

Analisis Hujan Ekstrem di Wilayah Makassar Periode 2017-2021

Meiske Caesaria Soemarno^{1,2*}, Muhammad Arsyad¹, Subaer¹, Adi Prasetyo²

¹Program Studi Fisika, Universitas Negeri Makassar, Makassar, 90222, Indonesia

²Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin, Maros, 90552, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 26 September 2022

Direvisi: 27 September 2022

Diterima: 3 Oktober 2022

Kata kunci:

hujan ekstrem
Makassar
peringatan dini

Keywords:

extreme rain
Makassar
early warning

Penulis Korespondensi:

Meiske Caesaria Soemarno

Email: meiskecaesaria33@gmail.com

ABSTRAK

Makassar merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia yang rentan terhadap kejadian hujan ekstrem sehingga faktor penyebab terjadinya hujan ekstrem di Makassar sangat penting untuk diketahui sebagai langkah awal dalam mitigasi bencana. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data hujan harian, data angin (*divergence* dan *relative vorticity*), *Madden-Julian oscillation* (MJO), anomali *outgoing longwave radiation* (OLR), dan *southern oscillation index* (SOI) pada tahun 2017-2021. Hujan ekstrem di Makassar tercatat sebanyak 43 kejadian dengan faktor yang dominan sebagai penyebab terjadinya hujan ekstrem di Makassar adalah pola angin konvergen, pola angin siklonik serta anomali OLR yang bernilai negatif. Ketiga faktor tersebut juga terjadi di sekitar wilayah Makassar sehingga secara tidak langsung turut membantu dalam pembentukan hujan ekstrem di Makassar.

Makassar is one of the largest cities in Indonesia that is vulnerable to extreme rain events, so the factors that cause extreme rain in Makassar are very important to know as an initial step in disaster mitigation. The data used in this research is daily rainfall data, wind data (divergence and relative vorticity), Madden-Julian oscillation (MJO), outgoing longwave radiation (OLR) anomaly, and southern oscillation index (SOI) in 2017-2021. There were 43 extreme rains in Makassar, with the dominant factors causing extreme rain in Makassar being convergent wind patterns, cyclonic wind patterns and negative OLR anomaly. These three factors also occur around the Makassar area so that they indirectly help in the formation of extreme rain in Makassar.

Copyright © 2022 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Hujan adalah presipitasi tetes-tetes air yang jatuh dari awan yang memiliki diameter, jenis, dan konsentrasi yang sangat bervariasi (Tjasyono, 2012). Salah satu jenis intensitas curah hujan yang memberikan dampak yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan adalah hujan sangat lebat. Hujan sangat lebat merupakan hujan yang terjadi dengan penakaran lebih dari 20 mm per jam atau lebih dari 100 mm per hari (Mori dkk., 2003). Hujan sangat lebat merupakan hujan yang ekstrem sehingga dapat menyebabkan berbagai kerugian bagi masyarakat tak terkecuali masyarakat yang tinggal di wilayah Makassar. Pembentukan cuaca yang menyebabkan hujan ekstrem di Makassar sangat dinamis akibat beragamnya topografi di sekitar wilayah Makassar serta besarnya pengaruh atmosfer dalam skala yang cukup luas sehingga pada tahun 2017-2021 Makassar sering dilanda hujan ekstrem.

Fenomena cuaca dalam cakupan wilayah yang cukup luas terdiri dalam beberapa skala, yaitu skala global dan skala regional (Aiqiu dkk., 2017). Fenomena cuaca dalam skala global terjadi pada gangguan cuaca yang berbentuk gelombang serta memiliki daerah rambatan lebih dari 5000 km dengan skala waktu kejadian antara beberapa minggu hingga bulanan. Contoh fenomena cuaca dalam skala global adalah *el nino-southern oscillation* (ENSO). Fenomena cuaca dalam skala regional terjadi pada gangguan cuaca yang memiliki cakupan antara 20 km hingga 2000 km dengan skala waktu kejadian antara beberapa hari hingga mingguan. Contoh fenomena cuaca dalam skala regional adalah *Madden-Julian oscillation* (MJO), anomali *outgoing longwave radiation* (OLR), pola angin siklonik, dan pola angin konvergen.

ENSO merupakan perubahan dalam distribusi tekanan udara permukaan dan arah angin yang mempengaruhi Samudera Pasifik dalam jangka waktu 2-7 tahun (Ahrens, 2009). ENSO terdiri dari 2 jenis yaitu *el nino* dan *la nina*. *El nino* umumnya menyebabkan sebagian besar Indonesia mengalami musim kemarau yang panjang sedangkan *la nina* umumnya menyebabkan sebagian besar Indonesia mengalami musim penghujan yang panjang. ENSO dapat dideteksi dengan menggunakan *southern oscillation index* (SOI) yang merupakan indeks dari perbedaan tekanan udara permukaan antara Tahiti dan Darwin (Allaby, 2007).

MJO merupakan variabilitas intramusiman utama (30-60 hari) di daerah tropis yang ditandai dengan penyebaran gugusan awan dan curah hujan ke arah timur yang bergerak dari Samudra Hindia ke Samudra Pasifik (Madden & Julian, 1971). MJO dapat dideteksi dengan menggunakan diagram *real-time multivariate* (RMM) yang dihitung berdasarkan proyeksi dari prediksi atau analisis *empirical orthogonal functions* (EOFs) dari OLR serta rata-rata angin zonal pada lapisan 200 hPa dan 850 hPa antara 15° LU-15° LS (Wheeler & Hendon, 2004). Diagram RMM memiliki 9 fase, namun fase 4 dan fase 5 merupakan fase dimana MJO sedang terjadi di Indonesia.

OLR merupakan radiasi inframerah yang dipancarkan dari permukaan bumi ke bagian atas atmosfer yang ditangkap oleh satelit (Allaby, 2007). Anomali OLR dapat digunakan untuk mengetahui apakah suatu wilayah mengalami cuaca buruk atau cuaca baik. Saat suatu wilayah memiliki anomali OLR yang bernilai negatif maka mengindikasikan wilayah tersebut berpotensi mengalami cuaca buruk akibat radiasi yang dipancarkan dari permukaan bumi terhalang menuju bagian atas atmosfer karena di wilayah tersebut memiliki tutupan awan yang banyak.

Angin memiliki berbagai pola, namun yang memiliki dampak yang signifikan dalam pembentukan cuaca buruk adalah pola angin siklonik dan pola angin konvergen (Wirjohamidjojo & Swarinoto, 2013). Pola angin siklonik adalah pola angin yang memutar kedalam menuju wilayah yang memiliki tekanan udara lebih rendah dibandingkan sekitarnya sedangkan pola angin konvergen adalah pola angin yang menyebabkan massa udara berkumpul di suatu wilayah dengan diikuti perubahan kecepatan angin. Wilayah yang terdapat pola angin siklonik dan konvergen umumnya berpotensi menghasilkan hujan lebat yang berasal dari kumpulan massa udara yang lembap.

Penelitian sebelumnya yang membahas tentang analisis hujan ekstrem di Makassar pernah dilakukan oleh (Asmita & Widayana, 2021) serta (Tallamma dkk., 2016) dengan menggunakan data angin dan MJO yang menunjukkan bahwa pola angin berpengaruh terhadap hujan yang terjadi di Makassar sedangkan MJO kurang berpengaruh terhadap peningkatan ataupun penurunan curah hujan di Makassar. Berbagai data serta pembaruan sangat diperlukan untuk mengetahui lebih baik lagi faktor penyebab terjadinya hujan ekstrem di Makassar, sehingga penulis tertarik untuk menganalisis berbagai data yang berkaitan dengan hujan ekstrem seperti data SOI, MJO, anomali OLR, serta pola angin yang terdapat dalam data *relative vorticity* dan *divergence*.

II. METODE

Lokasi yang diambil dalam penelitian ini adalah Makassar yang terletak pada koordinat 5,060-5,220 LS dan 119,380-119,540 BT. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dengan rentang waktu 2017-2021 yang meliputi data curah hujan harian, data reanalisis *divergence* dan *relative vorticity*, data MJO, data anomali OLR, dan data SOI. Data curah hujan harian didapatkan dari pengamatan yang dilakukan di UPT BMKG seluruh Makassar, data reanalisis *divergence* dan *relative vorticity* didapatkan dari <https://copernicus.era.5/>, data MJO didapatkan dari <http://www.bom.gov.au>, data anomali OLR didapatkan dari <https://psl.noaa.gov>, dan data SOI didapatkan dari <https://data.longpaddock.qld.gov.au>.



Gambar 1 Lokasi penelitian

Setelah tahap pengunduhan dan pengumpulan data telah dilaksanakan, tahapan selanjutnya yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari 5 tahapan yang meliputi:

1. Merubah data netCDF pada data *divergence*, *relative vorticity*, dan anomali OLR menjadi data numerik menggunakan *Grid Analysis and Display System* (GrADS). GrADS merupakan perangkat lunak interaktif yang digunakan untuk memanipulasi dan memvisualkan data sains kebumihan secara mudah (Makmur, 2008)
2. Mengelompokkan data input yang numerik berupa data *divergence*, *relative vorticity*, MJO, anomali OLR, dan SOI terhadap data output berupa data curah hujan harian. Data *divergence* terbagi menjadi 2 jenis yaitu konvergen (nilai $< 0 \mu s^{-1}$) dan divergen (nilai $\geq 0 \mu s^{-1}$). Data *relative vorticity* terbagi menjadi 2 jenis yaitu siklonik (nilai $< 0 \mu s^{-1}$ untuk lintang selatan) dan antisiklonik (nilai $\geq 0 \mu s^{-1}$ untuk lintang selatan). Data MJO terbagi menjadi 8 jenis yaitu fase 1 sampai dengan fase 8. Data SOI terbagi menjadi 3 jenis yaitu *el nino* (nilai < -7 mb), netral ($-7 \text{ mb} \leq \text{nilai} \leq 7 \text{ mb}$), dan *la nina* (nilai > 7 mb). Data anomali OLR terbagi menjadi 3 jenis yaitu anomali OLR negatif (nilai $< 0 \text{ W/m}^2$), netral (nilai $= 0 \text{ W/m}^2$), dan anomali OLR positif (nilai $> 0 \text{ W/m}^2$).
3. Menyaring keseluruhan data dengan mencari curah hujan harian dengan nilai lebih dari 100 mm/hari sehingga didapatkan data input yang spesifik sebagai penyebab terjadinya hujan sangat lebat (ekstrem) beserta waktu terjadinya.
4. Mencari banyaknya rincian dari tiap-tiap data input yang menyebabkan hujan ekstrem. Rincian tersebut meliputi *divergence* terdiri dari konvergen dan divergen, *relative vorticity* terdiri dari siklonik dan antisiklonik, MJO terdiri dari fase 1 sampai dengan fase 8, OLR terdiri dari anomali positif, netral, dan anomali negatif, serta SOI terdiri dari *la nina*, *el nino*, dan netral.
5. Mencari jumlah terbesar dari rincian tiap-tiap data input serta menentukan faktor cuaca yang mempengaruhi hujan ekstrem di Makassar.

III. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan tahun 2017-2021, terdapat kejadian hujan ekstrem sebanyak 43 kejadian di Makassar. Rincian mengenai kejadian hujan ekstrem per tahun di Makassar dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rincian kejadian hujan ekstrem per tahun di Makassar

Tahun	Jumlah Kejadian
2017	8
2018	8
2019	3
2020	12
2021	12
Total	43

Berdasarkan Tabel 1 pada tahun 2017 terdapat 8 kejadian hujan ekstrem, tahun 2018 terdapat 8 kejadian hujan ekstrem, tahun 2019 terdapat 3 kejadian hujan ekstrem, tahun 2020 terdapat 12 kejadian hujan ekstrem, dan tahun 2021 terdapat 12 kejadian hujan ekstrem. Kejadian hujan ekstrem paling banyak terjadi di tahun 2020 dan tahun 2021 sedangkan kejadian hujan ekstrem paling sedikit terjadi di tahun 2019. Banyaknya kejadian hujan ekstrem pada tahun 2020 dan 2021 disebabkan oleh kuatnya fenomena cuaca dalam skala global dan skala regional berupa *la nina*, anomali OLR, pola angin konvergen, dan pola angin siklonik, sedangkan sedikitnya kejadian hujan ekstrem pada tahun 2019 disebabkan oleh lemahnya fenomena cuaca dalam skala global berupa *la nina* serta kurang dominannya faktor regional berupa pola angin siklonik yang secara rinci dijabarkan pada Tabel 2.

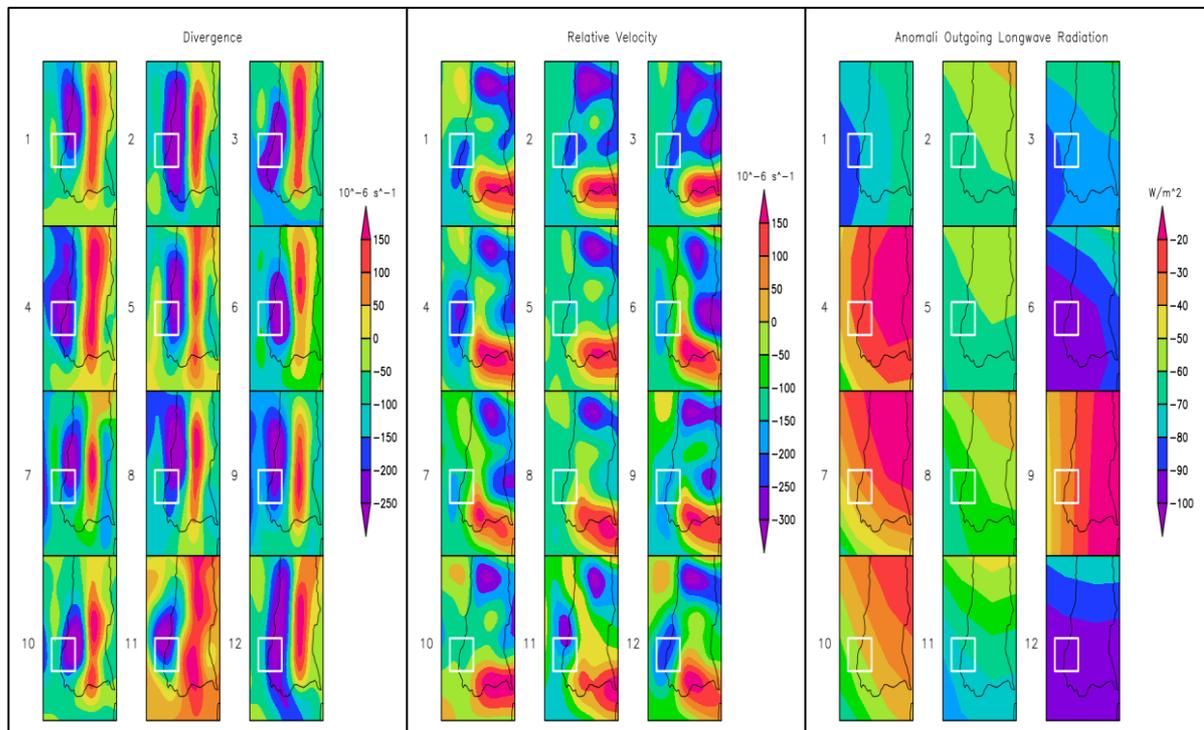
Tabel 2 Rincian data input

Data Input	Rincian Data	2017	2018	2019	2020	2021	Total	Presentase
<i>Divergence</i>	Konvergen	8	8	3	12	12	43	100
	Divergen	0	0	0	0	0	0	0
<i>Relative vorticity</i>	Siklonik	8	8	2	12	10	40	93.02
	Antisiklonik	0	0	1	0	2	3	6.98
Fase MJO	fase 1	0	0	0	0	2	2	4.65
	fase 2	1	2	0	0	0	3	6.98
	fase 3	0	2	1	3	0	6	13.95
	fase 4	1	0	1	2	3	7	16.28
	fase 5	0	3	1	5	2	11	25.58
	fase 6	0	0	0	2	4	6	13.95
	fase 7	4	1	0	0	1	6	13.95
	fase 8	2	0	0	0	0	2	4.65
SOI	<i>El nino</i>	3	1	1	0	1	6	13.95
	Netral	4	3	1	5	4	17	39.53
	<i>La nina</i>	1	4	1	7	7	20	46.51
Anomali OLR	Negatif	6	7	3	12	12	40	93.02
	Netral	0	0	0	0	0	0	0
	Positif	2	1	0	0	0	3	6.98

Berdasarkan Tabel 2, hujan ekstrem di Makassar pada tahun 2017-2021 umumnya disebabkan oleh pola angin konvergen dan siklonik, posisi MJO berada di fase 5, *la nina* dalam kondisi aktif, serta anomali OLR bernilai negatif. Pengaruh yang paling dominan diantara tiap-tiap data input saat kejadian hujan ekstrem di Makassar pada tahun 2017-2021 adalah pola angin konvergen, pola angin siklonik serta anomali OLR yang bernilai negatif yang presentase datanya diatas 90%. MJO dan SOI secara umum

kurang berpengaruh secara signifikan terhadap kejadian hujan ekstrem di Makassar pada tahun 2017-2021 karena memiliki presentase kurang dari 50%.

Secara spasial, pola angin konvergen dalam data *divergence*, pola angin siklonik dalam data *relative vorticity*, dan anomali OLR yang bernilai negatif juga terjadi di sekitar wilayah Makassar saat terjadinya hujan ekstrem di Makassar, sehingga secara tidak langsung 3 faktor tersebut yang terjadi di sekitar wilayah Makassar turut membantu dalam pembentukan hujan ekstrem di Makassar yang tampilan spasialnya disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Tampilan spasial data *divergence* (kiri), *relative vorticity* (tengah), dan anomali OLR (kanan)

Tiap tampilan spasial data *divergence*, *relative vorticity*, dan anomali OLR terdapat 12 bagian yang diberi nomor 1 sampai dengan 12 yang merupakan beberapa tanggal kejadian hujan ekstrem di Makassar serta kotak berwarna putih di setiap bagian yang merupakan wilayah Makassar. Pada Gambar 2, data *divergence* dan *relative vorticity* di sekitar wilayah Makassar secara umum bernilai negatif yang berarti pola angin di sekitar wilayah Makassar didominasi oleh pola angin konvergen dan siklonik sehingga secara tidak langsung memberikan dampak terhadap pembentukan hujan ekstrem di Makassar. Anomali OLR di sekitar wilayah Makassar secara keseluruhan bernilai negatif yang sangat mendukung adanya tutupan awan yang sangat tebal yang menjadi penyebab terjadinya hujan ekstrem di Makassar.

Perbandingan data yang digunakan dalam penelitian ini terhadap penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Asmita & Widayana (2021) dan Tallamma dkk. (2016) terdapat pada jumlah data yang digunakan dalam menganalisis kejadian hujan ekstrem. Pada penelitian ini menggunakan 5 data yang meliputi *divergence*, *relative vorticity*, MJO, anomali OLR, dan SOI sedangkan penelitian terdahulu menggunakan 2 data yaitu MJO dan *streamline*. Data *streamline* yang digunakan dalam penelitian terdahulu identik dengan data *divergence* dan *relative vorticity* yang terdapat dalam penelitian ini karena data-data tersebut merupakan turunan dari data angin. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini identik dengan penelitian terdahulu kecuali pada data anomali OLR dengan MJO kurang berpengaruh secara signifikan terhadap hujan ekstrem di Makassar sedangkan pola angin berpengaruh secara signifikan terhadap hujan ekstrem di Makassar.

IV. KESIMPULAN

Hujan ekstrem di Makassar pada tahun 2017-2021 tercatat sebanyak 43 kejadian dengan kejadian hujan ekstrem paling banyak terjadi di tahun 2020 dan tahun 2021 sedangkan kejadian hujan ekstrem paling sedikit terjadi di tahun 2019. Faktor yang dominan sebagai penyebab terjadinya hujan

ekstrem di Makassar pada tahun 2017-2021 adalah pola angin konvergen, pola angin siklonik serta anomali OLR yang bernilai negatif. Ketiga faktor tersebut juga terjadi di sekitar wilayah Makassar sehingga secara tidak langsung turut membantu dalam pembentukan hujan ekstrem di Makassar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiqiu, L., Mahendera, I. and Mulsandi, A. (2017), “Analisis Kondisi Atmosfer pada Kejadian Hujan Lebat Daerah Poso dan Sekitarnya (Studi Kasus: Kabupaten Poso Tanggal 17 Juli 2017)”, *Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-4 Tahun 2017*, pp. 383–393.
- Allaby, M. (2007), *Encyclopedia of Weather and Climate (Revised Edition)*, Facts on File, New York.
- Asmita, A. and Widayana, A. (2021), “Pemanfaatan Data Citra Satelit Himawari-8 untuk Deteksi Kejadian Hujan Ekstrem (Studi Kasus : Banjir di Makassar , Sulawesi Selatan)”, *Jurnal Meteorologi, Klimatologi Geofisika Dan Instrumentasi*, Vol. 1 No. 1, pp. 1–11.
- Madden, R. and Julian, P. (1971), “Detection of a 40–50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific”, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 28 No. 5, pp. 702–708.
- Mori, K., Ishii, H., Somatani, A. and Hatakeyama, A. (2003), *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tallamma, N., Ihsan, N. and Patandean, A.J. (2016), “Analisis Pengaruh Madden Julian Oscillation (MJO) terhadap Curah Hujan di Kota Makassar”, *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, Vol. 12 No. 3, pp. 324–329.
- Tjasyono, B. (2012), *Meteorologi Indonesia Volume I: Karakteristik Dan Sirkulasi Atmosfer*, Vol. I, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Wheeler, M. and Hendon, H. (2004), “An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction”, *American Meteorological Society*, Vol. 132 No. 8, pp. 1917–1932.
- Wirjohamidjojo, S. and Swarinoto, Y. (2013), *Meteorologi Sinoptik (Analisis Dan Penaksiran Hasil Analisis Cuaca Sinoptik)*, Meteorology, Climatology, and Geophysical Agency, Jakarta.