

Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Ekstrem di Sumatera Barat (Studi Kasus: 7- 8 Maret 2024)

Nur Madinah¹, Nofi Yendri Sudiar², Harman Amir³, Letmi Dwiridal⁴
^{1,2,3,4} Fisika, Universitas Negeri Padang
e-mail: nurmadinah61@gmail.com

Abstrak

Pada tanggal 7-8 Maret 2024 beberapa daerah di Sumatera Barat mengalami hujan ekstrem. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis kondisi atmosfer saat kejadian hujan ekstrem di Sumatera Barat pada saat itu. Data yang digunakan dalam studi ini mencakup data curah hujan yang berasal dari Sta. Klim. Kelas II Sumatera Barat dan data curah hujan dari data online BMKG, MJO, Indeks Dipole Mode, serta suhu kecerahan (T_{BB}) dari Himawari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Hujan ekstrem di Sumatera Barat disebabkan karena rendahnya suhu awan yang bisa dilihat dari citra satelit, ditandai warna merah/magenta. Kemudian karena MJO kuat. MJO di kategorikan kuat, aktivitas pembentukan awan konvektif meningkat, yang biasanya menghasilkan hujan lebat atau ekstrem. Adanya Monsun barat, angin zonal dari barat yang membawa udara lembap dari laut, berkontribusi pada pembentukan awan hujan di daerah pesisir. Jika MJO terjadi bersamaan dengan muson barat, curah hujan di wilayah barat Indonesia akan semakin meningkat. Serta kondisi lokal dan topografi wilayah tersebut, dimana pada daerah dataran rendah terjadi hujan ekstrem dan pada dataran tinggi tidak terjadi hujan ekstrem.

Kata kunci: *Kondisi Atmosfer, Curah Hujan, Hujan Ekstrem, MJO, IOD, Sumatera Barat*

Abstract

On March 7-8, 2024 several areas in West Sumatra experienced extreme rain. This study aims to analyze atmospheric conditions during extreme rain events in West Sumatra at that time. The data used in this study include rainfall data from Sta. Clim. Class II West Sumatra and rainfall data from BMKG online data, MJO, Dipole Mode Index, and brightness temperature (T_{BB}) from Himawari. The results showed that extreme rain in West Sumatra was caused by low cloud temperature which can be seen from satellite images, marked red/magenta color. Then because the MJO is strong. MJO is categorized as strong, convective cloud formation activity increases, which usually results in heavy or extreme rain. The western monsoon, a zonal wind from the west that carries moist air from the ocean, contributes to the formation of rain clouds in coastal areas. If the MJO occurs in conjunction with the western monsoon, rainfall in western Indonesia will increase. As well as local conditions and the topography of the region, where in lowland areas extreme rain occurs and in highlands no extreme rain occurs.

Keywords : *Atmospheric Conditions, Rainfall, Extreme Rain, MJO, IOD, West Sumatra*

PENDAHULUAN

Dalam ilmu Meteorologi dipelajari secara khusus tentang keadaan atmosfer pada suatu saat dan wilayah yang sempit yang dinamakan cuaca, sedangkan iklim dipelajari dalam ilmu Klimatologi dimana rata-rata dari cuaca dalam periode yang panjang (Pratomo Agus., 2020, hal 3). Kondisi atmosfer, yang sering disebut sebagai cuaca, mengacu pada keadaan udara di atmosfer pada tempat dan waktu tertentu. Dinamika atmosfer merupakan suatu konsep yang mengacu pada pergerakan dan perubahan yang terjadi dalam atmosfer, yaitu lapisan udara yang mengelilingi bumi.

Ketinggian air hujan yang bergabung dalam penakar hujan di tempat yang datar dan tidak menyerap, tidak meresap, atau mengalir keluar dari penakar hujan adalah curah hujan (mm) adalah. Menurut BMKG intensitas hujan 100-150 mm/hari dikategorikan hujan lebat dan di atas

150 mm/hari dikategorikan hujan ekstrim. Curah hujan ekstrem adalah curah hujan yang turun di suatu tempat dengan intensitas yang melampaui batas atasnya, biasanya dalam waktu tertentu (misalnya, menit, jam, hari, atau bulan). Pertumbuhan awan konvektif (cumulonimbus) yang kuat dan mencapai atmosfer yang tinggi menyebabkan curah hujan ekstrem. Jumlah hujan yang ekstrim sangat dipengaruhi oleh dinamika atmosfer.

Pulau Sumatera merupakan salah satu dari wilayah di Indonesia yang memiliki curah hujan tertinggi. Hal ini dikarenakan karakteristik iklimnya yang unik, baik di tingkat lokal maupun regional. Sumatera terdiri dari tiga bagian yaitu tengah, selatan, dan utara dimana setiap bagian memiliki curah hujan yang berbeda. Sumatera Barat adalah bagian Sumatera yang mempunyai curah hujan tertinggi. Curah hujan di Sumatera Barat dipengaruhi oleh topografinya. Bagian barat Samudra Hindia dan letaknya yang strategis karena di sekitar garis ekuatorial juga mempengaruhi curah hujan di Sumatera Barat. Selain itu, Selat Malaka melintasi Sumatera Barat dan juga diapit pegunungan Bukit Barisan yang mengakibatkan karakteristik iklimnya dipengaruhi oleh iklim global, seperti IOD, dan MJO (Gara, M. N. I, 2019).

Menurut BMKG Indian Ocean Dipole (IOD) merupakan perubahan suhu muka laut antara dua wilayah yaitu Samudera Hindia bagian timur di selatan Indonesia dan Samudera Hindia bagian barat (Laut Arab). IOD ini berlangsung dalam tiga fase: netral, positif, dan negatif. Pembentukan awan konvektif dan peningkatan curah hujan disebabkan karena fase negatif IOD dimana suhu muka laut menjadi lebih hangat di benua maritim Indonesia. Madden Julian Oscillation (MJO) adalah osilasi yang terjadi di daerah ekuator selama 30 hingga 60 hari. MJO dapat menyebabkan curah hujan naik atau turun di tempat yang dilaluinya. MJO memengaruhi pola hujan di wilayah tropis dan sekitarnya.

BMKG mencatat tingginya curah hujan di Sumatera Barat dengan yang tertinggi terjadi di Kota Padang, mencapai 394,6 milimeter per hari, pada Kamis hingga Jumat (7-8 Maret 2024). Stasiun Meteorologi Minangkabau, Padang Pariaman, mengalami hujan dengan intensitas 368,4 milimeter per hari. Stasiun Klimatologi Sumatera Barat mencatat intensitas hujan 252 milimeter per hari dan Stasiun Meteorologi Maritim Teluk Bayur mencatat 275 milimeter per hari. Adanya intensitas curah hujan yang tinggi selama beberapa waktu menjadi penyebab hujan ekstrem yang terjadi di Sumatera Barat. Dari kejadian pada tanggal 7-8 Maret 2024 hujan ekstrem di Sumatera Barat diperlukan sebuah penelitian untuk mengetahui kondisi atmosfer saat itu. Penelitian mengenai analisis kondisi atmosfer ketika hujan ekstrem untuk wilayah Sumatera Barat masih jarang dilakukan dan sangat sedikit. Karena itu, diperlukan keterbaruan penelitian mengenai analisis kondisi atmosfer saat hujan ekstrem yang wilayah penelitian diperluas menjadi Sumatera Barat. Dengan adanya penelitian ini bermanfaat untuk pembuatan peringatan dini tentang adanya fenomena cuaca ekstrim di Sumatera Barat.

METODE

Pada penelitian ini digunakan data curah hujan selama bulan maret di pos hujan Guguak, Kab. 50 Kota, pos hujan Ulakan Tapakis, Kab. Padang Pariaman, pos hujan Teluk Bayur, Kota Padang yang didapatkan dari Stasiun Klimatologi Kelas II Sumatera Barat dan dari data online BMKG di Stasiun Meteorologi Minangkabau, Stasiun Geofisika Padang Panjang, dan Stasiun Klimatologi Sumatera Barat. Data MJO diperoleh dari situs Bureau of Meteorology, data IOD dengan jenis data Indeks Dipole Mode (DMI) yang diperoleh dari situs NOAA, serta data satelit suhu puncak awan dari Himawari-9 kanal Infrared Enhanced (IR) Tanggal 7-8 Maret 2024.

Setelah data curah hujan didapat, kemudian di plot. Data satelit diolah menggunakan software GrADS untuk analisis data meteorologi dan visualisasi yang diprogram melalui bahasa scripting. Data ini diinterpretasikan dengan hasil grafik gambar data yang didapatkan. Lalu, dilakukan analisis statistik dengan menggunakan analisis korelasi berganda untuk melihat bagaimana hubungan interaksi antara MJO dan IOD terhadap curah hujan dengan bantuan software SPSS. Nilai koefisien berganda dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$R = \sqrt{\frac{r^2_{X1,Y} + r^2_{X2,Y} - 2r_{X1,Y}r_{X2,Y}r_{X1,X2}}{1 - r^2_{X1,X2}}} \quad (1)$$

Dimana:

r = koefisien korelasi

X_1 = variabel bebas (MJO)

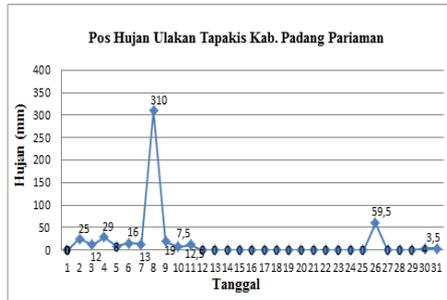
X_2 = variabel bebas (IOD)

Y = variabel terikat (curah hujan)

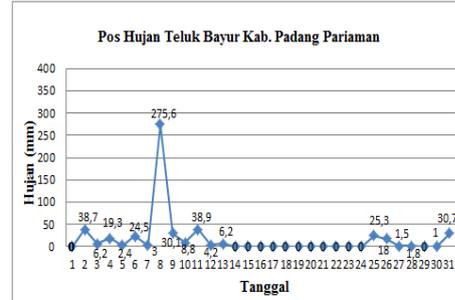
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

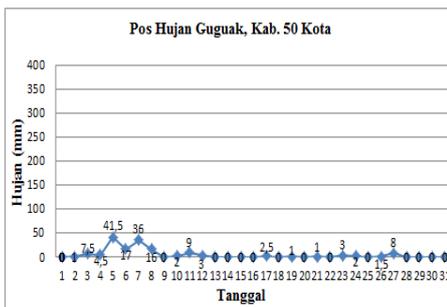
1. Curah Hujan



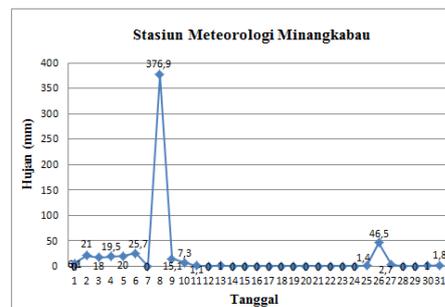
(a) Curah hujan di Pos Hujan Ulakan Tapakis



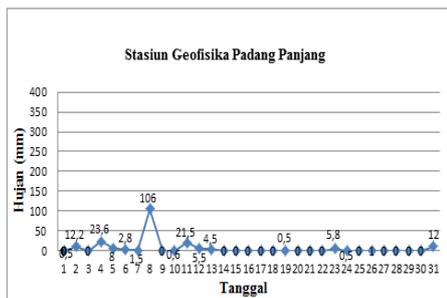
(b) Curah hujan di Pos Hujan Teluk Bayur



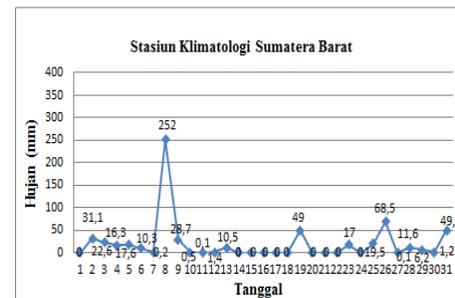
(c) Curah hujan di Pos Hujan Guguak



(d) Curah hujan di Stasiun Meteorologi Minangkabau



(e) Curah hujan Stasiun Geofisika Padang Panjang



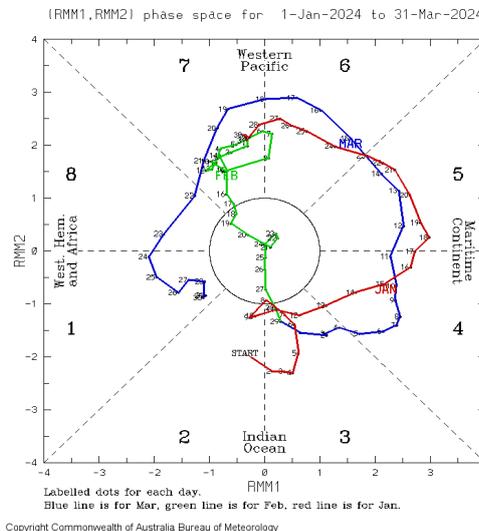
(f) Curah hujan di Stasiun Klimatologi Sumbar

Gambar 1. Curah Hujan bulan Maret 2024 di 6 pos hujan Sumatera Barat

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat intensitas curah hujan tertinggi terjadi Stasiun Meteorologi Minangkabau pada tanggal 8 Maret 2024 dengan nilai mencapai 376,9. Di pos hujan Ulakan Tapakis Kab. Padang Pariaman dengan intensitas curah hujan bernilai 310 mm pada tanggal 8 Maret 2024. Pos hujan Teluk Bayur Kab. Padang Pariaman dengan intensitas curah hujan bernilai 275,6 mm pada tanggal 8 Maret 2024. Stasiun Klimatologi Sumatera dengan intensitas curah hujan bernilai 252 mm Barat tanggal 8 Maret 2024. Stasiun Geofisika

Padang Panjang intensitas curah hujannya pada tanggal 8 Maret 2024 bernilai 106 mm dan pos hujan Guguak, Kab. 50 Kota tidak terjadi hujan ekstrem pada tanggal 7-8 Maret 2024.

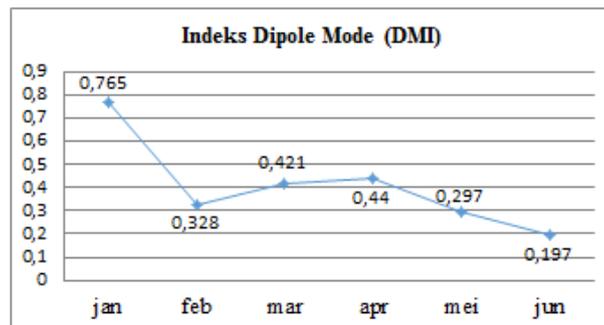
2. Madden Julian Oscillation (MJO)



Gambar 2. Fase MJO untuk 1 Januari - 31 Maret 2024

Dari diagram di atas bisa dilihat untuk bulan maret ditandai garis biru. Pada tanggal 7-8 maret berada di fase 4 yang artinya MJO kuat. MJO dianggap lemah saat indeks ini berada di dalam lingkaran tengah. Indeks lebih kuat saat di luar lingkaran, umumnya akan bergerak/berpindah berlawanan dengan arah jarum jam saat MJO bergerak dari barat ke timur.

3. Indian Ocean Dipole (IOD)

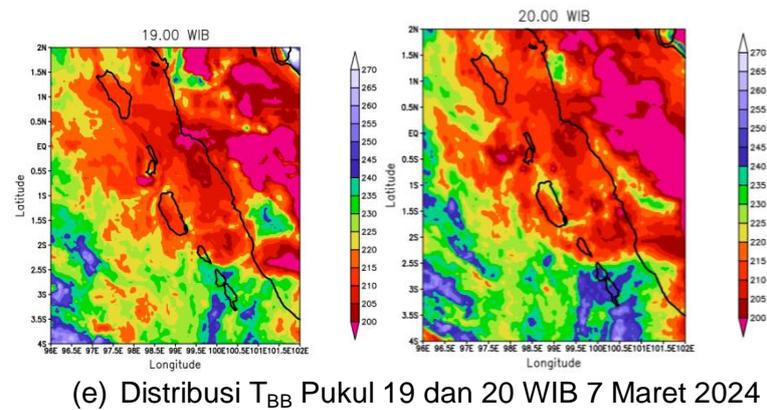
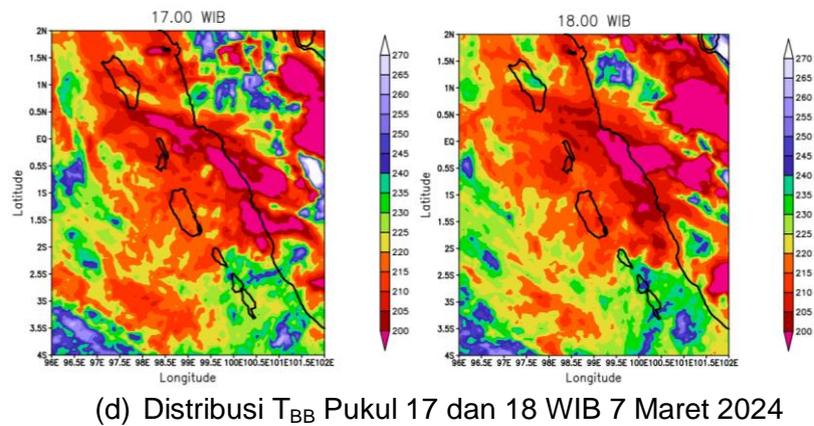
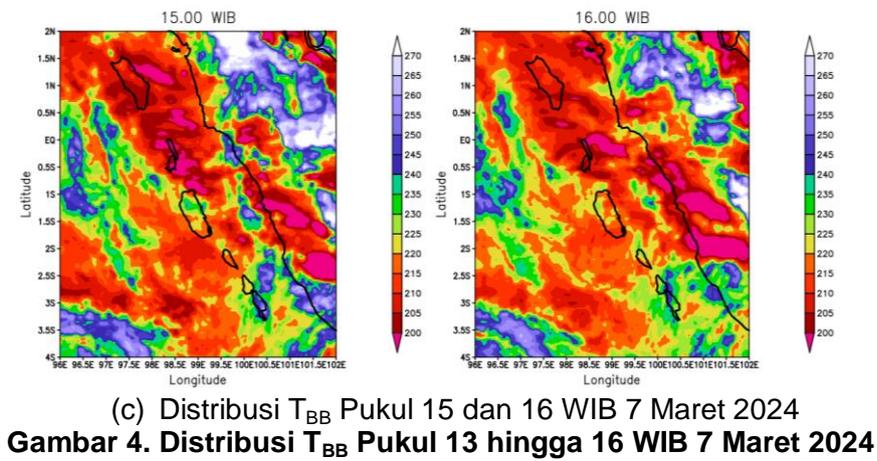
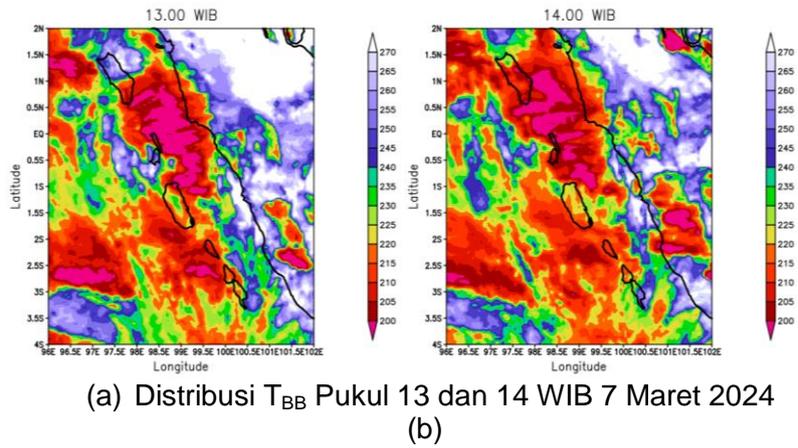


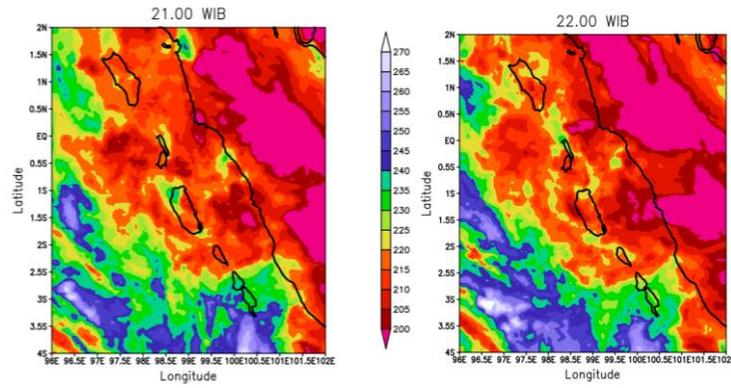
Gambar 3. Grafik DMI Januari-Juni 2024

Berdasarkan grafik diatas dan tabel klasifikasi intensitas IOD, pada bulan Maret 2024 nilai indeks DMI sebesar 0,421 yang artinya termasuk dalam kategori netral.

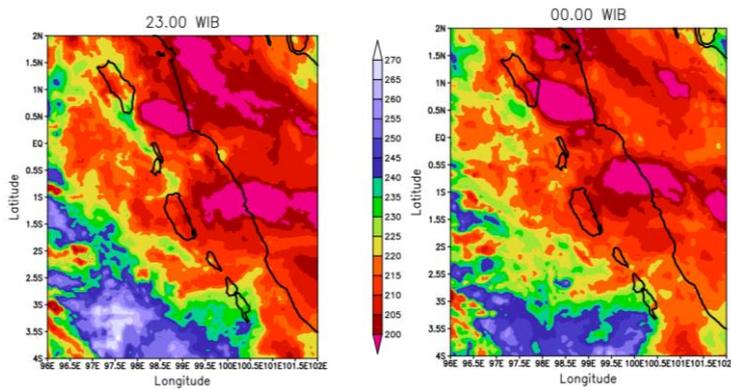
4. Suhu Puncak Awan

Suhu puncak awan diwakili oleh nilai T_{BB} berdasarkan data kanal IR1 dari satelit Himawari.

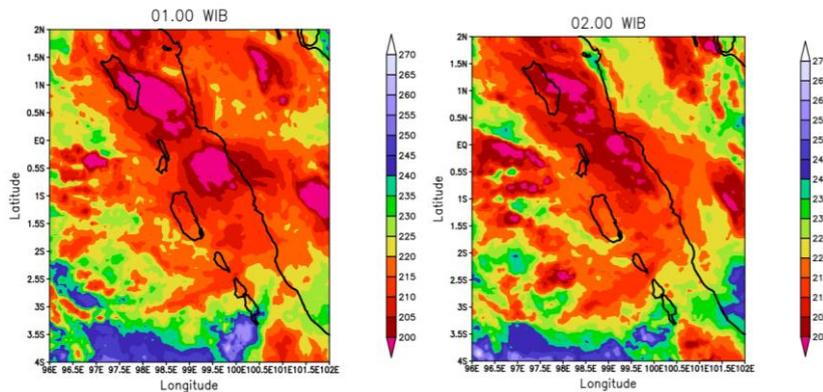




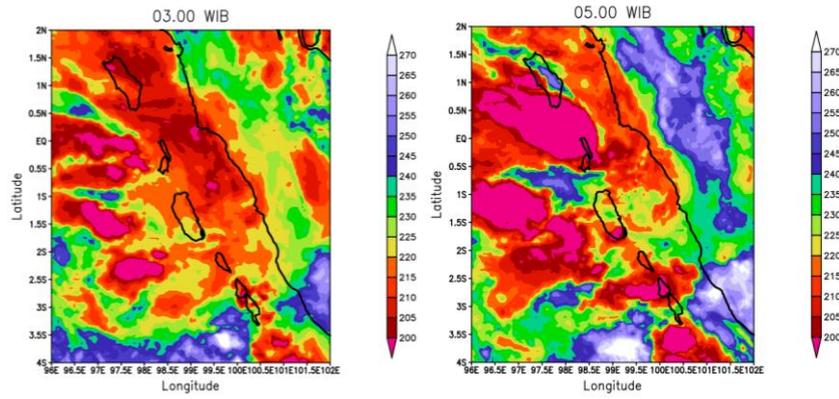
(f) Distribusi T_{BB} Pukul 21 dan 22 WIB 7 Maret 2024
Gambar 5. Distribusi TBB Pukul 17 hingga 22 WIB 7 Maret 2024



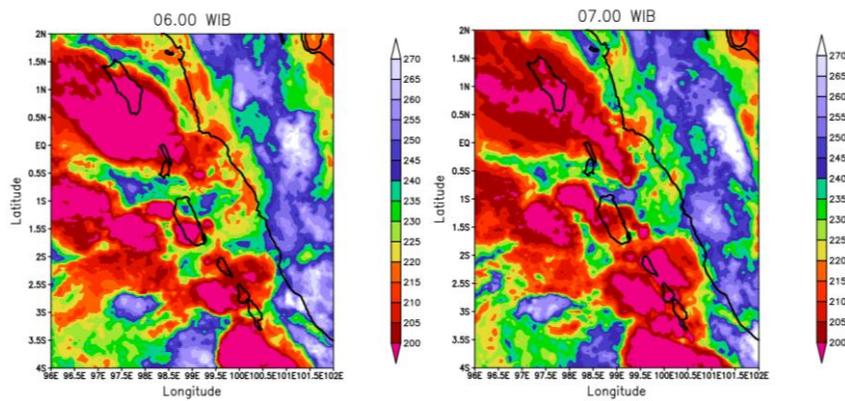
(g) Distribusi T_{BB} Pukul 23 7 Maret dan 00 WIB 8 Maret 2024



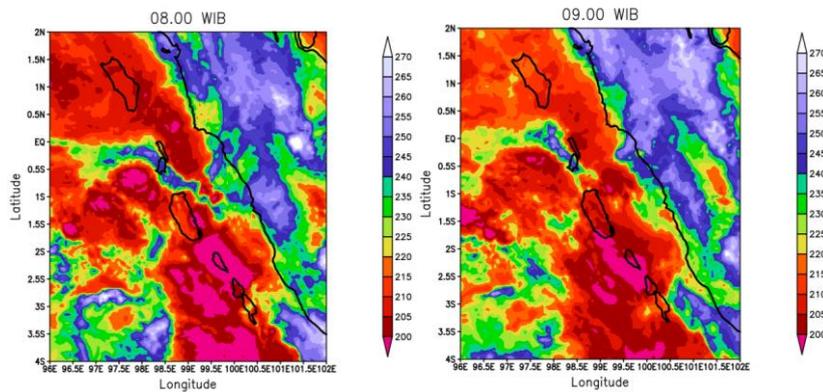
(h) Distribusi T_{BB} Pukul 01 dan 02 WIB 8 Maret 2024



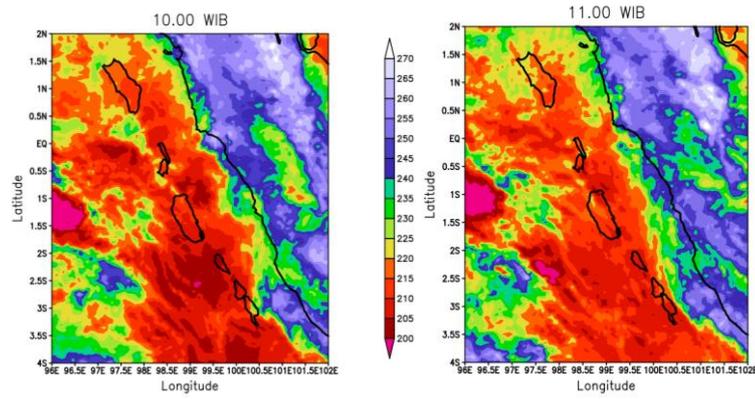
(i) Distribusi T_{BB} Pukul 03 dan 05 WIB 8 Maret 2024
Gambar 6. Distribusi T_{BB} Pukul 23 WIB 7 Maret 2024 hingga 05 WIB 8 Maret 2024



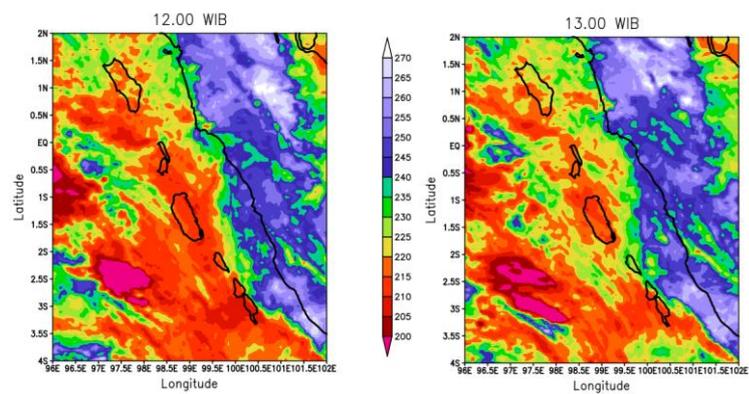
(j) Distribusi T_{BB} Pukul 06 dan 07 WIB 8 Maret 2024



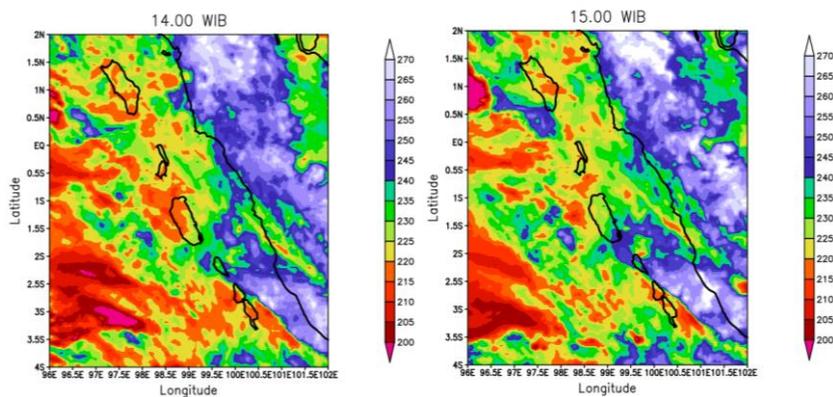
(k) Distribusi T_{BB} Pukul 08 dan 09 WIB 8 Maret 2024



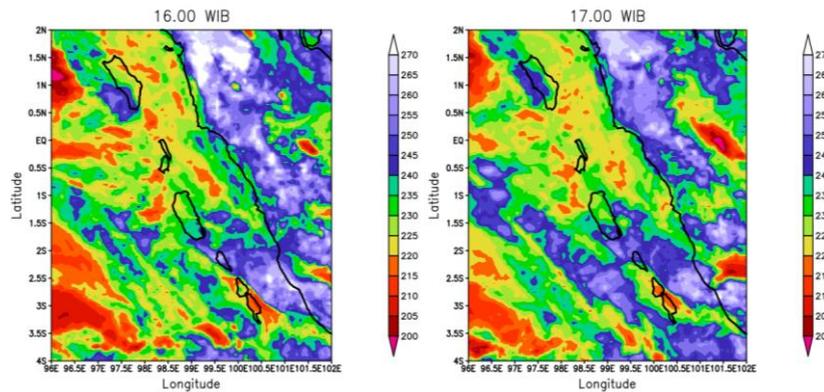
(l) Distribusi T_{BB} Pukul 10 dan 11 WIB 8 Maret 2024
Gambar 7. Distribusi TBB Pukul 06 hingga 11 WIB 8 Maret 2024



(m) Distribusi T_{BB} Pukul 12 dan 13 WIB 8 Maret 2024



(n) Distribusi T_{BB} Pukul 14 dan 15 WIB 8 Maret 2024



(o) Distribusi T_{BB} Pukul 16 dan 17 WIB 8 Maret 2024
Gambar 8. Distribusi T_{BB} pukul 12 hingga 17 WIB 8 Maret 2024

Warna merah atau magenta menunjukkan adanya pertumbuhan awan konvektif yang intens, yang memiliki potensi memicu hujan lebat, badai petir, atau hujan es. Sebaliknya, warna biru atau hijau menunjukkan wilayah dengan kondisi stabil dan sedikit atau tanpa aktivitas awan hujan. Area dengan warna merah atau magenta menjadi perhatian utama karena biasanya menggambarkan hujan lebat yang sedang berlangsung atau akan terjadi.

5. Analisis korelasi antara MJO, IOD, dan Curah Hujan

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	Change Statistics			Sig. F Change
						F Change	df1	df2	
1	,217 ^a	,047	,014	66,95915	,047	1,435	1	29	,241

a. Predictors: (Constant), MJO

Gambar 5. Korelasi berganda MJO, IOD, dan, Curah hujan

Sesuai hasil uji korelasi berganda yang sudah dilakukan didapatkan nilai Sig. F Change sebesar 0,241 dimana nilai tersebut > 0,05 yang berarti korelasi tidak signifikan antara variabel MJO dan IOD terhadap curah hujan. Selanjutnya, dengan nilai R sebesar 0,217 maka hubungan korelasinya termasuk dalam kategori sebagai korelasi lemah.

Pembahasan

1. Analisis kondisi atmosfer saat kejadian hujan ekstrem di Sumatera Barat

Pada bulan Maret, angin monsun Asia biasanya mulai berkurang kekuatannya, sedangkan monsun Australia kuat. Angin bertiup dari arah barat hingga barat laut dinamakan Monsun Barat (Monsun Asia) dan sering terjadi dari bulan Oktober hingga Maret. Dikarenakan melewati Samudera Hindia dan Samudera Pasifik angin ini mengangkut uap air yang banyak, yang menjadi penyebab curah hujan tinggi di Indonesia, terutama di wilayah bagian barat seperti Sumatera.

Pos hujan Ulakan Tapakis, Pos hujan Teluk Bayur, Stasiun Meteorologi Minangkabau, dan Stasiun Klimatologi Sumatera Barat terletak di dataran rendah dan dekat pesisir. Sedangkan Pos hujan Guguak dan Stasiun Geofisika Padang Panjang terletak di dataran tinggi. Dataran rendah pesisir cenderung memiliki curah hujan tinggi, sementara dataran rendah yang jauh dari sumber kelembapan atau terletak di bayangan hujan memiliki curah hujan lebih rendah. Curah hujan di dataran rendah juga bersifat konvektif, sering kali terjadi dalam waktu singkat namun deras. Faktor lain dalam distribusi curah hujan adalah angin zonal. Angin ini membawa udara lembap dari laut, yang berkontribusi pada pembentukan awan hujan di daerah pesisir. Dataran tinggi biasanya lebih jauh dari sumber air, sumber penguapan seperti laut. Jika suatu daerah jauh dari sumber air, jumlah uap air yang tersedia untuk pembentukan awan dan hujan akan berkurang.

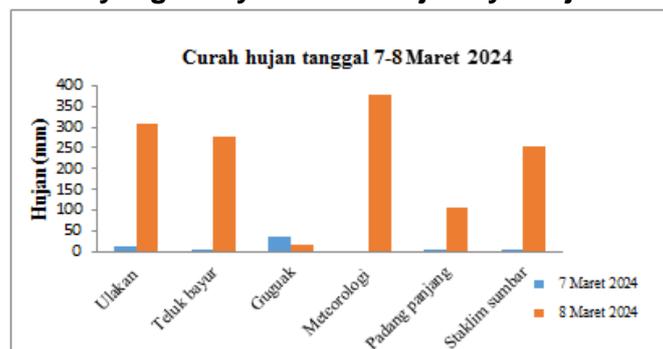
Pada bulan Maret 2024 nilai indeks DMI sebesar 0,421 yang artinya termasuk dalam kategori netral. Pada fase netral, tidak ada perbedaan suhu muka laut yang relevan antara bagian

barat dan timur Samudra Hindia. Tidak ada peningkatan atau penurunan curah hujan ekstrem yang terkait dengan IOD fase netral.

Pada tanggal 7-8 Maret 2024 MJO berada pada fase 4 yaitu, di Indonesia bagian Barat (100° BT - 120° BT) dan di kategorikan kuat yang menyebabkan meningkatnya pertumbuhan awan hujan secara maksimal di Sumatera Barat terutama wilayah Kab/Kota di pesisir pantai. Di wilayah fase 4, aktivitas pembentukan awan konvektif meningkat, yang biasanya menghasilkan hujan lebat atau ekstrem. Jika MJO fase 4 terjadi bersamaan dengan muson barat, curah hujan di wilayah barat Indonesia akan semakin meningkat. Jadi bisa dikatakan curah hujan ekstrem yang terjadi di Sumatera Barat pada bulan Maret 2024 dipengaruhi MJO.

Berdasarkan gambar 4. bisa dilihat bahwa, pada pukul 13.00 WIB 7 Maret langit Sumatera Barat di dominasi oleh awan dengan suhu tinggi, yaitu ditandai dengan warna putih artinya langit cerah, hijau/biru artinya daerah relatif stabil dan sedikit potensi hujan, dan sedikit awan suhu menengah. Namun pada pukul 15.00 WIB 7 Maret, awan dengan suhu menengah yang ditandai dengan warna kuning/oranye semakin besar. Setelah itu, awan dengan suhu menengah dan awan suhu rendah ditandai warna merah/magenta semakin mendekati wilayah sumatera barat dan mulai mendominasi pada pukul 16.00 WIB 7 Maret. Awan suhu rendah mengindikasikan adanya awan konvektif tebal seperti cumulonimbus, yang terkait dengan aktivitas hujan lebat. Kemudian mulai terlihat kembali awan suhu menengah dan awan suhu tinggi pukul 02.00 WIB 8 Maret. setelah itu bergerak hingga pukul 15.00 WIB 8 Maret suhu awan rendah menjauhi Sumatera Barat dan terlihat awan suhu menengah dan awan suhu tinggi yang artinya langit cerah, stabil dengan sedikit potensi hujan.

2. Identifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya hujan ekstrem di Sumatera Barat



Gambar 6. Grafik curah hujan di 6 pos hujan di Sumatera Barat pada tanggal 7-8 Maret 2024

Dapat dilihat bahwa dari 6 titik tersebut hujan ekstrem terjadi di 4 titik yaitu, pos hujan Ulakan Tapakis, pos hujan Teluk Bayur, Stasiun Meteorologi Minangkabau, dan Staklim Sumatera Barat. Dimana nilai tertinggi mencapai 376,9 mm pada tanggal 8 Maret di Stasiun Meteorologi Minangkabau yang artinya terjadi hujan ekstrem. Sumatera Barat merupakan wilayah yang dekat dengan garis khatulistiwa. Daerah dekat khatulistiwa mempunyai pola curah hujan ekuatorial dimana curah hujan tinggi atau lebih banyak.

Pada tanggal 7-8 Maret 2024 MJO terjadi pada fase 4 di Indonesia bagian Barat (100° BT - 120° BT) dengan indeks RMM1 bernilai 2,5 dan RMM2 bernilai -1,5. Terjadi di fase 4 dan lintasan MJO berada diluar lingkaran maka MJO dinyatakan mengalami fase kuat untuk Sumatera Barat dimana mempengaruhi pertumbuhan awan konvektif, yang dapat menyebabkan curah hujan ekstrem. Ketika MJO kuat, ia dapat memperkuat angin monsun, seperti monsun Asia-Australia. Indeks Dipole Mode (DMI) bulan Maret bernilai 0,421 dimana indeks IOD ini bersifat netral. Artinya fenomena IOD ini tidak terlalu berpengaruh terhadap peningkatan curah hujan yang terjadi di Sumatera Barat.

Awan dengan suhu menengah dan awan suhu rendah ($< -70^{\circ}\text{C}$) ditandai warna merah/magenta semakin mendekati wilayah Sumatera Barat dan mulai mendominasi pada pukul 16.00 WIB 7 Maret. Awan suhu rendah mengindikasikan adanya awan konvektif tebal seperti

cumulonimbus, yang terkait dengan aktivitas hujan lebat. Kumpulan awan konveksi tersebut tidak meluruh, namun semakin besar. Semakin rendah suhu pada puncak awan, semakin tinggi posisi awan tersebut di atmosfer.

Pada bulan Maret, angin monsun Asia cenderung melemah sementara monsun Australia mulai aktif. Akibatnya, pola angin berubah, dengan angin timur-tenggara yang lebih kuat. Konvergensi angin, atau pertemuan massa udara, sering memengaruhi Sumatera Barat. Kemudian, letak Pos hujan Ulakan Tapakis, Pos hujan Teluk Bayur, Stasiun Meteorologi Minangkabau, dan Stasiun Klimatologi Sumatera Barat terletak di dataran rendah dan dekat pesisir. Ini bisa jadi penyebab mengapa hujan ekstrem terjadi tanggal 7-8 Maret 2024 dikarenakan dekat dengan pantai, sumber penguapan. Sedangkan Pos hujan Guguak dan Stasiun Geofisika Padang Panjang terletak di dataran tinggi. Dataran tinggi biasanya lebih jauh dari sumber air, sumber penguapan seperti laut.

SIMPULAN

Hujan ekstrem di Sumatera Barat disebabkan karena rendahnya suhu awan yang bisa dilihat dari citra satelit, ditandai warna merah/magenta. Kemudian karena MJO kuat. MJO di kategorikan kuat, aktivitas pembentukan awan konvektif meningkat, yang biasanya menghasilkan hujan lebat atau ekstrem. Adanya Monsun barat, angin zonal dari barat yang membawa udara lembap dari laut, berkontribusi pada pembentukan awan hujan di daerah pesisir. Jika MJO terjadi bersamaan dengan muson barat, curah hujan di wilayah barat Indonesia akan semakin meningkat. Serta kondisi lokal dan topografi wilayah tersebut, dimana pada daerah dataran rendah terjadi hujan ekstrem dan pada dataran tinggi tidak terjadi hujan ekstrem.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, K., Manurung, D., Gaol, J. L., & Baskoro, M. S. (2013). Karakteristik suhu permukaan laut dan kejadian upwelling fase indian ocean dipole mode positif di barat sumatera dan selatan Jawa Barat. *Jurnal Segara*, 9(1), 23–35.
- Andarini, DF, Nauval, F., & Saufina, E. (2022, Januari). Analisis karakteristik curah hujan pada kejadian banjir sentani maret 2019. Dalam prosiding seminar nasional fisika (e-journal) (Vol.10).
- Azuga, N. A., & Galib, M. Analyzing the Effect of Indian Ocean Dipole Phenomenon to the Anomalies Distribution of Sea Surface Temperature in West Sumatera. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 3(3), 260-270.
- Batubara, M. P. N., Zainuri, M., Kunarso, K., & Puryajati, A. D. (2022). Diagnosa perilaku MJO aktif pada saat La Nina kuat (2011/2012) di perairan tropis. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2), 193-205.
- Diniyati, E., Dwitrisna, MFI, & Mulya, A. (2021). Analisis Kondisi Suasana Saat Banjir dan Tanah Longsor (Studi Kasus: Nganjuk, 14 Februari 2021). *Sainstek*, 9 (1), 18-24.
- Fiqri, M. R. (2022). Analisis dinamika atmosfer dan kaitannya dengan hujan ekstrem penyebab bencana banjir di kota jambi pada tahun 2020 (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).
- Gara, M. N. I. (2019). Analisis Karakteristik Periode Ulang Curah Hujan dengan Metode Iwai Kadoya untuk Daerah Lokal Sumatera Barat dan Regional Sumatera (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).
- Hidayati, R., Ramalis, TR, & Mujtahiddin, MI (2015). Analisis Kejadian Hujan Es di Wilayah Bandung Berdasarkan Kondisi Atmosfer Dan Citra Satelit Analisis Hujan Es Di Wilayah Bandung Berdasarkan Kondisi Atmosfer Dan Citra Satelit. *Fibusi (Jurnal Fisika Online)*, 3 (1).
- Hermawan, E., & Komalaningsih, K. (2010). Karakteristik Indian Ocean Dipole Mode Di Samudera Hindia Hubungan-Nya Dengan Perilaku Curah Hujan Di Kawasan Sumatera Barat Berbasis Analisis Mother Wavelet. *Jurnal Sains Dirgantara*, 5(2).
- Ilham, R., Maari, M., Vonnisa, M., Ramadhan, R., & Yusnaini, H. (2023, September). Rainfall Variation on the West Coast of Sumatra during Each Phase of the Madden-Julian Oscillation from GPM Satellite Observation. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2596, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.

- Matandung, R., Sujiono, E. H., & Subaer, S. (2023). Analysis of Madden-Julian Oscillation (MJO) on extreme rainfall event in the west coastal south Sulawesi for mitigation disaster. *Jurnal Fisika Unand*, 12(3), 480-487.
- Miftahuddin, M., Sitanggang, A. P., & Setiawan, I. (2021). Analisis hubungan antara kelembaban relatif dengan beberapa variabel iklim dengan pendekatan korelasi pearson di Samudera Hindia. *Jurnal Siger Matematika*, 25-33.
- Nuryanto, D. E., & Badriyah, I. U. (2014). Pengaruh Perubahan Suhu Permukaan Laut Terhadap Curah Hujan Benua Maritim Indonesia Pada September 2006. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(3).
- Pabalik, I., Ihsan, N., & Arsyad, M. (2015). Analisis Fenomena Perubahan Iklim dan Karakteristik Curah Hujan Ekstrim di Kota Makassar. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 11(1), 88-92.
- Pertiwi, DA, & Paski, JAI (2022). Analisis Dinamika Suasana Kejadian Hujan Ekstrim (Studi Kasus Banjir Di Tangerang Selatan 7 November 2021). *Buletin Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika*, 2 (2), 1-10.
- Pratomo, A. (2020). Modul pembelajaran SMA Geografi kelas X: dinamika Litosfer dan dampaknya terhadap kehidupan.
- Purba, D., & Purba, M. (2022). Aplikasi Analisis Korelasi dan Regresi menggunakan Pearson Product Moment dan Simple Linear Regression. *Citra Sains Teknologi*, 1(2), 97–103.
- Purwaningsih, A., Harjana, T., Hermawan, E., & Andarini, D. F. (2020). Kondisi Curah Hujan dan Curah Hujan Ekstrem Saat MJO Kuat dan Lemah: Distribusi Spasial dan Musiman di Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 21(2), 85-94.