

Analisis MJO (*Madden-Julian Oscillation*) Terhadap Kejadian Curah Hujan Ekstrem di Wilayah Pesisir Barat Sulawesi Selatan sebagai Upaya Mitigasi Bencana Hidrometeorologi

Re'kun Matandung^{1,*}, Eko Hadi Sujiono², Subaer³

¹Student of State University of Makassar

²Lecturers at Faculty of Mathematics and Natural Sciences State University of Makassar
Parangtambung Campus, Jl. Daeng Tata Raya, Makassar 90224

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 30 Agustus 2022

Direvisi: 25 Mei 2023

Diterima: 26 Mei 2023

Kata kunci:

Curah Hujan Ekstrem

MJO

Persentil ke-98

Keywords:

Extreme Rainfall

MJO

98th Percentile

Penulis Korespondensi:

Re'kun Matandung

Email:

requnsm13@gmail.com

ABSTRAK

Madden Julian Oscillation (MJO) merupakan salah satu fenomena global yang mempengaruhi cuaca dan iklim di Indonesia. MJO dapat meningkatkan curah hujan di seluruh wilayah yang dilewatinya, kejadian curah hujan ekstrem seringkali menyebabkan bencana hidrometeorologi yang memberikan dampak yang merugikan bagi lingkungan sekitar. Oleh karena itulah dalam penelitian ini dilakukan penentuan nilai ambang batas curah hujan ekstrem sebagai langkah awal dalam menganalisis kejadian curah hujan ekstrem yang terjadi. Metode yang digunakan dalam penentuan nilai ambang batas curah hujan ekstrem dalam penulisan ini adalah metode statistik persentil ke-98. Selanjutnya dilakukan perhitungan kejadian curah hujan ekstrem yaitu pada saat curah hujan melebihi nilai ambang batas. Selanjutnya kejadian curah hujan ekstrem pada saat MJO aktif disandingkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh MJO terhadap kejadian curah hujan ekstrem di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan, kemudian menganalisis kondisi dinamika atmosfer pada saat kejadian curah hujan ekstrem tersebut. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh kejadian MJO aktif terhadap curah hujan ekstrem sebesar 34,1%, sedangkan 65,9% lainnya dipengaruhi oleh fenomena faktor lain. Pemanfaatan indeks MJO sebagai bahan acuan dalam membuat peringatan dini mitigasi bencana hidrometeorologi adalah dengan memanfaatkan data monitoring MJO disertai dengan analisis kondisi dinamika atmosfer di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan.

Madden Julian Oscillation (MJO) is one of the global phenomena that affects weather and climate conditions in Indonesia. MJO can increase rainfall in all areas it passes through, extreme rainfall events often cause hydrometeorological disasters that have a detrimental impact on the surrounding environment. As the first step to analyse this extreme weather event, this research tries to determine the threshold of the extreme rainfall rate. The method used in determining the extreme rainfall threshold value in this paper is the 98th percentile statistical method. Furthermore, the calculation of extreme rainfall events is carried out when the rainfall exceeds the threshold value. Furthermore, extreme rainfall events when the MJO was active were compared to find out how much influence MJO had on extreme rainfall events in the west coast of South Sulawesi, then analyzed the dynamic conditions of the atmosphere at the time of the extreme rainfall events. The results showed that the effect of active MJO events on extreme rainfall was 34.1%, while the other 65.9% were influenced by other factors. The use of the MJO index as a reference material in making early warnings for mitigating hydrometeorological disasters is by utilizing MJO monitoring data accompanied by an analysis of atmospheric dynamics conditions in the west coast region of South Sulawesi.

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia rentan terhadap bencana alam, hal ini disebabkan posisi Indonesia yang terletak di 6° LU - 11° LS dan antara 95° BT - 141° BT berada pada wilayah yang memiliki penyinaran matahari lebih dominan dari wilayah lintang yang lebih tinggi. Indonesia sebagai wilayah maritim yang memiliki wilayah lautan lebih luas dibandingkan dengan daratan sehingga di wilayah Indonesia sangat berpotensi untuk pembentukan awan-awan hujan seperti *cumulonimbus* karena tempat penyimpanan bahang (panas) baik yang berupa *sensible heat* maupun *latent heat* (Hermawan, 2010). Curah hujan di Indonesia umumnya dipengaruhi oleh fenomena sirkulasi atmosfer baik skala global, regional, maupun lokal. Salah satu fenomena global yang mempengaruhi cuaca dan iklim Indonesia adalah *Madden Julian Oscillation* (MJO). MJO merupakan suatu gelombang atau osilasi non seasonal yang terjadi di lapisan troposfer, bergerak dari barat ke timur yaitu dari laut Hindia ke Pasifik tengah dengan rentang daerah propagasi 15° LU- 15° LS. MJO secara alami terbentuk dari sistem interaksi laut dan atmosfer, dengan periode osilasi kurang lebih 30-60 hari (Madden dan Julian, 1971). MJO sebagian besar berpengaruh terhadap pola curah hujan di Indonesia dan daerah sekitarnya yang dilintasi oleh garis khatulistiwa (Geerts dan Wheeler, 1998). MJO dicirikan sebagai pola *deep* konveksi berskala besar, dengan pusat konveksi bergerak ke timur dengan kecepatan rata-rata 14,4 - 28,8 km/jam dari Samudra Hindia hingga Samudra Pasifik (Wheeler dan Kiladis, 1999).

Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca dan iklim yang sangat berguna bagi kelangsungan kehidupan di muka bumi ini. Kondisi curah hujan di tiap daerah berbeda - beda. Ada berbagai faktor yang menyebabkan perbedaan ini salah satunya adalah faktor topografi. Di sisi lain curah hujan merupakan unsur meteorologi yang mempunyai variasi besar dalam skala ruang dan waktu, sehingga paling sulit untuk diprediksi. Informasi curah hujan menjadi sangat penting karena dibutuhkan oleh dalam aspek kehidupan, seperti perencanaan pertanian, transportasi, hingga untuk peringatan dini bencana alam banjir/longsor.

Salah satu bencana yang berhubungan dengan cuaca dan iklim yaitu bencana hidrometeorologi. Bencana hidrometeorologi mendominasi bencana yang terjadi sepanjang tahun 2020 hingga tahun 2021. Pada tahun 2020 terjadi sebanyak 2.925 kejadian bencana dimana 2.901 kejadian bencana disebabkan oleh bencana hidrometeorologi, sedangkan 25 kejadian bencana disebabkan oleh bencana geologi. Dari bulan Januari hingga bulan April Tahun 2021, kejadian bencana masih didominasi bencana hidrometeorologi, bencana yang paling dominan yaitu banjir dengan jumlah 501 kasus, puting beliung 339 kasus, tanah longsor 233 kasus ((BNPB), 2021)

Curah hujan yang berlangsung lama dan terus menerus akan dapat mempengaruhi terjadinya banjir. Banjir dapat berupa genangan pada lahan yang biasanya kering seperti pemukiman dan pusat kota. Genangan air biasanya tidak menjadi persoalan bila tidak menimbulkan kerugian, korban meninggal atau luka-luka, tidak merendam permukiman dalam waktu lama, tidak menimbulkan persoalan lain bagi kehidupan sehari-hari. Bila genangan air terjadi cukup tinggi, dalam waktu lama, dan sering maka hal tersebut akan mengganggu kegiatan manusia.

Wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan merupakan wilayah dengan pertumbuhan ekonomi yang lebih maju dibandingkan wilayah - wilayah lain di Sulawesi Selatan, dan wilayah pesisir barat merupakan wilayah penghubung antar kabupaten di provinsi tersebut. Pada saat terjadi angin monsun baratan wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan akan mengalami musim hujan begitu pula sebaliknya pada saat terjadi angin monsun timuran maka wilayah tersebut akan mengalami musim kemarau. Selain dipengaruhi oleh adanya monsun iklim di wilayah Sulawesi Selatan juga dipengaruhi oleh faktor lain meliputi, kondisi geografis (lintang dan bujur wilayah), topografis berkaitan dengan elevasi atau ketinggian suatu tempat diukur dari *Mean Sea Level* (MSL) dan fenomena cuaca skala global, regional dan lokal seperti MJO, La Nina dan El Nino, angin darat angin laut dan adanya pertumbuhan awan konvektif.

Sifat MJO yang berkembang perlahan menjadi salah satu alasan belum adanya parameter yang dapat menggambarkan pergerakan dan perkembangannya secara tepat. Namun, Wheeler dan Hendon (2004) mencoba memproyeksikan pengamatan harian pada wilayah 15° S- 15° N menggunakan rata-rata OLR (*Outgoing Longwave Radiation*) dan angin zonal pada lapisan 200 milibar dan 850 milibar yang kemudian dikombinasikan menggunakan EOFs (*Empirical Orthogonal Functions*) untuk mendapatkan dua indikasi yang disebut sebagai RMM (*Real Time Multivariate*) dan telah terbukti berguna dalam mempresentasikan indeks MJO. Penelitian mengenai pengaruh MJO terhadap kejadian hujan ekstrem

di Asia Tenggara pada bulan November – Maret mengatakan bahwa fase aktif atau konvektif dari MJO (fase 2-5) dapat meningkatkan kemungkinan kejadian ekstrem sekitar 30-50 (Xavier *et al.*, 2014).

Analisis (Fadholi *et al.*, 2020) menyimpulkan MJO fase 3 dan 5 memiliki korelasi negatif yang signifikan pada semua kejadian curah hujan ekstrem pada daerah di sekitar Pulau Bangka sehingga kejadian hujan ekstrem dari semua perhitungan persentil cenderung menurun. Tetapi korelasi positif yang signifikan antara kejadian curah hujan ekstrem pada semua persentil threshold dengan MJO fase 4 menunjukkan bahwa peningkatan kejadian hujan ekstrem pada saat MJO aktif lebih sering terjadi. Terkait aktivitas MJO sebagai salah satu fenomena global yang akan dikaji dalam penelitian mempunyai dampak terhadap variabilitas curah hujan di Sulawesi Selatan secara khusus di pesisir barat Sulawesi Selatan, seperti pada saat kejadian banjir akibat curah hujan ekstrem pada tanggal 22 Januari 2019 dimana MJO merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya peningkatan curah hujan harian di wilayah Sulawesi Selatan (Wicaksono, 2020).

Berkaitan dengan hal itu, penulis melakukan penelitian terkait pengaruh MJO terhadap kejadian curah hujan ekstrem di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan sebagai upaya mitigasi bencana hidrometeorologi.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian komparatif dengan metode pengumpulan data secara kuantitatif dengan lokasi penelitian yang berada di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan yang terletak di antara 3°26' – 5°60' LS dan 119°43' – 120°03' BT. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data curah hujan pada wilayah penelitian periode 1991-2020. Indeks MJO yang diperoleh dari *Bureau of Meteorology* (BOM) tahun 1991-2020, dan data reanalisis berupa data Angin diperoleh dari *Japan Meteorological Agency* (JMA). *Outgoing Long Wave Radiation* (OLR) dan anomali Suhu Permukaan Laut/ *Sea Surface Temperature* (SST) saat kejadian MJO aktif yang diperoleh dari *Japan Meteorological Agency* (JMA).

2.1 Pengolahan data

2.1.1 Penentuan nilai ambang batas curah hujan ekstrem

Penentuan nilai ambang batas curah hujan ekstrem harian pada penelitian ini menggunakan metode statistik persentil 98 (Virgianto *et al.*, 2015) dengan persamaan :

$$P^{98} = \frac{i(n+1)}{100} \quad (1)$$

Dimana P^{98} = Persentil ke-98, i = bilangan bulat, dan n = banyaknya data.

2.1.2 Identifikasi frekuensi kejadian curah hujan ekstrem

Penentuan jumlah kejadian curah hujan ekstrem dilakukan dengan menghitung curah hujan yang memiliki nilai sama dengan atau lebih dari *threshold* curah hujan ekstrem Persentil 98. Banyaknya kejadian curah hujan ekstrem dapat dicari dengan persamaan 2 :

$$F = \sum (R \geq P^{98}) \quad (2)$$

Dimana F = Frekuensi, $\sum (R \geq P^{98})$ = Jumlah kejadian curah hujan ekstrem hasil perhitungan persentil 98 tiap tahun.

2.1.3 Identifikasi frekuensi kejadian MJO aktif

Identifikasi frekuensi kejadian MJO aktif dilakukan dengan menghitung pengaruh MJO terhadap peningkatan curah hujan yaitu dengan memilih kejadian MJO aktif (amplitudo ≥ 1) pada fase 3, 4, 5, dan 6.

2.2 Analisis Data

Melakukan analisis perbandingan kejadian curah hujan ekstrem harian dan kejadian curah hujan ekstrem saat MJO aktif. Serta menganalisis potensi bencana hidrometeorologi dalam sistem peringatan dini dengan memanfaatkan indeks MJO.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Nilai Ambang Batas Curah Hujan Ektrem Harian

Langkah awal menentukan curah hujan ekstrem adalah mencari nilai ambang batas curah hujan ekstrem pada tiap wilayah penelitian menggunakan metode persentil ke-98. Didapatlah nilai adalah batas pada wilayah penelitian, dimana nilai tersebut merupakan persentil ke-98 dari seluruh data harian masing-masing wilayah kabupaten di pesisir barat Sulawesi Selatan dalam setiap bulan pada periode tahun 1991 – 2020 (30 tahun). Berikut nilai ambang batas curah hujan ekstrem harian (persentil ke-98) di wilayah penelitian pada tabel 1 berikut:

Tabel 1 Nilai Ambang Batas Curah Hujan Ekstrem Harian (Persentil ke-98)

| Bulan | Nilai Ambang Batas Curah Hujan Ekstrem | | | | | | | |
|-----------|--|-----------|-------|---------|-------|----------|------|---------|
| | Pinrang | Pare-pare | Barru | Pangkep | Maros | Makassar | Gowa | Takalat |
| Januari | 70 | 70 | 109 | 120 | 127 | 114 | 87 | 111 |
| Februari | 57 | 71 | 95 | 88 | 110 | 120 | 127 | 98 |
| Maret | 71 | 72 | 75 | 110 | 92 | 89 | 81 | 66 |
| April | 73 | 62 | 64 | 65 | 70 | 63 | 64 | 36 |
| Mei | 55 | 52 | 49 | 33 | 43 | 34 | 40 | 21 |
| Juni | 39 | 34 | 29 | 26 | 31 | 30 | 30 | 16 |
| Juli | 51 | 30 | 20 | 30 | 24 | 16 | 14 | 10 |
| Agustus | 18 | 20 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| September | 37 | 18 | 15 | 19 | 13 | 8 | 10 | 5 |
| Oktober | 41 | 45 | 36 | 63 | 50 | 22 | 39 | 12 |
| November | 66 | 64 | 72 | 74 | 57 | 63 | 59 | 40 |
| Desember | 88 | 103 | 112 | 138 | 115 | 107 | 111 | 79 |

Berdasarkan Tabel 1 terlihat umumnya nilai ambang batas curah hujan ekstrem harian di wilayah Barru, Pangkep, Maros, Makassar, Gowa, dan Takalar lebih tinggi dibandingkan dengan di wilayah Pinrang dan Pare-pare. Nilai ambang batas curah hujan ekstrem ini umumnya mengikuti pola curah hujan di masing-masing wilayah, yang mana nilai ambang batas tertinggi terjadi pada puncak musim hujan yaitu bulan Desember, Januari, dan Februari. Nilai ambang batas ekstremnya mencapai nilai 127 mm/hari, sedangkan nilai ambang batas terendah terjadi pada puncak musim kemarau yaitu pada bulan Agustus, yang mana ambang batas ekstremnya hanya bernilai 3 mm/hari.

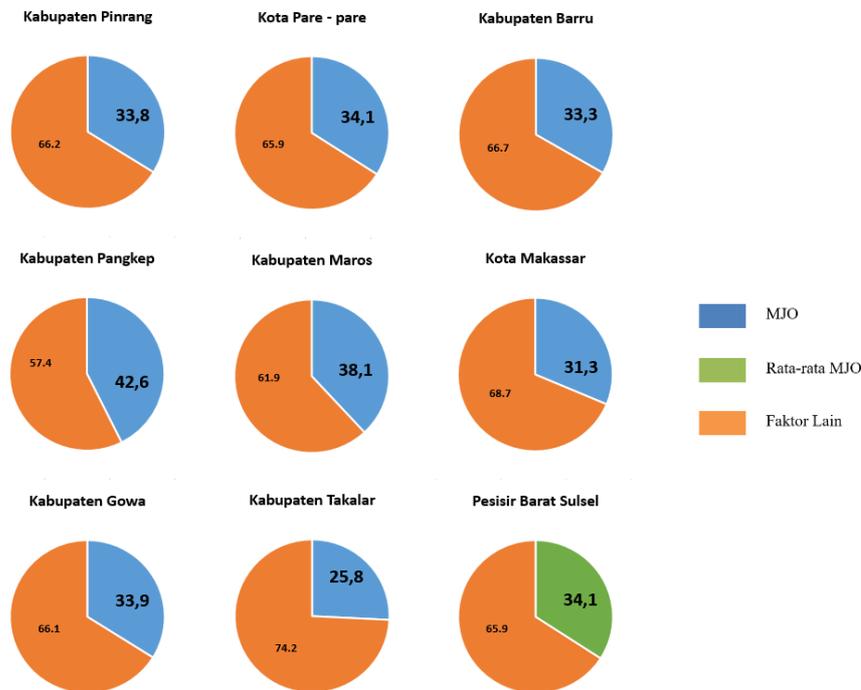
3.2 Nilai Ambang Batas Curah Hujan Ekstrem Saat MJO Aktif

Nilai ambang batas curah hujan ekstrem saat MJO aktif lebih besar dibandingkan dengan nilai ambang batas curah hujan harian selama periode tahun 1991 – 2020. Hal ini menandakan adanya pengaruh MJO terhadap peningkatan nilai ambang batas curah hujan ekstrem harian di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan. Secara umum MJO memberikan pengaruh peningkatan nilai ambang batas curah hujan ekstrem pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Oktober, November, dan Desember. Sedangkan pada bulan Juni, Juli dan Agustus memberikan pengaruh sebaliknya. Berikut nilai-nilai ambang batas curah hujan ekstrem pada saat MJO aktif seperti yang disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Nilai Ambang Batas Curah Hujan Ekstrem Harian pada saat MJO aktif (Persentil ke-98)

| Bulan | Nilai Ambang Batas Curah Hujan Ekstrem | | | | | | | |
|-----------|--|-----------|-------|---------|-------|----------|------|---------|
| | Pinrang | Pare-pare | Barru | Pangkep | Maros | Makassar | Gowa | Takalat |
| Januari | 56 | 78 | 123 | 101 | 139 | 117 | 127 | 120 |
| Februari | 116 | 67 | 117 | 84 | 124 | 139 | 155 | 116 |
| Maret | 62 | 73 | 83 | 99 | 96 | 103 | 84 | 68 |
| April | 71 | 72 | 80 | 80 | 83 | 116 | 87 | 36 |
| Mei | 72 | 62 | 55 | 28 | 55 | 46 | 43 | 38 |
| Juni | 37 | 37 | 49 | 23 | 35 | 40 | 32 | 16 |
| Juli | 31 | 12 | 15 | 6 | 18 | 25 | 10 | 11 |
| Agustus | 1 | 22 | 2 | 0 | 1 | 24 | 3 | 0 |
| September | 41 | 20 | 16 | 35 | 15 | 6 | 14 | 5 |
| Oktober | 42 | 46 | 41 | 98 | 46 | 52 | 49 | 29 |
| November | 73 | 74 | 96 | 48 | 75 | 104 | 74 | 73 |
| Desember | 92 | 118 | 117 | 133 | 115 | 127 | 118 | 96 |

3.3 Frekuensi curah hujan ekstrem saat MJO aktif

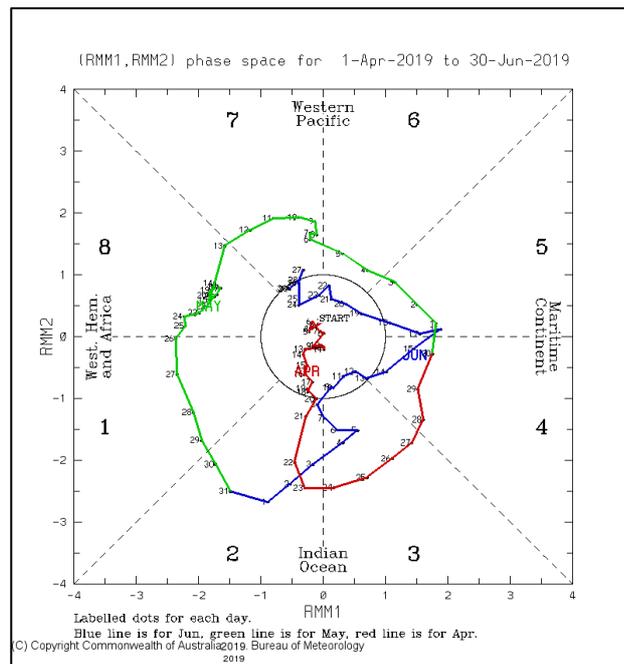


Gambar 1 Grafik Persentase Kejadian Curah Hujan Ekstrem Saat MJO Aktif

Berdasarkan nilai ambang batas yang sudah ditentukan pada Tabel 1 dan 2, maka didapatkan nilai persentase frekuensi kejadian curah hujan ekstrem saat MJO aktif, seperti pada Gambar 1. Nilai persentase kejadian curah hujan ekstrem saat MJO aktif tertinggi di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan yaitu pada wilayah Pangkep sebesar 42,6%, sedangkan nilai persentase kejadian curah hujan ekstrem saat MJO aktif terendah yaitu pada wilayah Takalar sebesar 25,8%, sehingga rata – rata jumlah persentase kejadian curah hujan ekstrem akibat pengaruh dari MJO aktif di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan sebesar 34,1%, dimana kejadian curah hujan ekstrem yang disebabkan oleh fenomena faktor lain sebesar 65,9%. Hal ini menandakan bahwa pengaruh MJO cukup signifikan di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan.

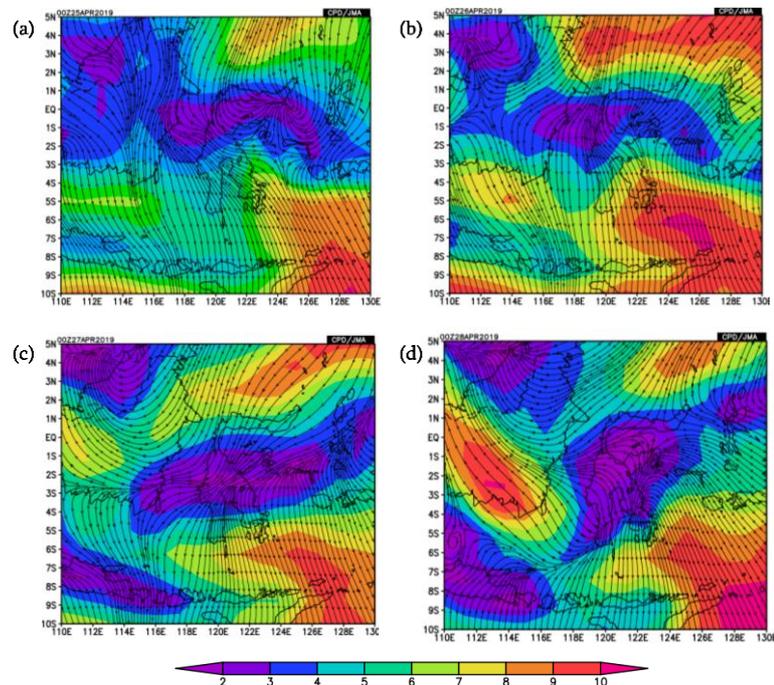
3.4 Pemanfaatan Indeks MJO Sebagai Peringatan Dini Mitigasi Bencana Hidrometeorologi di Wilayah Pesisir Barat Sulawesi Selatan

Adanya pengaruh MJO yang cukup signifikan dalam meningkatkan kejadian curah hujan ekstrem di wilayah pesisir Barat Sulawesi Selatan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam membuat peringatan dini cuaca ekstrem. Pemanfaatan indeks MJO untuk membuat prakiraan curah hujan ekstrem dapat disimulasikan pada kejadian tanggal 28 april 2019. Kejadian tersebut dipilih berdasarkan hasil analisis sebelumnya. Adapun beberapa parameter yang akan dianalisis untuk mengetahui karakter MJO yang mempengaruhi kondisi curah hujan ekstrem di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan diantaranya, *Outgoing Longwave Radiation* (OLR), angin zonal dan meridional pada lapisan 850mb, dan *sea surface temperature* (SST).



Gambar 2 Diagram Fase MJO periode 1 April – 30 Juni 2019

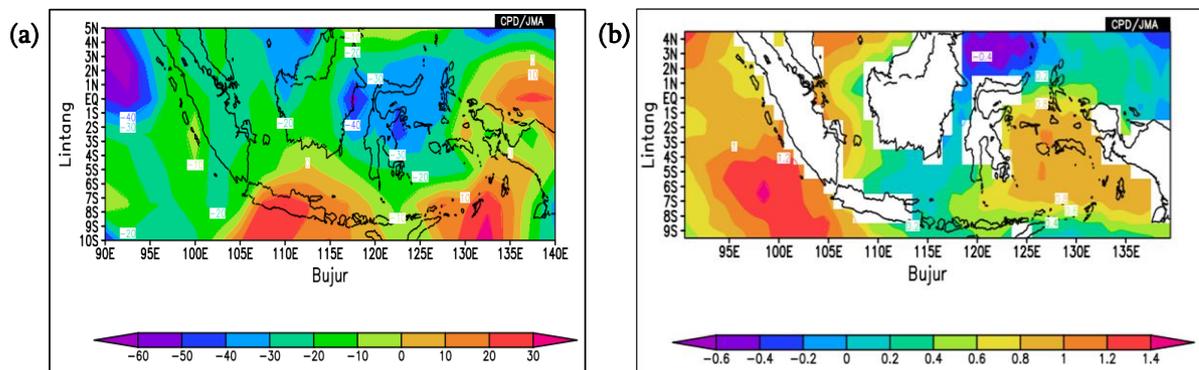
Gambar 2 menampilkan diagram fase MJO 90 harian pada periode April - Juni 2019. Propagasi MJO aktif yaitu index MJO ≥ 1 terlihat dimulai dari tanggal 21 April – 8 Juni 2019. Pada penelitian ini fase MJO aktif yang diteliti pada fase 3, 4, 5 dan 6 saja. Aktifnya MJO pada fase 3 terjadi dari tanggal 24 – 27 April 2019 kemudian bergerak ke fase 4 pada tanggal 28 – 30 April 2019. Berdasarkan propogasi MJO tersebut memberikan dampak curah hujan tinggi di wilayah Pangkep dimana intensitas curah hujan sebesar 183 mm/hari dengan nilai indeks/amplituo MJO ≥ 2 .



Gambar 3 (a) *Streamline* 850mb tgl 25 April 2019, (b) *Streamline* 850mb tgl 26 April 2019, (c) *Streamline* 850mb tgl 27 April 2019, dan (d) *Streamline* 850mb tgl 28 April 2019

Streamline angin dapat memberikan informasi mengenai pergerakan massa udara di atmosfer. Keempat gambar diatas menunjukkan *streamline* angin pada lapisan 850 mb yaitu saat MJO aktif pada fase 3 dan 4 dengan index MJO ≥ 2 . Berdasarkan gambar pada tanggal tersebut arah angin pada lapisan 850 mb di sekitar Sulawesi Selatan dominan baratan dengan kecepatan berkisar antara 7 - 29 km/jam.

Terlihat adanya belokan angin yang mengindikasikan adanya penumpukan massa udara disekitar wilayah tersebut. Kondisi seperti itu dapat berpotensi mendukung terbentuknya awan – awan hujan.



Gambar 4 (a) Anomali OLR dan (b) Rata-rata Anomali Suhu Muka Laut

Gambar 4 (a) menunjukkan penjaralan OLR pada tanggal 25 - 28 April 2019 saat MJO aktif di fase 3 dan 4 dimana nilai anomali OLR negatif berkisar antara -10 sampai -30 W/m^2 yang bergerak ke wilayah Sulawesi Selatan. Nilai OLR yang semakin negatif menandakan adanya tutupan awan yang banyak di sepanjang wilayah tersebut. Gambar 4 (b) merupakan kondisi rata – rata anomali suhu muka laut di wilayah Indonesia, dimana rata-rata anomali suhu muka laut saat MJO aktif di fase 3 dan 4 yaitu pada tanggal 25 - 28 April 2019 bernilai anomali positif di sekitar wilayah Sulawesi Selatan berkisar antara 0,2 – 1,0 $^{\circ}C$. Hal ini mengindikasikan adanya potensi peningkatan aktivitas penguapan sehingga menambah massa uap air di wilayah tersebut.

IV. KESIMPULAN

Pengaruh kejadian MJO aktif terhadap curah hujan ekstrem di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan sebesar 34,1%, sedangkan 65,9% lainnya dipengaruhi oleh fenomena faktor lain. Pemanfaatan indeks MJO sebagai peringatan dini mitigasi bencana hidrometeorologi di wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan adalah dengan memanfaatkan data monitoring dan prakiraan propogasi MJO, serta disandingkan dengan analisis kondisi dinamika atmosfer.

DAFTAR PUSTAKA

- (BNPB), B.N.P.B. (2021), “Data Informasi Bencana Indonesia”, available at: <https://bnpb.cloud/dibi/>.
- Fadholi, A., Nurjani, E., Suprayogi, S. and Adzani, R. (2020), “Relationship between extreme rainfall based on GSMaP data with Madden Julian Oscillation (MJO) in Bangka Island”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 451 No. 1, doi: 10.1088/1755-1315/451/1/012084.
- Geerts, B. and Wheeler, M. (1998), “The Madden Julian Oscillation”.
- Hermawan, E. (2010), “Analisis Struktur Vertikal MJO Terkait Dengan Aktivitas Super Cloud Clusters (SCCs) di Kawasan Barat Indonesia”, *Jurnal Sains Dirgantara*, Vol. 8 No. 1, pp. 25–42.
- Madden, R.A. and Julian, P.R. (1971), “Detection of a 40–50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific”, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 28, pp. 28,702– 708.
- Virgianto, R.H., Irawan, A.M. and Yolanda, S. (2015), “Kajian Prediktor Potensial Puncak Musim Hujan Di Utara Jakarta”, *Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer (SNSA)*, pp. 200–205.
- Wheeler, M. and Kiladis, G.N. (1999), “Convectively Coupled Equatorial Waves: Analysis of Clouds and Temperature in the Wavenumber-Frequency Domain”, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 56 No. 3, pp. 374–399, doi: 10.1175/1520-0469(1999)056<0374:CCEWAO>2.0.CO;2.
- Wheeler, M.C. and Hendon, H.H. (2004), “An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction”, *Monthly Weather Review*, Vol. 132 No. 8, pp. 1917–1932, doi: 10.1175/1520-0493(2004)132<1917:AARMMI>2.0.CO;2.

- Wicaksono, A. (2020), "Identification Of Madden-Julian Osilation Effects In active Phase 1 - 8 In South Sulawesi", Vol. Vol.1 No. No 7, pp. 47–60.
- Xavier, P., Rahmat, R., Cheong, W.K. and Wallace, E. (2014), "Influence of Madden-Julian oscillation on Southeast Asia rainfall extremes: Observations and predictability", *Geophysical Research Letters*, Vol. 41 No. 12, pp. 4406–4412.