

Analisis Curah Hujan Ekstrem di Kepulauan Maluku dan Hubungannya dengan Fenomena ENSO

Analysis of Extreme Rainfall in The Maluku Islands And its Relationship with The ENSO Phenomenon

Hafizhu Khofaria¹, Iskhaq Iskandar^{*2}, Suhadi³

¹Program Magister Fisika, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

²FMIPA, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

³Tarbiyah, Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Palembang, Indonesia

Email: iskhaq@mipa.unsri.ac.id

ABSTRAK

Anomali iklim global dapat menyebabkan terjadinya iklim ekstrem, khususnya di Indonesia yang salah satunya mencakup kejadian curah hujan ekstrem. Curah hujan di Indonesia sendiri koheren dan berkorelasi dengan variasi ENSO di Samudra Pasifik. Selain pengaruh ENSO terdapat pengaruh lainnya seperti faktor regional, lokal dan topografi wilayah juga sangat menentukan karakteristik curah hujan tersebut terutama di Kepulauan Maluku yang memiliki pola curah hujan yang berbeda dari daerah lainnya di Indonesia. Kompleksnya fenomena yang mempengaruhi curah hujan di wilayah Maluku menarik perhatian peneliti untuk menganalisis pola curah hujan ekstrem dan kaitannya dengan hubungan ENSO. Penelitian ini menggunakan data curah hujan harian pada stasiun BMKG dan Metomanz dari tahun 1992 sampai 2022 selama 30 tahun, serta menggunakan metode regresi linear sederhana yang didapat dari hasil data reanalysis ERA 5 dengan data BMKG, pada stasiun yang tidak memiliki data lengkap selama 30 tahun. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Mann-Kendall dan Sen's Slope. Metode Mann-kendall digunakan untuk menentukan derajat signifikan dan perubahan arah positif atau negatif. Sementara Metode Sen's Slope digunakan dalam menentukan besarnya kemiringan linear dari trend yang dihasilkan. Pola iklim ekstrem di Kepulauan Maluku dipengaruhi fenomena ENSO dan kondisi geografis wilayah. Adanya perubahan trend yang signifikan pada CDD, CWD, dan PRCPTOT. Indeks Rnmm terbagi menjadi tiga batasan indeks (R20mm, R15mm, dan R10mm). Peningkatan trend CDD, CWD, PRCPTOT, terjadi berurutan di stasiun Mathilda Batlayeri, Kuffar, Bandaneira. Indeks Rnmm terbagi menjadi tiga batasan indeks R20mm, R15mm, dan R10mm dan terjadi peningkatan trend berurutan di stasiun Bandaneira, Namlea dan Mathilda Batlayeri.

Kata Kunci: Curah hujan ekstrem; Man-Kendall; Sen's Slope; ENSO

ABSTRACT

Global climate anomalies can cause extreme climates, especially in Indonesia, one of which includes extreme rainfall events. Rainfall in Indonesia itself is coherent and correlated with ENSO variations in the Pacific Ocean. Apart from the influence of ENSO, there are other influences such as regional, local factors and regional topography which also greatly determine the characteristics of rainfall, especially in the Maluku Islands which have different rainfall patterns from other areas in Indonesia. The complex phenomena that influence rainfall in the Maluku region attract the attention of researchers to analyze extreme rainfall patterns and their relationship to ENSO relationships. This research uses daily rainfall data at BMKG and Metomanz stations from 1992 to 2022 for 30 years, and uses a simple linear regression method obtained from the results of ERA 5 reanalysis data with BMKG data, at stations that do not have complete data for 30 years. This research was conducted using the Mann-Kendall and Sen's Slope methods. The Mann-Kendall method is used to determine the degree of significance and change in positive or negative direction. Meanwhile, the Sen's Slope Method is used to determine the magnitude of the linear slope of the resulting trend. Extreme climate patterns in the Maluku Islands are influenced by the ENSO phenomenon and geographical conditions of the region. There are significant trend changes in CDD, CWD, and PRCPTOT. The Rnmm index is divided into three index limits (R20mm, R15mm, and R10mm). Increasing trends of CDD, CWD, PRCPTOT, occurred sequentially at Mathilda Batlayeri, Kuffar, Bandaneira stations. The Rnmm index is divided into three index limits R20mm, R15mm, and R10mm and there is a sequential increasing trend at Bandaneira, Namlea and Mathilda Batlayeri stations.

Keyword: Rainfall Extreme; Mann-Kendall; Sen's Slope; ENSO

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang memiliki curah hujan dengan intensitas tinggi setiap tahunnya, yang dapat menyebabkan curah hujan ekstrem, khususnya ketika terjadi anomali iklim dan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya regional, lokal dan topografi (Mabrurroh dan Wiyanto, 2023). Menurut IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), anomali iklim yang terjadi yaitu kenaikan temperatur global dimulai sejak tahun 1901 dengan suhu mencapai 0,89°C (Darmawan, 2021).

Pergerakan *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ) memiliki peran penting sebagai faktor penentu kondisi iklim di wilayah tropis, termasuk Indonesia. Khususnya dalam skala regional (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2010). *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ), didefinisikan sebagai jalur yang ditunjukkan dengan pita awan dan hujan yang mengelilingi Bumi dan memanjang dari barat ke timur (Holton *dkk.*, 1971). ITCZ merupakan daerah dengan tekanan rendah yang memanjang dari barat ke timur dengan posisi berubah mengikuti pergerakan matahari ke utara dan selatan khatulistiwa. Posisi ITCZ saat berada di utara ekuator, maupun selatan ekuator, memiliki peran penting bagi kondisi dinamis wilayah tropis termasuk Indonesia yang dikaitkan dengan curah hujan (Bimaprawira dan Rejeki, 2021). Sehingga pergerakan ITCZ berkaitan dengan variasi curah hujan tahunan dan semi-tahunan di Indonesia (Ariska, *dkk.*, 2022).

Intensitas curah hujan Kepulauan Maluku dipengaruhi oleh kondisi suhu permukaan laut di perairan Samudera Hindia dan Pasifik, terutama pada fenomena *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO). ENSO merupakan fenomena berulang yang melibatkan perubahan suhu perairan di Samudra Pasifik Tropis bagian tengah dan timur (Wang *dkk.*, 2016). ENSO juga dapat

berkontribusi pada pola curah hujan dan saling berhubungan dengan Monsoon (Lau dan Nath, 2000). Pada kondisi El Niño terjadi fenomena iklim global yang dicirikan naiknya suhu permukaan laut di atas normal pada wilayah bagian timur laut Pasifik terjadi dalam beberapa tahun sekali (Trenbeth *dkk.*, 2002). La Niña merupakan kejadian anomali iklim global ditandai dengan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik tropis bagian tengah dan timur lebih dingin dibandingkan suhu normalnya atau fase dingin, wilayah ini akan mengalami curah hujan yang lebih tinggi di dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya (Gutman *dkk.*, 2000). Kedua anomali iklim El Niño dan La Niña berperan penting terhadap iklim tahunan dan biasanya akan menimbulkan pergeseran parameter iklim terutama pada perubahan curah hujan (Hidayat dan Ando, 2014).

Selain dipengaruhi ENSO, curah hujan Kepulauan Maluku juga dipengaruhi oleh keadaan iklim lokal. Menurut (BMKG, 2018) jumlah dan daerah hujan akan dipengaruhi oleh angin, suhu, kelembapan udara dan tekanan atmosfer yang merupakan faktor dari iklim. Wilayah Maluku sendiri merupakan wilayah tipe curah hujan lokal bersifat unimodial, dimana musim hujan terjadi di bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) sementara musim kemarau justru terjadi di bulan Desember-Januari-Februari (DJF). Sementara itu tipe curah hujan monsunial terletak pada daerah bagian selatan Indonesia yang memiliki tipe hujan bersifat unimodial dimana musim hujan terjadi di musim DJF dan musim kemarau terjadi di musim JJA. Serta untuk wilayah yang terletak di bagian barat laut Indonesia termasuk kedalam tipe curah hujan equatorial yang memiliki dua puncak musim hujan maksimum di sepanjang tahun dan tipe curah hujan yang bersifat bimodial yang biasa terjadi pada bulan Maret dan Oktober (Aldrian, *dkk.*, 2003).

Beberapa penelitian yang dilakukan (Kaimudin, 2000; Boer *dkk.*, 2003; Laimeheriwa,

2007) menunjukkan bahwa Kepulauan Maluku sebenarnya mengalami perubahan iklim curah musim hujan dan curah musim kemarau karena adanya pengaruh iklim ekstrem. Kompleksnya fenomena yang mempengaruhi curah hujan di wilayah Maluku menarik perhatian peneliti untuk menganalisis pola curah hujan ekstrem dan kaitannya dengan hubungan ENSO.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data curah hujan harian yang terekam di stasiun BMKG dan Meteomanz (www.metomanz.com) di Kepulauan Maluku selama 30 tahun dari tahun 1992-2022.

Tabel 1. Lokasi Stasiun Pengamatan BMKG

No.	Nama Stasiun	Kabupaten	Koordinat	
			Lintang	Bujur
1	Meteorologi Kuffar	Seram Bagian Utara	-3.88130	130.88000
2	Meteorologi Amahai	Maluku Tengah	-3.34640	128.92840
3	Meteorologi Namlea	Buru	-3.25000	127.08000
4	Meteorologi Mathilda	Maluku Tenggara Barat	-7.98000	131.30000
5	Meteorologi Bandaneira	Maluku Tengah	-4.52338	129.90430
6	Klimatologi Maluku	Seram Bagian Barat	-3.25000	128.40000
7	Meteorologi Sultan Babullah	Ternate	0.83330	127.38000
8	Meteorologi Emalamo	Sula	-2.05000	126.0000

Tahap *quality control* dilakukan untuk memastikan ada tidaknya kendala pada data. Tahapan ini dilakukan meliputi uji kelengkapan data dan auto koreksi. Tahap *quality control* juga dilakukan untuk mengisi data kosong pada stasiun yang tidak memiliki data tahun tertentu di BMKG maupun Meteomanz dengan menggunakan model (persamaan) regresi linear sederhana sehingga pada Stasiun Meteorologi Namlea, Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri, Stasiun Meteorologi Bandaneira dan Stasiun Klimatologi Maluku datanya dapat digunakan dalam penelitian ini.

Pengisian data kosong dilakukan dengan menggunakan regresi linear sederhana. Model (persamaan) regresi diperoleh dari data BMKG dan reanalisis yang terisi penuh secara kontinu. Untuk memperoleh data reanalisis pada koordinat stasiun BMKG, maka dilakukan ekstraksi dengan teknik *Inverse Distance Weighted* (IDW) (Faudzan, 2015).

$$U = \frac{\sum_{k=1}^N w_k(x,y)u_k}{\sum_{k=1}^N w_k(x,y)} \tag{1}$$

$$w_k(x,y) = \frac{1}{\sqrt{(x-x_k)^2+(y-y_k)^2}} \tag{2}$$

Dilakukan uji Mann-Kendall untuk menentukan ada tidaknya perubahan data yang termasuk dalam statistik non-parametrik. Statistik dari Mann-Kendall memberikan kesimpulan berupa derajat signifikan dan perubahan arah (positif atau negatif). Perhitungan Uji Mann-Kendall dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$s = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sign}(x_j - x_i) \quad (7)$$

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1, & (x_j - x_i) > 0 \\ 0, & (x_j - x_i) = 0 \\ -1, & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{N(N-1)(2N+5)}{18} \quad (9)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (10)$$

Sen's Slope merupakan grafik besarnya perubahan tren linier yang terjadi selama kurun waktu pengamatan.

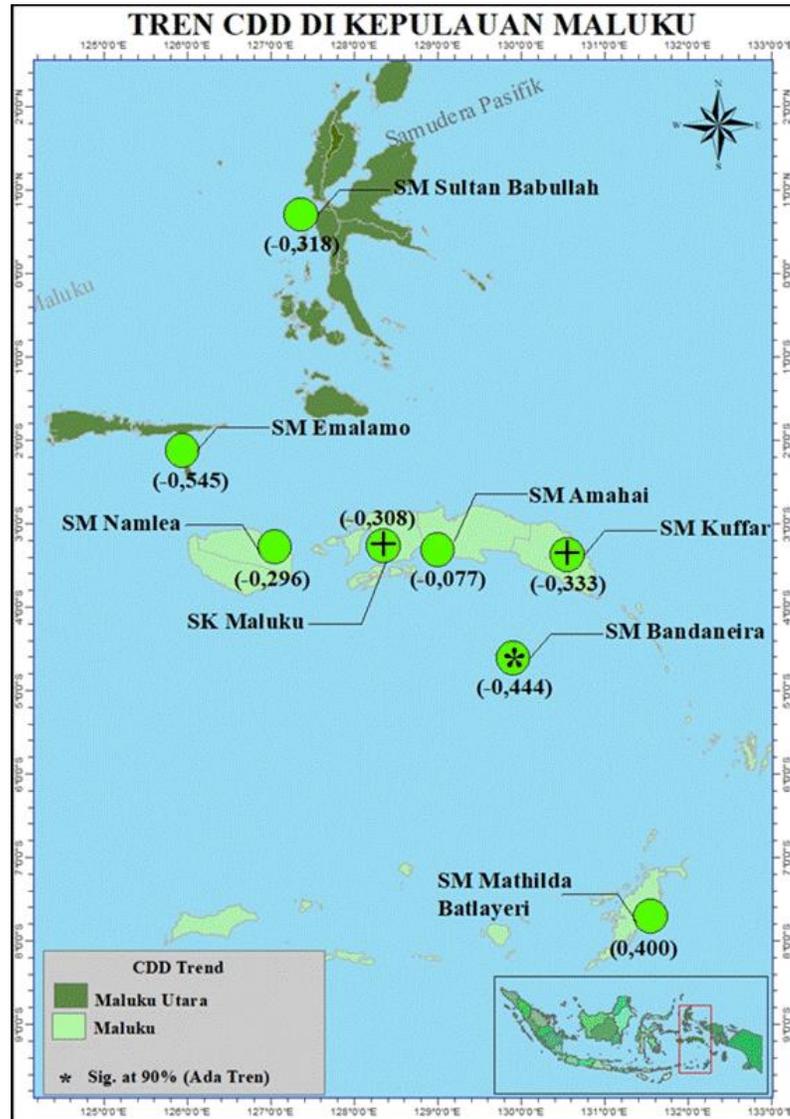
$$Q_i = \frac{(x_j - x_i)}{j - i}, j = i + 1 \text{ dan } i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (11)$$

$$Q_{med} = \begin{cases} Q \left[\frac{N+1}{2} \right] & \text{jika } N = \text{ganjil} \\ \frac{Q \left[\frac{N}{2} \right] + Q \left[\frac{N+1}{2} \right]}{2} & \text{jika } N = \text{genap} \end{cases}$$

(12)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh berupa tren *Consecutive dry days* (CDD), *Consecutive wet days* (CWD), *Wet day precipitation* (PRCPTOT), dan *Number of days above nn mm* (Rnmm) pada setiap stasiun.



Gambar 1. Tren CDD di Kepulauan Maluku. (*) tingkat signifikan 90 %,

Gambar 1. Menunjukkan penurunan tren CDD terjadi pada Stasiun Meteorologi Kuffar (10 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Amahai (2 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Namlea (9 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Bandaneira (14 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Sultan Babullah (10 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Emalamo (17 hari/tahun) dan Stasiun Klimatologi Maluku (9 hari/tahun). Sementara pada Stasiun

Meteorologi Mathilda Batlayeri terjadi peningkatan tren CDD selama 12 hari/tahun. Sehingga peningkatan tren CDD tertinggi terjadi pada Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri, hal ini dikarenakan pada stasiun ini memiliki kondisi wilayah yang cukup kering dibandingkan dengan stasiun lainnya (Laimheriwa, 2014). Sementara penurunan tren CDD tertinggi terjadi pada Stasiun Meteorologi Emalamo.



Gambar 2. Grafik Time-series CDD di Kepulauan Maluku.

Grafik time-series CDD menunjukkan CDD terpanjang di tahun 1997 terjadi di stasiun Meteorologi Kuffar (gambar 2.a), Amahai (gambar 2.b), Bandaneira (gambar 2.e), Emalamo (gambar 2.h) dan Klimatologi Maluku (gambar 2.f). berurutan selama 90 hari, 36 hari, 118 hari, 120 hari dan 74 hari. Menurut Lestari (2018) tahun 1997 merupakan tahun terjadinya fenomena El Niño. Dapat dilihat pada gambar 3 pada musim DJF dan MAM, suhu permukaan laut (SST) di bagian barat Samudra Pasifik masih hangat, yang menyebabkan Indonesia tetap menerima curah hujan. Kemudian, angin timuran yang bergerak ke arah Samudra Pasifik pada musim MAM memindahkan kolom air hangat ke wilayah Niño 3.4. Akibatnya, pada musim JJA, wilayah Niño 3.4 menjadi lebih hangat dibandingkan Indonesia. Hal ini dapat mengurangi aktivitas konveksi udara di Indonesia, sehingga terjadi defisit curah hujan. Kondisi ini berlanjut hingga mencapai puncaknya pada musim SON.

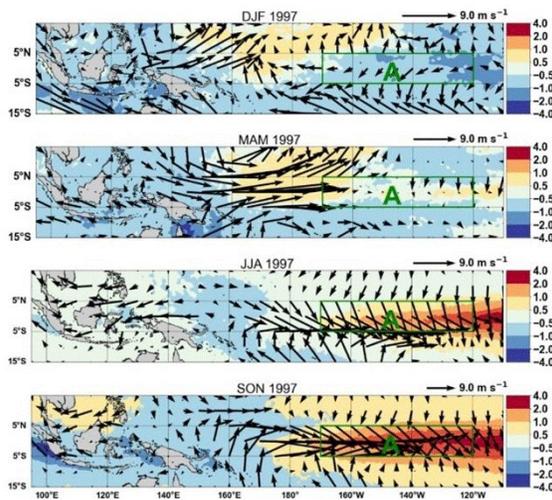
CDD terpanjang di Stasiun Namlea (gambar 2.c) terjadi selama 143 hari pada tahun 2002, terjadi fenomena El Niño di daerah stasiun Namlea. Fenomena El Niño ini berlangsung dari musim MAM hingga DJF (Nangimah, *dkk.*, 2018). Terdapat kolom air hangat di wilayah Niño 3.4 pada musim JJA dan SON (lihat gambar 4.) yang bersamaan dengan adanya angin timuran di wilayah Niño 3.4 menyebabkan Indonesia mengalami defisit curah hujan.

CDD terpanjang terjadi pada tahun 2014 selama 111 hari di Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri (gambar 2.d). Dapat dilihat pada gambar 5 tidak ada dominasi SST yang lebih dingin dan hangat di setiap musimnya. Meskipun tidak terdapat dominasi SST, tetapi terdapat kolom air dingin pada musim DJF dan MAM yang terjadi di wilayah Indonesia (Maluku dan Papua) (dapat dilihat gambar 5.) bersamaan hal tersebut angin timuran bergerak membawa kolom air hangat menuju wilayah Niño 3.4

sehingga mengurangi aktivitas konveksi massa ke udara di wilayah Indonesia dan mengakibatkan terjadinya defisit curah hujan. Selain itu, Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri, yang memiliki kondisi wilayah cenderung kering dan pola curah hujan monsoon, mengakibatkan wilayah stasiun Mathilda Batlayeri menjadi lebih rentan terhadap kekeringan (Elake, *dkk.*, 2018).

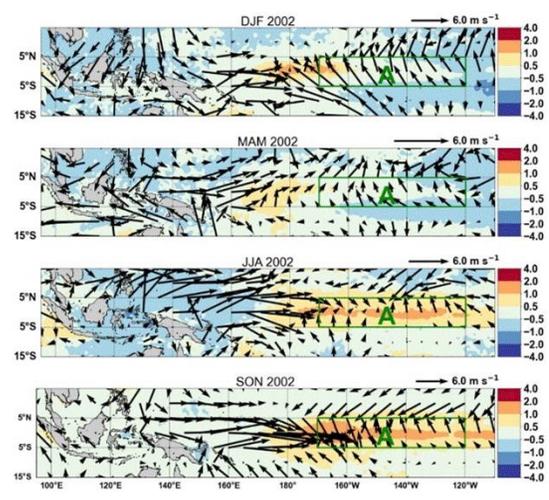
CDD terpanjang terjadi di Stasiun Meteorologi Sultan Babullah (gambar 2.g) pada tahun 2015 selama 93 hari, hal ini terkait fenomena El Niño. Pada tahun tersebut, terjadi fenomena El Niño kuat, yang dapat dilihat dari keberadaan kolom air hangat di wilayah Niño 3.4 pada musim JJA dan SON (lihat gambar 6.), bersamaan dengan angin timuran yang semakin kencang berhembus dari wilayah barat Samudera Pasifik menuju wilayah Niño 3.4, sehingga mengurangi aktivitas konveksi massa ke udara di wilayah Indonesia dan mengakibatkan terjadinya defisit curah hujan. Selain itu, pada periode El Niño 2015-2016, kecepatan angin meningkat secara signifikan akibat peningkatan gradien tekanan di bagian utara Laut Maluku (Putri *dkk.*, 2021).

Grafik time-series menunjukkan bahwa kejadian CDD terpanjang terkait dengan fenomena Super El Niño pada tahun 1997 dan 2015 pada Stasiun Meteorologi Kuffar, Amahai, Emalamo, Bandaneira, Sultan Babullah, dan Stasiun Klimatologi Maluku. Dampak ini mengakibatkan penurunan curah hujan, yang dapat disebabkan oleh anomali hujan pada musim kemarau di Indonesia. Pola ini berkorelasi secara signifikan dengan variasi suhu permukaan laut di cekungan Pasifik, selain itu penelitian lain juga mencatat bahwa kekeringan selama El Niño disebabkan oleh mendinginnya SST di perairan Indonesia dan melemahnya Sirkulasi Walker (Supari, *dkk.*, 2008).



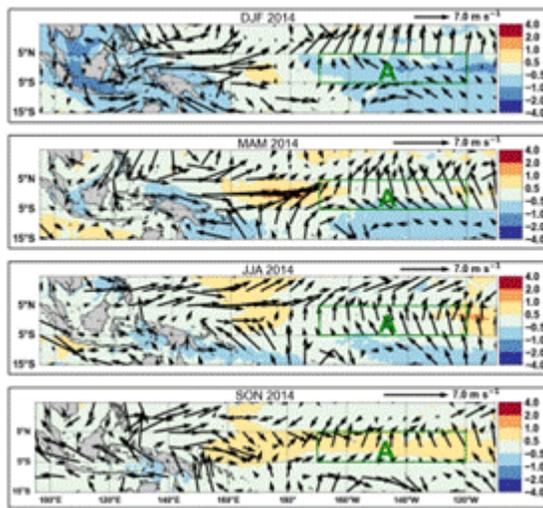
Gambar 3. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin di Tahun 1997

Gambar 3. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 1997. Pada musim DJF dan MAM, SST di barat Samudera Pasifik masih dalam kondisi hangat, hal ini mengakibatkan Indonesia masih menerima curah hujan. Kemudian angin timuran yang bergerak menuju Samudera Pasifik di musim MAM memindahkan kolam air hangat menuju wilayah Niño 3.4, sehingga pada musim JJA di wilayah Niño 3.4 lebih hangat dibandingkan wilayah Indonesia, hal ini dapat mengurangi aktivitas konveksi massa ke udara di wilayah Indonesia sehingga menyebabkan terjadinya defisit curah hujan. Kondisi ini terus berlangsung hingga puncaknya di musim SON.



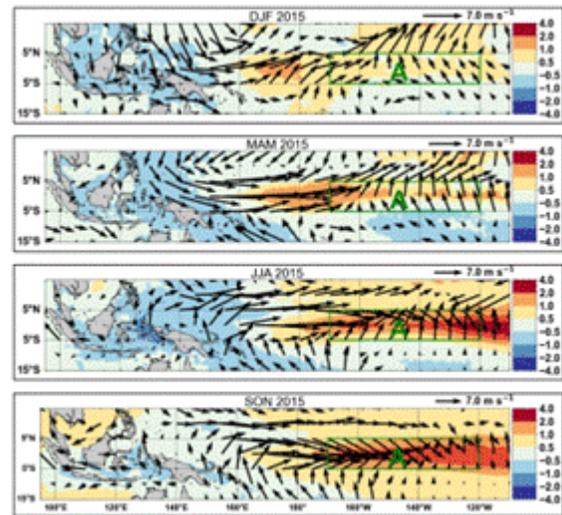
Gambar 4. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin di Tahun 2002

Gambar 4. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2002. Pada musim DJF dan MAM, SST di barat Samudera Pasifik masih dalam kondisi hangat yang mengakibatkan Indonesia masih menerima curah hujan di musim tersebut. Kemudian angin timuran yang bergerak menuju barat Samudera Pasifik di musim MAM memindahkan kolam air hangat menuju wilayah Niño 3.4, sehingga di musim JJA wilayah Niño 3.4 lebih hangat dibandingkan dengan wilayah Indonesia. Kondisi ini terus berlangsung hingga musim SON. Kondisi ini menyebabkan melemahnya aktivitas konveksi massa ke udara di wilayah Indonesia sehingga menyebabkan terjadinya defisit curah hujan di Indonesia.



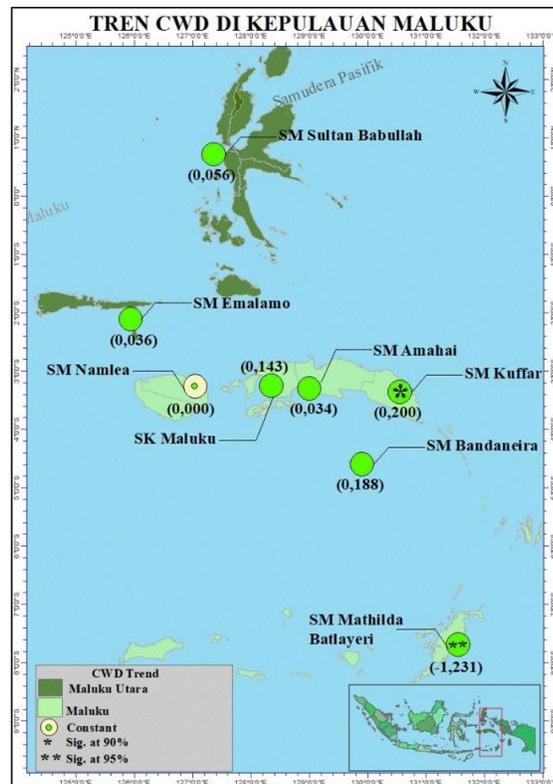
Gambar 5. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin di Tahun 2014

Gambar 5. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2014. Pada musim DJF, MAM, dan JJA, SST di barat Samudera Pasifik masih dalam kondisi hangat yang mengakibatkan Indonesia masih menerima curah hujan di musim tersebut. Kemudian angin timuran yang bergerak menuju barat Samudera Pasifik di musim JJA memindahkan kolom air hangat menuju wilayah Niño 3.4, sehingga di musim SON wilayah Niño 3.4 lebih hangat dibandingkan dengan wilayah Indonesia



Gambar 6. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin di Tahun 2015

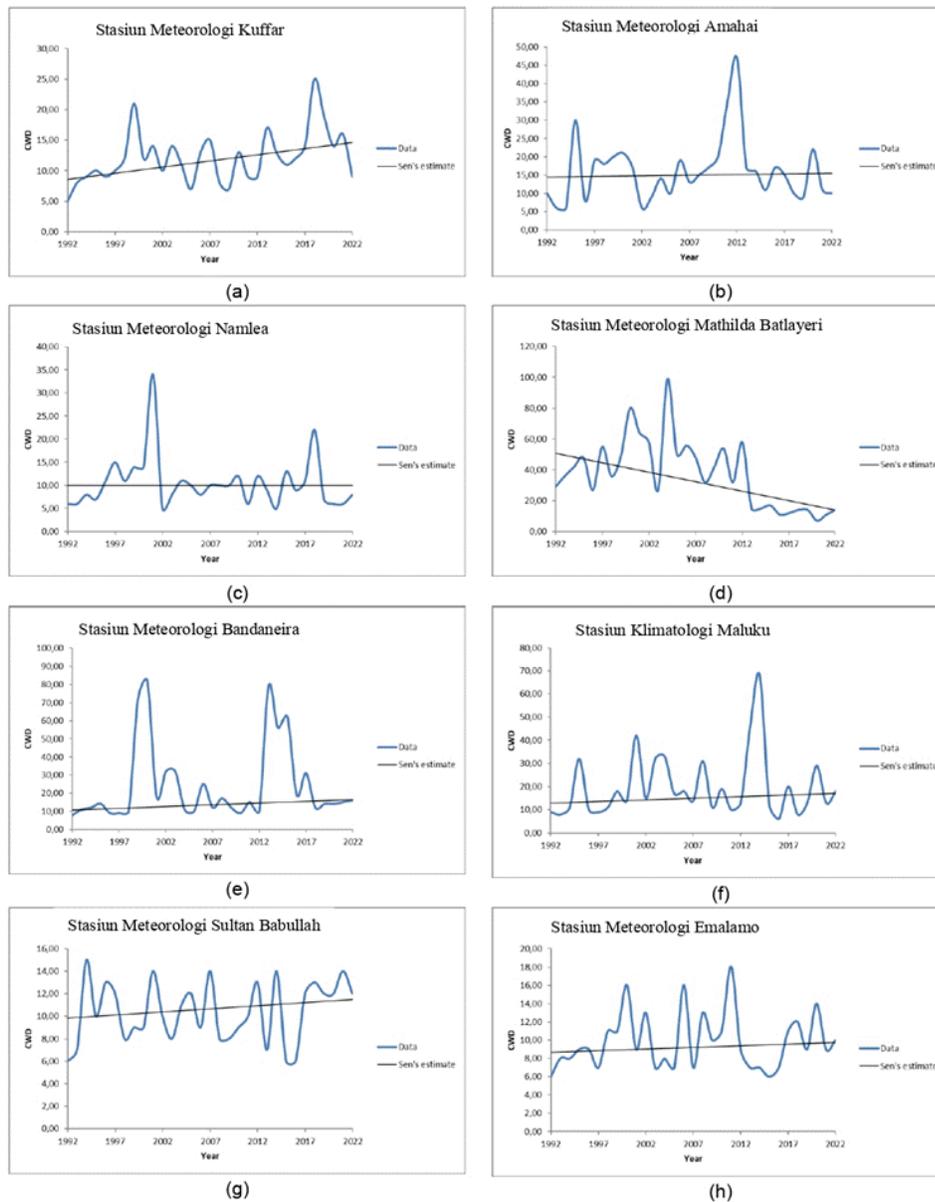
Gambar 6. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2015. Pada musim DJF SST di barat Samudera Pasifik dalam kondisi masih hangat, hal ini merupakan keberlanjutan dari SST di tahun 2014 pada musim SON. Kemudian angin timuran yang bergerak menuju barat Samudera Pasifik di musim DJF memindahkan kolom air hangat menuju wilayah Niño 3.4, sehingga di musim MAM wilayah Niño 3.4 lebih hangat dibandingkan dengan wilayah Indonesia, hal ini dapat mengurangi aktivitas konveksi massa ke udara di wilayah Indonesia sehingga menyebabkan terjadinya defisit curah hujan. Kondisi ini terus berlangsung hingga puncaknya di musim JJA dan SON.



Gambar 7. Tren CWD di Kepulauan Maluku. (*) tingkat signifikan 90 %, (**) tingkat signifikansi 95%.

Gambar 7. menunjukkan terjadi peningkatan tren CWD pada Stasiun Meteorologi Kuffar dan Bandaneira (6 hari/tahun), Stasiun Klimatologi Maluku (4 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Sultan Babullah (2 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Amahai dan Emalamo (1 hari/tahun). Sementara tidak terjadi perubahan yang signifikan pada hari basah di Stasiun Meteorologi Namlea pada setiap tahunnya, atau dapat dikatakan bahwa perubahan bersifat konsisten setiap tahun. Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri menunjukkan penurunan tren CWD selama 38 hari/tahun setiap tahunnya. Dari gambar

tersebut, terlihat stasiun di Kepulauan Maluku yang menunjukkan tren CWD tertinggi terjadi di Stasiun Meteorologi Kuffar. Iklim pada daerah stasiun Meteorologi Kuffar sangat dipengaruhi oleh sirkulasi angin musim secara latitudinal yang bergerak ke arah ekuator. Disamping itu pengaruh topografi seperti adanya pegunungan, angin lokal menyebabkan wilayah stasiun Meteorologi Kuffar memiliki curah hujan yang tinggi dan musim hujan yang panjang (Manullang, *dkk.*, 2023). Sementara penurunan CWD tertinggi terjadi di Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri, termasuk ke dalam wilayah Maluku yang cukup kering.



Gambar 8. Grafik Time-series CWD di Kepulauan Maluku

Gambar 8. menunjukkan CWD terpanjang terjadi pada tahun 2018 selama 25 hari di Stasiun Meteorologi Kuffar (Gambar 8.a), dapat dilihat pada gambar 9 tidak ada dominasi SST yang lebih dingin dan hangat di setiap

musimnya. Meskipun tidak terdapat dominasi SST tetapi hari basah terpanjang di tahun tersebut terjadi di musim DJF, saat kolom air hangat dan angin pasat yang berhembus kuat menuju wilayah Indonesia (Maluku dan Papua)

(lihat gambar 9) mengakibatkan terjadinya konveksi massa ke udara sehingga Indonesia menerima curah hujan. CWD terpanjang terjadi di Stasiun Meteorologi Amahai (gambar 8.b) pada tahun 2012 selama 47 hari, yang mana di tahun tersebut terjadi fenomena El Niño. Meskipun pada tahun tersebut terjadi fenomena El Niño, tetapi keberadaan kolam air hangat dan angin pasat yang berhembus kuat menuju wilayah Indonesia (Maluku dan Papua) (lihat gambar 10) pada musim DJF, mengakibatkan terjadinya peningkatan konveksi massa ke udara sehingga menyebabkan terjadinya surplus curah hujan di Wilayah Indonesia (Maluku dan Papua).

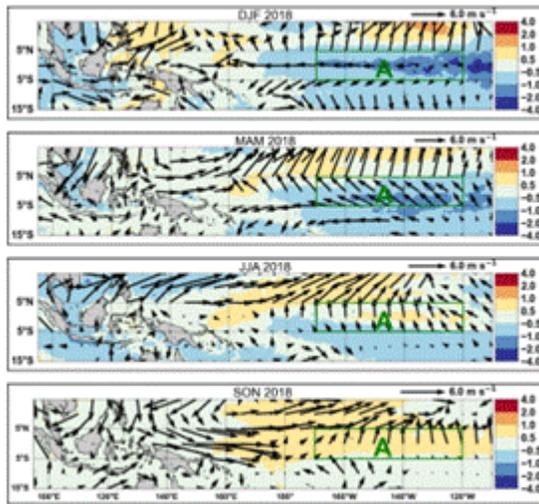
CWD terpanjang terjadi selama 34 hari pada tahun 2001 di Stasiun Meteorologi Namlea (gambar 8.c). Stasiun Namlea memiliki pola hujan muson, yang ditandai dengan curah hujan yang relatif tinggi, mencapai sekitar 1.271 mm per tahun pada tahun 2001 (Biloro, *dkk.*, 2021). Dapat dilihat pada gambar 11 tidak ada dominasi SST yang lebih dingin dan hangat di setiap musimnya. Keberadaan kolam air hangat dan hembusan angin pasat yang bergerak lebih kuat menuju utara Indonesia (lihat gambar 11.) di musim MAM sehingga mengakibatkan wilayah tersebut menerima curah hujan. Teridentifikasi CWD terpanjang terjadi di Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri (gambar 8.d) pada tahun 2004 selama 99 hari. Terdapat kolam air hangat dan angin timuran barat Samudera Pasifik (lihat gambar 12) pada musim DJF dan MAM, sehingga menyebabkan Indonesia masih menerima curah hujan. Selain itu, secara geografis wilayah stasiun Meteorologi Mathilda diapit oleh laut Banda dan Arafuru, kondisi ini menyebabkan pertumbuhan awan konvektif penghasil hujan di wilayah tersebut cenderung dipengaruhi oleh interaksi penguapan air laut terhadap fluida dinamis atmosfer (Indra, 2023).

CWD terpanjang terjadi di Stasiun Meteorologi Bandaneira (gambar 8.e) pada tahun 2000 selama 82 hari, hal ini terkait dengan

fenomena La Niña. Berdasarkan indeks Niño 3.4 pada tahun tersebut terjadi fenomena La Niña (Lestari *dkk.*, 2018). CWD terpanjang di Stasiun Klimatologi Maluku (gambar 8.f) terjadi selama 68 hari pada tahun 2014. Awal fase El Niño terjadi pada bulan November 2014 di stasiun Klimatologi Maluku (Alfred, *dkk.*, 2023). Meskipun demikian, pada tahun tersebut merupakan tahun dengan hari basah terpanjang. Hal ini diduga karena keberadaan kolam air hangat dan angin timuran yang berhembus kencang menuju barat Samudera Pasifik (lihat gambar 5) sehingga mengakibatkan Indonesia masih menerima curah hujan.

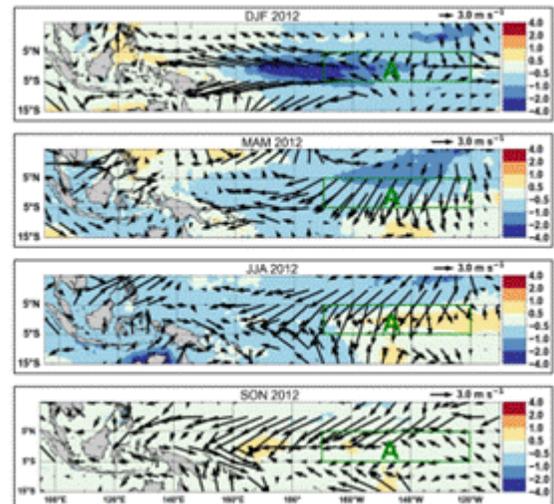
CWD terpanjang terjadi pada tahun 1994 selama 15 hari di Stasiun Meteorologi Sultan Babullah (gambar 8.g) Berdasarkan indeks Niño 3.4 pada tahun tersebut terjadi fenomena El Niño lemah (Lestari *dkk.*, 2018). Meskipun pada tahun tersebut terjadi fenomena El Niño, tetapi terjadi hari basah terpanjang. Dalam hal ini diduga terjadinya hari basah terpanjang di tahun tersebut (pada bulan maret selama 15 hari berturut-turut) terjadi sebelum berlangsungnya fenomena El Niño. CWD terpanjang terjadi di Stasiun Meteorologi Emalamo (gambar 8.h) pada tahun 2011 selama 18 hari. Berdasarkan indeks Niño 3.4 pada tahun 2011 terjadi fenomena La Niña, (Lestari *dkk.*, 2018).

Selama periode 30 tahun terakhir pada tahun 2018 (Stasiun Kuffar), 2001 (Stasiun Namlea), dan 2004 (Stasiun Mathilda Batlayeri), jumlah curah hujan pada stasiun tersebut berada pada kondisi di atas normal, tetapi tahun-tahun tersebut tidak tercatat sebagai tahun La Niña. Selain itu pada tahun 2012 (Stasiun Amahai), 2014 (stasiun Maluku) dan 1994 (Stasiun Sultan Babullah), jumlah curah hujan pada stasiun tersebut pada kondisi di atas normal, tetapi tahun-tahun tersebut tercatat sebagai tahun El Niño. Kejadian tersebut memberikan gambaran bahwa kejadian El Niño tidak selalu menyebabkan kekeringan atau curah hujan di bawah normal (Tentua, *dkk.*, 2022).



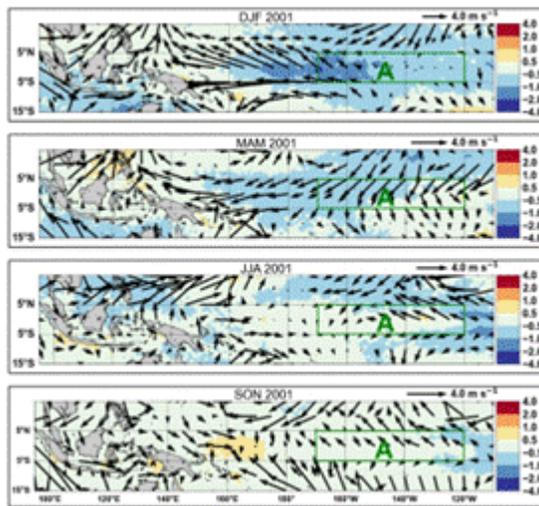
Gambar 9. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2018

Pada gambar 9. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2018. Pada musim DJF SST di wilayah Indonesia dalam kondisi cukup hangat, sementara SST di wilayah Niño 3.4 dalam kondisi dingin. Kemudian angin pasat berhembus membawa kolom air hangat menuju Indonesia. Hal ini mengakibatkan Indonesia menerima curah hujan. Pada musim MAM angin pasat perlahan berbalik arah dari wilayah Indonesia menuju utara Samudera Pasifik, bersamaan dengan SST hangat di utara Samudera Pasifik. Kondisi ini terus berlangsung hingga musim JJA. Musim MAM hembusan angin pasat mulai melebar hingga wilayah Niño 3.4 yang menyebabkan terbentuknya kolam air hangat di wilayah ini.



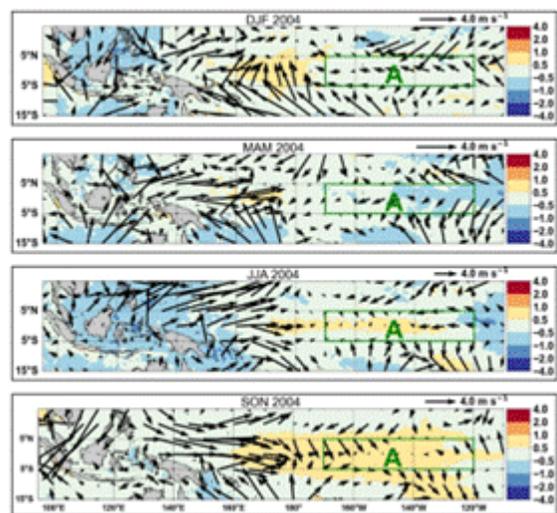
Gambar 10. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2012

Pada gambar 10. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2012. Pada musim DJF dan MAM SST di wilayah utara Indonesia dalam kondisi lebih hangat dari suhu normalnya, sementara SST di wilayah barat Samudera Pasifik dalam kondisi dingin. Bersamaan dengan angin pasat yang berhembus kuat, membawa kolom air hangat dari wilayah Niño 3.4 menuju wilayah Indonesia, sehingga mengakibatkan terbentuknya konveksi massa ke udara yang dapat menyebabkan terjadinya surplus curah. Pada musim JJA terlihat angin pasat melemah dan SST di Niño 3.4 lebih hangat dibandingkan musim DJF dan MAM. Pada musim SON, sama halnya dengan musim JJA, angin pasat dan SST semakin melemah hingga pada musim SON tidak ada dominasi SST yang lebih dingin dan hangat.



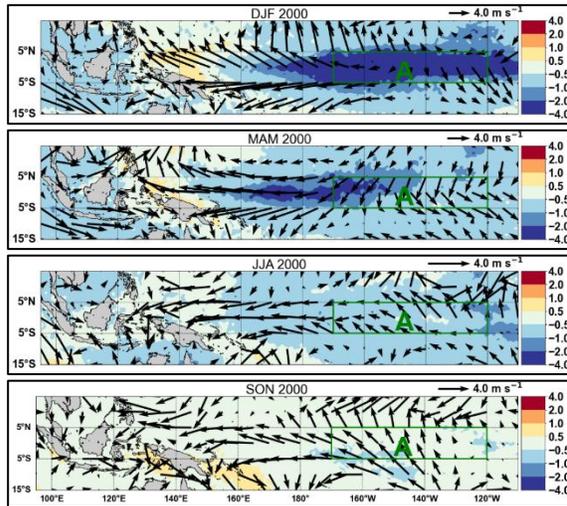
Gambar 11. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2001

Pada gambar 11. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2001. Pada musim DJF dan MAM SST di wilayah Niño 3.4 dalam kondisi dingin, sementara SST di wilayah utara Indonesia dalam kondisi hangat bersamaan dengan hal ini angin pasat bergerak lebih kuat dengan membawa kolom air hangat menuju utara Indonesia. Pada musim JJA terlihat angin pasat melemah. Pada musim SON angin pasat berbalik membawa kolom air hangat dari Utara Indonesia menuju barat Samudera Pasifik, serta sekitar wilayah Papua dan Maluku. Kondisi ini menyebabkan Indonesia (Papua dan Maluku) masih menerima curah hujan.



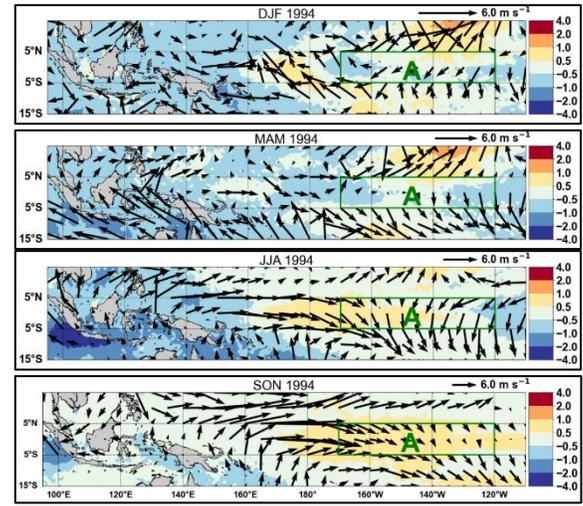
Gambar 12. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2004

Gambar 12. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2004. Pada musim DJF dan MAM, SST di barat Samudera Pasifik dalam kondisi masih hangat. Hal ini mengakibatkan Indonesia masih menerima curah hujan. Kemudian angin timuran yang bergerak menuju Samudera Pasifik di musim MAM memindahkan kolom air hangat menuju wilayah Niño 3.4, sehingga pada musim JJA di wilayah Niño 3.4 lebih hangat dibandingkan wilayah Indonesia. Kondisi ini terus berlangsung hingga musim SON.



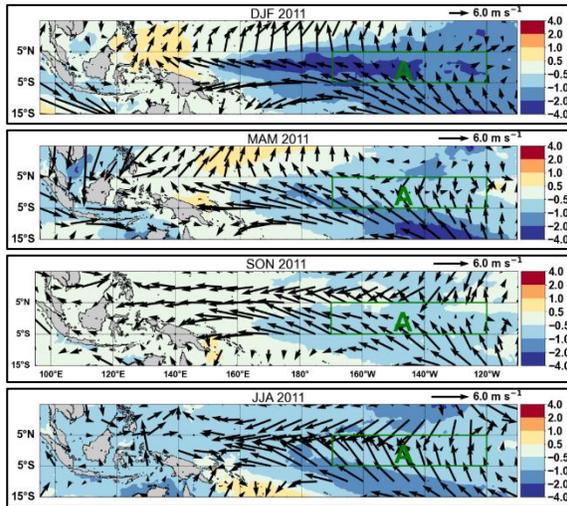
Gambar 13. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2000

Gambar 13. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2000. Pada musim DJF dan MAM SST di wilayah Niño 3.4 mengalami suhu yang lebih dingin daripada suhu normalnya. Pada musim ini angin pasat berhembus dan membawa udara hangat menuju Indonesia yang menyebabkan SST di kawasan Indonesia mengalami peningkatan ditandai dengan kemunculan kolam hangat. Kondisi dapat meningkatkan pertumbuhan awan konveksi yang menyebabkan Indonesia mengalami surplus curah hujan. Pada musim JJA terjadi pengurangan SST dingin di wilayah Niño 3.4. Kondisi ini terus berlangsung hingga musim SON, dimana pada musim SON terdapat kolam air hangat pada wilayah Papua dan Maluku akibat pengaruh hembusan angin pasat.



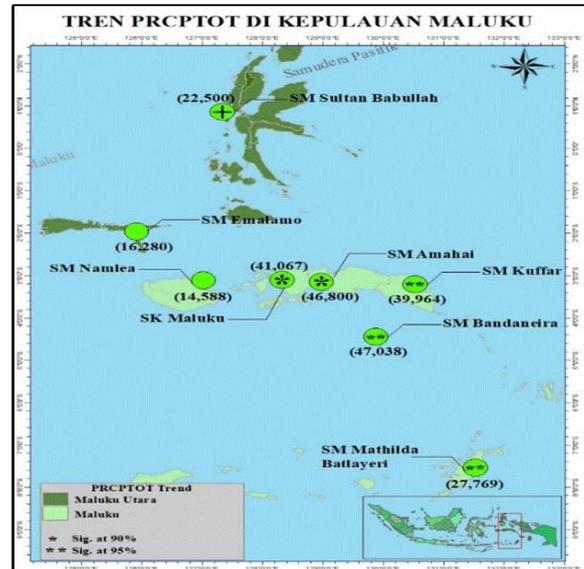
Gambar 14. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 1994

Gambar 14. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 1994. Pada musim DJF dan MAM, SST di barat dan utara Samudera Pasifik masih dalam kondisi hangat. Kemudian angin timuran yang bergerak menuju Samudera Pasifik di musim MAM memindahkan kolam air hangat menuju wilayah Niño 3.4, sehingga pada musim JJA di wilayah Niño 3.4 lebih hangat dibandingkan wilayah Indonesia, hal ini dapat mengurangi aktivitas konveksi massa ke udara di wilayah Indonesia sehingga menyebabkan terjadinya defisit curah hujan. Kondisi ini terus berlangsung hingga musim SON.



Gambar 15. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2011

Pada gambar 15. Menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2011. Pada musim DJF SST di wilayah utara Indonesia dalam kondisi lebih hangat daripada suhu normalnya, sementara SST di wilayah Niño 3.4 dalam kondisi dingin dibawah suhu normalnya. Pada musim ini angin pasat bergerak lebih kuat dengan membawa udara hangat menuju Indonesia, sehingga menyebabkan terjadinya aktivitas konveksi massa air laut ke udara meningkat menunjang pembentukan awan, sehingga menyebabkan terjadinya potensi curah hujan di Indonesia. Kondisi ini terus berlanjut hingga musim JJA. Melemahnya SST Niño 3.4 pada musim SON.



Gambar 16. Tren PRCPTOT di Kepulauan Maluku. (*) tingkat signifikan 90 %, (**) tingkat signifikansi 95%.

Gambar 4.10 menunjukkan tren PRCPTOT yang diidentifikasi mengalami peningkatan tren PRCPTOT pada stasiun Meteorologi Bandaneira (1.458,20 mm/tahun), Stasiun Meteorologi Amahai (1.450,80 mm/tahun), Stasiun Klimatologi Maluku (1.273 mm/tahun), Stasiun Meteorologi Kuffar (1.238 mm/tahun) Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri (860,83 mm/tahun, Stasiun Meteorologi Sultan Babullah (697,50 mm/tahun), Stasiun Meteorologi Emalamo (504,68 mm/tahun) dan Stasiun Meteorologi Namlea (452 mm/tahun). Peningkatan tren PRCPTOT tertinggi pada stasiun Meteorologi Bandaneira, sedangkan peningkatan tren PRCPTOT terendah pada stasiun Meteorologi Namlea. Hal ini disebabkan oleh kondisi hari basah yang konstan pada stasiun Meteorologi Namlea setiap tahunnya, sehingga curah hujan di sana lebih rendah dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya.



Gambar 17. Grafik Time-series PRCPTOT di Kepulauan Maluku

Gambar 17. Menunjukkan PRCPTOT tertinggi di tahun 2013 terjadi pada stasiun

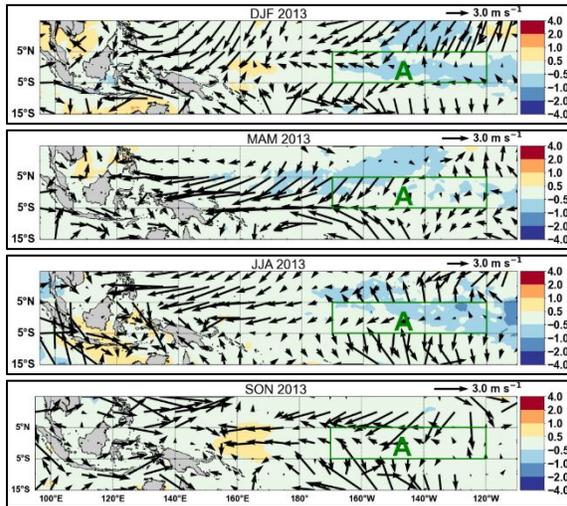
Meteorologi Kuffar (gambar 17.a) dan Emalamo (gambar 17.h) sebesar berturut 4.568 mm dan

3.517 mm. Pada tahun tersebut tidak sedang berlangsungnya fenomena baik El Niño maupun La Niña. Diduga keberadaan kolam air hangat dan hembusan kuat angin pasat yang bergerak menuju wilayah Indonesia (Maluku dan Papua) di musim JJA (lihat gambar 18) mengakibatkan peningkatan konveksi massa ke udara yang menimbulkan surplus curah hujan. Selain itu, total hari basah tahunan tertinggi terjadi karena dipengaruhi oleh fenomena *dipole mode* yang memberikan dampak signifikan terhadap variabilitas curah hujan (Elake, *dkk.*, 2018). Sementara PRCPTOT tertinggi di tahun 2008 terjadi pada stasiun Meteorologi Amahai (gambar 17.b), Namlea (gambar 17.c) dan Klimatologi Maluku (gambar 17.f) sebesar berturut 4.733 mm, 2.788 mm dan 4.066 mm. Hal ini dapat terlihat pada gambar 19 yang menunjukkan bahwa pada musim DJF, SST dingin berada di wilayah Niño 3.4. Kondisi inilah mengakibatkan wilayah Indonesia menerima curah hujan. Selain itu, pada tahun 2008 terjadi fenomena La Niña yang ditandai oleh nilai SOI yang lebih besar dari 8 selama empat bulan berturut-turut pada akhir tahun 2008 (Santoso, 2016).

Pada Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri (gambar 17.d) menunjukkan PRCPTOT tertinggi terjadi pada tahun 2022 sebesar 2.466 mm, dan berkaitan dengan fenomena La Niña (lihat gambar 20). Menurut (Yuniasih *dkk.*, 2023) pada oktober 2021 sampai Desember 2022, Indonesia mengalami La Niña dengan intensitas lemah sampai sedang selama 1,5 tahun berturut-turut. PRCPTOT tertinggi di Stasiun Meteorologi Bandaneira (gambar 17.e) terjadi pada tahun 2017 sebesar 4.320 mm. Dapat dilihat pada gambar 22 tidak ada dominasi SST yang lebih dingin dan hangat di setiap musimnya. Meskipun tidak terdapat dominasi SST, tahun tersebut memiliki

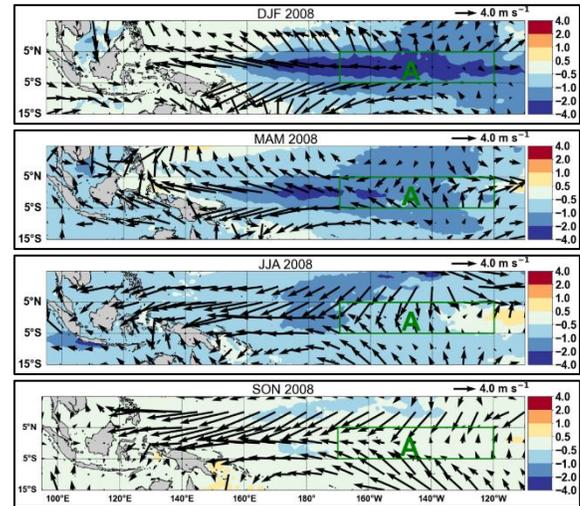
PRCPTOT tertinggi, diduga karena keberadaan kolam air hangat yang terjadi di musim DJF (gambar 22) pada wilayah Papua dan Maluku serta angin pasat yang berhembus menuju wilayah Indonesia, mengakibatkan Indonesia masih menerima hujan. Tahun 1996 di Stasiun Meteorologi Sultan Babullah (gambar 17.g) teridentifikasi terjadi PRCPTOT tertinggi sebesar 3.576 mm dan berkaitan dengan fenomena La Niña (lihat gambar 21) Hal ini diduga karena pergerakan angin pasat menuju Indonesia pada musim MAM, yang membawa kolam air hangat. Akibatnya, pada musim JJA, wilayah Indonesia (Papua dan Maluku) lebih hangat dibandingkan wilayah Niño 3.4, dan kondisi ini berlanjut hingga musim SON.

Grafik *Time-series* menunjukkan PRCPTOT tertinggi (terendah) terjadi pada Stasiun Meteorologi Amahai (Stasiun Meteorologi Namlea). Hal ini diduga karena, Stasiun Meteorologi Namlea memiliki kondisi hari basah yang konstan setiap tahun sehingga, menyebabkan total curah hujan tahunannya lebih rendah dibandingkan dengan stasiun lainnya. Sebaliknya, Stasiun Meteorologi Amahai memiliki total curah hujan tertinggi karena merupakan daerah pegunungan, serta memiliki angin lokal yang mempengaruhi pola dan distribusi curah hujan. Pengaruh topografi wilayah seperti daerah-daerah pegunungan inilah yang menyebabkan curah hujan yang tinggi dan musim hujan yang panjang pada stasiun pengamatan (Risamasu *dkk.*, 2023). Selama periode 30 tahun terakhir pada tahun 2013 (Stasiun Kuffar dan Emalamo) dan 2017 (Stasiun Bandaneira) jumlah curah hujan pada stasiun tersebut berada pada kondisi di atas normal, tetapi tahun-tahun tersebut tidak tercatat sebagai tahun La Niña.



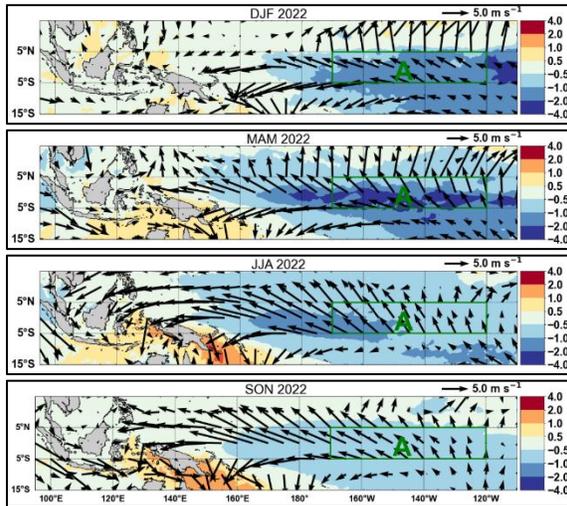
Gambar 18. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2013

Pada gambar 18. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2013. Pada musim DJF, MAM dan JJA SST di wilayah Indonesia dalam kondisi hangat, hal ini terjadi karena angin baratan yang membawa kolom air hangat menuju Indonesia. Kemudian angin pasat yang bergerak menuju Selatan Indonesia di musim JJA memindahkan kolom air hangat menuju wilayah barat Samudera Pasifik, sehingga pada musim SON di wilayah barat Samudera Pasifik lebih hangat dibandingkan wilayah Indonesia. Kolam hangat di tahun ini tidak mengakibatkan fenomena ENSO. Diduga kolam hangat yang terjadi di wilayah Selatan Indonesia mengakibatkan wilayah Maluku dan Papua masih menerima curah hujan.



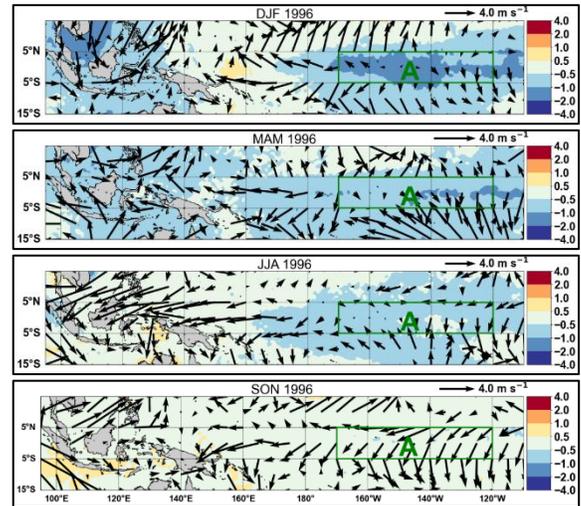
Gambar 19. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2008

Gambar 19. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2008. Pada musim DJF SST di wilayah Niño 3.4 dalam kondisi dingin dibawah suhu normalnya. Kemudian angin pasat berhembus menuju wilayah Indonesia (Maluku dan Papua). Pada musim MAM, hembusan angin pasat melemah dan SST Niño 3.4 tidak lebih dingin dari musim DJF. Kondisi inilah yang menyebabkan aktivitas konveksi massa air ke udara meningkat, sehingga menyebabkan Indonesia masih menerima curah hujan. Kondisi pada musim JJA serupa dengan musim MAM, yaitu mengalami pelemahan angin pasat dan SST, hingga musim SON tidak ada dominasi SST yang lebih dingin atau hangat



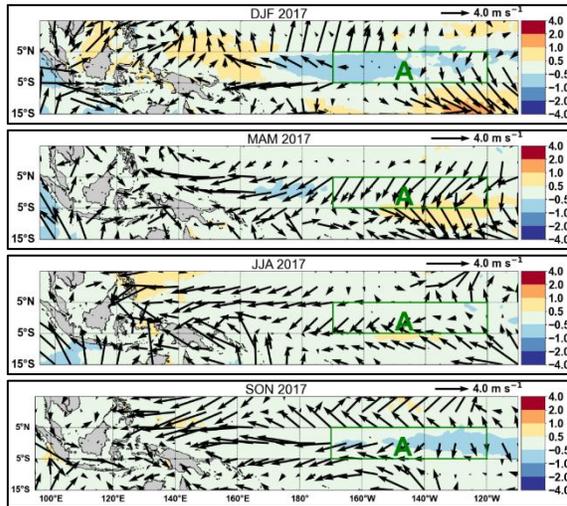
Gambar 20. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2022

Gambar 20. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2022. Pada musim DJF dan MAM SST di wilayah Indonesia dalam kondisi hangat, sementara SST di wilayah Niño 3.4 dalam kondisi dingin. Kemudian angin pasat yang berhembus lebih kuat di musim JJA memindahkan kolam air hangat menuju wilayah Selatan Indonesia sehingga pada musim SON wilayah Indonesia khususnya di wilayah Maluku dan Papua lebih hangat dibandingkan wilayah Niño 3.4, sehingga dapat meningkatkan aktivitas konveksi massa ke udara di khususnya Maluku dan papua yang menyebabkan terjadinya surplus curah hujan



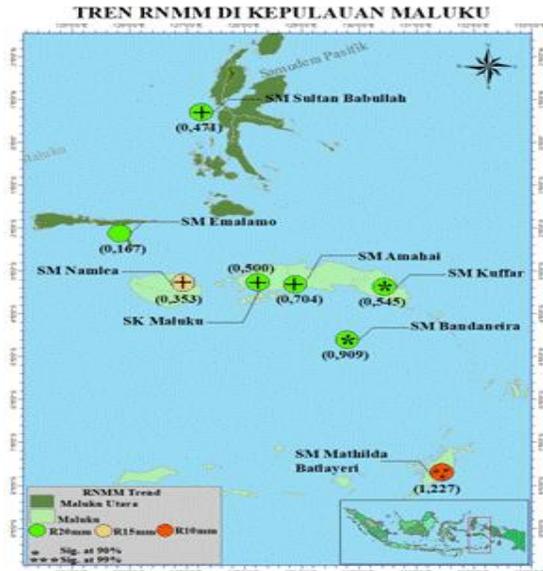
Gambar 21. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 1996

Gambar 21. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 1996. Pada musim DJF SST di barat Samudera Pasifik masih dalam kondisi hangat, hal ini mengakibatkan Indonesia masih menerima curah hujan. Kemudian angin pasat yang berhembus lebih kuat yang bergerak menuju Indonesia di musim MAM memindahkan kolam air hangat menuju wilayah Indonesia, sehingga pada musim JJA di wilayah Indonesia (Papua dan Maluku) lebih hangat dibandingkan wilayah Niño 3.4. Kondisi ini terus berlanjut hingga musim SON, dimana SST dingin di wilayah Niño 3.4 semakin melemah. Diduga kolam hangat yang terjadi di wilayah Papua dan Maluku mengakibatkan wilayah tersebut masih menerima hujan.



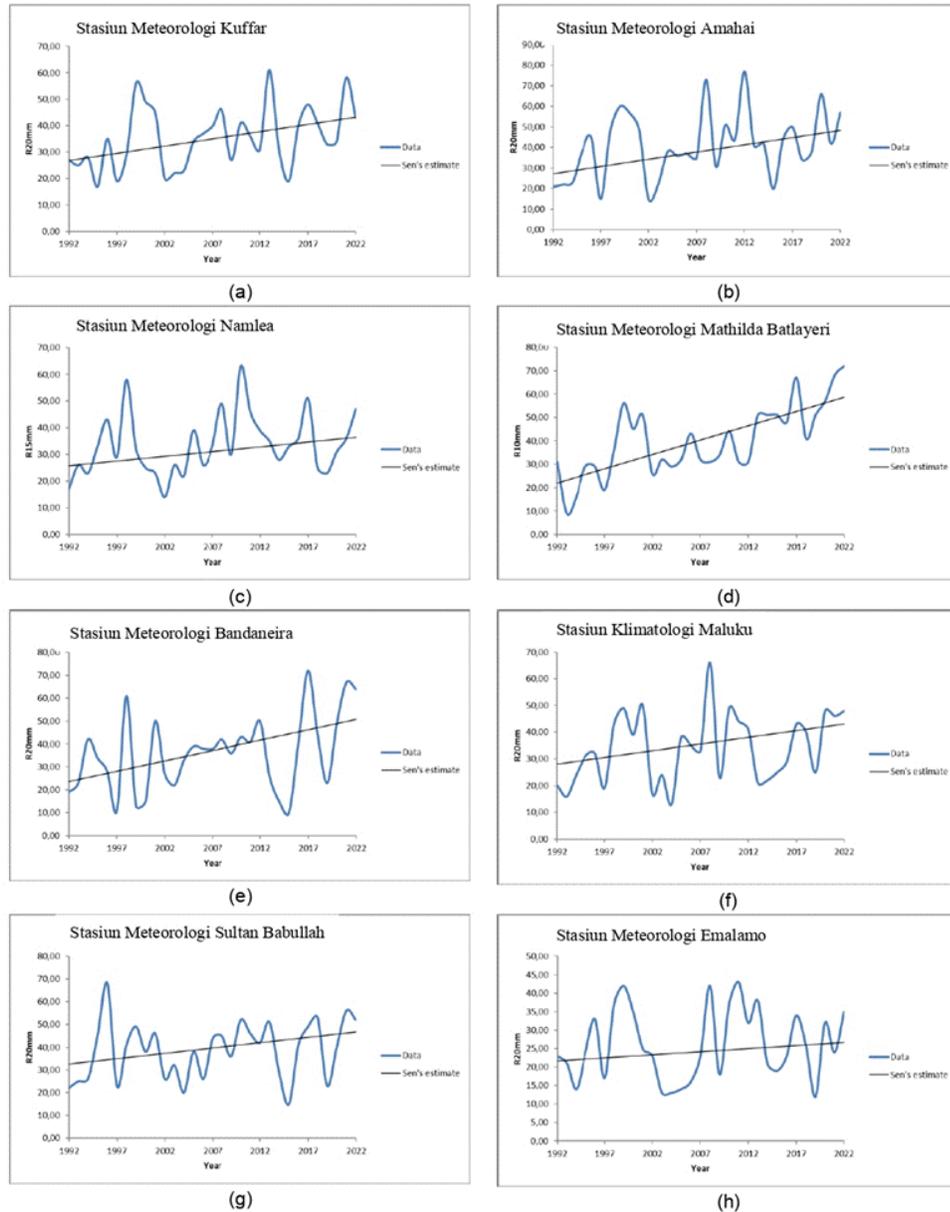
Gambar 22. Peta Gabungan Anomali SST dan Anomali Angin tahun 2017

Gambar 22. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2017. Pada musim DJF SST hangat tersebar di barat dan Utara Samudera Pasifik. Hal ini mengakibatkan Indonesia masih menerima curah hujan. Kemudian angin pasat yang berhembus lebih kuat di musim MAM memindahkan kolam air hangat menuju wilayah Indonesia sehingga pada musim JJA di wilayah Indonesia lebih hangat dibandingkan wilayah Niño 3.4 walaupun ada sebagian kolam hangat yang berada di wilayah Niño 3.4. Pada musim SON tidak ada dominasi SPL yang lebih dingin dan hangat.



Gambar 23. Trend Rnmm di Kepulauan Maluku

Terdapat 6 stasiun pengamatan di Kepulauan Maluku yang memiliki peningkatan tren R20 mm diantaranya, Stasiun Meteorologi Kuffar (17 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Amahai (22 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Namlea (11 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Bandaneira (15 hari/tahun), Stasiun Meteorologi Sultan Babullah (28 hari/tahun), dan Stasiun Meteorologi Emalamo (5 hari/tahun). Selain 6 stasiun pengamatan tersebut, terjadi peningkatan tren R15 mm tertinggi di Stasiun Klimatologi Maluku yang (15 hari/tahun), dan terdapat juga stasiun pengamatan yang memiliki peningkatan tren R10mm tertinggi Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri (44 hari/tahun). Peningkatan yang signifikan dalam tren R20mm terjadi di stasiun meteorologi Kuffar, karena iklim di wilayah tersebut sangat dipengaruhi oleh pergerakan sirkulasi angin musim dari utara ke selatan menuju ekuator. Selain itu, topografi yang termasuk keberadaan pegunungan dan pola angin lokal berkontribusi terhadap tingginya curah hujan dan durasi musim hujan yang panjang di wilayah stasiun meteorologi Kuffar (Manullang, dkk., 2023).



Gambar 24. Grafik Time-series Rnm di Kepulauan Maluku

Gambar 24. menampilkan grafik *time-series* Rnm di Kepulauan Maluku pada 8 stasiun pengamatan di Kepulauan Maluku. Stasiun Meteorologi Kuffar (Gambar 24.a)

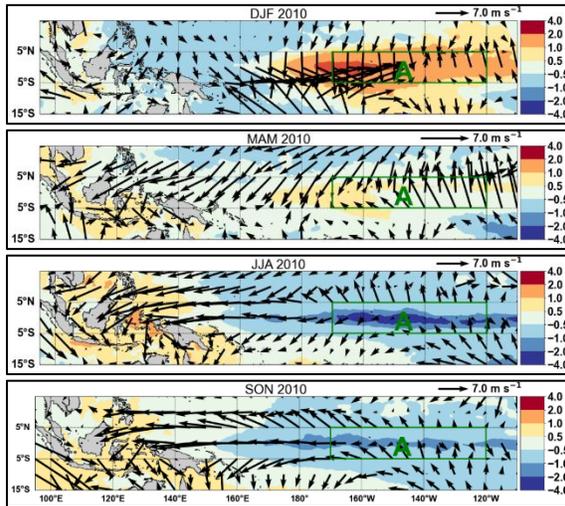
Indeks R20mm terpanjang terjadi pada tahun 2013 selama 61 hari. Dapat dilihat pada gambar 18 tidak ada dominasi SST yang lebih dingin dan hangat di setiap musimnya. Meskipun tidak

terdapat dominasi SST, tahun tersebut tercatat sebagai tahun indeks R20mm terpanjang, hal ini diduga karena keberadaan kolam air hangat dan angin angin padat yang berhembus lebih cepat menuju Indonesia di musim JJA (lihat gambar 18) mengakibatkan curah hujan masih terjadi di wilayah tersebut. Stasiun Meteorologi Amahai (gambar 24.b) Indeks R20mm terpanjang terjadi pada tahun 2012 selama 77 hari dan berkaitan dengan fenomena El Niño. Meskipun di tahun terjadinya fenomena El Niño tetapi pada stasiun meteorologi Amahai tercatat sebagai tahun R20mm terpanjang, hal ini diduga karena terdapatnya kolam air hangat dan angin pasat yang berhembus semakin kencang menuju wilayah Indonesia (Maluku dan Papua) selama musim DJF (lihat gambar 10) yang mengakibatkan Indonesia masih menerima curah hujan. Pada tahun 2012, curah hujan di stasiun Meteorologi Amahai melebihi normal meskipun tahun tersebut bukan tahun La Niña (Tentua, *dkk.*, 2022). Stasiun Meteorologi Namlea (Gambar 24.c) indeks R15mm terpanjang terjadi pada tahun 2010 selama 63 hari. Berdasarkan indeks Niño 3.4 pada tahun tersebut terjadi fenomena La Niña (Lestari *dkk.*, 2018). Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri (gambar 24.d) teridentifikasi Indeks R10 mm terpanjang terjadi pada tahun 2022 selama 72 hari. Gambar 20 menunjukkan bahwa selama musim SON, wilayah Indonesia (Maluku dan Papua), lebih hangat dibandingkan wilayah Niño 3.4. Kondisi inilah yang menyebabkan Indonesia mengalami surplus curah hujan.

Stasiun Meteorologi Bandaneira (gambar 24.e) memiliki Indeks R20mm terpanjang terjadi selama 72 hari di tahun 2017. Dapat dilihat pada gambar 22 tidak ada dominasi SST yang lebih dingin dan hangat di setiap musimnya. Meskipun tidak terdapat dominasi SST, tahun tersebut tercatat sebagai tahun indeks R20mm terpanjang hal ini diduga kolam air hangat dan hembusan kuat angin pasat menuju Indonesia pada musim DJF (lihat

gambar 22) mengakibatkan Indonesia masih menerima hujan. Stasiun Klimatologi Maluku (gambar 24.f) Indeks R20 mm terpanjang di Stasiun Klimatologi Maluku terjadi pada tahun 2008 selama 66 hari, hal ini berkaitan dengan Fenomena La Niña (lihat gambar 19). Stasiun Meteorologi Sultan Babullah (gambar 24.g) memiliki batasan indeks curah hujan ekstrem sebesar 20 mm yang terjadi pada tahun 1996 selama 68 hari yang berkaitan dengan fenomena La Niña (lihat gambar 21). Stasiun Meteorologi Emalamo (gambar 24.h) indeks R20 mm terpanjang terjadi pada tahun 2011 selama 43 hari, pada tahun tersebut terjadi fenomena La Niña. Gambar 15. menunjukkan bahwa selama musim DJF, SST di wilayah Indonesia dalam kondisi hangat, sementara SST di wilayah Niño 3.4 dalam kondisi dingin, sementara angin pasat berhembus dengan kencang ke arah Indonesia. Kondisi ini meningkatkan aktivitas konveksi massa ke udara di wilayah Indonesia, sehingga menyebabkan surplus curah hujan.

Indeks R20mm terpanjang tercatat di Stasiun Meteorologi Amahai selama 77 hari pada tahun 2012, terkait dengan fenomena El Niño. Sementara itu, R15mm terjadi di Stasiun Meteorologi Namlea selama 63 hari pada tahun 2010, terkait dengan fenomena La Niña. Batasan indeks R10mm terpanjang tercatat di Stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri selama 77 hari pada tahun 2022, terkait dengan fenomena La Niña. Dari hasil observasi ini dapat disimpulkan bahwa ketiga stasiun pengamatan mencatat periode indeks ekstrem terpanjang tidak hanya terjadi selama tahun La Niña, tetapi juga dipengaruhi oleh posisi topografi dan pola lokal yang membentuk variasi pola hujan yang berbeda di setiap stasiun pengamatan.



Gambar 25 Peta Gabungan Anomali SST Dan Anomali Angin di Tahun 2010.

Gambar 25. menunjukkan peta gabungan anomali SST dan anomali angin di tahun 2010. Pada musim DJF SST di Niño 3.4 dalam kondisi lebih hangat dari pada suhu normal. Pada musim ini angin timuran berhembus dari wilayah Indonesia menuju wilayah Niño 3.4 sehingga menyebabkan SST di Niño 3.4 lebih hangat dibandingkan suhu normalnya, sehingga kondisi ini dapat mengurangi aktivitas konveksi massa ke udara di wilayah Indonesia yang menyebabkan terjadinya defisit curah hujan. Di musim MAM SST di wilayah Indonesia dalam kondisi hangat. Kondisi ini terjadi karena angin pasat perlahan berbalik arah hembus dari wilayah Niño 3.4 menuju wilayah Indonesia dengan membawa kolam air hangat. Sehingga pada musim JJA SST di Niño 3.4 mengalami penurunan suhu di bawah normalnya, sedangkan di wilayah Indonesia mengalami suhu yang lebih hangat dari pada suhu normalnya, sehingga dapat meningkatkan konveksi massa ke udara yang menyebabkan terjadinya surplus curah hujan di wilayah Indonesia. Pada musim SON melemahnya hembusan angin pasat dan SST hangat.

KESIMPULAN

Hasil penelitian CDD, CWD PRCPTOT dan Rnmm pada 8 stasiun di Kepulauan Maluku menunjukkan adanya perubahan trend yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola iklim ekstrem di Kepulauan Maluku dipengaruhi fenomena ENSO dan kondisi geografis wilayah tersebut. Peningkatan trend CDD, CWD, dan PRCPTOT berurut terjadi di stasiun Mathilda Batlayeri, Kuffar, dan Bandaneira. Indeks Rnmm terdiri dari tiga batasan R20mm, R15mm dan R10mm dengan peningkatan trend berurut terjadi pada stasiun Bandaneira, Namlea dan Mathilda Batlayeri. CDD terpanjang di stasiun Namlea terjadi pada tahun 2002. CDD pada 6 stasiun dipengaruhi oleh fenomena super El Niño. tahun 1997 dan 2015, dan CWD terpanjang di stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri selama 99 hari di tahun 2004. Selain itu PRCPTOT tertinggi di stasiun meteorologi Amahai 4.733 mm di tahun 2008 dan terkait dengan fenomena La Niña. R20mm terpanjang terjadi di stasiun meteorologi Amahai selama 77 hari pada tahun 2012 dan terkait fenomena El Niño. R15mm terdapat di stasiun Meteorologi Namlea selama 63 hari pada tahun 2010 dan terkait dengan fenomena La Niña. Batasan indeks R10mm terdapat di stasiun Meteorologi Mathilda Batlayeri selama 77 hari pada tahun 2022 dan terkait dengan fenomena La Niña.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih banyak kepada pembimbing saya yang selalu memberikan masukan Terimakasih banyak kepada pembimbing saya yang selalu memberikan masukan dan membantu dalam menyelesaikan tulisan ini. Tanpa bantuan dari bapak mungkin tulisan ini belum dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. & Dwi Susanto, R. (2003). 'Identification Of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature', *International Journal of Climatology*, 23(12).
- Ariska, Melly, dkk. (2022). Prediksi Perubahan Iklim Ekstrem di Kota Palembang dan Kaitannya dengan Fenomena *El-Niño Southern Oscillation* (ENSO) Bebas *Machine Learning*. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah*. Vol. 6 No. 2.
- Biloro, J., Patty, J.R. and Laimeheriwa, S. (2021) 'Analisis Kondisi Iklim dan Pemanfaatannya untuk Penetapan Musim Tanam di Daerah Batabual Kabupaten Buru', *Jurnal Pertanian Kepulauan*, 5(2), pp. 111–126.
- Bimaprawira, A.K., & Rejeki, H.A. (2021). Keterkaitan Prioritas Curah Hujan Di Daerah Pesisir Dan Pegunungan Provinsi Jawa Timur Dengan Variabilitas Cuaca Skala Global Dan Regional. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*. Vol.22 No.2
- BMKG. (2018). *La Niña, El Niño Dan Musim di Indonesia*, Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika.
- Darmawan. (2021). *Buku Tren Hujan*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Faudzan, A., Suryani, S., & Budiawati, T. (2015). Perbandingan Metode Inverse Distance Weighted (IDW) dengan Metode Ordinary Kriging untuk Estimasi Sebaran Polusi Udara di Bandung. *E-proceeding of Engineering*: Vol. 2.
- Gutman, G., Csiszar, I. & Romanov, P. (2000). 'Using NOAA/AVHRR Products to Monitor El Niño Impacts: Focus on Indonesia in 1997-98', *Bulletin of The American Meteorological Society*, 81(6).
- Hidayat R, Ando K. 2014. Variabilitas curah hujan Indonesia dan hubungannya dengan ENSO/IOD: Estimasi menggunakan data JRA-25/JCDAS. *J Agroment Indonesia*. 28 (1):1-8
- Holton, J.R & Wallace, J.M. (1971). On Boundary Layer Dyanamics and the ITCZ.
- Indra. (2023) 'Thunderstorm Predictions Using Artificial Neural Network Perceptron Method With Radiosonde Indices in Tanimbar Island Regency Area', 14(2), pp. 32–38.
- Indriyati, L. and Mahanani, U. (2024) 'Pengaruh La Niña Dan El Niño Terhadap Penyakit Demam Berdarah Dengue Dan Malaria Di Indonesia', *EnviroScienceteae*, 20(1), p. 90.
- Laimeheriwa, S. (2014). 'Analisis Tren Perubahan Curah Hujan Pada Tiga Wilayah Dengan Pola Hujan Yang Berbeda Di Provinsi Maluku', *Jurnal Budidaya Pertanian*, 10(2), Pp. 71–78.
- Lestari, D.O. et al. (2018) 'Respective Influences of Indian Ocean Dipole and El Niño-Southern Oscillation on Indonesian Precipitation', *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 50(3), pp. 257–272.
- Mabruroh, F. & Wiyanto, A. (2023) 'Analisis Fenomena Perubahan Iklim Terhadap Curah Hujan Ekstrim', 7(1), P. 94.
- Risamasu, R.G. et al. (2023) 'Analisis Perubahan Curah Hujan Dan Pemetaan Zona Agroklimat Oldeman Pulau Seram Provinsi Maluku', *Journal Of Social Science Research*, 3(3), pp. 1010–1024.
- Santoso, A.B. (2016) 'The Impact of Climate Change on Food Crops Production in the Province of Maluku', *Penelitian Pertanian dan Tanaman Pangan*, 35(1), pp. 29–38.
- Supari. (2012). 'Spasio Temporal Characteristic of Extreme Rainfall Events Over Java Island, Case: East Java Province', *The Indonesian Journal of Geography*, 44(1), Pp. 62–86.

- Tentua, E., Laimeheriwa, S. and Patty, J.R. (2022) 'Analisis Musim Tanam dan Pengaturan Pola Tanam Tanaman Pangan pada Berbagai Kondisi Curah Hujan di Daerah Amahai Kabupaten Maluku Tengah', *Jurnal Pertanian Kepulauan*, 6(1), pp. 23–37.
- Trenbeth, K.E., Caron, J.M., Stepaniak, D. P., & Worley, S. (2002) 'Evolution Of El Niño-Southern Oscillation and Global Atmospheric Surface Temperatures', *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 107(7–8), Pp. 5–1.
- Wang, C., Deser, C., Yu, J.Y., DiNezio, P., & Clement, A., (2016). 'El Niño and Southern Oscillation (ENSO): A Review', Pp. 291–3
- Wirjohamidjojo, S., & Swarinoto, Y., (2010). *Iklim Kawasan Indonesia (Dari Aspek Dinamik - Sinoptik)*, Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika.
- Yuniasih, B. et al. (2023) 'Anomali Iklim El Niño dan La Niña di Indonesia pada 2013-2022', 6(2), pp. 136–143.