

ANOMALI HUJAN BENGAWAN SOLO HILIR 1979 – 2017 SERTA KETERKAITANNYA DENGAN *EL NIÑO* DAN *LA NIÑA*

Heri Mulyanti ^{*1}, Ayu Kurnia Ratna Sari ²

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bojonegoro

² Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bojonegoro

*Korespondensi: izzatafirdausa@gmail.com

ABSTRACT

Rainfall anomaly associated with severe drought or flood. Lower Bengawan Solo River are vulnerable to this kind of hydrometeorological disaster, especially Bojonegoro Regency. The research objective is to identify rainfall anomaly for 1979 – 2017 over Lower Bengawan Solo River and its characteristic when El Nino or La Nina occurring. Monthly rainfall data of 16 stations used to analyze rainfall anomaly related to El Nino and La Nina; while SSTA Nino 3.4 HadISST used to identify El Nino and La Nina (ENSO) event.. Southern part of Bojonegoro Regency are the most vulnerable to rainfall deficit, especially Tretes and Sugihan. Strong El Nino or La Nina have return period for 10 to 15 years At specific years, it is found that wet anomaly account for 50% station (1989, 1995, 1998, and 1999). These years co-occurrence with strong La Nina. Dry anomaly found at 1991, 1997, and 2002 which co-occurrence with strong or moderate El Nino.

Keywords : *El Nino, La Nina, Lower Bengawan Solo, Rainfall anomaly*

1. PENDAHULUAN

Iklim merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan keadaan cuaca pada kawasan tertentu dalam jangka waktu relatif panjang. Iklim direpresentasikan dengan nilai rata-rata elemen/variabel iklim, terutama temperatur dan curah hujan [1]. Gangguan iklim merupakan bencana yang mendominasi selama empat dekade terakhir, bahkan intensitasnya semakin meningkat pada negara tertentu [2]. Indonesia merupakan salah satu negara yang rentan terhadap gangguan iklim karena terletak pada kawasan konvektif paling aktif [3]. Sebagian besar kondisi ekstrem Indonesia berupa kekeringan dan banjir berhubungan erat dengan kejadian *El Nino* dan *La Nina*—gabungan keduanya disebut *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO). Berdasarkan data kekeringan tahun 1984 – 1998, hanya 6 dari 43 kejadian yang tidak berasosiasi dengan kejadian *El Nino* [4]. *El Nino-Southern Oscillation* (ENSO) merupakan fenomena yang memengaruhi aktivitas hidroklimat global [5] di antaranya adalah curah hujan, temperatur

dan evaporasi. Hujan ekstrem akibat ENSO juga menjadi sebab banjir maupun kekeringan parah pada daerah seperti China [6] dan Vietnam [7]. Curah hujan di Indonesia juga dipengaruhi oleh aktivitas ENSO karena terletak pada *Inter-Tropical Convergence Zone* (ITCZ). Pengaruh ENSO berbeda-beda antarwilayah bergantung pada lokasi dan topografi [8]. Wilayah beriklim monsun di Indonesia seperti Pulau Jawa, Sumatera, Bali, dan Nusa Tenggara merupakan wilayah yang terkena dampak ENSO terbesar karena terkait dengan sirkulasi angin di belahan bumi Utara (Asia) dan angin dari belahan bumi Selatan (Australia).

Pulau Jawa merupakan salah satu pulau beriklim monsun. Jawa merupakan pusat industri, pemerintahan dan aktivitas pertanian. Gangguan iklim, terutama curah hujan, menyebabkan aktivitas pertanian terganggu karena aktivitas pertanian sangat bergantung hujan. Curah hujan yang rendah pada masa tanam akan menyebabkan turunnya produksi pertanian [4]. Gangguan ENSO di Pulau Jawa

merupakan yang terbesar di antara pulau-pulau Indonesia karena Pulau Jawa merupakan pusat wilayah monsun Asia-Australia [8]. Penelitian yang dilakukan oleh Qian dkk. (2010) menyebutkan bahwa dampak *El Nino* maupun *La Nina* signifikan pada September – November. *El Nino* juga memberikan dampak signifikan dalam menurunkan curah hujan di Pulau Jawa pada Desember – Januari, tetapi *La Nina* memperlihatkan hubungan yang lemah.

Salah satu wilayah di Jawa yang berisiko mengalami penurunan curah hujan saat *El Nino* adalah Jawa bagian timur [8]. Wilayah dengan pertanian intensif memiliki risiko lebih tinggi saat terjadi anomali curah hujan. Salah satu daerah yang rentan terhadap anomali hujan di Jawa bagian timur adalah Wilayah Sungai (WS) Bengawan Solo. WS Bengawan Solo terdiri atas tiga area, yang mana bagian hilir berpotensi terjadi banjir di musim penghujan dan kekeringan saat musim kemarau. Berdasarkan paparan tersebut maka dilakukan penelitian ‘Anomali Hujan Bengawan Solo Hilir 1979 – 2017 serta Keterkaitannya dengan *El Niño* dan *La Niña*’ dengan tujuan mengidentifikasi anomali hujan tahunan saat kejadian *El Niño* dan *La Niña*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Curah Hujan

Wilayah Sungai Bengawan Solo Hilir terletak di Pulau Jawa bagian utara. Secara umum iklim Pulau Jawa dikategorikan dalam iklim monsun dengan dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau serta perbedaan jelas antara dua musim tersebut [9]. Sistem monsun yang memengaruhi adalah monsun Asia-Australia dengan dominasi monsun Australia. Curah hujan rata-rata tahunan wilayah di Pulau Jawa sekitar yaitu 2000 – 3000 mm/tahun [8]. Hujan terbentuk dari kondensasi awan hujan yang membentuk titik-titik air. Wilayah dekat dengan sumber air maupun berada pada topografi tinggi cenderung memiliki curah hujan dibandingkan dengan wilayah di tempat rendah.

2.2 *El Niño* dan *La Niña*

Variasi suhu permukaan laut antartahun di Pasifik tropis menyebabkan pertukaran tekanan antara Pasifik Timur dan Barat dikenal sebagai osilasi selatan yang mengakibatkan sirkulasi angin dekat khatulistiwa membalik [10]. Pertukaran tersebut adalah sinyal utama

terjadinya anomali iklim bernama *El Niño* (EN/ ENSO positif) dan *La Niña* (LN/ ENSO negatif). Siklus Walker memainkan peranan penting dalam pergerakan timur-barat saat terjadi ENSO.

El Niño dan *La Niña* memengaruhi siklus hidrometeorologi global [5], terutama daerah pemanasan intensif seperti Kepulauan Indonesia [11]. Pemanasan laut itulah yang memengaruhi sirkulasi konvektif sehingga *El Niño* kuat disimpulkan sebagai penyebab utama kekeringan parah di Indonesia. Meskipun demikian, efek ENSO berbeda tiap wilayah Indonesia berdasarkan lokasi dan topografi. Di antara wilayah di Indonesia, efek ENSO paling kuat terjadi di Pulau Sumatera bagian selatan, Pulau Jawa, Pulau Bali, dan Nusa Tenggara [8].

2.3 Efek *El Niño* dan *La Niña* terhadap Curah Hujan

Pengaruh *El Niño* diteliti untuk pulau Jawa [12] karena daerah monsun paling sensitif terhadap perubahan siklus Walker. Monsun menjadi lebih lemah ketika terjadi ENSO karena pergerakan angin yang membawa curah hujan terhambat dan membentuk gerakan divergen di utara Kepulauan Indonesia [13]. Defisiensi curah hujan dapat dikaitkan dengan perubahan pola sirkulasi atmosfer global, yaitu anomali sirkulasi Walker yang berpindah ke timur. Presipitasi menurun terkait dengan *El Nino* berlangsung sangat signifikan selama September-November [12].

Dampak *El Nino* lebih besar dibandingkan dengan *La Nina*. *El Nino* maupun *La Nina* signifikan pada bulan September – November (SON). *El Nino* juga memberikan dampak signifikan dalam menurunkan curah hujan di Pulau Jawa pada bulan Desember – Februari (DJF), tetapi *La Nina* memperlihatkan hubungan yang lemah [8].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Bengawan Solo Hilir mencakup 5 kabupaten, antara lain: Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Blora, Kabupaten Tuban, Kabupaten Lamongan, Kabupaten Gresik, dan Kota Surabaya. Di antara lima kabupaten tersebut, Kabupaten Bojonegoro dan Kabupaten Tuban paling luas berada di dalam Wilayah Sungai Bengawan Solo. Sungai Bengawan Solo melalui Kabupaten Bojonegoro sebelah utara yang mana memiliki pola selaras

dengan pola jalan utama serta melewati ibukota Kabupaten Bojonegoro (**Gambar 1**). Oleh karena itu, aktivitas pertanian di Kabupaten Bojonegoro bagian utara sangat intensif. Kabupaten Bojonegoro juga merupakan lokasi rawan kejadian banjir maupun kekeringan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk stasiun hujan yang berada di Kabupaten Bojonegoro.

3.2 Data

Data curah hujan bulanan 25 stasiun hujan diperoleh dari UPT Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) di Kabupaten Bojonegoro antara tahun 1979 – 2017. Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu wilayah Bengawan Solo Hilir yang sering mengalami kejadian bencana baik banjir maupun kekeringan. Data hujan diuji berdasarkan independensi, homogenitas, dan konsistensi. Berdasarkan uji hujan, diperoleh 16 stasiun lolos uji sehingga dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Identifikasi kejadian *El Niño* maupun *La Niña* (disingkat EN/LN) menggunakan indeks anomali suhu permukaan laut di Samudera Pasifik tropis yang dikenal dengan *Sea Surface Temperature Anomaly* (SSTA) Nino 3.4 HadISST yang diperoleh dari NOAA [14]

3.3 Metode Pengolahan Data

3.3.1 Identifikasi Kejadian *El Niño* dan *La Niña*

El Niño (EN) terjadi ketika rerata berjalan memiliki anomali $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$ selama minimal 6 bulan berturut-turut. Adapun *La Niña* (LN) terjadi ketika rerata berjalan memiliki anomali $\leq -0,5^{\circ}\text{C}$ selama minimal 6 bulan berturut-turut [10]. Tahun-tahun teridentifikasi EN/LN dibedakan menjadi berdasarkan kuat-lemahnya anomali. Kejadian lemah jika anomali $0,5-0,9^{\circ}\text{C}$; kejadian moderat/sedang jika anomali $1,0-1,4^{\circ}\text{C}$; adapun kejadian kuat apabila anomali $> 1,4^{\circ}\text{C}$. Hasil identifikasi kejadian EN/LN direkap berdasarkan tahun, bulan, dan lama kejadian.

3.3.2 Anomali Curah Hujan

Anomali hujan diartikan sebagai simpangan hujan dibandingkan rerata keseluruhan tahun pengamatan. Anomali dibagi menjadi dua yaitu anomali positif dan anomali negatif. Hujan dinyatakan mengalami anomali

positif jika simpangan $>$ persentil 80; serta mengalami anomali negatif jika simpangan hujan $<$ persentil 20.

Persentil digunakan untuk analisis anomali unsur iklim antara lain curah hujan dan suhu. Kelebihan dari persentil adalah dapat membagi data menjadi 100 bagian berdasarkan urutan data dari terkecil sampai terbesar. Perhitungan persentil menggunakan persamaan 1.

$$P_i = \frac{i + (n + 1)}{100} \quad (1)$$

Di mana P_i menunjukkan persentil ke $-i$ dan n adalah banyaknya data.

3.3.3 Keterkaitan Anomali Hujan dengan EN/LN

Keterkaitan antara anomali curah hujan dengan kejadian EN/LN berdasarkan menggunakan analisis kejadian. Anomali hujan disamakan dengan kejadian EN/LN pada tahun atau bulan tertentu saja, bukan menggunakan teknik statistik inferensial. Artinya, dalam penelitian ini tidak ditujukan untuk memprediksi pengaruh EN/LN terhadap anomali hujan.



Gambar 1. Wilayah Sungai Bengawan Solo Hilir [14]

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hujan Bengawan Solo Hilir

Stasiun hujan Bengawan Solo Hilir yang berada di Kabupaten Bojonegoro terletak pada ketinggian 9-115 meter dpl. Uji persistensi dan konsistensi data menunjukkan 64% stasiun dapat digunakan dalam analisis.

Tabel 1. Curah Hujan Stasiun Bengawan Solo Hilir

Stasiun	Mean(mm)	Max (mm)	Min (mm)
Balen	1654,51	3150	840
Baureno	1684,67	2934	783
Bojonegoro	1629,17	3272	362
Cawak	1640,94	2306	712
Dander	1864,18	2930	1182
Gondang	1676,03	2910	865
Jatiblimbing	1968,36	3045	1033
Kanor	1678,70	2528	997
Kapas	1842,16	3079	1087
Panjang	2042,03	2966	1454
Kerjo	1447,18	2317	932
Klepek	1968,23	3019	1252
Mekuris	1718,41	2365	696
Sugihan	1949,41	3455	190
Sumberejo	1795,83	2772	1167
Tretes	2004,50	3850	1150

Sumber: Data Olah Peneliti, 2018

Tabel 1 menunjukkan data stasiun hujan digunakan dalam analisis serta statistik deskriptif hujan tahunan.

Curah hujan Bojonegoro bervariasi dengan rerata antara 1400–2000 mm/tahun (**Tabel 1**). 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 dpl 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.

4.2 *El Niño* dan *La Niña* 1979-2017

El Niño dan *La Niña* (EN dan LN) diidentifikasi bulan terjadi menggunakan indeks anomali suhu muka laut di Samudera Pasifik Tropis yaitu *Sea Surface Temperature Anomaly* (SSTA Nino 3.4). **Tabel 2** menunjukkan waktu kejadian EN dan LN selama 40 tahun.

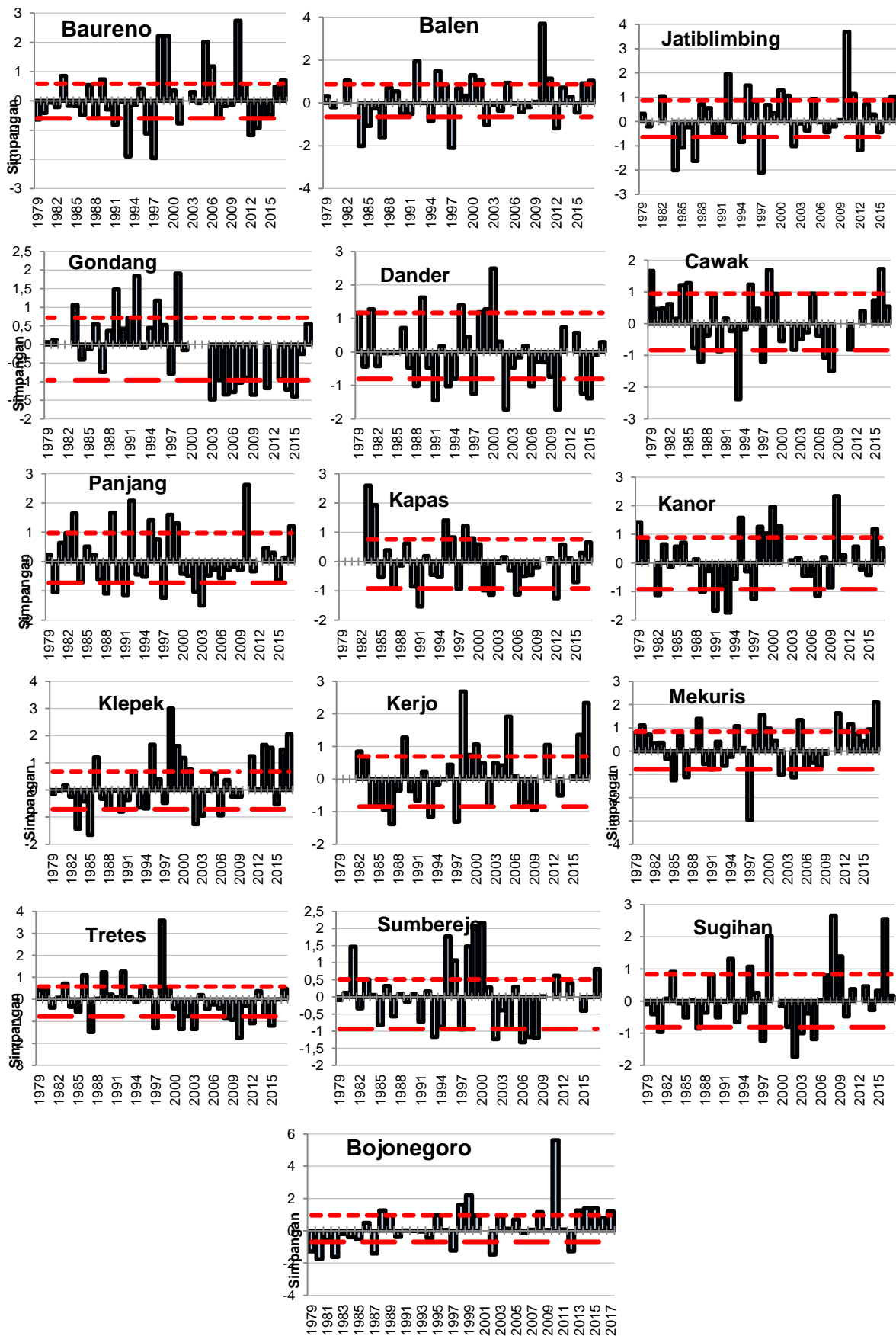
Kejadian EN dan LN dimulai pada bulan Agustus/ September, hanya sedikit yang berawal pada bulan April/ Mei. Bulan Agustus

Tabel 2. Kejadian *El Niño/La Niña* 1979-2017

Tahun	Bulan	Durasi (bulan)	Tipe
1975-1976	Jan-Mei	17	LN
1975-1976	Agst-Jan	6	LN kuat
1982-1983	Jul-Mei	11	EN
1982-1983	Okt-Feb	5	EN kuat
1983	Sep-Jan	5	LN
1984-1985	Sep-Des	18	LN
1986-1988	Sep-Jan	17	EN
1988-1989	Mei-Jul	15	LN
1988-1989	Sep-Feb	6	LN kuat
1991-1992	Jun-Jul	13	EN
1994-1995	Sep-Mar	7	LN
1995-1996	Sep-Mar	7	LN
1997-1998	Mei-Apr	12	EN kuat
1998-2001	Jul-Feb	32	LN
2002-2003	Jun-Fe	9	EN
2004-2005	Agst-Jan	6	EN
2007-2008	Agst-Jun	11	LN
2009-2010	Jul-Aor	10	EN
2010-2011	Jul-Apr	10	EN
2011-2012	Sep-Feb	6	EN
2015-2016	Apr-Apr	13	EN kuat

Sumber: Data Olah Peneliti, 2018

dan September sendiri merupakan bulan kering di wilayah beriklim monsun. Durasi EN paling lama terjadi tahun 1968-1988 selama 17 bulan, meskipun tidak terjadi EN kuat. EN kuat yang terjadi pada durasi cukup panjang terjadi pada 1997-1998 dan 2015-2016. LN pernah terjadi selama 32 bulan yaitu sejak 1998-2001 setelah EN kuat 1997-1998. Akan tetapi, selama rentang 32 bulan tersebut LN berada pada skala lemah - moderat. LN kuat pernah terjadi pada 1975-1976 dengan durasi 6 bulan. Sejak tahun 1980an, EN maupun LN terjadi hampir setiap tahun, dengan jeda satu tahun maupun berurutan (tanpa jeda). Akan tetapi, pola perulangan EN kuat pada kisaran 15 tahunan, yaitu pada 1982, 1997, dan 2015. Periode ulang pada LN berdasarkan rekap kejadian hampir sama dengan EN, pada kisaran 15 tahunan.



Gambar 2. Anomali curah hujan tahunan stasiun hujan Bengawan Solo Hilir di Bojonegoro. Garis putus-putus pendek atas menunjukkan batas persentil 80, garis putus-putus bawah menunjukkan persentil 20.

4.3 Anomali Curah Hujan Tahunan

Curah hujan stasiun mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Rerata curah hujan dalam satu periode dapat digunakan untuk mengidentifikasi apakah fluktuasi berada pada batas normal ataukah tidak normal. Ketidaknormalan curah hujan dapat berupa lebih tinggi dari standar atau lebih rendah. Batas yang digunakan adalah persentil. Persentil curah hujan bulanan kurang dari 20 (persentil <20) menunjukkan bahwa curah hujan bulan tersebut kurang dari rerata. Apabila terjadi lebih dari sama dengan tiga bulan, kondisi tersebut dapat disebut kering. Jumlah bulan kering dihitung tiap stasiun/ tahun.

Berdasarkan **Gambar 2**, masing-masing stasiun dalam kurun waktu 30 tahun mengalami setidaknya 4 kali ekstrem basah dan ekstrem kering. Anomali basah lebih mendominasi dibandingkan anomali kering. Tercatat tahun basah antara lain: 1989, 1992, 1995, 1998, 1999, 2000, 2010-2011, dan 2016-2017. Tahun 1995 merupakan tahun yang mana sebanyak 14 stasiun mengalami anomali basah, di antaranya: Baureno, Bojonegoro, Cawak, Gondang, Jatiblimbing, Kerjo, Klepek, dan Tretes. Tahun tersebut tidak hanya terjadi anomali (di atas persentil 80), tetapi juga kondisi ekstrem melampaui nilai persentil 90, misalnya stasiun Baureno, Gondang, Jatiblimbing, Klepek, Kerjo, dan Tretes. Bahkan, untuk stasiun Tretes simpangan dari persentil 90 mencapai 2 poin. Artinya adalah, kondisi yang benar-benar lebih basah dibandingkan dengan angka rerata curah hujan tahunan. Selain tahun ekstrem tersebut, terdapat 13 stasiun yang mengalami anomali basah tahun 1998.

Anomali kering paling banyak terjadi tahun 1997 dengan 14 stasiun menunjukkan nilai di bawah persentil 20. Stasiun tersebut antara lain: Dander, Gondang, Jatiblimbing, Kanor, Kapas, Klepek, Sugihan, Sumberejo. Disusul tahun 2002 sebanyak 10 stasiun dengan penurunan paling ekstrem terjadi di Balen, Baureno, Dander, Panjang, Kerjo, Mekuris, Sugihan. Tahun 1991 ditemukan 6 stasiun dengan anomali kering. Stasiun Mekuris pada 1997 justru menunjukkan ekstrem kering dengan simpangan mencapai 1,5 poin dari persentil 20. Tahun 1997 merupakan tahun EN kuat dan setelah itu disusul dengan LN moderat mulai 1998 hingga 2000. Efek dari kejadian 1997 termasuk ekstrem dalam sejarah kekeringan. Selain tahun 1997 yang disebut bencana

kekeringan, bencana kekeringan juga terjadi tahun 1982 yang mana bersamaan dengan EN kuat.



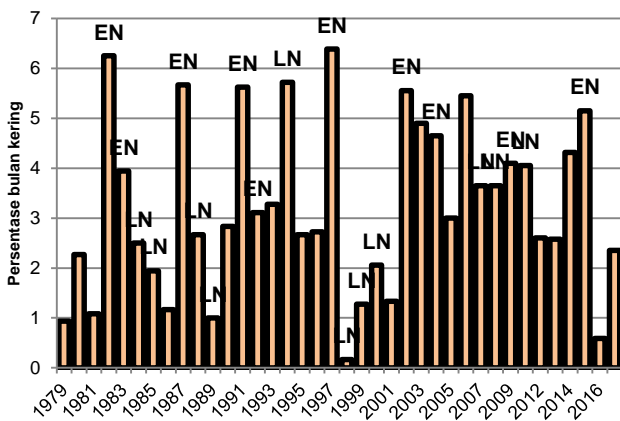
Gambar 3. Persentase bulan kering stasiun hujan di Bojonegoro 1979-2017 (Sumber: Data Olah Peneliti)

Gambar 3 memperlihatkan sebaran bulan kering berdasarkan stasiun. Stasiun Sugihan mengalami bulan kering terpanjang yaitu 33,08%, kemudian Stasiun Tretes 31,71%. Persentase terkecil untuk bulan kering dialami oleh Stasiun Sumberejo 17,62%. Stasiun Tretes berada pada ketinggian 115 m dpl dengan curah hujan rerata >2000 mm/tahun (Lihat **Tabel 1**) dibandingkan stasiun lain. Akan tetapi, berdasarkan analisis bulan kering Stasiun Tretes serta wilayah sekitarnya rentan terhadap kekeringan. Topografi tinggi serta persentase bulan kering yang tinggi menyebabkan wilayah sekitar Stasiun Tretes rentan terhadap dua macam bencana, yaitu banjir bandang saat penghujan dan kekeringan saat musim kemarau. Stasiun Sugihan juga rentan terhadap kekeringan saat musim kemarau.

4.4 Keterkaitan Anomali Hujan dengan ENSO

Kejadian EN maupun LN kuat berpengaruh nyata terhadap penurunan atau peningkatan hujan tahunan. Salah satu parameter untuk mengukur penurunan curah hujan bulanan adalah dengan perhitungan bulan kering. Bulan kering didefinisikan (dalam penelitian ini) sebagai bulan dengan persentil < 20 selama minimal 3 bulan berturut-turut.

Gambar 4 secara lebih jelas



Gambar 4. Rerata bulan kering pertahun sejak 1979-2017, EN adalah tahun *El Nino*, LN adalah tahun *La Nina*

memperlihatkan persebaran rerata bulan kering saat kejadian EN maupun LN. Tahun-tahun yang teridentifikasi terjadi EN mendapati bulan kering lebih panjang dibandingkan tahun tanpa EN, misalnya tahun 1982, 1997 dengan persentase bulan kering > 6%. Hampir semua bulan kering dengan persentase tinggi ditemui saat kejadian EN, kecuali tahun 1994 (terjadi LN). Persentase bulan kering saat terjadi LN lebih kecil dibandingkan tahun normal, bahkan untuk tahun 1998 jumlah bulan kering < 1%. LN tahun 1998 – 2000 memperlihatkan persentase bulan kering yang rendah.

4.5 Diskusi

Kejadian EN kuat tahun 1997 merupakan EN dengan kejadian anomali hujan tertinggi, meskipun EN kuat juga terjadi pada 1982/ 1983 dan 2015/ 2016. Tahun 1982 tidak terlihat penurunan hujan secara signifikan. Hal ini dapat disebabkan operasional alat yang belum maksimal sehingga data tidak terekap dengan baik. Adapun tahun LN dengan efek peningkatan curah hujan, memang ditemukan sebanyak 14 stasiun mengalami anomali basah, terutama tahun 1995 (**Gambar 2**). 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. Tahun LN moderat berkaitan dengan anomali curah hujan tahunan Bojonegoro. Misalnya, tahun 1998 – 2000 merupakan tahun LN moderat yang mana tahun

tersebut lebih dari 10 stasiun mengalami anomali basah. Anomali paling luas pengaruhnya terjadi tahun 1998 yaitu sebanyak 13 stasiun mengalami anomali basah.

Penurunan curah hujan tahunan saat kejadian EN dapat disebabkan curah hujan bulan-bulan kering (Juni – November) lebih rendah dibandingkan tahun normal sehingga total hujan menjadi lebih rendah. Adapun curah hujan saat LN lebih tinggi karena hujan bulan kering lebih tinggi dibandingkan tahun normal [15].

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil dari Nuryanto [15] bahwa saat EN curah hujan menjadi lebih rendah. EN berkaitan dengan penurunan curah hujan pada bulan-bulan kering (Juni – November). Saat LN, curah hujan bulan kering lebih tinggi dibandingkan kondisi tahun-tahun normal. Penurunan maupun peningkatan signifikan saat bulan kering memengaruhi total hujan tahunan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kejadian *El Nino* dan *La Nina* terjadi dengan periode ulang pendek, yang mana kejadian kuat memiliki periode ulang pada kisaran 15 tahunan. Akan tetapi, kejadian lemah-moderat hampir terjadi setiap tahun dengan jeda 1 tahun baik secara bergantian (EN-LN) maupun kontinyu (EN-EN atau LN-LN). Curah hujan tahunan mengalami penurunan saat kejadian EN dan kenaikan saat kejadian LN. Wilayah yang berpotensi mengalami kekeringan parah saat EN adalah sekitar stasiun Tretes dan Sugihan, yaitu wilayah bagian selatan Bengawan Solo Hilir dengan topografi berbukit. Saat kejadian EN, persentase bulan kering lebih tinggi dibandingkan tahun normal. Saat LN, persentase bulan kering lebih rendah dibandingkan tahun normal. Penurunan hujan paling signifikan terjadi saat EN tahun 1997, adapun peningkatan hujan paling signifikan terjadi saat LN kuat tahun 1989, 1995, 1998, dan 1999.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

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

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Trewartha, G.T. and L.H.Horn. *Pengantar Iklim. Edisi ke-5*. Penerjemah: Sri Andani dan Bambang Srigandono. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.1995
- [2] Inter-Government Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Valencia.2007.
- [3] Mc Bride, J.L., M.R., Haylock, N. Nicholls. Relationship between the Maritime Continent heat source and the *El Nino* Southern Oscillation Phenomenom. *Journal of Climate*. 16: 2905-2914. 2003
- [4] Kementerian Lingkungan RI. *Indonesia Country Report: Climate Variability and Climate Changes and Their Implication*. Kementerian Lingkungan Indonesia, Jakarta. 2007.
- [5] Ropelewski, C.F. dan M.S. Halpert. Global and regional scale precipitation patterns associated with the *El Nino*/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*. 115: 1606 – 1626. 1987.
- [6] Tong, J., Z. Qiang., Z. Deming, W. Yijin. Yangtze floods and droughts (China) and teleconnections with ENSO activities (1470-2003). *Quarterly International*, 144 (1): 29-37.2006.
- [7] Räsänen, T.A., M. Kummu. Spatiotemporal influences of ENSO on precipitation and flood pulse in the Mekong River Basin. *Journal of Hydrology*, 476 : 154-168. 2013.
- [8] Qian, J.H., A.W. Robertson, dan V. Moron. Interaction among ENSO, the Monsoon and Diurnal Cycle in Rainfall Variability Over Java, Indonesia. *Journal of the Atmospheric Sciences* 67: 3509 – 3524. 2010.
- [9] McGregor, G.R. dan S. Nieuwolt. *Tropical Climatology*. John Wiley & Sons Ltd.,London. 1998.
- [10] Trenberth, K. E. The definition of El Niño.*Bull. Ame.Met.Soc.*Vol 78 (12): 2771 – 2777. 1997.
- [11] Meyers, G., P. McIntosh, C. Pigot, M. Pook. The years of *El Nino*, *La Nina*, and interaction with the Tropical Indian Ocean. *Journal of Climate*, 20: 2872-2880. 2007.
- [12] Aldrian, E., L.D. Gates, dan F.H. Widodo. Variability of Indonesian rainfall and the influence of ENSO and resolution in ECHAM4 simulations and in the reanalyses. *MPI Report 346*, May. 2003.
- [13] Ummenhofer, C.C., R.D. D'Arrigo, K.J. Achukaitis, B.M. Buckley, E.R. Cook. Links between Indo-Pacific climate variability and drought in the Monsoon Asia Drought Atlas. *Clim. Dyn.* 40: 1319-1334. 2013.
- [14] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). *SSTA Nino3.4 HadISST*. http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Time series/Data/nino34.long.anom.data Diakses tanggal 1 November 2017
- [15] Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Water Resources Management of Bengawan Solo River Basin. *5th General Meeting Network of Asian River Basin Organizations*. Chiang Mai, Thailand, 15-18 Mei. 2013.