

ANALISIS DINAMIKA ATMOSFER KEJADIAN BANJIR DI BENGKULU 21 AGUSTUS 2022

ATMOSPHERIC DYNAMICS ANALYSIS OF FLOOD EVENT IN BENGKULU 21ST AUGUST 2022

Jaka Anugrah Ivanda Paski^{1,*}

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG

*Email: jaka.paski@bmkgo.go.id

ABSTRAK

Pada tanggal 20 Agustus 2022, hujan ekstrem mengguyur wilayah Kota Bengkulu hingga menyebabkan banjir dan tanah longsor pada tanggal 21 Agustus 2022. Curah hujan yang terukur 154,3 mm/hari di Stasiun Meteorologi Fatmawati Bengkulu yang termasuk kategori sangat lebat BMKG (>100 mm/hari). Data yang digunakan pada analisis ini berupa data observasi curah hujan, radar cuaca dan data radiosonde, serta data angin gradien. Selain itu, data analisis cuaca global dan regional juga digunakan seperti IOD, MJO, gelombang tropis dan SST. Analisis dilakukan untuk melihat kondisi dinamika atmosfer saat kejadian dan faktor cuaca pendukung terjadinya kondisi hujan ekstrem penyebab banjir di Kota Bengkulu yang merendam 6 kelurahan. Hasil analisis fenomena cuaca skala global menunjukkan adanya pengaruh ENSO, IOD dan gelombang tropis. Untuk gelombang tropis, Gelombang Kelvin dan gelombang Rossby menjadi faktor peningkatan curah hujan di wilayah pesisir barat Sumatera. Selain itu, kondisi SST dan anomalinnya yang cukup hangat serta adanya belokan angin di wilayah Samudra Hindia barat Kota Bengkulu mendukung potensi pertumbuhan awan yang menghasilkan hujan sangat lebat. Analisis lokal dari pantauan citra radar Tangerang BMKG menunjukkan adanya cluster awan hujan di wilayah Samudra Hindia yang sangat masif dan bergerak ke timur pada sore hari dan bergerak kembali menuju barat pada dini hari.

Kata kunci: Hujan ekstrem, banjir, gelombang tropis.

ABSTRACT

On August 20, 2022, extreme rains flushed the Bengkulu City area, causing floods and landslides on August 21, 2022. The measured rainfall is 154.3 mm/day at the Fatmawati Bengkulu Meteorological Station, which is included in the BMKG very heavy category (>100 mm/day). The data used in this analysis are rainfall observation data, weather radar and radiosonde data, and wind gradient data. In addition, global and regional weather analysis data are also used such as IOD, MJO, tropical waves and SST. The analysis was carried out to see the dynamics of the atmosphere at the time of the incident and the weather factors supporting the occurrence of extreme rain conditions that caused flooding in Bengkulu City, which submerged six villages. The analysis of global-scale weather phenomena shows the influence of ENSO, IOD, and tropical waves. For tropical waves, Kelvin waves and Rossby waves are a factor in increased rainfall on the west coast of Sumatra. In addition, the SST condition, its relatively warm anomaly, and the presence of wind bend in the western Indian Ocean region of Bengkulu City support the potential for cloud growth that produces hefty rain. Local analysis from BMKG's Tangerang radar image monitoring shows that there are clusters of rain clouds in the Indian Ocean region that are very massive and move east in the afternoon and move back west in the early morning.

Keywords: Extreme rain, flood, tropical wave.

1. Pendahuluan

Hujan disertai badai guntur terjadi di wilayah kota Bengkulu sejak Sabtu malam 20 Agustus 2022 hingga Minggu pagi tanggal 21 Agustus 2022. Hal ini menyebabkan fenomena banjir dan tanah longsor pada Minggu pagi yang merendam enam (6) kelurahan di Kota Bengkulu dengan ketinggian banjir tersebut mencapai 60 cm. Dari data yang dihimpun Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Bengkulu, 6 kelurahan yang terendam banjir tersebar di empat kecamatan dengan total 576 rumah/bangunan yang terdampak bencana banjir. Sedangkan tanah longsor terjadi di jalan Merapi, Kelurahan Kebun Tebeng, Kecamatan Ratu Agung [1].

Kondisi atmosfer pembentukan cuaca pada wilayah Indonesia tidak bisa dilepas dari interaksi antara dinamika atmosfer gangguan cuaca skala global, regional dan lokal [2,3]. Kondisi atmosfer yang tidak stabil akibat interaksi gangguan cuaca ini mendorong terjadinya pertumbuhan awan-awan konvektif yang menyebabkan tingginya intensitas hujan [4]. Beberapa fenomena cuaca skala global yang lebih sering menimbulkan dampak pada kondisi cuaca di wilayah Indonesia ialah *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO), *Indian Ocean Dipole* (IOD), *Madden Julian Oscillation* (MJO) dan gelombang tropis yang dapat dianalisa pengaruh serta dampaknya. Analisis atmosfer regional dapat dilakukan dengan mengkaji *Sea Surface Temperature* (SST) dan anomalnya serta angin gradien. Sementara itu, analisis lokal dilakukan dengan melihat pertumbuhan awan-awan konvektif menggunakan citra radar BMKG [5].

Curah hujan yang tinggi (hujan lebat) dengan periode yang panjang/lama di lokasi dan wilayah sekitar kejadian

menjadi faktor utama kejadian Banjir yang selama ini terjadi di Indonesia [6]. Selain itu, banjir juga dipengaruhi oleh kondisi wilayah terutama di permukaan seperti ukuran daerah aliran sungai (DAS), topografi DAS dan jenis penggunaan atau tutupan lahan [7].

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui faktor-faktor yang berperan aktif dalam kondisi atmosfer penyebab banjir. Analisa fenomena ini telah banyak dilakukan, namun yang menjadi pembaharuan dalam tulisan ini ialah fenomena yang diangkat merupakan fenomena teraktual.

2. Metode Penelitian

Pada analisis dinamika atmosfer dalam kajian ini, berfokus di lokasi kejadian banjir wilayah Kota Bengkulu pada tanggal 21 Agustus 2022. Data-data yang digunakan dalam kajian ini berupa data primer dan sekunder tanggal 20 – 21 Agustus 2022. Data primer berupa data observasi Data curah hujan, radar cuaca dan data radiosonde yang didapatkan dari Stasiun Meteorologi Fatmawati Bengkulu, serta data angin gradien yang didapatkan dari Pusat Meteorologi Publik BMKG. Data sekunder yang digunakan berupa data analisis cuaca seperti data IOD dan ENSO dari *Bureau of Meteorology* (BOM). Data MJO, gelombang tropis dan SST diperoleh dari *ncics.org*.

Adapun metode yang digunakan dalam kajian ini, telah banyak digunakan untuk beberapa studi kasus cuaca ekstrim di Indonesia [3,5,8]. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis deskriptif mengenai kondisi dinamika atmosfer berbagai skala spasial seperti global, regional, dan lokal dengan berfokus pada kondisi fisis dan dinamis penyebab hujan ekstrim yang berakibat terjadinya banjir dan tanah longsor. Kajian dimulai dengan

menganalisis intensitas curah hujan penyebab banjir dan dilanjutkan dengan menganalisis data-data faktor gangguan cuaca global hingga lokal. Citra radar cuaca dapat memberikan gambaran pertumbuhan dan sebaran awan konvektif penyebab hujan lebat [9,10]

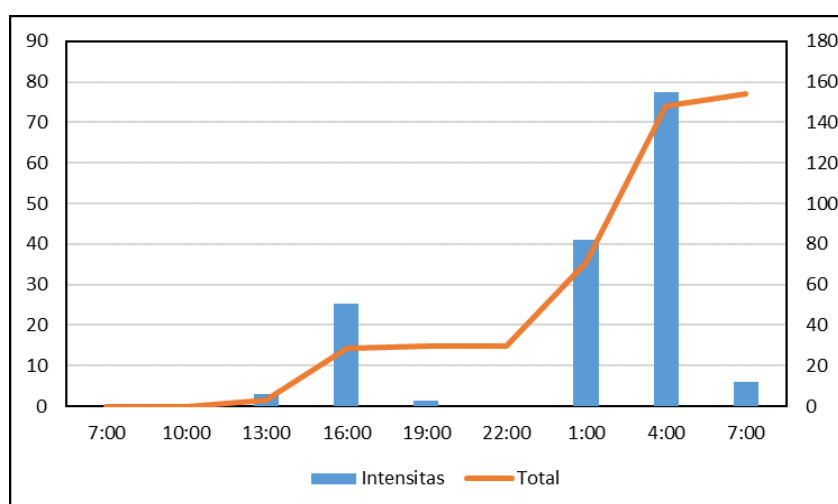
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Curah Hujan

Berdasarkan hasil pengamatan curah hujan di Stasiun Meteorologi Fatmawati Bengkulu pada hari kejadian banjir. Dimana telah terukur curah hujan dengan intensitas dan

total curah hujan di wilayah Kota Bengkulu yang tergolong dalam kategori curah hujan ekstrim BMKG (> 20 mm/jam atau >100 mm/hari) (Gambar. 1).

Hujan intensitas tinggi di Stasiun Meteorologi Fatmawati Bengkulu telah tercatat terjadi pada pukul 16:00 WIB dengan intensitas mencapai 25,3 mm dan semakin tinggi pada pukul 01:00 WIB (41,1 mm) dan 04:00 WIB (77,5 mm). Sedangkan total curah hujan yang tercatat mencapai 154,3 mm/hari pada tanggal 20-21 Agustus 2022 sebelum kejadian banjir di wilayah Kota Bengkulu.



Gambar 1. Curah hujan per tiga jam dari pengamatan sinoptik dan total curah hujan di Stasiun Meteorologi Fatmawati Bengkulu pada tanggal 20 Agustus 2022.

3.2. Analisis Atmosfer Global

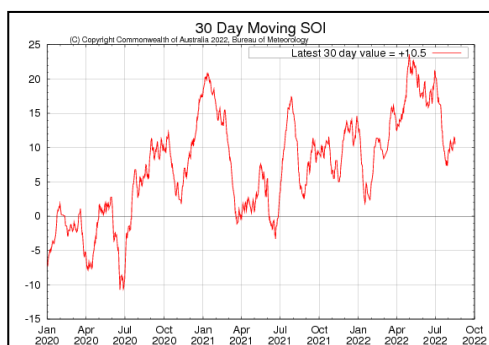
Dalam kajian ini dilakukan analisis variabilitas atmosfer skala luas (global) seperti *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD) yang merupakan fenomena yang mirip dengan ENSO di wilayah ekuator Samudera Hindia [11]. Analisis *Madden-Julian Oscillation* (MJO) dan gelombang tropis juga dilakukan karena sangat mempengaruhi kondisi atmosfer skala global di Indonesia [12]. Gelombang tropis seperti gelombang Kelvin dan Rossby berdampak pada peningkatan

jumlah intensitas curah hujan di wilayah benua Maritim Indonesia (BMI) [13,14].

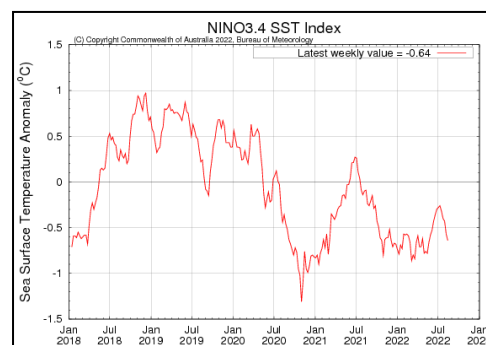
Dari Gambar 2a terlihat nilai SOI yang menggambarkan fenomena ENSO, selama tiga bulan terakhir nilai SOI berada pada kisaran +10.5 ini lebih rendah dari bulan Juli yang mencapai lebih dari +20. Berbeda hal ini dengan nilai indeks NINO 3.4 SST cenderung semakin berkurang yang menunjukkan bahwa adanya indikasi La Nina lemah di wilayah Indonesia (Gambar 2b). Menurut Hidayat dkk (2018), SOI yang bernilai tinggi dapat diartikan bahwa terindikasi adanya fenomena La Nina

[11]. Nilai Indian Ocean Dipole pada Gambar 2c juga bernilai signifikan sehingga banyak mempengaruhi kondisi hujan di Indonesia, hal ini terlihat dari nilai Indeks IOD berkisar -1.15. Nilai IOD yang negatif menandakan adanya peningkatan curah hujan di wilayah barat Indonesia terutama wilayah pantai barat pulau

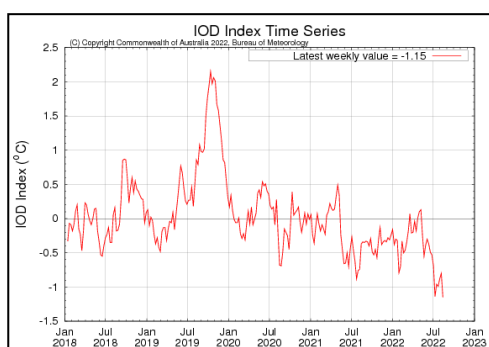
Sumatera seperti Kota Bengkulu. Sedangkan MJO berada pada fase 1 (wilayah Afrika) yang berarti tidak berkontribusi atau memiliki pengaruh terhadap proses pembentukan awan hujan di sebagian wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI) (lihat Gambar 2d).



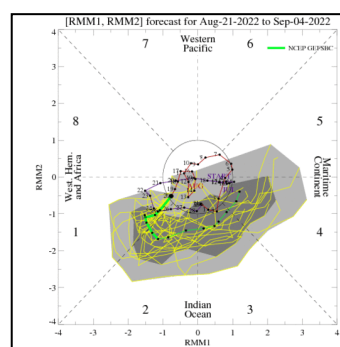
(a)



(b)



(c)

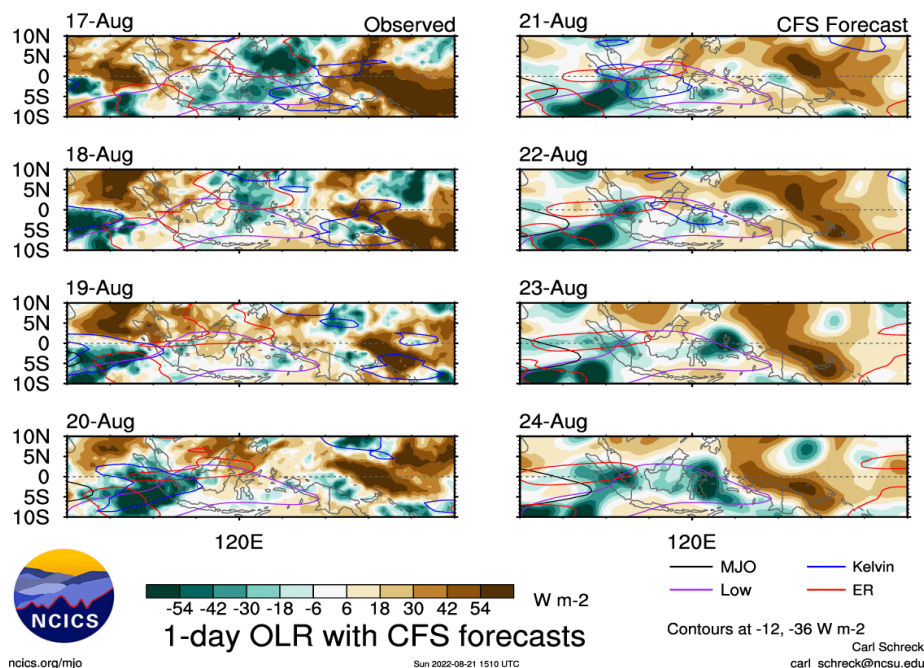


(d)

Gambar 2. Diagram indeks-indeks faktor cuaca global, SOI (a), NINO 3.4 SST Index (b), IOD Index (c), dan MJO (d).

Untuk gelombang tropis pada gambar 3 menunjukkan bahwa pada saat kejadian banjir ada fenomena cuaca global seperti gelombang *Equatorial Rossby* di wilayah Indonesia khususnya di Pulau Sumatera dan Kalimantan serta di selatan Samudera Hindia. Aktifitas gelombang Kelvin juga terpantau berada di samudera Hindia, Pulau Sumatera (termasuk wilayah Kota Bengkulu) hingga Kalimantan bagian selatan pada tanggal 20 Agustus 2022 saat kejadian hujan ekstrim. Sedangkan

pada tanggal 21 Agustus 2022 gelombang Kelvin telah bergerak ke timur yaitu di wilayah Kalimantan bagian tengah hingga Sulawesi bagian barat (Gambar 3). Gelombang tropis ini menjadi salah satu faktor yang berkontribusi kepada pertumbuhan awan konvektif yang masif di wilayah Indonesia [12,13]. Gelombang-gelombang tropis ini juga dapat bertelekoneksi sehingga dapat meningkatkan dampak terhadap penambahan uap air di wilayah-wilayah yang di lewatinya.



Gambar 3. Observasi dan prediksi gelombang tropis dengan indikator OLR mulai tanggal 17 Agustus 2022 sampai 24 Agustus 2022.

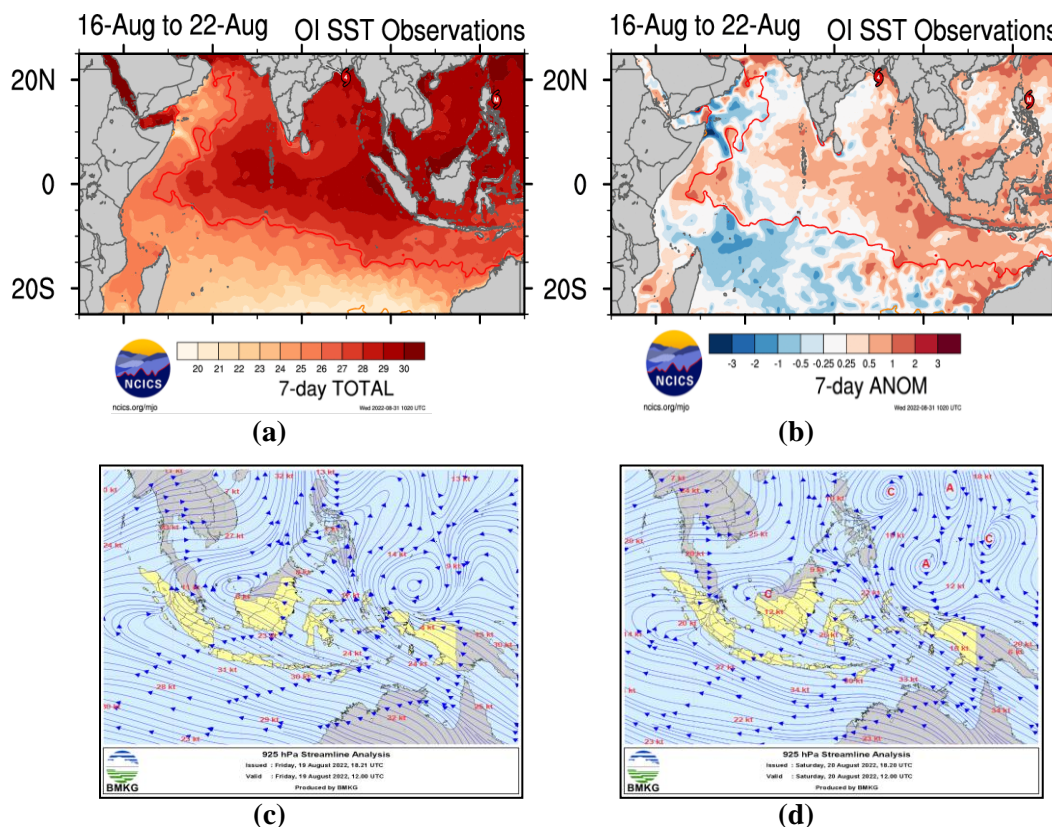
3.4. Analisis Atmosfer Regional

Analisis suhu muka laut / *Sea Surface Temperature* (SST) merupakan komponen penting dalam mengetahui keadaan dinamika atmosfer. SST merupakan salah satu gambaran energi panas yang digunakan untuk penguapan sehingga mengakibatkan pertumbuhan awan-awan konvektif seperti Cumulonimbus (Cb). Awan Cumulonimbus merupakan awan konvektif yang dapat menyebabkan angin kencang, badai petir dan hujan lebat [9, 10, 15] Pada kajian ini, Suhu Muka Laut di barat Kota Bengkulu berkisar antara 29 - 30 °C dengan anomali SST berkisar 0.5 – 2.0 °C pada tanggal 16-22 Agustus 2022. Kondisi ini menunjukkan adanya potensi penguapan (penambahan massa uap air) di Samudra Hindia bagian barat Kota Bengkulu (Lihat Gambar 5a dan 5b).

Dari analisis pola angin di lapisan dekat permukaan sekitar 925 hPa menunjukkan adanya pola belokan angin (*Shearline*) dari monsun

Australia di wilayah Samudra Hindia dekat dengan Sumatera Barat pada tanggal 19 Agustus 2022 pukul 12.00 UTC (Gambar 5c). Kondisi pola belokan angin (*Shearline*) ini bergeser ke arah selatan dan berada di Samudra Hindia barat Kota Bengkulu pada 19 Agustus 2022 pukul 12.00 UTC dan menunjukkan adanya pertemuan angin (konvergensi) di wilayah tersebut (Gambar 5d). Pola seperti ini mendukung adanya penumpukan massa udara di wilayah kejadian banjir.

Kondisi SST yang tinggi dan terdapat anomali positif SST di wilayah Samudra Hindia barat Kota Bengkulu serta adanya pola belokan angin sangat mendukung pertumbuhan awan-awan Cb yang berpotensi menimbulkan hujan lebat hingga ekstrim. Kombinasi dari energi panas di permukaan laut yang menyebabkan banyaknya uap air serta pola belokan angin yang berasal dari monsun Australia menjadikan uap air bertumpuk di wilayah pesisir barat kota Bengkulu.



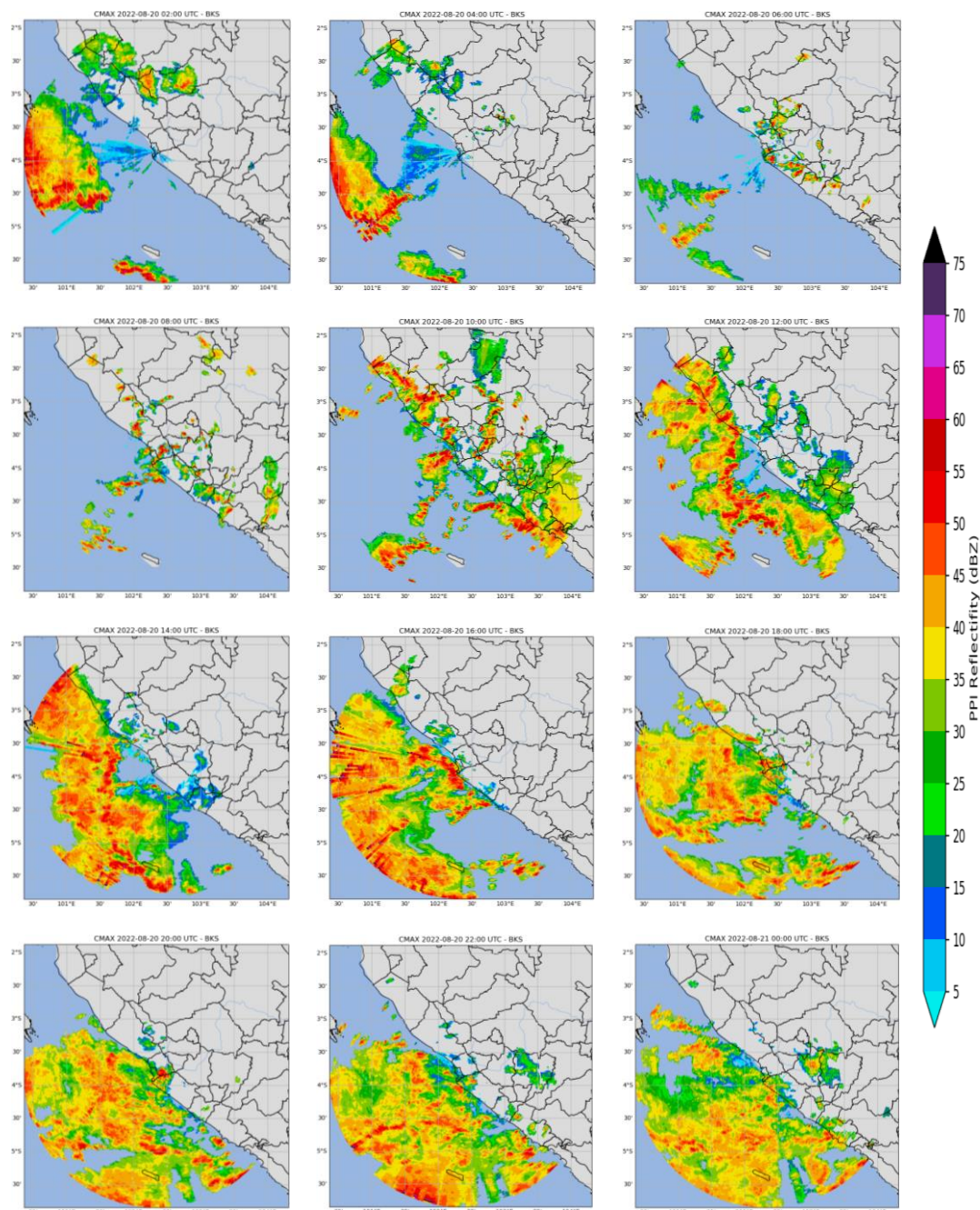
Gambar 5. (a) Peta analisis suhu permukaan laut, (b) Peta analisis anomali suhu permukaan laut, (c) Peta analisis angin gradien 925 hPa tanggal 19 Agustus 2022 pukul 12.00 UTC, dan (d) Peta analisis angin gradien 925 hPa tanggal 20 Agustus 2022 pukul 12.00 UTC.

3.5. Analisis Atmosfer Skala Lokal

Pada kejadian banjir yang melanda Kota Bengkulu tanggal 21 Agustus 2022 yang terjadi pada beberapa lokasi yang merendam 6 kelurahan. Analisis penginderaan jauh berupa citra radar berpusat terhadap analisis pertumbuhan dan pergerakan awan Cumulonimbus (Cb) yang menjadi penyebab curah hujan ekstrim. Awan Cb yang tumbuh sangat besar yang ditunjukkan dengan warna reflektisitas yang sangat tinggi menjadi salah satu indikasi adanya pembentukan sistem konvektif kuat yang memungkinkan curah hujan tinggi hingga ekstrim. Citra radar yang berupa gambaran intensitas reflektifitas dapat menggambarkan ukuran dan kandungan partikel air hingga es di struktur awan, semakin

tinggi nilai reflektifitas maka semakin besar dan padat ukuran partikel yang ada di dalam awan konvektif Cumulonimbus (awan Cb) [5,9].

Hasil pantauan radar cuaca Bengkulu menunjukkan pada pukul 09.00 WIB hingga 07.00 WIB (02.00 UTC – 00.00 UTC) tanggal 20-21 Agustus 2022, terdapat pertumbuhan awan konvektif di wilayah pantauan pengamatan radar. Nilai reflektifitas maksimum terpantau sebesar 55 - 60 dBZ di wilayah Kota Bengkulu pada pukul 13.00 WIB hingga 16.00 WIB (06.00 UTC – 09.00 UTC), kumpulan awan yang cukup luas telah menutupi lokasi kejadian banjir dengan reflektifitas semakin berkurang setelahnya dan berada di wilayah laut (Samudra Hindia) sebelah barat Kota Bengkulu (Gambar 6).



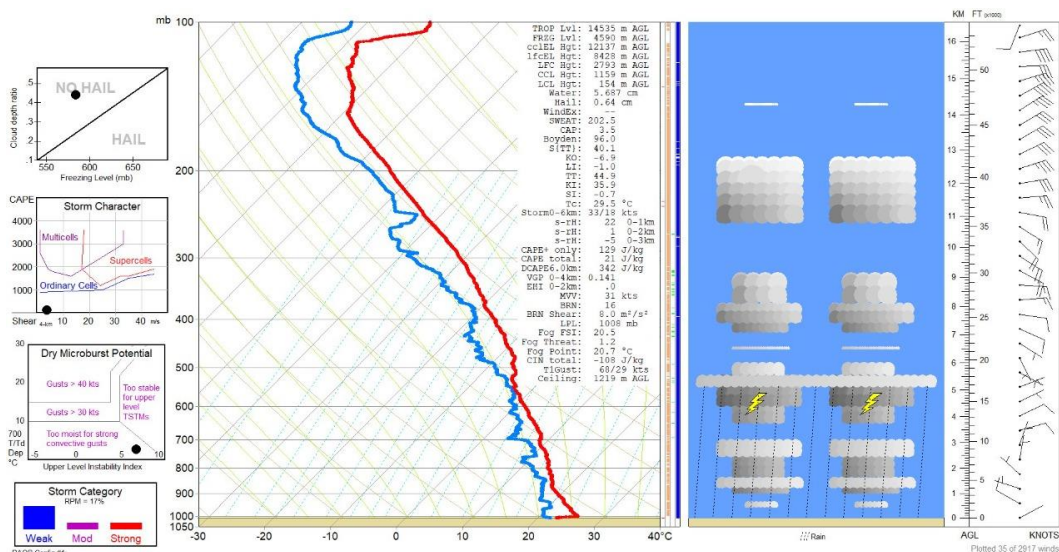
Gambar 6. Citra radar BMKG Stasiun Meteorologi Fatmawati Bengkulu untuk wilayah Bengkulu (09.00 WIB tanggal 20 Agustus 2022 - 07.00 WIB tanggal 21 Agustus 2022)

Cakupan awan konvektif Cb kembali masuk ke wilayah Kota Bengkulu pada pukul 23.00 WIB (16.00 UTC) hingga pukul 07.00 WIB (00.00 UTC) tanggal 21 Agustus 2022. Jika dilihat dari ukuran, luas, dan periode kehidupannya, awan hujan ini termasuk fenomena *Meso-scale Convective System* (MCS). Menurut Paski dkk (2020). Fenomena MCS

menghasilkan awan hujan Cumulonimbus dengan ukuran yang besar hingga ratusan sampai ribuan km dengan rentang hidup lebih dari tiga jam [10]. Pada saat hujan ekstrim tanggal 20-21 Agustus 2022, awan Cumulonimbus mencapai lebih dari 200 km dengan umur hingga lebih dari 8 jam di daerah sekitar Kota Bengkulu. MCS bergerak dari arah

barat (Samudra Hindia) pada malam hari dan bergerak dari timur (menuju Samudra Hindia) pada pagi hari. Hal

ini sesuai dengan pola angin yang ditunjukkan pada gambar 5c dan 5d.



Gambar 7. Tampilan data radiosonde Stasiun Meteorologi Fatmawati Bengkulu untuk wilayah Bengkulu pukul 07.00 WIB tanggal 20 Agustus 2022.

Tabel 1. Indeks-indeks stabilitas atmosfer pada pukul 07.00 WIB tanggal 20 Agustus 2022 dari pengamatan Radiosonde.

| Indeks | Nilai | Analisis |
|--------|------------|------------------------------|
| KI | 35.9 | Potensi konvektifitas sedang |
| LI | - 1.0 | Potensi konvektifitas sedang |
| SI | -0.7 | Potensi konvektifitas sedang |
| TT | 40.1 | Potensi konvektifitas lemah |
| CAPE | 129.7 Kg/J | Potensi konvektifitas lemah |
| SWEAT | 202.5 | Potensi konvektifitas sedang |

Selain citra radar cuaca, analisis cuaca skala lokal menggunakan pengamatan udara atas (*Upper Air Observation*). Dalam kajian ini digunakan analisis data Radiosonde sebagai data observasi udara atas. Berdasarkan data pengamatan radiosonde yang dilakukan oleh Stasiun Meteorologi Fatmawati Bengkulu pada tanggal 20 Agustus 2022 jam 07.00 WIB (00.00 UTC).

Dari hasil pengolahan data Radiosonde, terlihat adanya potensi pertumbuhan awan konvektif dan awan tinggi di wilayah Bengkulu (lihat Gambar 7). Selain itu, dari pengamatan udara atas juga terlihat *vertical wind shear* di lapisan menengah sehingga ada potensi pertumbuhan awan-awan konvektif penyebab badai guntur dan hujan lebat.

Analisis lain dilakukan dengan melihat kondisi stabilitas atmosfer, dilakukan pengolahan tambahan dengan melihat indeks-indeks stabilitas atmosfer. BMKG terutama Pusat Meteorologi Penerbangan telah memberikan arahan untuk indeks-indeks yang dapat dijadikan acuan untuk mengetahui kondisi stabilitas atmosfer, diantaranya KI, LI, SI, TT, CAPE dan *Precipitable Water*. Indeks-indeks yang digunakan dianalisis berdasarkan kriteria dari penelitian Wirjohamidjojo dan Swarinoto (2014) [16]. Dilihat dari nilai indeks stabilitas (Tabel 1), pada tanggal 20 Agustus 2022, wilayah Bengkulu menunjukkan kondisi atmosfer labil dengan potensi konvektifitas lemah hingga sedang dengan kandungan uap air yang cukup besar. Sehingga dapat berpotensi pertumbuhan awan konvektif yang terbentuk secara masif pada pagi hingga siang hari dan mengindikasikan adanya potensi terjadinya hujan lebat disertai dengan *thunderstorm* pada siang hari hingga malam hari.

4. Kesimpulan

Data pengukuran di Stasiun BMKG menunjukkan adanya hujan dengan intensitas lebat hingga ekstrim terjadi di wilayah Kota Bengkulu pada 20-21 Agustus 2022. Dari hasil analisis dinamika atmosfer skala global menunjukkan bahwa pada saat hujan ekstrim penyebab kejadian banjir menunjukkan adanya potensi La Nina lemah, IOD negatif, gelombang Rossby dan gelombang Kelvin yang memberikan pengaruh terhadap kondisi cuaca di wilayah Indonesia. Kondisi SST yang cukup hangat dengan anomali positif serta adanya pertemuan dan belokan angin (*Shearline*) yang mendukung potensi pertumbuhan awan yang menghasilkan hujan lebat di wilayah Pesisir barat Bengkulu. Citra radar dan data udara atas menunjukkan

adanya pertumbuhan awan konvektif secara masif di wilayah Samudra Hindia yang bergerak menuju Kota Bengkulu.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Meteorologi Publik BMKG yang telah menyediakan data-data dalam kajian ini, serta individu atau pihak-pihak yang memberikan bantuan.

Daftar Pustaka

- [1] Sindonews. (2022). Banjir di Kota Bengkulu, 576 Rumah di 6 Kelurahan Terendam. (<https://daerah.sindonews.com/read/862365/174/banjir-di-kota-bengkulu-576-rumah-di-6-kelurahan-terendam-1661072911>) (diakses pada 6 September 2022)
- [2] Sulistio, E.M.A., Tambengi, C.F.J. dan Samana, F.R.A. (2020). Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat Wilayah Jakarta dan Sekitarnya (Studi Kasus: Jakarta Tanggal 07 April 2019). *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6 Tahun 2019*.
- [3] Paski, J.A.I. (2014). Analisis Kejadian Cuaca Ekstrim Tanggal 20 April 2014 di Kota Bengkulu Memanfaatkan Citra Radar dan Satelit. *Buletin Balwil II BMKG*, 4(9).
- [4] Ratnam, M.V., Santhi, Y.D., Rajeevan, M., and Rao, S.V.B. (2013). Diurnal variability of stability indices observed using radiosonde observations over a tropical station: comparison with microwave radiometer measurements. *Atmospheric Research*. 124:2133.

- [5] Pertiwi, D.A. dan Paski, J.A.I. (2022). Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Ekstrim (Studi Kasus Banjir Di Tangerang Selatan 7 November 2021). *Buletin Meterologi, Klimatologi dan Geofisika*, 2(2), pp.1-10.
- [6] Tjasyono, B., Juaeni, I., dan Harijono, S.W.B. (2007). Proses meteorologis bencana banjir di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 8(2):64-78.
- [7] Rohmawati, F.Y., Turyanti, A. dan Prasasti, I. (2015). Kondisi Atmosfer pada Kejadian Banjir Desember 2007 sampai Januari 2008 di Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 16(2).
- [8] Hanifah, A., dan Enderwin. (2011). Analisis intensitas curah hujan wilayah Bandung pada awal 2010. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 12(2):145-149.
- [9] Paski, J.A.I., Permana, D.S., Sepriando, A. dan Pertiwi, D.A.S. (2017). Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Es Memanfaatkan Citra Radar dan Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Tanggal 3 Mei 2017 di Kota Bandung). *Prosiding Seminar Penginderaan Jauh ke -4*.
- [10] Paski, J.A., Alfahmi, F., Permana, D.S. and Makmur, E.E. (2020). Reconstruction of Extreme Rainfall Event on September 19-20, 2017, Using a Weather Radar in Bengkulu of Sumatra Island. *The Scientific World Journal*.
- [11] Hidayat, A. M., Efendi, U., Agustina, L., & Winarso, P. A. (2018). Korelasi Indeks Nino 3.4 dan Southern Oscillation Index (SOI) dengan Variasi Curah Hujan di Semarang. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19(2), 75-81.
- [12] Latos, B., Lefort, T., Flatau, M.K., Flatau, P.J., Permana, D.S., Baranowski, D.B., Paski, J.A., Makmur, E., Sulystyo, E., Peyrillé, P. and Feng, Z., (2021). Equatorial waves triggering extreme rainfall and floods in southwest Sulawesi, Indonesia. *Monthly Weather Review*, 149(5), pp.1381-1401.
- [13] Baranowski, D.B., Flatau, M.K., Flatau, P.J., Karnawati, D., Barabasz, K., Labuz, M., Latos, B., Schmidt, J.M. and Paski, J.A., 2020. Social-media and newspaper reports reveal large-scale meteorological drivers of floods on Sumatra. *Nature communications*, 11(1), pp.1-10.
- [14] Ferrett, S., S. Woolnough, K. Hodges, C. Holloway, J. Methven and G-Y Yang, (2019). Linking Extreme Precipitation in Southeast Asia to Equatorial Waves , *QJRMS*.
- [15] Saragih, I.J.A., Kristianto, A., Silitonga, A.K. and Paski, J.A.I., (2017). Kajian Dinamika Atmosfer saat Kejadian Hujan Lebat di Wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara Menggunakan Model WRF-ARW dan Citra Satelit Himawari-8. *Unnes Physics Journal*, 6(1), pp.25-30.
- [16] Wirjohamidjojo, S., dan Swarinoto, Y.S. (2014). Indeks dan Peredaran Atmosfer Tropik. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.