

KAJIAN KONDISI ATMOSFER TERKAIT BANJIR DAN LONGSOR DI MALANG (STUDI KASUS: 17 OKTOBER 2022)

Nadine Ayasha

Stasiun Meteorologi H. Asan Kotawaringin Timur

e-mail: nadineayasha17@gmail.com

ABSTRAK

Pada tanggal 18 Oktober 2022, banjir dan tanah longsor terjadi di Malang. Fenomena ini terjadi karena hujan ekstrem yang terjadi pada hari sebelumnya, yaitu pada tanggal 17 Oktober 2022. Akibatnya, 8 kecamatan terdampak oleh fenomena ini, yaitu Kecamatan Tirtoyudo, Ampelgading, Dampit, Sumbermanjing Wetan, Gedangan, Bantur, Pagak dan Donomulyo. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya hujan ekstrem yang terjadi di Malang menggunakan data reanalisis ERA-5 (*relative humidity* lapisan 850 dan 700 mb, pola angin lapisan 3000 ft, *vertical velocity* dan *total precipitation*) dan data NOAA (Anomali Suhu Permukaan Laut (SPL) dan *Outgoing Longwave Radiation* (OLR)). Kemudian, data reanalisis tersebut dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelembapan udara pada lapisan 850 dan 700 mb basah dan lembap yang berkisar antara 80-95%. Selain itu, pola angin 3000 ft menunjukkan bahwa terdapat sirkulasi siklonik dan konvergensi pada pukul 06.00 UTC. Nilai *vertical velocity* negatif terjadi di 8 kecamatan dan berkisar antara $-0.5 - (-0.1)$ Pa/s, dimana hal ini mengindikasikan gerakan massa udara yang bergerak menuju atmosfer. Selanjutnya, anomali SST berkisar antara $0.2 - 0.6^{\circ}\text{C}$ dan menunjukkan adanya peningkatan temperatur dari normalnya. Sementara itu, hasil data OLR berkisar antara $160-170 \text{ W/m}^2$ dan mengindikasikan adanya tutupan awan konvektif yang luas di Malang selama hujan ekstrem terjadi. Seluruh hasil tersebut di atas mendukung pertumbuhan awan konvektif yang menyebabkan terjadinya hujan ekstrem di Malang. Namun, hasil analisis *total rainfall* tidak mampu untuk menangkap kejadian hujan ekstrem tersebut.

Kata Kunci: Hujan Ekstrem, Banjir, Tanah Longsor, ERA-5

ABSTRACT

On October 18 2022, floods and landslides occurred in Malang. This phenomenon occurred due to the extreme rain on the previous day, particularly on October 17 2022. As a result, 8 districts were impacted by this phenomenon, namely Tirtoyudo, Ampelgading, Dampit, Sumbermanjing Wetan, Gedangan, Bantur, Pagak and Donomulyo districts. This study aims to analyse the causes of extreme rainfall that occurs in Malang using ERA-5 reanalysis data (relative humidity at 850 and 700 mb layers, wind pattern at 3000 ft, vertical velocity and total precipitation) and NOAA data (Sea Surface Temperature (SST) anomaly and Outgoing Longwave Radiation (OLR)). Then, the reanalysis data will be analysed descriptively. The results show that the relative humidity was wet and humid in the 850-700 mb layer, which ranged from 80-95%. In addition, there was cyclonic circulation and convergence from the wind pattern at 3000 ft at 06.00 UTC. Vertical velocity values in 8 districts are negative, ranging from $-0.5 - (-0.1)$ Pa/s, which indicates an upward motion of air masses into the atmosphere. Furthermore, the SST anomaly ranges from $0.2-0.60\text{C}$ and shows that there is

an increase in the temperature from the normal. Meanwhile, the OLR data result is 160-170 W/m² and indicates that there is an extensive convection cloud cover in Malang during the extreme rain. These results support the convective cloud growth that cause extreme rain occurrence in Malang. However, the total rainfall is not capable to capture these extreme rain events.

Keywords: *Extreme Rainfall, Floods, Landslides, ERA-5*

PENDAHULUAN

Pada 18 Oktober 2022, telah terjadi banjir dan tanah longsor di Kabupaten Malang. Fenomena ini terjadi akibat hujan ekstrem yang terjadi di hari sebelumnya, yaitu 17 Oktober 2022. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Malang sendiri telah menetapkan status siaga darurat bencana hidrometeorologi sejak 1 Oktober 2022. Berdasarkan laporan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), 8 Kecamatan terkena dampak akibat fenomena ekstrem tersebut, yaitu di Kecamatan Tirtoyudo (-8.242, 112.749), Ampelgading (-8.253,112.898), Dampit (-8.245,112.699), Sumbermanjing Wetan (-8.344,112.584), Gedangan (-8.335,112.471), Bantur (-8.302,112.409), Pagak (-8.251,112.445) dan Donomulyo (-8.316,112.361). Hujan lebat dengan intensitas yang tinggi dan durasi yang lama dihasilkan oleh awan-awan konvektif (Muzaki et al, 2021) dan dapat menyebabkan banjir serta kerusakan lingkungan (Ahren dan Henson, 2019). Untuk mengetahui penyebab banjir dan tanah longsor tersebut, penting adanya untuk melakukan analisa fenomena cuaca (Sabrina et al, 2021), sehingga kerusakan dapat dikurangi (Qordowi, 2018).

Penelitian mengenai analisis dan studi kasus mengenai hujan ekstrem yang menyebabkan banjir, tanah longsor dan kerusakan lingkungan telah dilakukan sebelumnya oleh Kiki dan Wirahma (2017) di Jakarta, Hutagalung et al. (2022) di Kabupaten Bolaang Mongondow, Muzaki et al. (2021) di Probolinggo, Pakpahan et al. (2021) di Jakarta Selatan, Rumahorbo et al. (2020) di Deli Serdang, Ramdani et al. (2021) di Kabupaten Pati, Setiawan et al. (2021) di Palembang, Sulistyono et al. (2023) di Surakarta dan Sabrina et al. (2021) di Maluku Utara. Hasil penelitian di berbagai daerah tersebut menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter cuaca seperti pola angin, kelembapan udara, suhu permukaan laut dan *vertical velocity* yang memberikan dampak besar terhadap proses terjadinya hujan ekstrem.

Tujuan utama melakukan analisis hujan ekstrem adalah untuk menganalisis parameter cuaca yang memberikan dampak besar terhadap aktivitas cuaca ketika fenomena cuaca ekstrem terjadi (Qordowi, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kejadian hujan ekstrem di Malang menggunakan data reanalisis ERA-5 (*relative humidity* lapisan 850 dan 700 mb, pola angin lapisan 3000 ft, *vertical velocity* dan *total precipitation*) dan data NOAA (data anomali *Sea Surface Temperature* (SST) dan *Outgoing Longwave Radiation* (OLR)). Penelitian ini akan menggunakan metode analisis deskriptif untuk menentukan parameter cuaca yang memberikan dampak besar terhadap terjadinya hujan ekstrem yang menyebabkan banjir dan tanah longsor di Malang.

METODE

1. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data reanalisis ERA-5 dengan format net CDF (.nc). *Climate Data Store* (CDS) adalah pusat informasi mengenai data iklim di

masa lalu, masa kini dan masa depan. Hal ini memudahkan pengguna untuk mengakses berbagai kumpulan data melalui katalog yang dicari. Sementara itu, data NOAA diperoleh format net CDF (.nc). Data *Physical Science Laboratory* (PSL) dari NOAA ini mengarsipkan berbagai macam grid data dan disediakan sebagai layanan publik

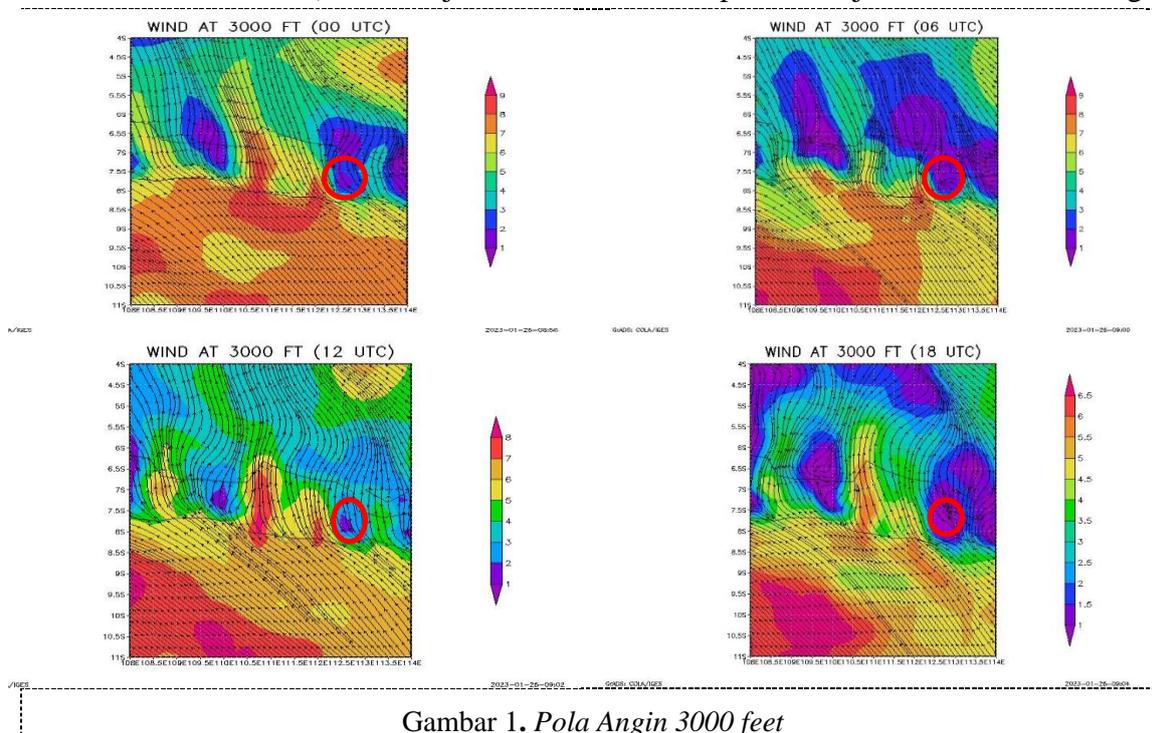
2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menganalisis secara deskriptif hasil data reanalisis ERA-5 dan NOAA yang diolah menggunakan GrADS (*The Grid Analysis and Display System*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Pola Angin (3000 feet)

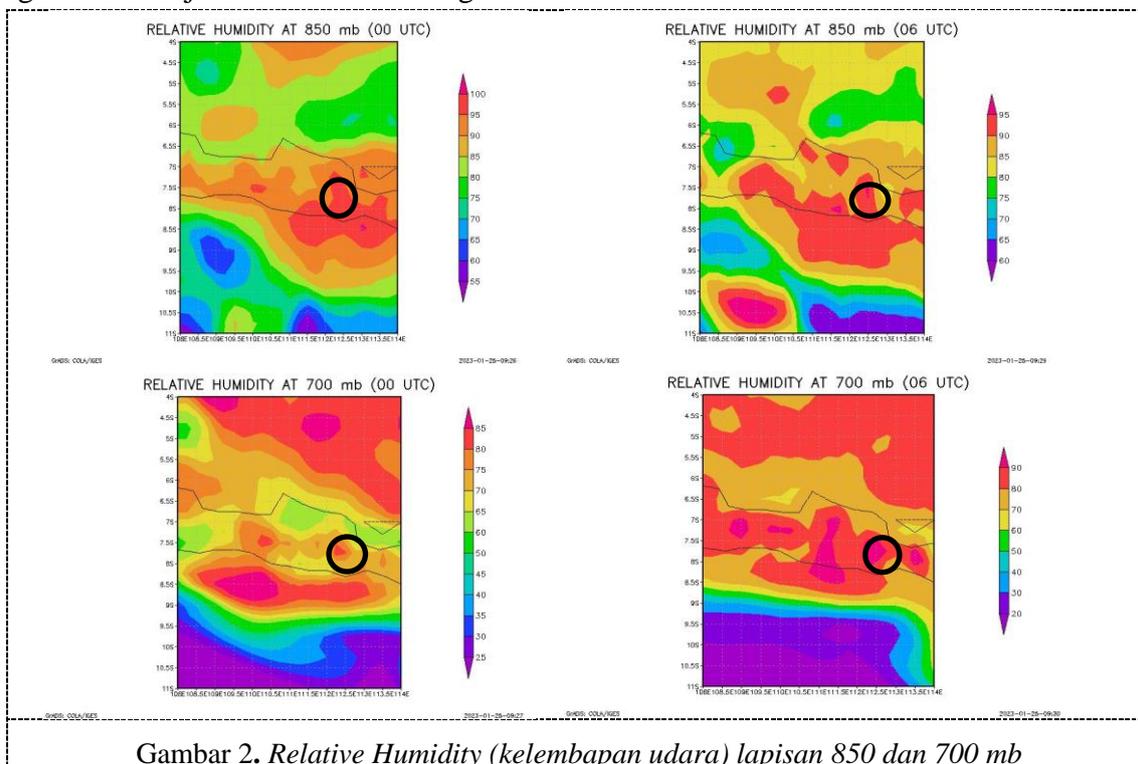
Berdasarkan analisis dari pola angin (*streamline* dan kecepatan angin) lapisan 3000 feet (925 mb) pada Gambar 1, terdapat adanya perlambatan kecepatan angin (*shear line*) atau perlambatan massa udara, dimana hal ini dimulai sejak pukul 00.00 UTC, dengan kecepatan 1-3 knots (lingkaran merah). Pada pukul 06.00 UTC, terdapat gangguan siklonik dan konvergensi yang kuat (pertemuan massa udara), dimana seluruh massa udara berkumpul di area Malang (lingkaran merah). Gangguan pola angin ini berlanjut hingga pukul 18.00 UTC. Gangguan pola angin (*shear line*, gerakan siklonik dan konvergensi kuat) mengindikasikan bahwa terdapat potensi untuk pembentukan awan-awan konvektif atau awan-awan hujan (Kiki dan Wirahma, 2017) dan menjadi salah satu faktor pemicu hujan ekstrem di Malang.



Gambar 1. Pola Angin 3000 feet

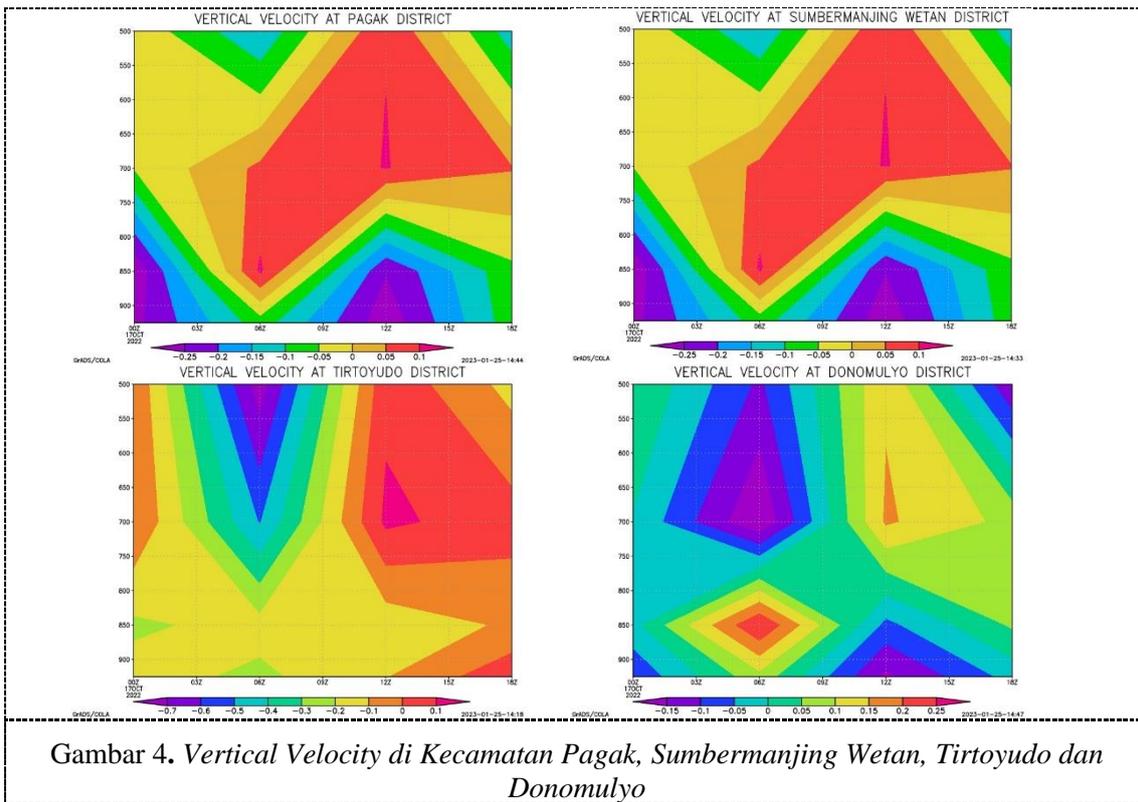
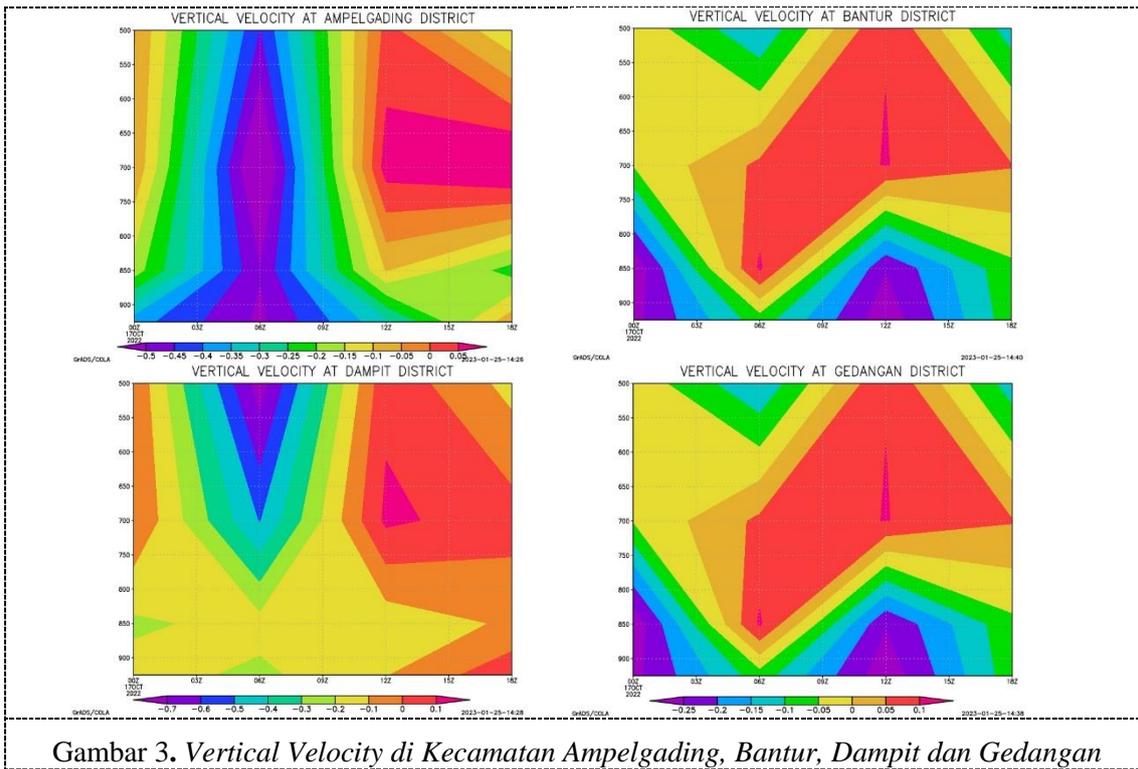
b. *Relative Humidity (%)*

Relative humidity (kelembapan udara) adalah parameter cuaca yang paling umum digunakan untuk mendeskripsikan kelembapan di atmosfer dan kandungan uap air di atmosfer (Ahrens dan Henson, 2018). Berdasarkan analisis dari kelembapan udara pada Gambar 2, yaitu kelembapan udara pada lapisan 850 mb mencapai 90-95 % (lingkaran hitam). Sementara itu, pada lapisan 700 mb, kelembapan udara mencapai 80-90 % (lingkaran hitam). Oleh karena itu, berdasarkan hasil tersebut, kelembapan udara yang lembap dan basah di atmosfer mendukung pertumbuhan awan-awan konvektif di Malang. Meningkatnya kelembapan udara mendukung parcel udara untuk terangkat ke atmosfer (Sabrina et al, 2021), dimana hal ini mendukung terjadinya kondensasi dan menghasilkan hujan lebat (Ahren dan Henson, 2019). Kelembapan udara yang basah dan lembap ini merupakan salah satu faktor yang memicu hujan ekstrem di Malang.



c. *Vertical Velocity*

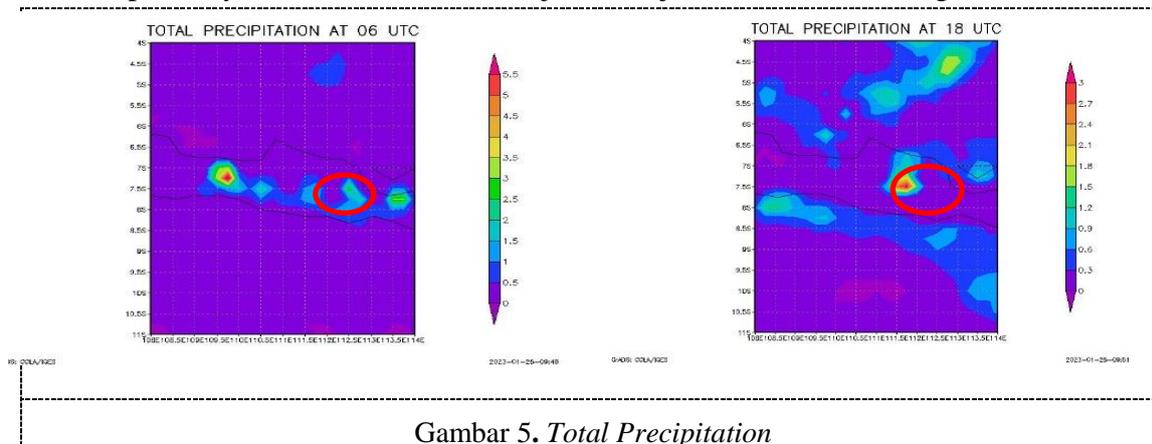
Vertical velocity merupakan gerakan vertikal atau *upward vertical velocity*, dimana dapat meningkatkan pertumbuhan awan-awan konvektif dan menyebabkan cuaca buruk (Sabrina et al, 2021). Berdasarkan analisis hasil dari *vertical velocity* (dalam bentuk diagram Hovmoller atau *vertical cross section*) di 8 Kecamatan, *vertical velocity* pada lapisan 925-500 mb dominan bernilai negatif, terutama pada pukul 00.00-09.00 UTC yang berkisar antara -0.5 – (-0.1) Pa/s. Nilai negatif tersebut mengindikasikan terdapat pengangkatan massa udara yang kuat ke atmosfer (*updraft*) dan mendukung terjadinya perkembangan awan-awan konvektif (Ayasha, 2022), dimana hal ini menyebabkan hujan ekstrem di Malang. Oleh karena itu, kondisi parameter *vertical velocity* tersebut berperan penting terhadap proses terjadinya hujan ekstrem di Malang.



d. Total Precipitation

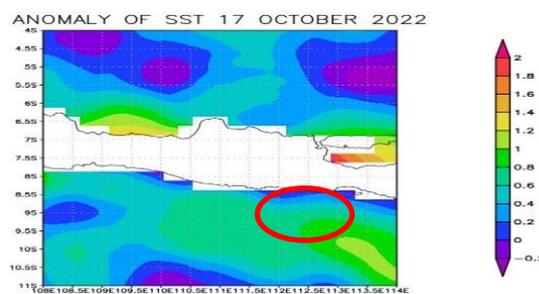
Berdasarkan hasil dari *total precipitation* dari data reanalisis ERA-5 (Gambar 5), terlihat bahwa data curah hujan tidak cukup responsif dalam menangkap kejadian hujan

ekstrem di Malang. Oleh karena itu, terdapat ketidakcocokan data reanalisis terhadap beberapa wilayah untuk mendeteksi kejadian hujan ekstrem di Malang.



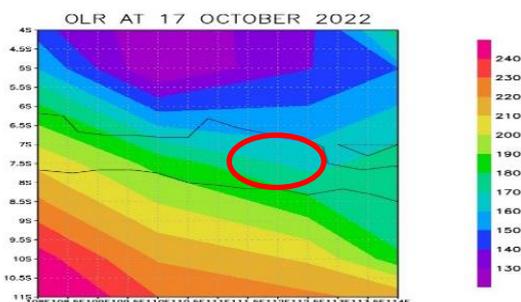
e. Anomali Sea Surface Temperature (Suhu Permukaan Laut)

Sea surface temperature adalah salah satu parameter paling penting, dimana dapat menyediakan informasi terkait perkembangan awan konvektif dan memicu hujan ekstrem (Pakpahan et al, 2021). Berdasarkan analisis Gambar 6, terdapat peningkatan temperatur 0.2-0.6⁰ C (lingkaran merah). Nilai positif tersebut menunjukkan bahwa suhu permukaan laut lebih hangat dibandingkan kondisi normal dan memperkuat terjadinya evaporasi (Muzaki et al, 2021), dimana hal ini mendukung perkembangan awan konvektif dan menyebabkan hujan ekstrem (Sabrina et al, 2021) di Malang. Oleh karena itu, anomali SST mempengaruhi kejadian hujan ekstrem di Malang.



f. Outgoing Longwave Radiation (OLR)

Outgoing Longwave Radiation (OLR) adalah radiasi termal dalam bentuk radiasi infrared yang meninggalkan bumi ke luar angkasa (Pangestu et al, 2018). Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 7 (lingkaran merah), nilai OLR (radiasi gelombang panjang) berkisar antara 160-170 W/m². Hal ini mengindikasikan bahwa saat terjadi hujan ekstrem, terdapat tutupan awan yang tebal dan meluas di Malang. Oleh karena itu, tutupan awan yang tebal mempengaruhi cuaca ekstrem di Malang.



Gambar 7. *Outgoing Longwave Radiation*

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dari data reanalisis ERA-5 dan NOAA, secara umum, kedua data tersebut dapat mendeskripsikan setiap parameter cuaca dengan baik terkait hujan ekstrem di Malang. Untuk data reanalisis ERA-5, terdapat gangguan pola angin yang signifikan (*shear line*, gangguan siklonik dan konvergensi) dan memicu pertumbuhan awan-awan konvektif. Kelembapan udara lapisan 850-700 mb juga mendukung kondisi tersebut, dengan nilai yang berkisar antara 80-95%. Selain itu, kondisi parameter *vertical velocity* bernilai negatif dan berkisar antara $-0.5 - (-0.1)$ Pa/s. Namun, *total precipitation* tidak cukup responsif dalam menangkap kejadian hujan ekstrem di Malang. Sementara itu, data dari NOAA (*Anomaly Sea Surface Temperature*) menunjukkan bahwa terdapat kenaikan temperature yang mempengaruhi pertumbuhan awan-awan konvektif. *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) juga mengindikasikan adanya tutupan awan yang tebal saat terjadinya hujan ekstrem di Malang. Oleh karena itu, parameter pola angin, kelembapan udara, *vertical velocity*, anomaly SST dan OLR memberikan dampak yang penting terhadap kejadian hujan ekstrem di Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahrens, C. D., & Henson, R. (2018). *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere 8th Ed*, USA: Cengage Learning
- Ahrens, C. D., & Henson, R. (2019). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment 12nd Ed*, USA: Cengage Learning
- Ayasha, N. (2022). Analisis Parameter Vertical Velocity dan Kaitannya dengan Kondisi Parameter Cuaca saat Kejadian Hujan Es. *Buletin GAW Bariri*, 3(2), 17-24
- Kiki & Wirahma, S. (2017). Analisis Hujan Lebat Tanggal 27 September 2017 di DKI Jakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 18(2), 51-59
- Hutagalung, M. O. R., Gusranda, I. & Naumi, R.R. (2022). Analisis Kejadian Hujan Lebat Berdasarkan Kondisi Atmosfer dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus Kab. Bolaang Mongondow Utara, 4 Maret 2020), *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (Jupiter)*, 3(2), 33-41
- Muzaki, N. H., Diniyati, E., Pratama, R. R., & Mulya, A. (2021). Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat dan Angin Kencang di Probolinggo Berdasarkan Citra Satelit dan Citra Radar, *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 5(2), 142-156
- Pakpahan, S. L. H., Kurniati, R., & Mulya, A. (2021). Analisis Kejadian Hujan Lebat Penyebab Banjir dan Tanah Longsor (Studi Kasus: Ciganjur, Jakarta Selatan), *Konferensi Pendidikan Nasional*, 3, 95-106
- Pangestu, D., Ayasha, N., Bota, L. O., & Winarso, P. A. (2018). Kajian Pengaruh Madden Julian Oscillation (MJO) Pada Kejadian Hujan Ekstrem di Padang Tanggal 2 November 2018,

- Prosiding Seminar Nasional Geografi II*, 424-430
- Qordowi, W. (2018). Analisis Kondisi Atmosfer Terkait Kejadian Banjir Menggunakan Data Radiosonde dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus : Sungailiat, Kabupaten Bangka Tanggal 12 Februari 2018), *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya*, 277-286
- Rumahorbo, I., Hidayat, U., Prasetyo, S., & Mulya, A. (2020). Analisis Kondisi Atmosfer Pada Kejadian Hujan Lebat Penyebab Banjir Deli Serdang (Studi Kasus), *Prosiding Seminar Nasional Kahuripan I Tahun 2020*, 144-148
- Ramdani, R. F., Haryanto, Y. D., Mulya. A., & Nugraha, I. (2021). Analisis Kejadian Hujan Lebat dan Banjir Kabupaten Pati menggunakan Metode Cloud Convective Overlays dan Red Green Blue Convective Storms pada Satelit Himawari-8, *Jurnal Penelitian Sains*, 23(3), 150-157
- Sabrina, V., Azka, M. A., & Sugianto, P. A. (2021). Kajian Meteorologis Saat Kejadian Bencana Hidrometeorologis di Maluku Utara (Studi Kasus : 15-16 Januari 2021), *Jurnal Widya Climago*, 3(2), 53-60
- Setiawan, A., Hutagalung, M., Adhitiyansyah, D., Humairah, N., & Mulya, A. (2021). Kajian Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat Penyebab Banjir di Kota Palembang (Studi Kasus Tanggal 13 September 2021), *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 11(2), 69-82
- Sulistiyono, W., Ramadhan, R.S., & Haryanto, Y.D. (2023). Kajian Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat di Kota Surakarta Menggunakan Analisis Skala Meteorologi (Studi Kasus : 3 Februari 2021), *OPTIKA : Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 32-45
- Stull, R, 2015, *Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science*. Canada : University of British Columbia.