

Analisis Kondisi Atmosfer dari Data Satelit Himawari-8 saat Kejadian Banjir di Kabupaten Buton 18 Juni 2022

Dewi Tamara Qothrunada*, Hendri Satria W. D., Nur Hidayat Achmad, dan Wahyu Nugroho

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Jakarta

Email Korespondensi: tamaragothrunada@gmail.com

ABSTRAK

Kata Kunci:

banjir, Himawari-8, hujan lebat, satelit, stabilitas atmosfer

Hujan dengan intensitas lebat terjadi di wilayah Kecamatan Lasalimu, Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara pada tanggal 18 Juni 2022. Berdasarkan informasi dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Buton, kejadian ini mengakibatkan bencana banjir yang merendam 129 rumah warga di wilayah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi dinamika atmosfer dan curah hujan pada saat kejadian banjir di Kabupaten Buton tanggal 18 Juni 2022 berdasarkan data satelit Himawari-8. Pengolahan data satelit Himawari-8 dalam penelitian ini menggunakan aplikasi SATAID untuk mengetahui kondisi stabilitas atmosfer serta proses pertumbuhan awan konvektif. Analisis secara statistik juga dilakukan dengan mengolah data pos hujan di sekitar wilayah Kabupaten Buton. Hasil analisis *time series* dan kontur suhu puncak awan menunjukkan adanya awan konvektif *Cumulonimbus* dengan suhu puncak yang sangat rendah yaitu -81.4°C . Analisis indeks stabilitas atmosfer rata-rata menunjukkan adanya kondisi ketidakstabilan atmosfer. Hasil analisis data curah hujan harian juga menunjukkan telah terjadi curah hujan dengan intensitas sangat lebat di Kabupaten Buton. Dari analisis *streamline* angin lapisan 850mb diketahui adanya belokan dan perlambatan angin, serta berdasarkan anomali *sea surface temperature* kondisinya hangat di sekitar wilayah Kabupaten Buton.

ABSTRACT

Keyword:

flood, Himawari-8, satellite, heavy rain, atmospheric stability

Heavy rains occurred in the Lasalimu District, Buton Regency, Southeast Sulawesi on June 18, 2022. Based on information from the Regional Disaster Management Agency (BPBD) of Buton Regency, this incident resulted in a catastrophic flood that submerged 129 houses in the area. This study aims to analyze the dynamics of the atmosphere and rainfall at the time of the flood in Buton Regency on 18 June 2022 based on Himawari-8 satellite data. The Himawari-8 satellite data processing in this study uses the SATAID application to determine the condition of atmospheric stability and the process of convective cloud growth. Statistical analysis was also carried out by processing rain post data around the Kab. Buton. The results of time series analysis and cloud top temperature contours indicate the presence of *Cumulonimbus* convective clouds with a very low peak temperature of -81.4°C . Analysis of the average atmospheric stability index shows the presence of atmospheric instability conditions. The results of daily rainfall data analysis also show that there has been very heavy rainfall in Buton Regency. From the analysis of the streamlined wind layer of 850mb, it is known that there are turns and wind decelerations, and based on the sea surface temperature anomaly, the conditions are warm around the Buton Regency area.

1. PENDAHULUAN

Bencana banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang terindikasi berdampak signifikan terhadap kehidupan dan harta benda. Faktor utama banjir bandang adalah dipicu oleh intensitas hujan ekstrem (Adi, 2014). Banjir dapat disebabkan oleh hujan dengan intensitas yang lebat dan berdurasi lama (Karuniastuti, 2014). Hujan lebat ditandai dengan munculnya aktivitas awan konvektif seperti awan *cumulonimbus*.

Awan *Cumulonimbus* (Cb) merupakan awan yang memiliki suhu sangat rendah. Suhu yang dimiliki oleh awan Cb dapat mencapai -100°C . Suhu dalam awan Cb memicu turunnya sebuah hujan es. Aktivitas *updraft* dan *downdraft* memicu munculnya badai petir yang ada dalam sebuah awan Cb. Awan (Rozy, 2019). Awan Cb mengandung uap air yang sangat banyak yang dapat menyebabkan hujan dengan intensitas lebat (Prakoso & Kristianto, 2016)

Hujan dengan intensitas lebat terjadi di wilayah Kecamatan Lasalimu, Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara pada tanggal 18-19 Juni 2022. Berdasarkan informasi dari

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Buton, kejadian ini mengakibatkan bencana banjir yang merendam 129 rumah warga di wilayah tersebut (BNPB, 2022). Untuk mengetahui penyebab banjir yang terjadi di Kabupaten Buton, penelitian ini dilakukan dengan menganalisis kondisi dinamika atmosfer pada saat kejadian.

Perkembangan teknologi dan penginderaan jauh dapat memudahkan untuk mendeteksi kondisi dinamika atmosfer terutama awan *cumulonimbus* menggunakan satelit Himawari-8 (Paski, *et al.*, 2017). Satelit Himawari-8 merupakan penerus dari satelit MTSAT yang dikelola oleh *Japan Meteorological Agency* (JMA) dan diresmikan pada tahun 2015. Satelit ini memiliki 16 kanal dan menghasilkan data tiap 10 menit (JMA, 2015). Jumlah kanal panjang gelombang yang ada dapat digunakan untuk melakukan deteksi awan *cumulonimbus* penyebab hujan lebat (Hastuti & Mulsandi, 2017).

Dalam penelitian ini, aplikasi yang digunakan untuk mengolah data satelit adalah SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*). Sama seperti satelit Himawari-8, SATAID dikembangkan oleh JMA. Penggunaan aplikasi SATAID untuk studi penelitian di bidang meteorologi telah banyak dilakukan di Indonesia (Fadholi, 2014). Tingginya penggunaan SATAID, dikarenakan aplikasi ini memiliki banyak fitur yang mudah untuk diaplikasikan.

Beberapa fitur kegunaan SATAID adalah mengidentifikasi suhu puncak awan, menampilkan citra satelit, dan menampilkan data *Numerical Weather Prediction* (NWP) (Ramadhan dan Mulya, 2022). Dengan adanya SATAID, analisis cuaca buruk seperti hujan lebat dapat lebih mudah dilakukan. *Numerical Weather Prediction* (NWP) atau prediksi cuaca numerik adalah cara memprediksi/memperkirakan cuaca dengan menggunakan data model atmosfer dengan teknik komputasi berdasarkan kondisi cuaca terkini. Data NWP dapat digunakan untuk melihat potensi kejadian cuaca buruk. Melalui aplikasi SATAID, data NWP dapat ditampilkan secara baik dan dianalisis lebih lanjut (Diniyati, *et al.*, 2021).

Dalam meneliti kejadian banjir Buton yang disebabkan oleh hujan lebat, maka dilakukan penelitian terhadap kondisi atmosfer selama kejadian. Pengolahan data dilakukan menggunakan aplikasi SATAID dan memanfaatkan fitur NWP. Pengolahan data dilakukan untuk mengetahui kondisi atmosfer di lokasi kejadian, mencakup perawanan dan indeks labilitas atmosfer. Pada parameter perawanan, diamati dinamika masa hidup awan terkait jenis dan suhu puncaknya. Sementara labilitas atmosfer menyatakan seberapa tidak stabilnya keseimbangan di atmosfer sehingga memicu cuaca ekstrem. Selain itu, dikaji pula seberapa erat hubungan kondisi atmosfer terhadap fenomena hujan lebat.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari satelit Himawari-8 untuk wilayah Indonesia. File data yang dibutuhkan antara lain: 1. Citra satelit Himawari-8 kanal inframerah (IR) B13 dengan format .Z untuk tanggal 18 Juni 2022 00—23 UTC dengan interval setiap 10 menit. Data ini mengandung informasi citra serta suhu puncak awan. 2. Data NWP satelit Himawari-8 untuk tanggal 18 Januari 2022. Data ini digunakan untuk menampilkan indeks

labilitas atmosfer. Alat yang digunakan meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). *Hardware* yang diperlukan adalah satu set laptop. Sementara *software* yang digunakan yaitu FileZilla dan SATAID. FileZilla diperlukan sebagai sarana mengunduh data satelit Himawari-8. Adapun SATAID digunakan untuk menampilkan, mengolah, dan menyimpan data satelit.

Pada penelitian ini difokuskan pada kejadian banjir yang terjadi di Kecamatan Lasalimu, Kabupaten Buton. Analisis dilakukan selama jam 00—23 UTC 18 Juni 2022. Pada tahapan berikutnya pengambilan data satelit Himawari-8 dari aplikasi FileZilla.

Pengolahan data satelit Himawari-8 dalam format z dilakukan dengan menggunakan aplikasi SATAID. Untuk mengetahui perkembangan masa hidup awan sebagai fokus waktu penelitian, ditampilkan grafik *time series* suhu puncak awan (Maulana, *et al.*, 2020). Awan konvektif yang menunjukkan tingginya ketidakstabilan adalah jenis *cumulonimbus* (Cb) (Prasetyo, *et al.*, 2022). Tingkat ketidakstabilan atmosfer yang memicu konveksi dan hujan lebat dinyatakan dalam indeks labilitas atmosfer. Ada banyak jenisnya, antara lain *Showalter Stability Index*, *Lifted Index*, *K-Index*, dan *Total Totals Index*. Dari hasil pengolahan yang telah didapat, dilakukan analisis untuk masing-masing parameternya.

Tabel 1. Indeks Stabilitas Atmosfer (Fibriantika & Mayangwulan, 2020)

| Indeks Labilitas | Potensial Konveksi | | |
|---------------------------------|--------------------|---------------|--------|
| | Lemah | Sedang | Kuat |
| Showalter Stability Index (SSI) | >4 | 4 s/d -4 | < -4 |
| Lifted Index (LI) | >-2 | -2 s/d -6 | < -6 |
| CAPE | < 1000 | 1001 s/d 2500 | > 2501 |
| Total-Totals Index (TTI) | < 42 | 42 s/d 46 | > 46 |
| K Index (KI) | <29 | 29-37 | >37 |
| SWEAT | <135 | 135-239 | >239 |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Curah Hujan

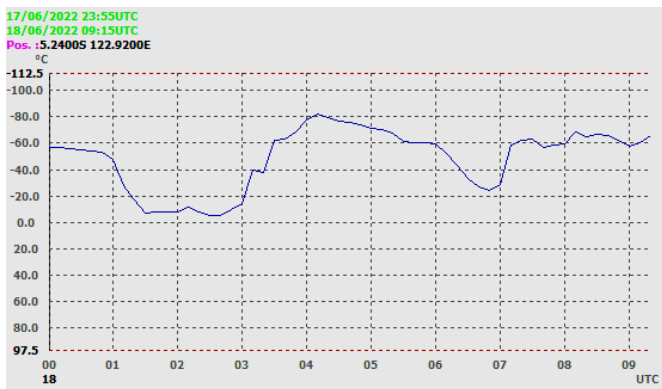
Tabel 2. Curah Hujan Harian Tanggal 18 Juni 2022

| Pos Hujan | Lintang | Bujur | Curah hujan (mm/hari) |
|---------------|----------|----------|-----------------------|
| Kaongkeongkea | -5,47083 | 122,7547 | 135,0 |
| Wakangka | -5,20889 | 122,8281 | 137,5 |
| Sribatara | -5,15028 | 123,035 | 152,0 |

Pada Tabel 2 di atas yang menunjukkan jumlah curah hujan harian tanggal 18 Juni 2022 di 3 pos hujan di Kabupaten Buton, terlihat bahwa seluruhnya mengalami curah hujan harian di atas 100 mm/hari. Berdasarkan kategori intensitas hujan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), curah hujan tersebut masuk ke dalam kategori curah hujan dengan intensitas sangat lebat. Dari

ketiga pos hujan tersebut, dapat dilihat bahwa curah hujan tertinggi terjadi di pos hujan Sribarata sebesar 152.0 mm.

3.2 Analisis Citra Satelit Himawari-8



Gambar 1. Grafik Suhu Puncak Awan

Berdasarkan Gambar 1 di atas, dapat dilihat grafik suhu puncak awan pada titik sampel lokasi tepatnya 5.24 LS dan 122.92 BT pada tanggal 18 Juni 2022 jam 00-09 UTC. Dari gambar tersebut diketahui jika ada dua kali fase suhu terendah. Namun, pembahasan difokuskan pada fase di jam 03-07 UTC, pada jam tersebut menunjukkan fase awan tumbuh, matang, dan meluruh. Pada jam 03.00 UTC, suhu puncak awan masih tinggi yaitu sekitar -10°C . Saat jam 04.00 UTC, terjadi penurunan suhu puncak awan yang sangat drastis yang ditandai dengan suhu puncak awan mencapai -81.4°C . Hal ini mengindikasikan adanya awan konvektif dengan tinggi puncak awan yang tinggi di lokasi tersebut. Memasuki pukul 06-07 UTC tampak terjadi peluruhan awan, yang ditandai dengan naiknya suhu puncak awan.

3.3 Analisis Indeks Stabilitas Atmosfer

Tabel 3. Indeks Stabilitas Atmosfer

| Indeks | Fase | | |
|--------|------|--------|-------|
| | Awal | Puncak | Luruh |
| SSI | 1.4 | -4.1 | 2.3 |
| LI | -2.2 | -2.8 | -1.2 |
| CAPE | 446 | 382 | 126 |
| TTI | 41.8 | 42.2 | 39.7 |
| KI | 28.7 | 34.5 | 30.5 |
| SWEAT | 130 | 242 | 114 |

Data indeks stabilitas atmosfer di lokasi kejadian hujan lebat di Kecamatan Lasalimu Kabupaten Buton tersaji pada Tabel 3 di atas. Data tersebut diperoleh dari pengolahan data satelit Himawari-8 dengan menggunakan aplikasi SATAID dan mengaktifkan fitur *Numerical Weather Prediction* (NWP). Berdasarkan hasil pengolahan, data dibagi ke dalam 3 fase, yaitu fase awal awan terbentuk, fase puncak yang ditandai dengan suhu puncak paling rendah awan, dan fase luruh saat suhu puncak awan sudah mulai tinggi.

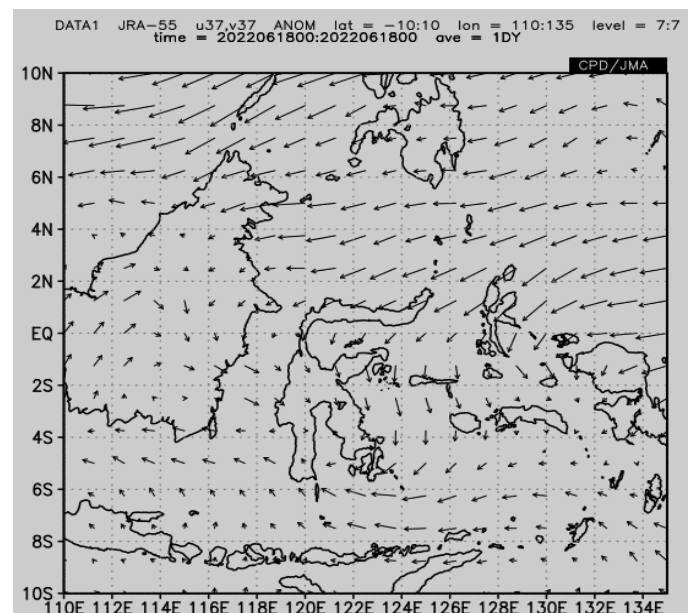
Dari tabel di atas, diketahui bahwa pada fase awal pertumbuhan awan konvektif nilai SSI sebesar 1.4 yang menandakan udara tidak stabil. Nilai LI sebesar -2.2 yang

menunjukkan udara tidak stabil dan adanya potensi terbentuknya awan konvektif secara masif. Nilai KI sebesar 28.7 yang menandakan pada fase awal belum ada peluang potensi adanya *Thunderstorm*. TTI yang bernilai 41.8 menunjukkan berarti peluang terjadi petir kecil yang juga ditunjukkan oleh nilai CAPE sebesar 446 dan nilai SWEAT sebesar 130.

Pada fase puncak awan konvektif, terlihat bahwa suhu puncak awan mencapai -81.4°C (Gambar 1). pada fase ini nilai SSI mencapai -4.1 yang menunjukkan adanya ketidakstabilan atmosfer. Hal serupa juga ditunjukkan oleh nilai LI sebesar -2.8 yang menunjukkan adanya potensi pertumbuhan awan konvektif ke atas. Nilai TTI sebesar 42.2 menunjukkan adanya nilai ketidakstabilan atmosfer menengah yang dapat memicu petir. Nilai KI sebesar 34.5 menandakan kemungkinan terjadinya *thunderstorm* sebesar 60-80%. Hal ini didukung dengan nilai SWEAT sebesar 242 yang menunjukkan kemungkinan tinggi terjadinya cuaca buruk.

Pada fase luruh, terlihat bahwa terjadi perubahan kondisi stabilitas atmosfer dari fase sebelumnya. Pada fase ini secara umum nilai indeks stabilitas atmosfer menunjukkan nilai stabil dan kemungkinan terjadinya cuaca buruk rendah. Hal ini ditunjukkan oleh nilai SSI, LI, CAPE, LI, SWEAT dan KI yang masuk ke dalam stabilitas atmosfer lemah.

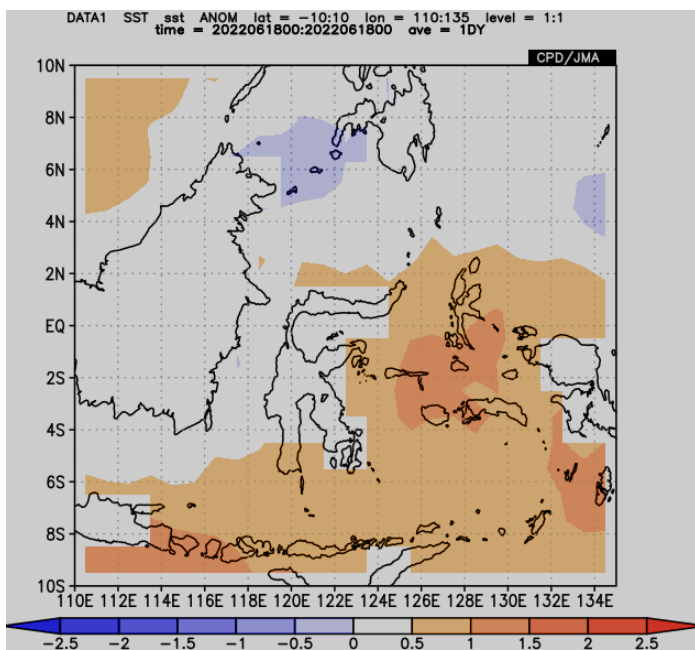
3.4 Analisis Streamline



Gambar 2. Kondisi Anomali *Streamline* Angin tanggal 18 Juni 2022

Berdasarkan Gambar 2 di atas yang menunjukkan kondisi anomali *streamline* angin pada tanggal 18 Juni 2022 ketinggian 850 milibar, terlihat bahwa adanya belokan angin di sekitar wilayah Sulawesi Tenggara, belokan angin dengan Pola sirkulasi tertutup ini berpotensi menimbulkan pertumbuhan awan konvektif di lokasi tersebut. Pola yang sama juga ditunjukkan pada penelitian oleh Kharisma dan Widomurti, 2018 di mana terdapat daerah belokan angin. Daerah belokan angin menandakan adanya perlambatan

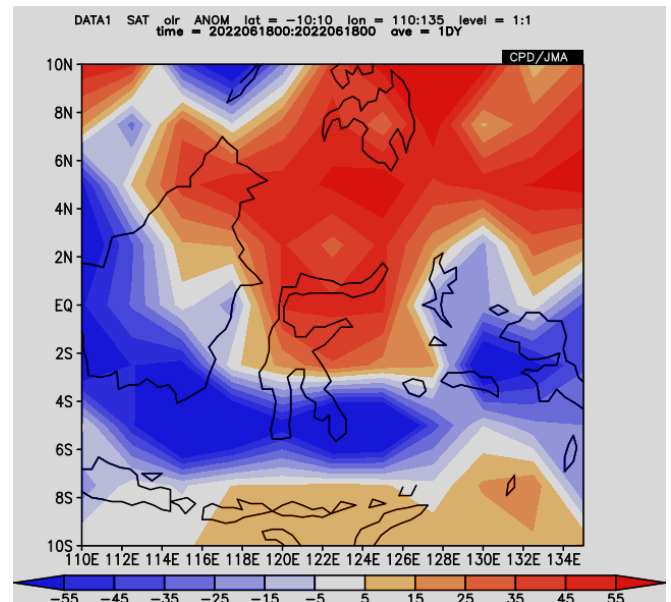
angin di wilayah tersebut. Uap air akan berkumpul di sekitar daerah tersebut yang mengakibatkan munculnya awan konvektif penyebab hujan.



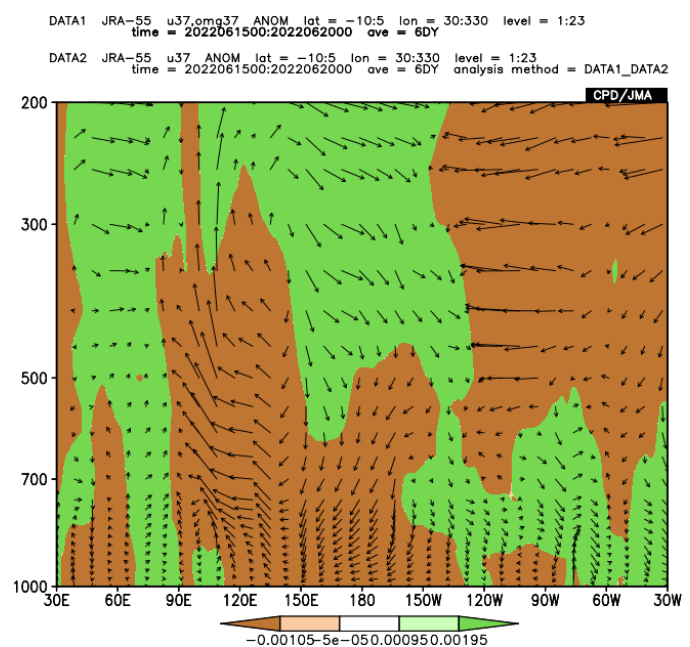
Gambar 3. Anomali SST tanggal 18 Juni 2022

Berdasarkan Gambar 3 di atas yang menunjukkan anomali *sea surface temperature* (SST) di sekitar perairan Kabupaten Buton, terlihat bahwa kondisi SST di wilayah tersebut cenderung hangat. Hal ini ditandai dengan anomali suhu muka laut yang lebih tinggi dibandingkan dengan normalnya, dengan kisaran antara 0.5-1.0 °C. Kondisi suhu permukaan laut yang lebih hangat dibandingkan dengan normalnya menandakan banyaknya kandungan uap air di sekitar wilayah tersebut. Jika kita lihat pada Gambar 2 di atas, di mana perlambatan angin menyebabkan uap air berkumpul di sekitar daerah belokan angin. Maka kandungan uap air yang tersedia di sekitar perairan Kabupaten Buton dapat menjadi sumber pembentukan awan konvektif, yang dapat mengakibatkan hujan lebat di wilayah tersebut.

Berdasarkan data anomali *outgoing longwave radiation* (OLR) yang menunjukkan suhu puncak dan kandungan uap air pada atmosfer pada Gambar 4 di bawah, terlihat bahwa pada bagian Selatan Sulawesi Tenggara khususnya wilayah Kabupaten Buton, hasil analisis OLR menunjukkan nilai anomali negatif. Nilai negatif pada OLR menandakan bahwa pada lapisan udara atas suhu puncak awan sangat rendah dengan kandungan uap air yang banyak atau adanya awan konvektif di wilayah tersebut. Dari nilai OLR tersebut dapat diketahui bahwa pada tanggal 18 Juni 2022 terdapat awan konvektif dengan tinggi puncak dan kandungan uap air yang masif dibandingkan wilayah lainnya.

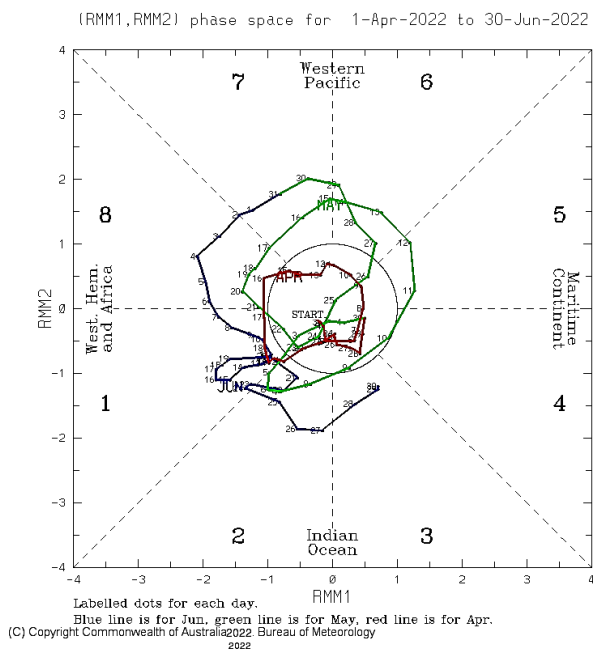


Gambar 4. Anomali OLR tanggal 18 Juni 2022



Gambar 5. Sirkulasi Walker tanggal 18 Juni 2022

Gambar 5 di atas menunjukkan nilai anomali sirkulasi *walker* pada tanggal 18 Juni 2022. Sirkulasi *walker* adalah sirkulasi atmosfer yang menandai adanya gerak massa udara pada arah zonal barat-timur. Pada gambar di atas pada kawasan sekitar wilayah Kabupaten Buton (122,2 Bujur Timur) terlihat bahwa adanya pergerakan masa udara ke atas yang ditunjukkan oleh garis kontur. Pada daerah ini massa udara di lapisan atas relatif lembap dan basah yang ditandai dengan warna hijau. Pergerakan massa udara ke atas yang bersifat basah merupakan salah satu tanda pembentukan awan konvektif di wilayah tersebut.



Gambar 6. Lokasi *Madden Julian Oscillation*

Gambar 6 di atas menunjukkan lokasi pergerakan *Madden Julian Oscillation* (MJO) dari tanggal 1 April 2022 sampai dengan tanggal 30 Juni 2022. MJO merupakan aktivitas intra seasonal yang terjadi di wilayah tropis yang dapat dikenali berupa adanya pergerakan aktivitas konveksi yang bergerak ke arah timur dari Samudera Hindia ke Samudera Pasifik yang biasanya muncul setiap 30 sampai 40 hari. Fenomena dinamika atmosfer ini mengindikasikan adanya potensi pertumbuhan awan hujan dalam skala yang luas di sekitar wilayah aktif yang dilewatinya. Pada bulan Juni 2022, diketahui bahwa MJO aktif pada fase 2 dan 3 di sekitar wilayah samudra Hindia bukan di sekitar wilayah *maritim continent* atau Indonesia. Sehingga curah hujan tinggi di kawasan Buton pada tanggal 18 Juni 2022 tidak disebabkan oleh MJO.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pemantauan curah hujan dari ketiga pos hujan di Kabupaten Buton, terlihat bahwa ke seluruh pos hujan mengalami curah hujan harian di atas 100 mm/hari pada tanggal 18 Juni 2022. Curah hujan harian tertinggi pada tanggal tersebut terjadi di pos hujan Sribarata sebesar 152.0 mm/hari. Dari analisis kondisi atmosfer berdasarkan data satelit Himawari-8 mengindikasikan adanya pertumbuhan awan dan hujan lebat yang ditandai dengan rendahnya suhu puncak awan konvektif hingga mencapai -81.4°C . Suhu puncak awan yang rendah tersebut mengindikasikan adanya awan konvektif yang berpotensi menyebabkan hujan lebat pada saat itu. Secara umum, nilai indeks stabilitas udara menunjukkan adanya potensi terjadinya hujan pada lokasi penelitian. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa pada fase awal pertumbuhan awan kondisi atmosfer mendukung adanya pertumbuhan awan konvektif secara masif. Memasuki fase puncak nilai stabilitas atmosfer mendukung adanya cuaca buruk di lokasi penelitian. Saat memasuki fase peluruhan awan, nilai stabilitas atmosfer

menunjukkan kondisi atmosfer yang berangsur stabil dan memungkinkan cuaca buruk berakhir. Dari analisis *streamline* angin lapisan 850 mb dan analisis anomali SST dapat diketahui bahwa adanya perlambatan angin dan kandungan uap air yang tersedia yang dapat membentuk awan konvektif di sekitar wilayah Kabupaten Buton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang turut serta dalam proses penyusunan dan pengumpulan data dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada petugas pos hujan di Kabupaten Buton yang telah sigap melaporkan jumlah curah hujan di lokasi meskipun tengah dilanda kesulitan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. (2016). Kajian Gangguan Cuaca Pada Kejadian Hujan Lebat di Batam (Studi Kasus Tanggal 19 Desember 2014). *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 3(2), 1-8.
- Adi, S. (2014). Karakterisasi bencana banjir bandang di Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 15(1).
- BNPB (2022). Banjir landa tiga kecamatan di kabupaten buton surut. <https://bnpb.go.id/berita/banjir-landa-tiga-kecamatan-di-kabupaten-buton-surut>. diakses tanggal 02 September 2022
- Fibriantika, E., & Mayangwulan, D. (2020). ANALISIS SPASIAL INDEK STABILITAS UDARA DI INDONESIA. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 21(1), 1-12.
- Hastuti, M. I., & Mulsandi, A. (2017). Pemantauan Sebaran Awan Konvektif Menggunakan Metode Cloud Convective Overlays dan Red Green Blue Convective Storms pada Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Hujan Ekstrem Bima 21 Desember 2016). In *Seminar Nasional Pengindraan Jauh ke-4 Tahun* (pp. 477-483).
- JMA (2015). Himawari User's Guide. Diakses melalui <http://www.jma-net.go.jp/msc/en/support/index.html>.
- JMA (2015). Himawari User's Guide. <Http://www.jma-net.go.jp/msc/en/support/index.html>. Diakses tanggal 7 Nopember 2015
- Karuniastuti, N. (2014). Teknologi biopori untuk mengurangi banjir dan Tumpukan sampah organik. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 4(2).
- Kharisma, S., & Widomurti, L. (2018). Analisis Hujan Lebat Dengan Menggunakan Data Citra Satelit Di Kabupaten Banjarnegara (Studi Kasus 18 Juni 2016). *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 8(01), 36-43.
- Maulana, M. I. S., Febriati, E., & Mulya, A. (2020). Analisis Kondisi Cuaca Saat Kejadian Banjir di Kabupaten Kendal Menggunakan Synop, Metar, dan Data
- Paski, J. A. I., Sepriando, A., & Pertiwi, D. A. S. (2017). Pemanfaatan Teknik RGB Pada Citra Satelit Himawari-8 Untuk Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Banjir Lampung 20-21 Februari 2017. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 4(3), 8-15.

- Prasetyo, S., Abdilah, S., Nugraheni, I. R., & Sagita, N. (2022). Studi Awan Konvektif Penyebab Hujan Es Menggunakan Radar Cuaca Doppler Single Polarization di Bogor (23 September 2020). *Jurnal Aplikasi Meteorologi*, 1(1), 32-42.
- Rozi, M. F. (2019). *Prediksi pertumbuhan awan cumulonimbus pada citra himawari ir enhanced menggunakan deep echo state network (deepesn)* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).