2016, kekeringan parah dengan ranking 1 terjadi di Bojonegoro. Saat terjadi LN moderat (tahun 2010) kejadian banjir yang terjadi berada pada ranking 2, adapun ranking 1 justru saat tidak terjadi LN. Berdasarkan rekap data yang pendek diperoleh hasil bahwa kejadian EN lebih dapat menggambarkan kejadian kekeringan dibandingkan LN untuk memperkirakan kejadian banjir. Kejadian banjir besar seringkali dipicu oleh aktivitas samudra-atmosfer yang lebih rutin, seperti *Madden Julian Oscillation* (Zhang, 2013).



Gambar 5. Korelasi indeks SSTA Nino 3.4 dengan curah hujan musim kemarau (JJAS) dan musim penghujan (DJFM). (Sumber: Analisis Data Primer, 2019)

Tabel 3. Indeks ENSO dan ranking kejadian banjir serta kekeringan, oranye kejadian *El Niño*, hijau kejadian *La Niña*

Tahun	Nilai SSTA												Ranking	
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des	Banjir	Kekeringan
2009	-1	-0,7	-	-0,2	0,2	0,43	0,53	0,6	0,71	0,99	1,54	1,79	tad	3
2010	1,58	1,3	1	0,64	0,1	-0,5	-0,9	-1,3	-1,5	-1,5	-1,4	-1,4	3	tad
2011	-1,6	-1,2	-	-0,6	-0,3	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7	-0,8	-1	-1,1	4	6
2012	-0,8	-0,7	-	-0,3	-0,2	0	0,09	0,28	0,78	0,58	0,47	-0,5	5	4
2013	-0,8	-0,6	-	0,01	-0,1	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,1	-0,2	-0,4	1	5
2014	-0,4	-0,5	-	0,28	0,5	0,48	0,13	0,14	0,37	0,48	0,89	0,77	tad	2
2015	0,59	0,6	0,48	0,9	1	1,28	1,56	1,87	2,01	2,21	2,57	2,56	6	1
2016	2,56	2,1	1,6	1,05	0,5	0,06	-0,3	-0,5	-0,5	-0,8	-0,6	-0,5	2	tad
2017	-0,3	-0	-	0,22	0,3	0,22	0,22	-0,2	-0,6	-0,5	-0,8	-0,9	7	7

Sumber: Analisis Data Primer, 2019.

SIMPULAN

Kejadian ENSO positif kuat (*El Niño*) berkaitan erat dengan penurunan curah hujan dan peningkatan persentase bulan kering dalam satu tahun untuk semua wilayah di Bojonegoro. Wilayah bagian utara yang bukan perbukitan lebih rentan terhadap penurunan curah hujan saat kejadian *El Niño*. Kejadian *El Niño* berkaitan dengan curah hujan musim kemarau, yang berarti penggunaan indeks ENSO tepat untuk memprediksi curah hujan musim kemarau. Daerah dataran rendah Bojonegoro merupakan bagian hilir dari DAS Bengawan Solo sehingga rentan untuk terjadi banjir. Kajian ini merupakan pendahuluan untuk analisis lebih lanjut, misalnya untuk banjir maupun kekeringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Ristekdikti pada skema PDP dengan nomor 039/SP2H/LT/KF/KM/2018. Terimakasih kepada UPT PSDA dan BPBD Bojonegoro atas bantuan data serta kepada Bapak Harjono yang membantu dalam pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., L.D. Gates, dan F.H. Widodo. (2003). Variability of Indonesian rainfall and the influence of ENSO and resolution in ECHAM4 simulations and in the reanalyses. *MPI Report 346*, May 2003.
- As-syakur, A. R., Adnyana, I.W.S., Mahendra, M.S., Arthana, I. W., Merit, I. N., Kasa, I. W., Ekayanti, N. W., Nuarsa, I. W., Sunarta, I. N. (2014). Observation of spatial patterns on the rainfall response to ENSO and IOD over Indonesia using TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA). *International Journal of Climatology*, 34 (15), 3825-3839.
- Chanda, A., Das, S., Mukhopadhyay, A., Ghosh, A., Akhand, A., Ghosh, P., ... & Hazra, S. (2018). Sea surface temperature and rainfall anomaly over the Bay of Bengal during the El Niño-Southern Oscillation and the extreme Indian Ocean Dipole events between 2002 and 2016. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 12, 10-22.
- Heriyanto. (2017). *80 Desa Rawan Terjadi Kekeringan Saat Musim Kemarau*. <https://beritabojonegoro.com/read/11193-80desarawan-terjadi-kekeringan-saat-musim-kemarau.html> diakses tanggal 7 Juni 2017 pukul 06.40 WIB.
- Inter-Government Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Valencia.
- McGregor, G.R. dan S. Nieuwolt. (1998). *Tropical Climatology*. John Wiley & Sons Ltd. London.
- Meyers, G., P. McIntosh, C. Pigot, M. Pook. (2007). The years of *El Nino*, *La Nina*, and interaction with the Tropical Indian Ocean. *Journal of Climate*, 20, 2872-2880.
- Mulyanti, H. (2023). Keterkaitan antara El Niño-Southern Oscillation (ENSO) dengan Variabilitas Curah Hujan Bojonegoro, *Berkala Ilmiah Pertanian*, 6(1), 35-42.
- Mulyanti, H., A. K. R. Sari. (2019). Anomali Hujan Bengawan Solo Hilir 1979-2017 serta Keterkaitannya dengan *El Nino* dan *La Nina*. *Rekayasa Sipil*, 13(1), 24-31.
- Mulyanti, H., Harjono, H., Rendra, M.I. (2020). Penurunan Intensitas Hujan Ekstrem di Bengawan Solo Hilir dan Hubungannya dengan ENSO. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 18 (1): 73-81.
- Mulyanti, H., Sudibyakto, H.A., Hadi, M.P. (2015). Pengaruh ENSO dan IOD terhadap Kekeringan Meteorologis untuk Pengembangan Peringatan Dini Pertanian Padi Lahan Kering di Pulau Jawa. *Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia*, 1 (2), 1 – 14.
- Mulyanto. Kamis 29 Oktober 2015 pukul 08:00 WIB. *Kekeringan Tahun Ini Lebih Parah, 80 Desa Krisis Air Bersih*. <https://beritabojonegoro.com/read/1664-kekeringan-tahun-ini-lebih-parah-80-desa-krisis-air-bersih.html>

- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2018). *SSTA Nino3.4 HadISST*. http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/Data/nino34.long.anom.data Diakses tanggal 1 November 2018.
- Nuryanto, D.E. (2013). Karakteristik curah hujan Abad 20 di Jakarta berdasarkan kejadian iklim global. *Jurnal Meteorologi & Geofisika*, 14(3), 139-147.
- Qian, J.H., A.W. Robertson, dan V. Moron. (2010). Interaction among ENSO, the Monsoon and Diurnal Cycle in Rainfall Variability Over Java, Indonesia. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 67, 3509 – 3524.
- Ropelewski, C.F. dan M.S. Halpert. (1987). Global and regional scale precipitation patterns associated with the *El Nino*/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115, 1606 – 1626.
- Santoso, A., McPhaden, M.J., Cai, W. (2017). The defining characteristics of ENSO extremes and the strong 2015/2016 El Nino. *Reviews of Geophysics*, 55(4), 1079-1129.
- Satyawardhana, Trismidianto, H., Yulihastin, E. (2018). Influence of ENSO on Deviation of The Season Onset in Java Based on CCAM Downscaling Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 166: 012030.
- Spinoni, J., Barbosa, P., Edoardo, B., et al. (2020). Future global meteorological drought Hot Spots: A study based on CORDEX Data. *Journal of Climate*, 33(9): 3635 – 3661.
- Trenberth, K. E. (1997). The definition of El Niño. *Bull. Ame.Met.Soc.*, 78 (12), 2771 – 2777.
- World Meteorological Organization (WMO).2013. *The global climate 2001-2010: A decade of climate extremes summary report*. WMO. Switzerland.
- Zhang, C. (2013). Madden-Julian Oscillation: bridging weather and climate. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(12), 1849-1870.