

PENGARUH CENTRAL *EL NIÑO* PASIFIK TENGAH DAN TIMUR TERHADAP VARIABILITAS CURAH HUJAN DI SULAWESI (THE INFLUENCE OF CENTRAL AND EASTERN PACIFIC *EL NIÑO* TO VARIABILITY OF CELEBES RAINFALL)

Budi Prasetyo* dan Nikita Pusparini
Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
*e-mail: bo3di.kecil@gmail.com

Diterima 22 Desember 2017; Direvisi 25 Mei 2018; Disetujui 8 Juni 2018

ABSTRACT

Celebes island was influenced by Central Pacific (CP) and Eastern Pacific (EP) *El Niño*. Celebes rainfall includes three Indonesian rainfall patterns that are monsoonal, equatorial, and local. They will give different response to both type of *El Niño*. Thus, we will investigate influence of both type *El Niño* to Celebes rainfall. We used monthly rainfall from Climate Prediction Center (CPC) National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), monthly Sea Surface Temperature (SST) from System Ocean Data Assimilation (SODA) version 2.2.4 and Oceanic Niño Index (ONI) with period from January 1950 to December 2010 (60 years). Simple statistic methods such as average, correlation, and composite analysis were used in this research. We used three different indexes to determine type of *El Niño*. The results showed that Celebes rainfall was decreasing due to both type *El Niño*. Decreasing rainfalls due to EP and CP *El Niño* were 5 – 20 mm and 2 – 12 mm, respectively. Region with monsoonal rainfall pattern in Celebes had the greatest decreasing rainfall due to two type of *El Niño*, and was followed by equatorial and then local patterns.

Keywords: *Celebes rainfall, CP El Niño, EP El Niño*

ABSTRAK

Pulau Sulawesi dipengaruhi oleh fenomena Central Pacific (CP) dan Eastern Pacific (EP) *El Niño*. Curah hujan Sulawesi mencakup ketiga pola hujan yang ada di Indonesia yaitu muson, ekuatorial, dan lokal. Variabilitas ketiga pola curah hujan tersebut akan memberikan respon yang berbeda terhadap pengaruh dari kedua tipe *El Niño* tersebut. Maka, kajian ini akan membahas pengaruh dari kedua tipe *El Niño* terhadap curah hujan Sulawesi. Penelitian ini menggunakan data curah hujan bulanan yang berasal dari *Climate Prediction Center (CPC) National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, Suhu Permukaan Laut (SPL) bulanan dari *System Ocean Data Assimilation (SODA)* versi 2.2.4 dan *Oceanic Niño Index (ONI)* dengan periode Januari 1950 hingga Desember 2010 (60 tahun). Perhitungan statistik sederhana berupa perata-rataan, korelasi, dan analisis komposit digunakan dalam kajian ini. Penentuan tipe *El Niño* menggunakan tiga buah indeks yang berbeda. Hasilnya diperoleh bahwa curah hujan Sulawesi berkurang saat kedua tipe *El Niño*. Penurunan curah hujan akibat EP *El Niño* berkisar antara 5 – 20 mm sedangkan akibat CP *El Niño* berkisar antara 2 - 12 mm. Wilayah Sulawesi dengan pola curah hujan muson merupakan wilayah yang mengalami penurunan curah hujan terbesar akibat kedua tipe *El Niño* tersebut, kemudian diikuti dengan pola curah hujan ekuatorial dan terakhir lokal.

Kata kunci: *curah hujan Sulawesi, CP El Niño, EP El Niño*

1 PENDAHULUAN

Fenomena *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) ditandai dengan adanya perbedaan Suhu Permukaan Laut (SPL) antara Samudera Pasifik Barat dan Timur. Kajian terkini menyatakan bahwa karakteristik *El Niño* terbagi menjadi dua yaitu *Eastern Pacific* (EP) *El Niño* (dikenal dengan *El Niño* konvensional) dan *Central Pacific* (CP) *El Niño* (Ashok *et al.*, 2007; Kao dan Yu 2009; Takahashi *et al.*, 2011). Fenomena CP *El Niño* ditandai dengan anomali SPL positif (hangat) di Samudera Pasifik Tengah dan diapit oleh anomali SPL dingin di Pasifik Barat dan Timur (Mc. Phaden *et al.*, 2011). Dampak kedua tipe *El Niño* tersebut berbeda satu sama lain dalam berbagai aspek iklim seperti curah hujan (Zhang *et al.*, 2011; Windari *et al.*, 2012; Rustiana, 2014; Kusumaningayu *et al.*, 2017) dan siklon tropis di Samudera Pasifik Barat (Chen, 2011; Pramuwardhani, 2012).

Variabilitas curah hujan di wilayah Indonesia sangat dipengaruhi oleh ENSO (Qalbi *et al.*, 2017). Wilayah Indonesia juga mengalami dampak dari *El Niño* berupa pengurangan curah hujan dari normalnya (Utami dan Hidayat, 2016), bahkan dapat menyebabkan bencana seperti kekeringan (Kusumaningayu *et al.*, 2017). Pola curah hujan di Indonesia terbagi menjadi tiga pola yaitu, pola monsun, ekuatorial, dan lokal (Tjasyono, 1999; Aldrian dan Susanto, 2003). Ketiga pola curah hujan tersebut akan memberikan respon yang berbeda terhadap kedua tipe *El Niño* tersebut. Oleh karena itu, kajian mengenai dampak kedua tipe *El Niño* terhadap ketiga pola curah hujan akan sangat bermanfaat dalam berbagai aspek kehidupan.

Beberapa penelitian mengenai dampak kedua tipe *El Niño* telah dilakukan oleh Windari *et al.* (2012), Tristiana (2012), Rustiana (2014), dan Kusumaningayu (2017). Windari *et al.* (2012) menemukan bahwa penurunan curah hujan di wilayah Sumbawa Besar, Makassar, Banjar Baru sebesar 26%

akibat *El Niño* Modoki dan 33% akibat *El Niño* konvensional. Tristiana (2012) menemukan bahwa *El Niño* Modoki menyebabkan penurunan curah hujan di wilayah Indonesia bagian timur sekitar 30% - 40%. Rustiana (2014) menemukan bahwa *El Niño* konvensional menurunkan kondisi curah hujan di Pulau Jawa lebih tinggi dibandingkan *El Niño* Modoki. Kusumaningayu (2017) menemukan bahwa terdapat perbedaan penurunan curah hujan antara Papua Utara dan Selatan dimana pengurangan curah hujan maksimum saat Desember Januari Februari (DJF) terjadi di Papua Utara sedangkan selama Juni Juli Agustus (JJA) terjadi di Papua Selatan.

Kajian ini akan membahas mengenai pengaruh dari kedua tipe *El Niño* tersebut pada tiga pola curah hujan. Pulau Sulawesi dipilih sebagai lokasi penelitian karena wilayah ini terdiri dari 3 pola curah hujan (Tjasyono, 1999; BMG 2006). Beberapa provinsi di Pulau Sulawesi yaitu : Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara merupakan wilayah yang mengalami penurunan curah hujan yang paling kuat akibat *El Niño* (Mulyana, 2002). Selain itu, sektor pertanian di Sulawesi sangat bergantung pada kondisi curah hujan, sehingga pemahaman mengenai kondisi curah hujan sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

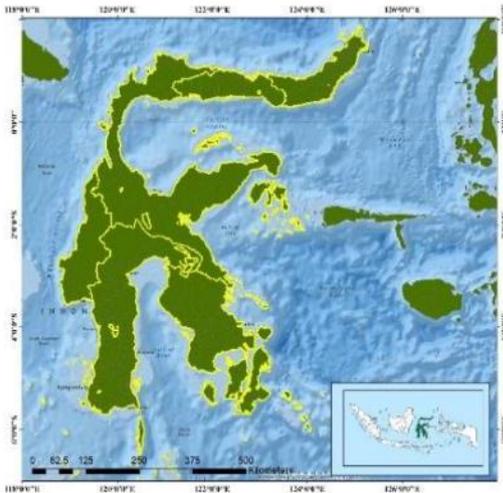
Penelitian sebelumnya mengenai dampak kedua tipe *El Niño* tersebut terhadap wilayah Indonesia masih dibatasi pada pengaruh *El Niño* Modoki sebagai CP *El Niño* (Windari *et al.*, 2012; Tristiana *et al.*, 2012; Rustiana *et al.*, 2014). Kusumaningayu *et al.* (2016) pada kajiannya menggunakan tambahan indeks lain yaitu, seperti Kao dan Yu (2009), dan Yu *et al.* (2011). Sebuah indeks dikatakan tidak mampu menangkap beragam variasi SPL akibat *El Niño*, sehingga dibutuhkan minimal dua buah indeks untuk menentukan tipe *El Niño* (Trenbeth dan Stepaniak, 2001). Selain itu, penelitian ini juga melanjutkan hasil dari Rustiana (2014)

yang menyarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan terhadap dampak dari kedua tipe *El Niño* tersebut untuk wilayah tipe hujan selain musonal.

2 DATA DAN METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data

Penelitian ini difokuskan di wilayah Pulau Sulawesi (Gambar 2-1). Peta tematik RBI batas wilayah diperoleh dari Badan Informasi Geospasial yang kemudian diolah menggunakan *software* ArcGIS 10.6.



Gambar 2-1: Peta Pulau Sulawesi. Peta inset merupakan lokasi Pulau Sulawesi di wilayah Indonesia (Sumber: BIG).

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data curah hujan bulanan yang berasal dari *Climate Prediction Center* (CPC) NOAA. Data CPC berdasarkan data pengukur curah hujan dengan grid resolusi $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ tersedia mulai dari Januari 1948 hingga sekarang. Pada kajian ini hanya digunakan data mulai dari Januari 1950 hingga Desember 2010 (60 tahun). Data ini berbentuk *Network Common Data Form* (NetCDF). Data presipitasi di wilayah dataran berdasarkan interpolasi hasil pengukuran > 15.000 stasiun pengukur curah hujan yang diambil dari *Global Historical Climatology Network* (GHCN) NOAA dan *Climate Anomaly Monitoring System* (CAMS) NOAA/CPC

menggunakan algoritma interpolasi optimum (Chen *et al.*, 2008).

Data reanalisis SPL bulanan berasal dari System Ocean Data Assimilation (SODA) v2.2.4. Data ini memiliki resolusi $0,5^\circ$ secara zonal dan meridional. Data ini berupa data bulanan dengan periode mulai dari Januari 1871 – Desember 2010. Data SODA v2.2.4 berdasarkan program fisik samudera dengan perata-rataan resolusi $0,25^\circ \times 0,4^\circ \times 40$ per lapisan kedalaman. Data pengamatan mencakup semua data profil hidrografik yang ada, seperti data stasiun di lautan, deret waktu salinitas dan suhu mooring, pengamatan salinitas dan suhu permukaan dari beragam jenis, serta data SPL satelit infra merah waktu malam (Carton dan Giese, 2008).

Data *Oceanic Niño Index* (ONI) digunakan untuk menentukan waktu dan durasi kejadian *El Niño*. ONI diperoleh dari hasil anomali SPL di wilayah Niño 3.4 (190° - 240° BT dan 5° LU- 5° LS) yang berdasarkan pertengahan terhadap 30 tahunan yang diperbaharui setiap 5 tahun. *El Niño* diidentifikasi dengan nilai indeks > 0,5 yang terjadi selama 5 bulan berturut-turut.

2.2 Metode Penelitian

Perhitungan korelasi dilakukan antara SPL di wilayah Niño 3.4 dan Niño 3 (variabel x) terhadap curah hujan Sulawesi (variabel y). Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua parameter atau lebih. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar keterkaitan antara curah hujan Sulawesi terhadap fluktuasi SPL di Niño 3.4 dan Niño 3. Kedua wilayah tersebut dapat mewakili kejadian EP *El Niño* (Niño 3) dan kejadian CP *El Niño* (Niño 3.4). Nilai koefisien berkisar antara -1 s.d. 1 dimana jika positif berarti berbanding lurus dan jika negatif berarti berbanding terbalik. Perhitungan korelasi menggunakan perhitungan koefisien korelasi linier atau korelasi Pearson yang diformulasikan dengan persamaan 1 (Storch dan Zwiers, 1999):

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x) \sum y}{\left(\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \right) \left(\sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2} \right)} \quad (1)$$

Perhitungan statistik berupa perata-rataan diperlukan untuk mengetahui kondisi normal curah hujan di Sulawesi. Pengurangan curah hujan yang diakibatkan *El Niño* dapat diketahui dengan menghilangkan data normalnya dari pemilihan data pada saat terjadinya kedua tipe *El Niño* tersebut sehingga diperoleh nilai anomali.

Penentuan tipe *El Niño* menggunakan tiga buah indeks yaitu indeks Ashok *et al.* (2007), Kao dan Yu (2009), dan Yu *et al.* (2011). Penentuan tipe *El Niño* menggunakan metode ini pernah dilakukan oleh Yu *et al.* (2012) dan Prasetyo *et al.* (2017) untuk membedakan tipe *El Niño*.

Ashok *et al.* (2007) menemukan bahwa terdapat perbedaan anomali SPL antara Pasifik Tengah dengan Pasifik Barat dan Timur. Tipe *El Niño* tersebut mereka sebut dengan *El Niño Modoki*. *El Niño Modoki Index* (EMI) diperoleh dari formula:

$$EMI = [ssta]A - 0.5 * [ssta]B - 0.5 * [ssta]C \quad (2)$$

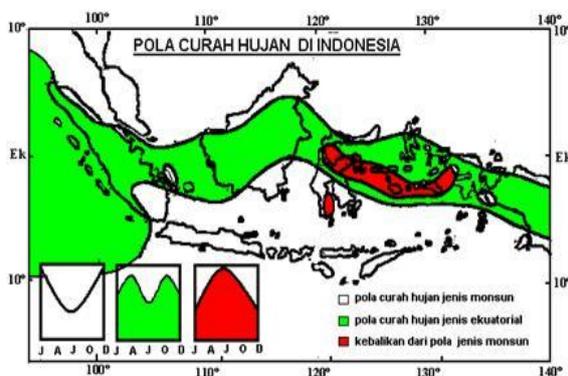
SSTA merupakan nilai anomali SPL. Wilayah A (165°BT–140°BB, 10°LS–

10°LU), wilayah B (110°BB–70°BB, 15°LS–5°LU), dan wilayah C (125°BT–145°BT, 10°LS–20°LU).

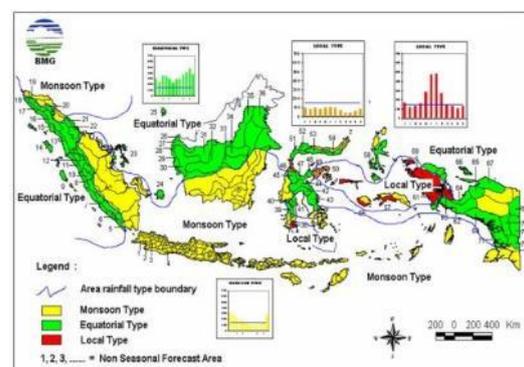
Indeks Yu *et al.* (2011) dibuat dari perata-rataan anomali *Subsurface Ocean Temperature* (SOT) hingga lapisan 100 m dari data rata-rata 3 bulanan, dengan sebelumnya menstandarisasi deviasinya untuk di wilayah Pasifik Timur (80°–90°BB, 5°LS–5°LU) dan Tengah (160°BT–150°BB, 5°LS–5°LU). Kriteria umum *El Niño* yang digunakan yaitu nilai absolut standar deviasi dari indeks SOT $\geq 0,5$ (d disesuaikan dengan indeks Niño 3.4), secara khusus nilai absolut standar deviasi 1,3 untuk EP *El Niño* dan 0,55 untuk CP *El Niño*.

Indeks Kao dan Yu (2009) yang didapat terkait hasil regresi *Empirical Orthogonal Function* (EOF) mode pertama sebagai EP *El Niño* dan EOF mode kedua sebagai CP *El Niño*. Hasil regresi EOF digunakan untuk mengidentifikasi EP dan CP *El Niño* dari data SPL bulanan. Anomali SPL diregresikan dengan Niño 1+2 (00–100, 800–900BB).

Pola curah hujan Sulawesi terdiri dari pola curah hujan monsunal, ekuatorial, dan lokal. Pembagian wilayah ketiga pola curah hujan tersebut, mengikuti hasil dari Tjasjono (1999) dan BMG (dalam Yulihastin, 2010) (Gambar 2-2.a dan 2-2.b).



(a)



(b)

Gambar 2-2: Pembagian wilayah pola curah hujan di Indonesia, (a). menurut Tjasjono (1999), (b). Badan Meteorologi dan Geofisika (dalam Yulihastin *et al.*, 2010).

Analisis spasial untuk mendapatkan hasil dari perhitungan dalam bidang ruang (lintang-bujur) sebelumnya menggunakan analisis komposit. Analisis komposit merupakan teknik penarikan contoh kemungkinan berdasarkan kondisi rata-rata beberapa fenomena tertentu yang sama sehingga hasilnya mewakili secara umum perkiraan waktu yang menunjukkan fenomena tersebut (Rustiana, 2014). Peta sebaran yang ditampilkan misalnya seperti kondisi normal curah hujan, anomali curah hujan akibat *El Niño*, maupun hasil korelasi.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Curah Hujan Sulawesi

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa rata-rata kondisi klimatologi curah hujan Sulawesi berkisar antara 30 hingga 85 mm/bulan. Wilayah Sulawesi Barat dan Sulawesi Utara merupakan wilayah yang memiliki curah hujan normal tertinggi. Wilayah dengan pola curah hujan monsun di Sulawesi cenderung memiliki curah hujan yang paling tinggi seperti Sulawesi Barat (Sulbar), Sulawesi Utara (Sulut), dan Sulawesi Selatan (Sulsel) bagian barat. Kemudian diikuti dengan wilayah pola curah hujan ekuatorial seperti di Sulawesi Tengah (Sulteng), Gorontalo, dan Palu. Sementara yang terendah terjadi di wilayah dengan curah hujan lokal seperti di Sulteng bagian timur (Luwuk), dan Palu (Gambar 3-1a).

Akan tetapi, wilayah Sulsel bagian timur-tenggara (Kabupaten Bulukumba dan sekitarnya) yang berpola lokal, memiliki rata-rata curah hujan yang cukup tinggi dibandingkan pola lokal yang lain. Curah hujan yang cukup tinggi tersebut dapat diperoleh akibat asupan massa udara basah dari monsun seperti di wilayah Sulsel. Namun, akibat pengaruh dari topografi yaitu adanya Pegunungan Bawakaraeng yang melintang menyebabkan terjadinya perbedaan pola curah hujan antara Sulsel bagian barat dengan Sulsel bagian

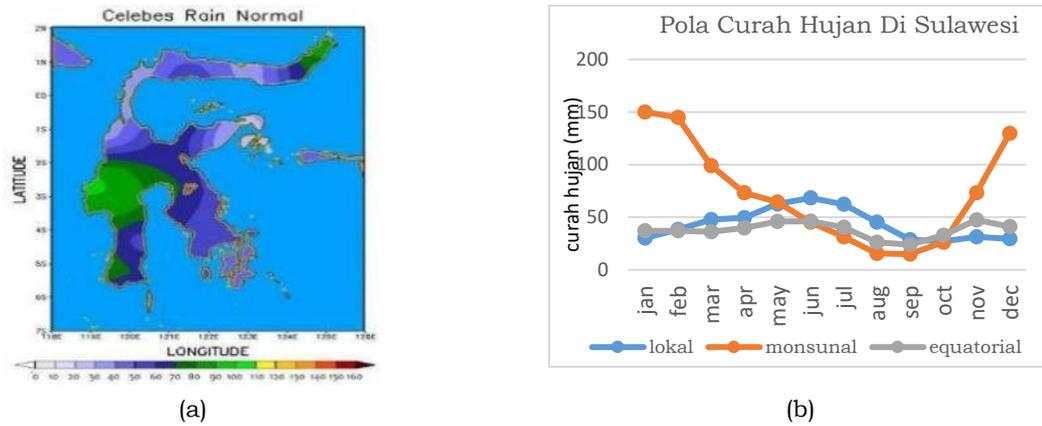
timur-tenggara. Pegunungan Bawakaraeng berperan sebagai mekanisme penghalang (*barrier*) bagi aliran atmosfer yang menyebabkan konveksi orografis sehingga menyebabkan konveksi terkonsentrasi di pantai barat (Santriyani, 2014).

Untuk melihat secara temporal, maka dipilih perwakilan dari tiap pola curah hujan yaitu Sulawesi Selatan bagian barat, Gorontalo Barat, dan Luwuk Barat. Hasil perata-rataan klimatologi selama 60 tahun menunjukkan bahwa ketiga wilayah tersebut menunjukkan pola curah hujan yang berbeda. Wilayah Sulsel bagian barat menunjukkan pola curah hujan monsun yang bersifat unimodal (ditandai dengan satu puncak dan satu musim kemarau). Terdapat perbedaan yang jelas antara musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan terjadi di bulan DJF, semakin menurun dan mencapai musim kemarau di bulan JJA, kemudian naik kembali pada bulan SON hingga DJF (Gambar 3-1.b). Hal ini dapat diakibatkan oleh pengaruh aktivitas angin monsun Asia-Australia sangat dominan di wilayah ini. Monsun Musim Panas Asia (*Asian Summer Monsoon*) yang terjadi saat bulan DJF membawa massa uap air yang cukup basah sehingga wilayah yang dilewati memiliki curah hujan yang lebih tinggi daripada normalnya. Sedangkan *Boreal Summer Moonsun* aktif saat bulan JJA dimana massa udara kering bergerak dari Australia ke Asia melewati wilayah Indonesia sehingga curah hujan lebih rendah daripada normalnya.

Wilayah Gorontalo Barat menunjukkan pola curah hujan ekuatorial yang bersifat bimodal dengan dua puncak musim hujan maksimum. Perbedaan antara musim hujan dan musim kemarau tidak terlalu jelas dimana hampir sepanjang tahun masuk dalam kriteria puncak musim hujan. Curah hujan maksimum terjadi saat bulan November dengan intensitas 47mm/bulan, setelah itu curah hujan

menurun hingga bulan April. Kenaikan terjadi pada bulan Mei dan Juni kemudian turun kembali saat JJA dan SON, serta meningkat kembali saat bulan November (Gambar 3-1.b). Puncak musim hujan terjadi saat ekuinoks yaitu ketika sumbu bumi tidak terinklinsi

terhadap matahari dan pusat matahari berada di bidang yang sama dengan ekuator. Pengaruh monsun di wilayah ekuator kurang terlihat signifikan akibat pengaruh gerak semu matahari saat ekuinoks.

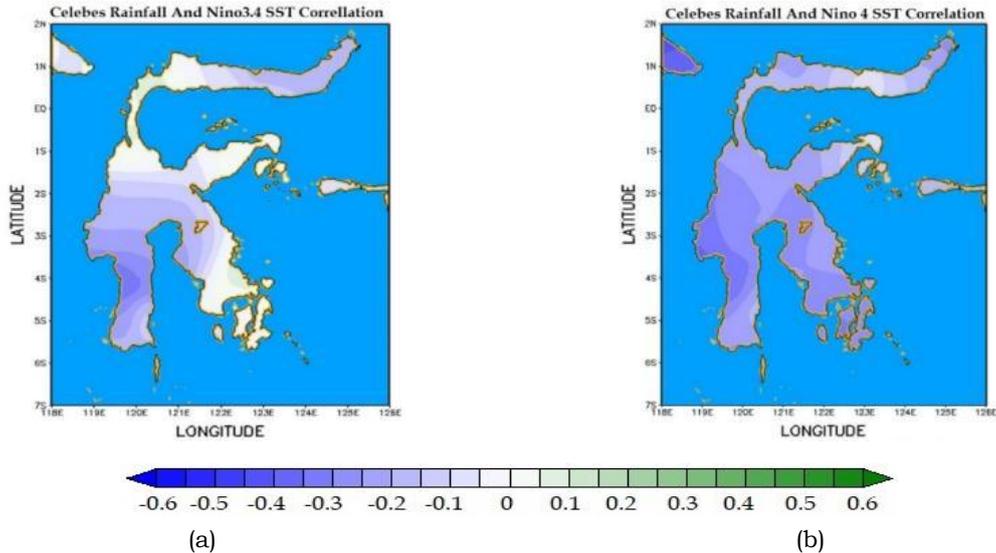


Gambar 3-1: Klimatologi curah hujan Sulawesi rata-rata dari Januari 1950 hingga Desember 2010 (60 Tahun) (a). wilayah Sulawesi secara spasial, (b). grafik pola curah hujan lokal (Luwuk, 122,5 BT, 0,75 LS), monsunal (Sulawesi Selatan, 119,75 BT; -5,25), dan ekuatorial (Gorontalo Barat, 123,25; 0,75).

Tabel 3-1 : TIPE KEJADIAN *EL NIÑO* MULAI DARI JANUARI 1950 – DESEMBER 2010

No	Waktu	Durasi	Yu et al. (2011)	Kao dan Yu (2009)	Ashok et al. (2007)	Consensus
1	Jul1951-Des1952	18 bulan	CP/EP	EP	EP	EP
2	Jan1953-Jan1954	13 bulan	CP	CP	EP	CP
3	Apr1957-Jun1958	15 bulan	EP/CP	CP	CP	CP
4	Okt1958-Feb1959	5 bulan	CP	CP	CP	CP
5	Jul1963-Feb1964	8 bulan	CP	CP	CP	CP
6	Jun1965-Apr1966	10 bulan	CP/EP	CP	CP	CP
7	Nov1968-Jun1969	8 bulan	CP	CP	CP	CP
8	Aug1969-Jan1970	5 bulan	CP	CP	EP	CP
9	Mei1972-Mar1973	11 bulan	CP/EP	EP	EP	EP
10	Sep1976-Feb1977	6 bulan	EP	EP	EP	EP
11	Sep1977-Feb1978	6 bulan	CP	CP	CP	CP
12	Mei1982-Jun1983	14 bulan	CP/EP	EP	EP	EP
13	Sep1986-Feb1988	16 bulan	CP/EP	CP	EP	CP
14	Jun1991-Jul1992	13 bulan	CP/EP	CP	CP	CP
15	Okt1994-Mar1995	6 bulan	EP/CP	CP	CP	CP
16	Mei 1997-Mei1998	13 bulan	EP	EP	EP	EP
17	Jun2002-Feb2003	7 bulan	CP	CP	CP	CP
18	Jul2004-Apr2005	10 bulan	CP	CP	CP	CP
19	Sep2006-Jan2007	5 bulan	CP	EP	EP	CP
20	Jul 2009-Apr2010	10 bulan	CP	CP	CP	CP

Keterangan Warna: merah = *El Niño* sangat kuat (ONI ≥ 2,0); orange = *El Niño* kuat (ONI = 1,5-1,9); hijau = *El Niño* sedang (ONI = 1,0-1,4); biru = *El Niño* lemah (ONI = 0,5-0,9)



Gambar 3-2: Korelasi curah hujan Sulawesi terhadap (a). SPL Niño 3.4, (b). SPL Niño 3. Niño 3.4 dirata-ratakan pada koordinat 190° – 240°BT, 5°LU-5°LS; Niño 3 dirata-ratakan pada koordinat 240°-290°BT, 5°LU-5°LS.

Sementara, wilayah Luwuk Barat menunjukkan pola curah hujan lokal yang ditandai dengan bentuk pola hujan unimodal (satu puncak hujan). Akan tetapi, bentuknya kebalikan dari pola musonal. Puncak musim hujan terjadi pada bulan JJA dan kemarau terjadi pada bulan DJF (Gambar 3-1.b). Pola lokal lebih dipengaruhi oleh topografi dan bentuk lokasi suatu wilayah (Chen *et al.*, 2012).

3.2 Dampak EP dan CP El Niño

Jumlah *El Niño* yang diperoleh dari rentang waktu Januari 1950 hingga Desember 2010 adalah 20 kejadian *El Niño*. Berdasarkan hasil dari tiga indeks tipe *El Niño* yang berbeda, diperoleh 15 CP *El Niño* dan 5 EP *El Niño* (Tabel 3-1).

Terjadi peningkatan kemunculan CP *El Niño* satu dekade terakhir, tercatat bahwa seluruh kejadian adalah CP *El Niño* (Chung dan Li, 2013). Penyebab seringkali kehadiran CP *El Niño* dapat disebabkan oleh variabilitas integrasi volume air hangat sepanjang ekuator berkurang, perubahan anomali SPL akibat perubahan sirkulasi atmosfer ekstra-tropis (Di Lorenzo *et al.*, 2010), pengaruh antropogenik dan variabilitas alam (Chung dan Li, 2013), dan juga

adanya peran dari lapisan termoklin (Wen, 2014).

Korelasi curah hujan Sulawesi terhadap kedua tipe *El Niño* tersebut cukup tinggi. Hasil korelasi antara anomali curah hujan Sulawesi terhadap anomali SPL di Niño 3.4 dan di Niño 3 saat EP dan CP *El Niño* menunjukkan bahwa nilai korelasi berkisar antara -0,1 hingga -0,5. Ini berarti bahwa curah hujan Sulawesi berbanding terbalik dengan kondisi SPL di Pasifik Tengah dan Timur. Ketika SPL di Pasifik Tengah dan Timur meningkat maka curah hujan di Sulawesi menurun. Hasil sebelumnya menunjukkan korelasi anomali curah hujan Sulawesi terhadap *Southern Oscillation Index* (SOI) yaitu -0,2 hingga -0,7 (Mulyana, 2002) dan korelasi parsial terhadap ONI yaitu -0,5 hingga -0,7 (Hidayat *et al.*, 2016). Sedikit perbedaan nilai korelasi dapat disebabkan oleh perbedaan penggunaan data dan variabel yang digunakan. Panjang data kajian juga akan berpengaruh terhadap hasilnya. Korelasi curah hujan Sulawesi terhadap anomali SPL Niño 3 saat kejadian EP *El Niño* menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan anomali SPL Niño 3.4 saat kejadian CP *El Niño*. Korelasi curah hujan Sulawesi terhadap

SPL Niño 3 saat EP *El Niño* berkisar antara -0,2 hingga -0,5 (Gambar 3-2a), sementara terhadap SPL Niño 3.4 saat CP *El Niño* berkisar antara -0,1 hingga -0,4 (Gambar 3-2 b). Hasil yang sama juga dinyatakan Tristiana (2012) yang menemukan bahwa korelasi curah hujan Sulawesi terhadap CP *El Niño* yaitu *El Niño* Modoki, berkisar antara -0,1 s.d -0,6.

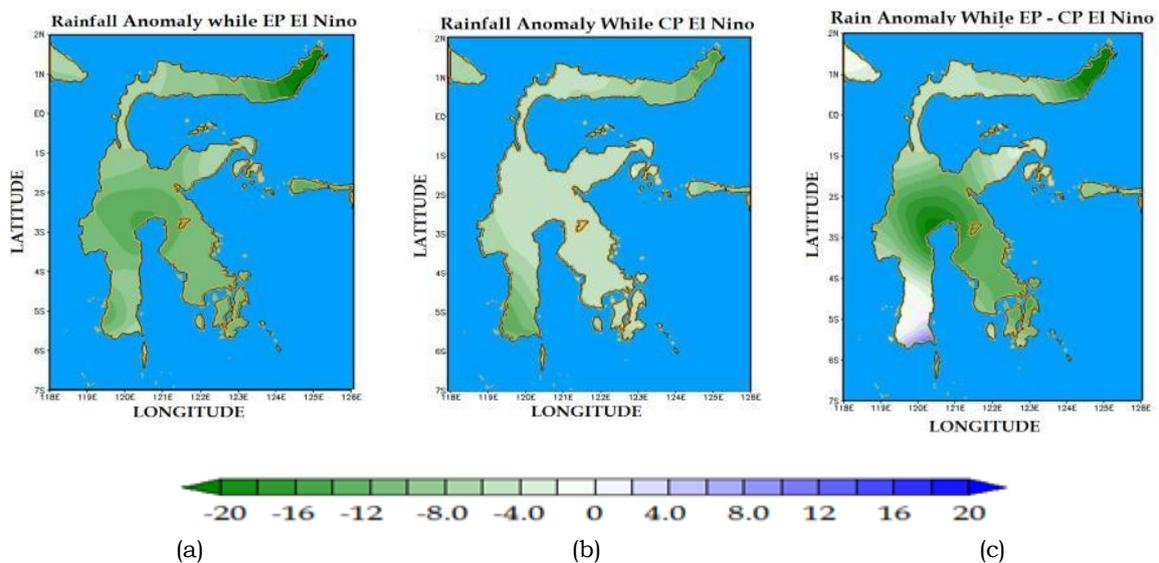
Wilayah dengan pola curah hujan monsunal seperti di Sulsel bagian barat dan Sulut merupakan wilayah dengan nilai korelasi tertinggi saat kedua tipe *El Niño*. Kemudian diikuti dengan wilayah pola hujan ekuatorial seperti di Sulawesi Tenggara, Gorontalo Barat, dan sebagian Sulawesi Tengah. Sedangkan wilayah pola lokal seperti, di Luwuk timur, merupakan yang terkecil korelasinya.

Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan Sulawesi sangat terkait dengan EP dan CP *El Niño*. Curah hujan Sulawesi akan berkurang ketika kedua tipe *El Niño* tersebut terjadi, akan tetapi penurunannya pasti akan berbeda satu sama lain. Wilayah dengan pola curah hujan yang berbeda juga akan menampilkan hasil yang berbeda juga. Wilayah pola hujan monsunal mungkin

akan lebih berpengaruh ketika terjadi *El Niño* sehingga penurunan curah hujannya dapat lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain. Untuk itu, pada sesi berikutnya kita akan membahas pengurangan curah hujan yang terjadi terhadap kedua tipe *El Niño* tersebut.

Curah hujan di Sulawesi berkurang saat kedua tipe *El Niño* tersebut. Pengurangan saat EP *El Niño* berkisar antara 4 hingga > 20 mm. Pengurangan maksimum terjadi di wilayah dengan pola curah hujan monsunal seperti di Sulut, Sulsel bagian barat, dan sebagian Sulteng. Kemudian diikuti oleh wilayah dengan curah hujan ekuatorial dan terakhir pola lokal (Gambar 3-3.a).

Sementara itu, pengurangan curah hujan akibat CP *El Niño* yaitu berkisar antara 2 hingga 12 mm. Wilayah yang berkurang secara maksimum akibat CP *El Niño* juga terjadi di wilayah pola hujan monsunal yaitu Sulut dan Sulsel bagian barat (Gambar 3-3.b). Anomali curah hujan di wilayah pola ekuatorial dan lokal tidak terlalu signifikan.



Gambar 3-3: Anomali curah hujan Sulawesi saat (a) EP *El Niño*, (b) CP *El Niño*, dan (c) Selisih antara EP dikurangi CP *El Niño*.

Pengurangan curah hujan di Sulawesi akibat EP *El Niño* umumnya lebih banyak dibandingkan saat CP *El Niño* yaitu mencapai > 10 mm yang terjadi di Sulawesi Utara dan Sulawesi Tengah (Gambar 3-3.c). Hal ini dapat disebabkan oleh magnitud EP *El Niño* cenderung lebih besar daripada CP *El Niño*. Tercatat dari 5 kejadian EP *El Niño*, terdapat 3 kejadian EP *El Niño* dalam kategori kuat yaitu *El Niño* 1972/73, *El Niño* 1982/83, dan *El Niño* 1997/98 (Tabel 3-1). Sementara CP *El Niño* berada pada kategori *El Niño* sedang hingga rendah. Selain itu, durasi EP *El Niño* cenderung relatif lebih lama sehingga menyebabkan penurunan curah hujan semakin besar.

Wilayah pola curah hujan monsun di Sulawesi merupakan wilayah dengan pengurangan curah hujan maksimum akibat kedua tipe *El Niño* tersebut. Hal ini dapat disebabkan adanya transpor kelembaban dari sirkulasi monsun memberikan pengaruh pada pola curah hujan yang dilaluinya. Ketika *El Niño* terjadi, anomali SPL di wilayah Indonesia timur cenderung lebih dingin dibandingkan Samudera Pasifik dan pergerakan angin horizontal bergerak ke arah Pasifik membawa massa udara basah. Terjadi pelemahan sirkulasi Walker di wilayah Indonesia dan menguat di Samudera Pasifik, akibatnya massa udara bergerak ke arah Pasifik (Hidayat, 2016). Saat *El Niño*, transpor kelembaban yang dibawa monsun cenderung kering sehingga pertumbuhan awan semakin jarang sehingga curah hujan pun akan berkurang cukup banyak dari normalnya. Terlebih jika pada musim kemarau (Juni-November) dimana pengaruh terkuat *El Niño* terjadi di wilayah Indonesia terjadi pada musim kemarau (Haylock dan McBride, 2001).

4 KESIMPULAN

Kedua tipe *El Niño* tersebut berpengaruh terhadap pengurangan curah hujan di Sulawesi, dengan

pengurangan berkisar antara 4 hingga > 20 mm. Umumnya EP *El Niño* menyebabkan pengurangan curah hujan Sulawesi lebih banyak dibandingkan CP *El Niño* dengan perbedaan selisih curah hujan mencapai > 10 mm di Sulawesi Utara dan sebagian Sulawesi Tengah. Penurunan curah hujan akibat EP *El Niño* berkisar antara 5 - 20 mm, sedangkan penurunan curah hujan akibat CP *El Niño* berkisar antara 2 hingga 12 mm. Wilayah Sulawesi dengan pola curah hujan monsun merupakan wilayah yang mengalami penurunan curah hujan terbesar akibat kedua tipe *El Niño* tersebut, kemudian diikuti dengan pola curah hujan ekuatorial dan terakhir lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada penelaah yang telah memberikan masukan perbaikan terhadap artikel ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Aldrian, E. dan R. D. Susanto, 2003. *Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature*, Int J. Clim., 23, 1435-1452.
- Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Weng, dan T. Yamagata, 2007. *El Niño Modoki and Its Possible Teleconnection*, J. Geophys. Res., 112.
- Badan Informasi Geospasial, 2017. Peta Tematik. http://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/download_rbi/download_250K_bataswilayah.html. Diakses 31 Mei 2018.
- Carton, J. A., dan B. S. Giese, 2008. *A Reanalysis of Ocean Climate Using Simple Ocean Data Assimilation (SODA)*, Mon. Weather Rev., 136, 2999-3017.
- Chen, Ching-Sen, Y. L. Lin, H. T. Zeng, C. Y. Chen, dan C. L. Liu, 2012. *Orographic Effects on Heavy Rainfall Events over Northeastern Taiwan During The Northeasterly Monsoon Season*, Atmos. Res., 122, 310-335.

- Chen, G., 2011. *How Does Shifting Pacific Ocean Warming Modulate on Tropical Cyclone Frequency Over The South China Sea*, J. Clim., 24, 4695–4700.
- Chen, M., W. Shi, P. Xie, V. B. S. Silva, V. E. Kousky, R. Wayne Higgins, dan J. E. Janowiak, 2008. *Assessing Objective Techniques For Gauge-Based Analyses of Global Daily Precipitation*, J. Geophys. Res., 113, D04110.
- Chung, H. P. dan T. Li, 2013. *Interdecadal Relationship Between The Mean State and El Niño Types*, J. Clim. American Meteorologi Society, 9, 3017
- Di Lorenzo, E., K. M. Cobb, J. C. Furtado, N. Schneider, A. Bracco, A. M. Alexander, dan D. J. Vimont, 2010. *Central Pacific El Niño and Decadal Climate Change In The North Pacific Ocean*, Nature Geoscience.
- Inness, M. P., dan J. M. Slingo. 2006. *The interaction of the Madden-Julian Oscillation with the Maritime Continent in a GCM*, J. Clim., 16(3), 345-364.
- Haylock, M., dan J. McBride, 2001. *Spatial Coherence and Predictability of Indonesian Wet Season Rainfall*, J. Clim., 14, 3882-3887.
- Hidayat, R., K. Ando, Y. Masumoto, dan J. J. Luo, 2016. *Interannual Variability of Rainfall over Indonesia: Impact of ENSO and IOD and Their Predictability*, IOP Conference Series : Earth and Env. Sci., 31 (20136), 012043.
- Kao, H. Y., dan J. Y. Yu, 2009. *Contrasting Eastern-Pacific and Central-Pacific Types of ENSO*, J. Clim., 22, 615–632.
- Kusumaningayu, A., W. J. Maria, dan M. R. Syahputra, 2017. *El Niño Modoki Impacts on Rainfall Anomaly in Papua Indonesia*, The 6th International Symposium for Sustainable Humanosphere, Humanosphere Science School 2016
- Mc Phaden, M. J., 2011. *El Niño And Its Relationship to Changing Background Condition in The Tropical Ocean*, Geop. Res. Lett., 38, L15709.
- Mulyana, E., 2002. *Hubungan Antara Enso Dengan Variasi Curah Hujan di Indonesia*, Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca, 3(1), 1-4.
- Pramuwardani, I., 2012. *Kajian El Niño Modoki terhadap Kejadian Siklon Tropis di Samudera Pasifik Barat Laut (120°-160°BT, ekuator – 20°LU)*, Tesis Universitas Indonesia.
- Prasetyo, B., N. Pusparini, dan I. M. Radjawane, 2017. *Variabilitas Suhu Permukaan dan Bawah Permukaan Laut di Perairan Laut Banda Saat El Niño*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional Tahunan XIII ISOI 2016, Surabaya, 1-2 Desember 2016.
- Qalbi, H., B. A. Faqih, dan R. Hidayat. 2017. *Future Rainfall Variability in Indonesia under Different and IOD Composites based on Decadal Prediction of Cmp5 Datasets*, IOP Conf. Series: Earth and Env. Sci. 54.
- Rustiana, S., 2014. *El Niño Modoki dan Dampaknya Terhadap Keragaman Curah Hujan Pulau Jawa (Studi Kasus: Kabupaten Indramayu)*, Skripsi Institut Pertanian Bogor.
- Santriyani, M., 2014. *Pengaruh Topografi Pegunungan Bawakaraeng Terhadap Aktivitas Konvektif di Wilayah Sulawesi Selatan*, Tesis Institut Teknologi Bandung.
- Storch, H. V., dan F. W. Zwiers, 1999. *Statistical Analysis in Climate Research*, Cambridge University Press.
- Takahashi, K., K. Montecinos, K. Goubanova, dan B. Dewitte, 2011. *ENSO Regime: Reinterpreting The Canonical and Modoki El Niño*, Geoph. Res. Let., 38, L10704.
- Tjasyono, B., 1999. *Klimatologi Umum*, Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- Trenberth, K.E., dan D. P. Stepaniak, 2001. *Indices Of El Niño Evolution*, J. Clim., 14, 1697–1701.
- Tristiana, S., 2012. *Pengaruh El Niño Modoki Terhadap Curah Hujan di Indonesia*, Skripsi Institut Teknologi Bandung.
- Tukidi, 2010. *Karakter Curah Hujan di Indonesia*, Jurnal Geografi, 7 (2).
- Utami, N., M. Ngestu, dan H. Rahmat, 2016. *Influences of IOD and ENSO to Indonesian Rainfall Variability: Role of Atmosphere-Ocean Interaction in The*

- Indo-Pacific Sector*, Procedia Environmental Sciences 33 (2016) 196 – 203, The 2nd Int. Sym. on LAPAN-IPB Sat. for Food Sec. and Env. Mon. 2015.
- Wen, C., A. Kumar, Y. Xue, dan M. J. Mc Phaden, 2014. *Changes in The Tropical Pacific Thermocline Depth and Their Relationship to Enso After 1999*, J. Clim., 27, 7230-7249.
- Windari, E. H., A. Faqih, dan E. Hermawan, 2012. *El Niño Modoki dan Pengaruhnya Terhadap Perilaku Curah Hujan Monsunal di Indonesia*, Jurnal Meteorologi dan Geofisika, 13 (3), 149-160.
- Yu, J. Y., H. Y. Kao, T. Lee, dan T. S. Kim, 2011. *Subsurface Ocean Temperature Indices For Central-Pacific and Eastern-Pacific Types of El Niño and La Niña Events*, Theor. Appl. Clim., 103, 337–344.
- Yu, J. Y., Y. H. Zou, S. T. Kim, dan T. Lee, 2012. *The Changing Impact of El Niño on US Winter Temperature*, Geophysical Research Letters, 39, L15702, doi:10.1029/2012GL052483, 2012
- Yulihastin, E., N. Febrianti, dan Trismidianto, 2010. *Impact of El Niño and IOD on the Indonesian Climate*. National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN).
- Zhang, W., F. F. Jin, J. Li, dan H. L. Ren, 2011. *Contrasting Impacts of Two-Type El Niño over The Western North Pacific During Boreal Autumn*, J. Met. Soc. Jpn., 89, 563–569.

