



Volume 10 No. 4 Oktober 2025

p-ISSN: 2477-8192 dan e-ISSN: 2502-2776

Dinamika Atmosfer pada Kejadian Banjir di Kota Kendari Maret 2024

Ayudya Safitri*, Rahmad Hidayat, Nitrawati Bahir, M. Tufaila Hemon

Program Studi Pasca Sarjana Ilmu Geografi, Universitas Halu Oleo

Email: ayudya.safitri37@gmail.com*; rahmatsmandara@gmail.com; nitrakontak@gmail.com;
tufailahemon66@gmail.com

(Received: 30 April 2025; Accepted: 24 September 2025; Published: 3 Oktober 2025)



©2025 – Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi. Ini adalah artikel dengan akses terbuka dibawah licensi CC BY-NC-4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).

ABSTRACT

Atmospheric dynamics analysis is important in the context of tropical flooding because changes in wind, temperature, and humidity influence the intensity and location of extreme rainfall events that trigger hydrometeorological disasters. The massive flooding in Kendari City in March 2024 was causing economic losses and disrupting community activities. The objective of this study is to analyze the meteorological factors influencing the flooding in Kendari City in March 2024, focusing on atmospheric dynamics, sea surface temperature, wind patterns, and Madden-Julian Oscillation (MJO) activity. The method used is a quantitative approach with descriptive analysis, based on rainfall data from three rain posts in Kendari City, Sea Surface Temperature data, Wind Direction and Speed data at the 850 mb layer, and Outgoing Longwave Radiation data with a time period of March 2024. The results of the study indicate that the extreme rainfall that occurred on March 7, 2024 (170.6 mm) was triggered by a combination of three main factors, namely high sea surface temperatures (0.8°C - 1.8°C), wind convergence patterns in the Southeast Sulawesi region (the presence of wind eddies in the southern part of the Southeast Sulawesi region), and the activity of the MJO. This study can be a reference for local governments, communities, and academics in improving flood preparedness, mitigation, and management more effectively.

Keywords: flood; extreme rainfall; sea surface temperature; wind convergence; Madden-Julian Oscillation.

ABSTRAK

Analisis dinamika atmosfer penting dalam konteks banjir tropis karena perubahan angin, suhu, dan kelembapan memengaruhi intensitas serta lokasi hujan ekstrem yang memicu bencana hidrometeorologi. Banjir besar di Kota Kendari pada Maret 2024 telah menimbulkan kerugian ekonomi dan mengganggu aktivitas masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor-faktor meteorologi yang mempengaruhi kejadian banjir di Kota Kendari pada Maret 2024, dengan fokus pada dinamika atmosfer, suhu muka laut, pola angin, serta aktivitas Madden-Julian Oscillation (MJO). Metode yang digunakan yaitu melalui pendekatan kuantitatif dengan analisis deskriptif, berdasarkan data curah hujan dari tiga pos hujan di Kota Kendari, data Sea Surface Temperature, data Arah dan Kecepatan Angin pada lapisan 850 mb, serta data Outgoing Longwave Radiation dengan periode waktu Maret 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan ekstrem yang terjadi pada 7 Maret 2024 (170,6 mm) dipicu oleh kombinasi tiga faktor utama yaitu suhu muka laut yang tinggi (0,8°C – 1,8°C), pola konvergensi angin di wilayah Sulawesi Tenggara (adanya pusaran angin di bagian Selatan wilayah Sulawesi Tenggara), dan aktifnya MJO. Penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah daerah, masyarakat, dan akademisi dalam meningkatkan kesiapsiagaan, mitigasi, dan penanggulangan banjir secara lebih efektif.

Kata Kunci: banjir; curah hujan ekstrem; suhu muka laut; konvergensi angin; Madden-Julian Oscillation.

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim, sehingga banyak terjadi bencana yang berkaitan dengan hidrometeorologi. Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi dengan volume yang makin meluas di banyak kota pesisir Indonesia, termasuk Kota Kendari. Kejadian ini dapat dipicu oleh berbagai faktor, baik yang bersifat alami maupun akibat aktivitas manusia. Salah satu faktor alami yang berperan besar dalam terjadinya banjir adalah dinamika atmosfer. Dinamika atmosfer dapat mencakup pola curah hujan ekstrem, perubahan tekanan udara, serta interaksi antara sistem cuaca global dan lokal. Namun hingga saat ini, kajian ilmiah yang secara spesifik membahas keterkaitan antara dinamika atmosfer dan kejadian banjir di Kota Kendari masih terbatas, khususnya yang mencakup pengaruh sistem cuaca regional dan global secara stimulan.

Dari aspek meteorologis, Indonesia merupakan benua maritim yang mempunyai kompleksitas dalam fenomena cuaca dan iklim. Salah satu fenomena alam yang sering terjadi di wilayah Indonesia adalah Banjir. Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia khususnya pada musim penghujan, terutama di wilayah perkotaan. Faktor penyebab banjir antara lain curah hujan yang tinggi, perubahan tata guna lahan, tekstur tanah, dan kemiringan lereng (Ariyora dkk., 2015; Deby dkk., 2019; Kelley dan Prabowo, 2019; Roy dkk., 2020; Aldiansyah dan Wardani, 2023; Aldiansyah dkk., 2023; Aldiansyah dkk., 2024). Banjir di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor dengan curah hujan tinggi sebagai penyebab utama. Perubahan tata guna lahan juga memberikan kontribusi yang signifikan, terutama berkurangnya daerah resapan air akibat pembangunan (Kelley dan Prabowo, 2019; Aldimasqie dkk., 2022). Beberapa fenomena cuaca skala global yang lebih sering menimbulkan dampak pada kondisi cuaca di wilayah Indonesia adalah *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 juga 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 (Pertiwi dan Paski, 2022). Pembentukan kondisi cuaca di Indonesia yang paling utama dipengaruhi oleh interaksi gangguan atmosfer berskala global, regional, dan lokal (Sulistiyono dkk., 2023). Interaksi tersebut menciptakan kondisi atmosfer yang tidak stabil sehingga mendorong pertumbuhan awan konvektif dan mengakibatkan curah hujan dengan intensitas yang tinggi. Faktor penyebab ketidakstabilan tersebut antara lain anomali suhu permukaan laut, pola konvergensi angin, dan kelembaban udara yang tinggi (Purwanti dkk., 2023). Adanya interaksi antara dinamika atmosfer gangguan cuaca skala global, regional dan lokal merupakan kondisi atmosfer pembentukan cuaca yang terjadi secara dominan pada sebagian besar wilayah Indonesia. Kondisi atmosfer yang tidak stabil akibat interaksi gangguan cuaca ini mendorong terjadinya pertumbuhan awan-awan konvektif yang menyebabkan tingginya intensitas hujan (Ratnam dkk., 2013).

Pada bulan Maret 2024, Kota Kendari mengalami banjir yang cukup parah, mengakibatkan kerugian material yang signifikan dan mengganggu aktivitas masyarakat. Kejadian ini menimbulkan pertanyaan terkait faktor meteorologi yang mempengaruhi intensitas serta durasi hujan sebelum dan selama peristiwa banjir berlangsung. Oleh sebab itu, analisis mengenai dinamika atmosfer menjadi penting guna memahami karakteristik kejadian banjir serta memberikan dasar bagi strategi mitigasi dan perencanaan ke depan. Seperti wilayah tropis lainnya, Kota Kendari ditandai oleh dua musim utama, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Musim kemarau umumnya terjadi pada bulan April hingga September, sementara musim hujan berlangsung dari Oktober hingga Maret. Namun, pola ini bisa bervariasi setiap tahunnya dan terkadang ada periode peralihan yang disebut musim pancaroba di antara kedua musim tersebut.

Kejadian banjir di Kota Kendari pada bulan Maret 2024 menambah catatan sejarah peristiwa banjir seperti yang terjadi sebelumnya. Banjir yang melanda Kota Kendari merendam ribuan rumah dan menyebabkan ribuan keluarga terdampak. Selain itu, banjir tersebut juga mengakibatkan kerusakan signifikan beberapa sarana dan prasarana umum termasuk jalan, jembatan,

gedung rumah sakit, gedung sekolah dan fasilitas umum lainnya.

Sama halnya dengan Kota Kendari, Kota Balikpapan yang terletak di Provinsi Kalimantan Timur merupakan wilayah yang rentan terhadap berbagai peristiwa cuaca ekstrem dan bencana alam. Banjir diidentifikasi sebagai ancaman utama bagi ketahanan Balikpapan. Suatu penelitian yang dilakukan oleh Vidia dkk. (2025) pada kejadian banjir akibat hujan lebat di Kota Balikpapan pada bulan Agustus 2024 menganalisis fenomena tersebut menggunakan data citra satelit Himawari-8 yang diolah dengan perangkat lunak SATAID. Hasil penelitian menunjukkan interaksi antara kelembapan tinggi, pola angin konvergen, dan ketidakstabilan atmosfer menjadi faktor utama yang mendukung kejadian hujan lebat di Balikpapan.

Sejumlah penelitian terdahulu telah menyoroti hubungan antara dinamika atmosfer dan kejadian banjir. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh You dan Ting (2021) menyimpulkan bahwa sistem tekanan rendah merupakan kontributor utama terhadap curah hujan ekstrem selama musim panas di wilayah Asia Tenggara dan Asia Timur. Penelitian lain oleh Chen dkk. (2024), menemukan bahwa curah hujan ekstrem musiman di Asia Tenggara sangat dipengaruhi oleh dinamika atmosfer regional dan global. Sementara itu, penelitian dari BMKG (2024) menyatakan bahwa interaksi antara siklon tropis di Samudra Pasifik dan Samudra Hindia dapat mempengaruhi distribusi curah hujan di wilayah Indonesia, termasuk di Kota Kendari.

Meskipun telah banyak studi yang mengkaji dinamika atmosfer dan hujan ekstrem di Asia Tenggara, kajian lokal yang fokus pada karakteristik banjir di Kota Kendari masih sangat terbatas. Lebih lanjut, *Madden-Julian Oscillation* (MJO) juga memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan aktivitas konvektif di wilayah tropis. Penelitian oleh Zhang (2021) mengungkapkan bahwa variabilitas atmosfer skala besar seperti MJO memiliki peran penting dalam mempengaruhi curah hujan ekstrem di kawasan tropis.

Bencana masih menjadi bidang yang terus dikaji di Indonesia. Banyaknya bencana yang terjadi di Indonesia salah satunya dikarenakan kondisi geografis negara ini yang spesial. Beberapa contoh bencana yang terjadi antara lain banjir, gempa bumi, tanah longsor, hujan lebat, angin ribut, dan lain sebagainya.

Tentunya kondisi ini sering memberikan dampak yang merugikan secara materiil bagi masyarakat. Sebenarnya, kerugian tersebut dapat diminimalisasi jika masyarakat lebih memahami dan bersikap waspada terhadap kondisi alam yang ada disekitarnya (Wahyuningrum dkk., 2022). Oleh karena itu, selain menganalisis aspek atmosferik, penelitian ini juga memanfaatkan data geospasial yang diintegrasikan secara efektif menggunakan tehnik Sistem Informasi Geografi (SIG). Sistem Informasi Geografis muncul sebagai alat yang sangat berguna untuk mengelola bencana, termasuk mitigasi banjir. SIG mengintegrasikan data spasial dan atribut yang berkaitan dengan lokasi geografis, memungkinkan analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi banjir, termasuk pola dan faktor penyebabnya.

Berdasarkan penelitian tersebut, penelitian ini memperdalam pemahaman terkait peristiwa banjir di Kota Kendari pada Maret 2024 dengan menganalisis faktor-faktor meteorologi dan klimatologi yang berkontribusi serta berkaitan dengan sistem cuaca regional dan global. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi dinamika atmosfer saat kejadian hujan yang sangat lebat di Kota Kendari yang mengakibatkan banjir pada Maret 2024 dengan kontribusi faktor-faktor atmosferik, suhu muka laut, pola angin, serta aktivitas MJO.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

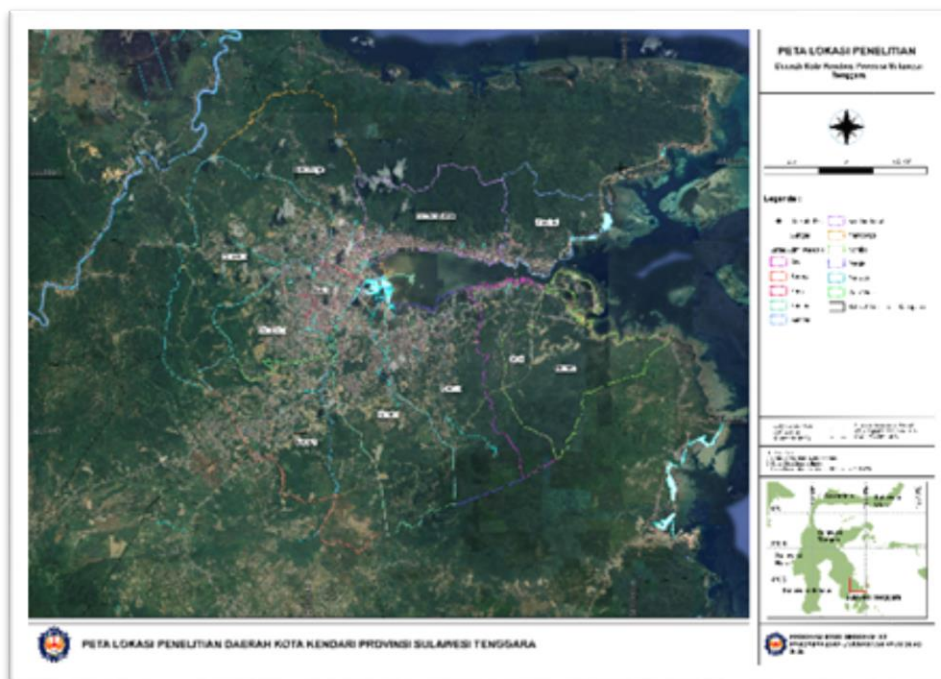
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis deskriptif. Analisis deskriptif dipilih untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai dinamika atmosfer yang berperan dalam kejadian banjir di Kota Kendari. Konsep awal penelitian menekankan bahwa fenomena banjir tidak hanya dipengaruhi oleh curah hujan lokal, tetapi juga oleh faktor skala regional, seperti anomali suhu permukaan laut, pola angin, kelembaban, dan aktivitas konvektif. Oleh karena itu, pendekatan kuantitatif dipadukan dengan interpretasi visual pola atmosfer untuk mengungkap keterkaitan parameter klimatologi dengan kejadian hujan ekstrem.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian difokuskan pada kejadian banjir yang terjadi pada bulan Maret 2024. Lokasi utama penelitian adalah Kota Kendari

(Gambar 1), namun cakupannya diperluas hingga meliputi wilayah Sulawesi Tenggara dan sekitarnya. Perluasan wilayah analisis dilakukan agar faktor-faktor atmosfer regional

yang mempengaruhi kondisi cuaca lokal, seperti pergerakan angin monsun dan anomali laut, tetap dapat teridentifikasi.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Kota Kendari (Citra Landsat-8, 2025).

Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini dikumpulkan melalui beberapa tahapan dari sumber resmi maupun portal klimatologi global. Pertama, data curah hujan harian diperoleh dari tiga pos hujan di Kota Kendari selama periode Maret 2024. Data ini didapatkan secara langsung melalui BMKG Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara, yang rutin mencatat intensitas hujan berdasarkan alat penakar hujan manual maupun otomatis. Kedua, data anomali Sea Surface Temperature (SST) harian diunduh dari portal Interactive Tool for Analysis of Climate System (ITACS) milik Japan Meteorological Agency (JMA). Data ini disajikan dalam format grid spasial dengan resolusi tertentu, yang kemudian diolah untuk melihat pola suhu permukaan laut di wilayah tropis Pasifik.

Selanjutnya, data arah dan kecepatan angin zonal serta meridional pada lapisan 850 mb diperoleh dari Physical Sciences Laboratory (PSL) NOAA dalam bentuk reanalysis dataset. Data tersebut diakses dalam format NetCDF/GRIB dengan resolusi spasial-global dan interval waktu harian, sehingga

memungkinkan analisis pola sirkulasi angin yang berkontribusi pada pembentukan hujan. Terakhir, data Outgoing Longwave Radiation (OLR) harian juga diakses dari ITACS JMA, yang menyediakan informasi radiasi gelombang panjang yang dipancarkan dari permukaan bumi dan atmosfer ke luar angkasa. Indikator ini digunakan untuk mendeteksi aktivitas konvektif dan tutupan awan yang berkaitan erat dengan kejadian hujan lebat.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai literatur ilmiah yang relevan. Literatur ini berupa jurnal-jurnal penelitian dan referensi terdahulu yang membahas mengenai dinamika atmosfer serta fenomena hujan ekstrem. Data sekunder berperan sebagai landasan teoritis dan penunjang analisis, sehingga hasil penelitian dapat dikaji dengan lebih komprehensif serta memiliki keterkaitan yang kuat dengan studi-studi sebelumnya.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan utama. Pertama, data klimatologi berupa SST, OLR, serta komponen angin zonal dan meridional pada lapisan 850 mb diperoleh

dengan cara mengunduh dataset dari situs resmi penyedia data internasional, yaitu ITACS Japan JMA dan PSL NOAA, yang menyediakan data harian dalam format digital dengan resolusi spasial tertentu. Kedua, data curah hujan harian periode Maret 2024 dikumpulkan dari tiga pos hujan yang berlokasi di Kota Kendari melalui kerja sama dengan BMKG Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara, yang rutin mencatat dan mendistribusikan data observasi hujan. Ketiga, data sekunder diperoleh melalui studi literatur dengan menelaah jurnal ilmiah, laporan penelitian, dan referensi relevan yang membahas dinamika atmosfer serta fenomena hujan ekstrem, sehingga dapat digunakan sebagai penguat teori dan pembandingan dalam analisis hasil penelitian.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini diolah dengan bantuan dua perangkat lunak utama. GrADS (Grid Analysis and Display System) digunakan untuk menampilkan dan menganalisis data angin pada lapisan 850 mb dalam bentuk streamline, sehingga dapat menggambarkan pola pergerakan angin

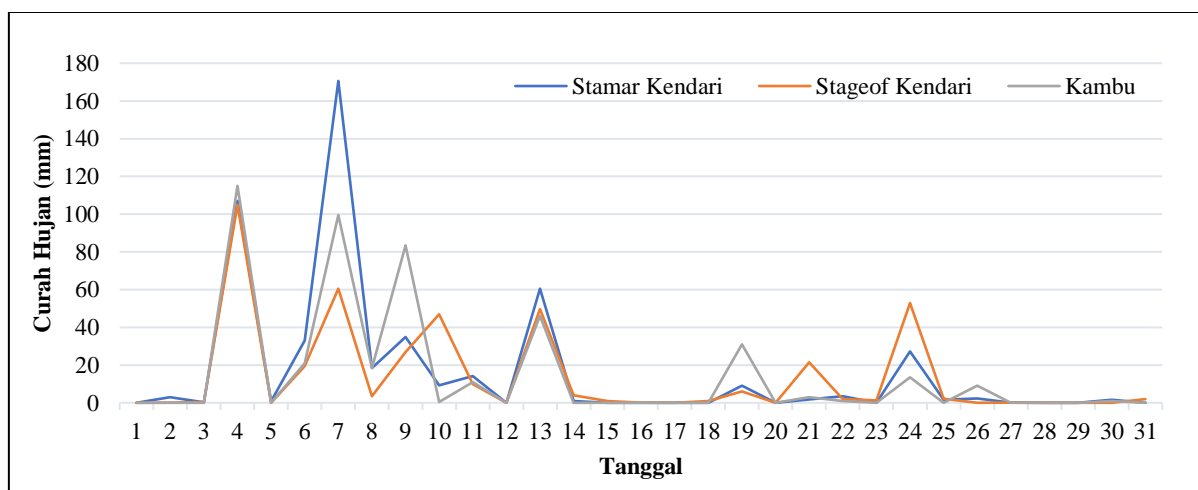
monsunal dan keterkaitannya dengan intensitas curah hujan. Sementara itu, Microsoft Excel dimanfaatkan untuk mengolah data curah hujan harian menjadi grafik, yang memungkinkan identifikasi periode hujan lebat yang berhubungan dengan kejadian banjir.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan kondisi parameter atmosfer, yaitu SST, OLR, serta pola angin, terhadap variasi curah hujan. Melalui pendekatan ini, hubungan antara dinamika atmosfer regional dengan kejadian banjir di Kota Kendari dapat diinterpretasikan secara lebih komprehensif.

HASIL PENELITIAN

Curah Hujan Harian

Curah hujan harian pada periode penelitian dianalisis untuk mengetahui variasi intensitas hujan yang terjadi di Kota Kendari. Data curah hujan tersebut diperoleh dari tiga pos pengamatan, yaitu Stasiun Meteorologi Maritim Kendari, Stasiun Geofisika Kendari, dan Pos Hujan Kambu. Adapun data curah hujan harian disajikan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Grafik Curah Hujan di Tiga Pos Hujan Kota Kendari

Berdasarkan Gambar 2 di atas memperlihatkan variasi curah hujan harian di tiga pos hujan Kota Kendari sepanjang Maret 2024. Terlihat bahwa intensitas hujan tidak merata setiap hari, dengan beberapa puncak signifikan yang menunjukkan periode hujan lebat. Puncak tertinggi terjadi pada 7 Maret 2024 di Stasiun Meteorologi Maritim Kendari dengan curah hujan sebesar 170,6 mm, yang menurut klasifikasi termasuk dalam kategori curah hujan ekstrem. Kondisi ini menggambarkan adanya

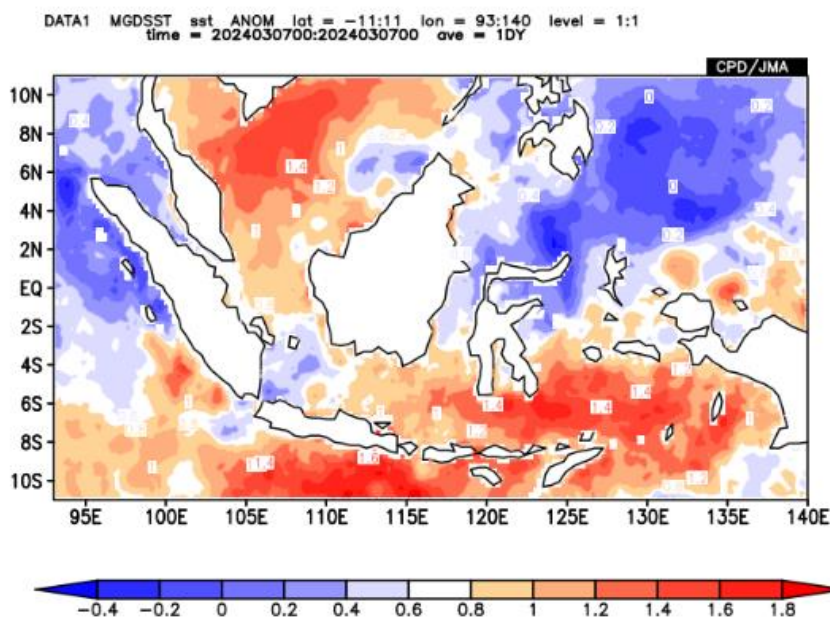
kejadian hujan dengan intensitas sangat tinggi yang berpotensi memicu genangan atau banjir, sementara pada hari-hari lain curah hujan relatif lebih rendah atau bahkan tidak terjadi hujan sama sekali.

Anomali Sea Surface Temperatur

Suhu Permukaan Laut (SST) merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi pola curah hujan di wilayah pesisir. Gambar 3 berikut menunjukkan distribusi anomali Suhu

Permukaan Laut (SST) pada tanggal 7 Maret 2024 yang bertepatan dengan periode terjadinya banjir di Kota Kendari, sehingga memberikan

gambaran mengenai kondisi laut yang turut berkontribusi terhadap peningkatan curah hujan ekstrem di wilayah tersebut.



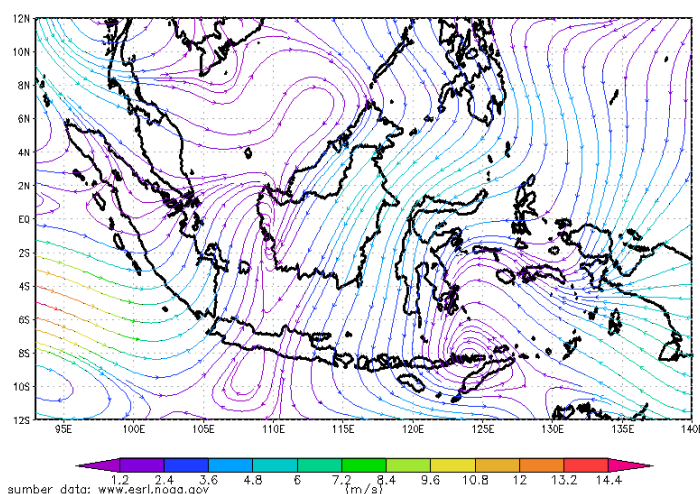
Gambar 3. Peta Anomali Sea Surface Temperatur Tanggal 07 Maret 2024 dalam °C

Peta anomali Suhu Permukaan Laut (SST) pada tanggal 7 Maret 2024 yang ditunjukkan oleh Gambar 3 di atas menunjukkan bahwa perairan di sekitar Sulawesi Tenggara, termasuk wilayah Kendari, didominasi oleh anomali positif dengan nilai mencapai 1,4°C hingga 1,6°C. Kondisi pemanasan laut tersebut berpotensi meningkatkan proses penguapan dan menambah kandungan uap air di atmosfer. Peningkatan kelembapan ini kemudian mendukung terbentuknya awan konvektif yang menghasilkan hujan dengan intensitas tinggi. Fenomena ini berkorelasi dengan kejadian

banjir di Kota Kendari pada periode yang sama, sehingga mengindikasikan adanya hubungan erat antara anomali positif SST dan peningkatan curah hujan ekstrem di wilayah pesisir Sulawesi Tenggara.

Anomali Arah dan Pola Angin 850 mb

Arah dan pola angin pada lapisan 850 mb merupakan indikator penting untuk memahami dinamika atmosfer pada saat terjadinya hujan lebat. Gambar 4 memperlihatkan distribusi anomali arah dan pola angin pada lapisan 850 mb yang terjadi bersamaan dengan periode banjir di Kota Kendari.



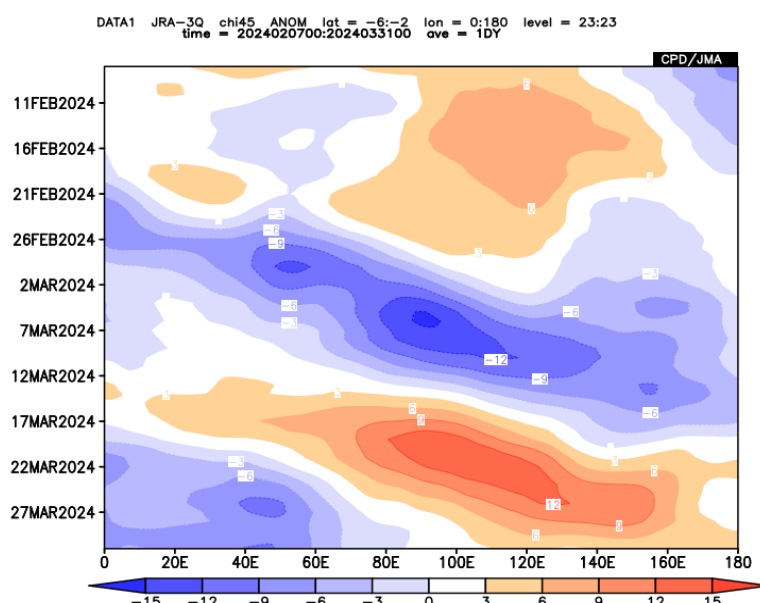
Gambar 4. Peta Analisis Streamline 850 mb Tanggal 07 Maret 2024

Berdasarkan Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa pola angin pada lapisan 850 mb saat kejadian banjir memperlihatkan adanya pusat tekanan rendah di sekitar Laut Banda yang menarik massa udara dari berbagai arah. Kondisi ini membentuk konvergensi angin di wilayah Sulawesi Tenggara, termasuk Kota Kendari. Konvergensi tersebut mendorong terjadinya pengangkatan massa udara secara intensif, yang pada gilirannya memperkuat pertumbuhan awan konvektif. Apabila kondisi ini didukung oleh ketersediaan uap air yang tinggi akibat pemanasan laut, maka potensi terjadinya hujan

lebat semakin besar. Hal ini menjelaskan keterkaitan antara pola angin pada lapisan 850 mb dengan curah hujan ekstrem yang memicu banjir di Kota Kendari.

Analisis Madden Julian Oscillation

Madden-Julian Oscillation (MJO) merupakan fenomena intra-musiman yang memengaruhi pola konveksi dan curah hujan di wilayah tropis. Gambar 5 menampilkan diagram Hovmöller anomali potensial kecepatan yang menggambarkan aktivitas MJO pada periode Februari hingga Maret 2024.



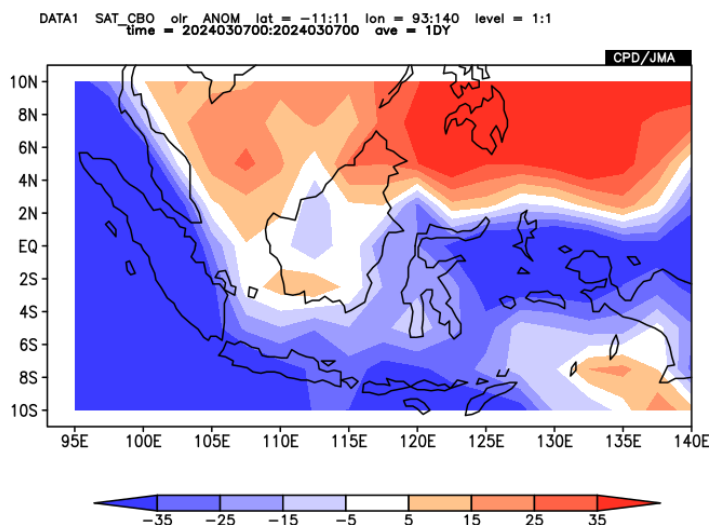
Gambar 5. Diagram Hovmöller Anomali OLR dengan Rata-Rata Lintang 2°LS - 6°LS dan Rata-Rata Bujur 0°BT - 180°BT dari tanggal 07 Februari 2024 hingga 31 Maret 2024 dalam satuan $W m^{-2}$

Berdasarkan Gambar 5 di atas menunjukkan diagram Hovmöller anomali potensial kecepatan pada periode banjir awal Maret 2024 berupa anomali negatif signifikan, dengan nilai mencapai -12, di sekitar wilayah 100°–130° BT yang mencakup Indonesia bagian tengah termasuk Sulawesi Tenggara. Anomali negatif ini mengindikasikan fase aktif MJO yang ditandai oleh adanya divergensi di lapisan atas atmosfer sehingga memperkuat aktivitas konveksi. Kondisi tersebut mendukung pembentukan awan konvektif dan meningkatkan curah hujan di wilayah Indonesia tengah. Aktivitas MJO ini berperan sebagai faktor skala global yang memperkuat dinamika atmosfer lokal dan regional, sehingga turut mendukung terjadinya hujan lebat yang memicu banjir di Kota Kendari. Dengan demikian, keberadaan MJO aktif menjadi salah satu pemicu penting yang

menjelaskan intensitas kejadian banjir pada periode tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh faktor global tidak dapat diabaikan dalam analisis kejadian cuaca ekstrem di wilayah tropis. Selain itu, interaksi MJO dengan kondisi lokal seperti anomali SST dan pola angin turut memperbesar potensi terjadinya hujan ekstrem di Kendari.

Anomali Outgoing Long Radiation

Outgoing Longwave Radiation (OLR) merupakan salah satu indikator penting dalam mengidentifikasi aktivitas konveksi di atmosfer. Nilai anomali OLR negatif menunjukkan peningkatan pertumbuhan awan konvektif yang berhubungan dengan curah hujan tinggi. Gambar 6 memperlihatkan distribusi anomali OLR pada tanggal 7 Maret 2024 yang bertepatan dengan periode banjir di Kota Kendari.



Gambar 6. Peta Analisis Anomali Outgoing Long Radiation Tanggal 07 Maret 2024

Berdasarkan Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa distribusi anomali OLR pada tanggal 7 Maret 2024 yang memperlihatkan adanya anomali negatif signifikan, dengan nilai mencapai -35 W/m^2 di wilayah Sulawesi Tenggara. Nilai anomali negatif ini menandakan tingginya tutupan awan dan intensitas konveksi di atmosfer, yang berkorelasi langsung dengan peningkatan curah hujan. Kondisi tersebut konsisten dengan terjadinya hujan ekstrem di Kota Kendari pada periode yang sama. Temuan ini mengindikasikan bahwa atmosfer pada saat itu berada dalam kondisi sangat mendukung terbentuknya awan konvektif tebal, sehingga memperbesar peluang terjadinya hujan lebat yang berujung pada banjir di wilayah Kendari.

PEMBAHASAN

Kejadian hujan ekstrem yang terjadi pada 7 Maret 2024 di Kota Kendari dengan intensitas mencapai 170,6 mm menegaskan adanya gangguan atmosfer yang signifikan di wilayah tersebut (Gambar 2). Intensitas curah hujan yang sangat tinggi ini tidak hanya berada pada kategori ekstrem, tetapi juga cukup untuk memicu banjir besar di kawasan perkotaan. Analisis faktor laut dan atmosfer menunjukkan adanya interaksi kompleks yang saling memperkuat satu sama lain.

Pemanasan suhu muka laut di perairan sekitar Sulawesi Tenggara (Gambar 3) berperan penting dalam meningkatkan penguapan dan memperkaya kandungan uap air di atmosfer. Kondisi ini menciptakan lingkungan yang kondusif untuk pertumbuhan awan konvektif dalam skala luas. Temuan ini

sejalan dengan hasil penelitian Kusmardiyanti dkk. (2022) di Selat Makassar, yang menunjukkan korelasi positif antara kenaikan suhu permukaan laut dan intensitas curah hujan di wilayah pesisir Kalimantan Timur. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Hakim dkk. (2025) di perairan barat Aceh, di mana kenaikan suhu muka laut terbukti berkorelasi dengan peningkatan curah hujan di wilayah pesisir. Selain itu, penelitian oleh Firdaus dkk. (2024) di Bengkulu juga menemukan bahwa anomali suhu muka laut yang lebih hangat berkontribusi signifikan terhadap terjadinya hujan lebat di wilayah pesisir, bahkan pada musim kering. Fakta tersebut memperkuat hipotesis bahwa laut di sekitar Kendari berperan sebagai penyumbang utama uap air pada periode banjir tersebut.

Selain faktor laut, kondisi atmosfer regional memberikan kontribusi signifikan. Pola angin pada lapisan 850 mb (Gambar 4) memperlihatkan adanya daerah konvergensi di selatan Sulawesi Tenggara yang memicu pengangkatan massa udara secara intensif. Pertemuan massa udara dari arah utara dan selatan dengan kecepatan angin yang menurun di wilayah ini memperbesar peluang terbentuknya awan konvektif tebal. Fenomena ini selaras dengan temuan Mulyana (2019), yang menjelaskan bahwa perlambatan angin dan konvergensi di wilayah pesisir dapat menjadi faktor pemicu hujan lebat. Temuan ini juga sejalan dengan Hermawan dkk. (2022), yang menjelaskan bahwa kombinasi faktor kelautan dan atmosfer skala regional dapat memperkuat kejadian presipitasi ekstrem, sebagaimana ditunjukkan pada kasus banjir

besar di Semarang. Fenomena yang diamati ini juga konsisten dengan Muzaki (2021), yang menyebutkan bahwa anomali SST positif, disertai windshear dan konvergensi lokal di lapisan bawah atmosfer, turut memicu pembentukan awan konvektif saat hujan ekstrem. Pada kasus Kendari, pola konvergensi yang kuat ini menjadi penggerak utama pembentukan awan hujan secara cepat dan masif.

Faktor skala global turut memperkuat dinamika lokal tersebut. Aktivitas MJO yang berada dalam fase konvektif aktif saat kejadian banjir (Gambar 5) mendukung peningkatan curah hujan di kawasan Sulawesi Tenggara. Diagram Hovmoller memperlihatkan divergensi udara di lapisan atas atmosfer, yang merupakan tanda aktivitas MJO signifikan. Korelasi ini dipertegas oleh nilai anomali OLR negatif (Gambar 6) yang mencapai -35 W/m^2 , menunjukkan tutupan awal tebal dan intensitas konveksi yang tinggi. Hubungan erat antara MJO dan OLR juga diidentifikasi oleh Adzan dkk. (2025), yang menyatakan bahwa fase aktif MJO berkontribusi langsung pada lonjakan curah hujan ekstrem di wilayah tropis Indonesia. Keterkaitan serupa juga dilaporkan oleh Muhammad dkk. (2021), yang menunjukkan bahwa fase aktif MJO meningkatkan probabilitas kejadian hujan ekstrem di Indonesia, terutama di wilayah barat hingga tengah. Selain itu, Arioka dkk. (2022) menegaskan bahwa ketika MJO berada pada fase kuat, terjadi sinkronisasi antara anomali OLR, suhu permukaan laut, dan pola angin yang secara kolektif memperkuat konveksi atmosfer di perairan Indonesia. Dalam kasus di Kota Kendari, pengaruh MJO memperbesar dampak dari konvergensi angin dan suhu laut hangat, sehingga menghasilkan hujan ekstrem yang sulit diantisipasi dengan pemantauan lokal saja.

Jika dibandingkan dengan studi serupa di wilayah Indonesia Timur, temuan ini memiliki keunikan tersendiri. Penelitian sebelumnya umumnya menekankan peran salah satu faktor dominan, seperti suhu laut di Selat Makassar atau aktivitas MJO di kawasan Maluku. Namun, penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi pemanasan suhu laut lokal, konvergensi atmosfer skala meso, dan dukungan MJO bekerja secara sinergis memicu hujan ekstrem di Kota Kendari. Karakteristik geografis Kota Kendari yang berupa teluk dan dikelilingi pegunungan turut memperkuat efek

pengangkatan udara, menjadikan fenomena ini kompleks dan khas dibandingkan dengan wilayah pesisir lainnya di Indonesia.

Hasil analisis telah divalidasi dengan data observasi curah hujan dari Stasiun Klimatologi pada 3 pos hujan di Kota Kendari. Validasi ini menunjukkan konsistensi pola antara data satelit, analisis atmosfer, dan pengamatan lapangan. Kendati demikian, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan, seperti keterjangkauan jaringan stasiun hujan yang masih terbatas, resolusi spasial dan temporal data satelit yang belum optimal, serta minimnya integrasi faktor topografi mikro dan tata guna lahan dalam analisis. Keterbatasan tersebut membuka peluang untuk penelitian lanjutan yang lebih komprehensif, dengan memperluas jaringan pengamatan, mengintegrasikan pemodelan atmosfer beresolusi tinggi, dan melibatkan analisis penggunaan lahan untuk mendukung mitigasi risiko banjir di kawasan perkotaan pesisir seperti Kota Kendari.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa kejadian hujan ekstrem di Kota Kendari dipicu oleh kombinasi tiga faktor utama yaitu suhu muka laut yang tinggi, dinamika atmosfer lokal berupa konvergensi angin, serta pengaruh gangguan skala global berupa aktivitas MJO. Interaksi antara ketiga faktor ini menciptakan kondisi atmosfer yang sangat kondusif terhadap pembentukan awan konvektif dan hujan dengan intensitas ekstrem.

SARAN

Saran yang dapat diajukan untuk kelanjutan dari penelitian ini yaitu: 1) Pemerintah daerah dan lembaga terkait disarankan untuk mengembangkan sistem peringatan dini yang mengintegrasikan pemantauan suhu muka laut, pola angin, serta aktivitas MJO secara rutin. Sistem ini penting untuk mengidentifikasi potensi cuaca ekstrem sejak dini dan meminimalkan dampak terhadap masyarakat; 2) Penting dilakukan integrasi antara pemantauan kondisi laut dan atmosfer secara *real-time*, terutama di wilayah yang rawan bencana seperti Sulawesi Tenggara. Parameter seperti suhu muka laut, angin permukaan, serta dinamika atmosfer lainnya dapat meningkatkan akurasi prediksi cuaca ekstrem. Selain itu, diperlukan koordinasi

lintas sektor, khususnya antara BMKG, BPBD, dan pemerintah daerah, untuk menyusun rencana tanggap bencana berbasis data klimatologis. Pendekatan ini dinilai lebih efektif dalam mengantisipasi dan merespons bencana hidrometeorologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada BMKG Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara yang telah menyediakan data iklim di daerah penelitian, serta *reviewer* dan editor Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adzan, M. A., Amanu, R. S., Kuswanaji, P., Amri, S., dan Saputro, O. R. A. Analisis Dinamika Atmosfer di Benua Maritim Indonesia saat Fase Aktif CENS dan MJO Selama 30 Tahun (1994-2023). *EL-JUGHRAFIYAH*, 5(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.24014/jej.v5i1.35655>
- Aldiansyah, S., and Wardani, F. (2023). Evaluation of flood Susceptibility Prediction Based on a Resampling Method Using Machine Learning. *Journal of Water and Climate Change*, 14(3), 937-961. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.494>
- Aldiansyah, S., Ningsih, D. S. W., and Saputra, R. A. (2023). Evaluation of Regional Spatial Development on Landslide and Flood Prone with Actual Site Conditions in Kendari City. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 11(1), 92-107. <http://dx.doi.org/10.14710/jwl.11.1.92-107>
- Aldiansyah, S., Saputra, R. A., Wahid, K. A., Madani, I., dan Ningsih, D. S. W. (2024). Rapid Flood Inundation Mapping Using Multi-Temporal Sentinel-1 SAR: An Example from Kendari City. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 5(1), 15-26. <https://doi.org/10.23960/jgrs.ft.unila.205>
- Aldimasqie, A. M., Saputra, A. H., dan Oktarina, S. (2022). Pemetaan Zona Rawan Banjir di Jakarta Menggunakan Analytic Hierarchy Process (AHP). *Jurnal Environmental Science*, 5(1), 1-14. <http://dx.doi.org/10.35580/jes.v5i1.35759>
- Arioka, P. K. C. K., Karang, I. W. G. A., dan Indrawan, G. S. (2022). Hubungan Strong Madden-Julian Oscillation (MJO) Terhadap Kecepatan Angin dan Suhu Permukaan Laut (SPL) di Perairan Indonesia. *Journal of Marine Research and Technology*, 5(1), 40-47. <https://doi.org/10.24843/JMRT.2022.v05.i01.p07>
- Ariyora, Y. K. S., Budisusanto, Y., dan Prasasti, I. (2015). Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh dan SIG untuk Analisa Banjir (Studi Kasus: Banjir Provinsi DKI Jakarta). *Geoid*, 10(2), 137-146. <http://dx.doi.org/10.12962%2Fj24423998.v10i2.805>
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. [BMKG]. (2024, Maret 10). Analisis dinamika atmosfer dasarian I Maret 2024. BMKG. <https://www.bmkg.go.id/berita/?lang=ID&p=analisis-dinamika-atmosfer-dasarian-i-maret-2024&>tag=dinamika-atmosfer>
- Chen, Y., Teo, F. Y., Wong, S. Y., Chan, A., Weng, C., and Falconer, R. A. (2025). Monsoonal Extreme Rainfall in Southeast Asia: A Review. *Water*, 17(1), 5. <https://doi.org/10.3390/w17010005>
- Deby, R., Dermawan, V., and Sisingsih, D. (2019). Analysis of Wanggu River Flood Inundation Kendari City Southeast Sulawesi Province Using HEC RAS 5.0. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 4(2), 270-275.
- Firdaus, M. D., Syamsuddin, M. L., dan Yulihastin, E. (2024). Ocean Contribution to Coastal Heavy Rainfall During Dry Season (Case Study of Bengkulu 2016-2022). *BERKALA SAINSTEK*, 12(2), 84-89. <https://doi.org/10.19184/bst.v12i2.43989>
- Hakim, I., Niza, M., Setiawan, I., Yuni, S. M., Irwan, I., Rahimi, S. A., E., Rizan, T., Muhammad, M., Rizal, S., dan Zulfan, Z. (2025). The Relationship of Sea Surface Temperature (SST) to Rainfall in The West Waters of Aceh, Indonesia. *Jurnal Pengabdian Bangsa*, 4(2), 1-8. <https://doi.org/10.61992/jpb.v4i2.205>
- Hermawan, E., Lubis, S. W., Harjana, T., Purwaningsih, A., Risyanto, Ridho, A.,

- Andarini, D. F., Ratri, D. N., and Widyaningsih, R. (2022). Large-Scale Meteorological Drivers of the Extreme Precipitation Event and Devastating Floods of Early-February 2021 in Semarang, Central Java, Indonesia. *Atmosphere*, 13(7), 1092. <https://doi.org/10.3390/atmos13071092>
- Kelley, L. C., and Prabowo, A. (2019). Flooding and Land Use Change in Southeast Sulawesi, Indonesia. *Land*, 8(9), 139. <https://doi.org/10.3390/land8090139>
- Kusmardiyanti, R., Yusuf, M., Djayus, D., dan Rahmiati, R. (2022). Studi Pengaruh Suhu Permukaan Laut di Selat Makassar Terhadap Intensitas Curah Hujan Kota Balikpapan. *Geosains Kutai Basin*, 5(2), 48–54. <https://doi.org/10.30872/geofisunmul.v5i2.794>
- Muhammad, F. R., Lubis, S. W., dan Setiawan, S. (2021). Impacts of the Madden–Julian Oscillation on Precipitation Extremes in Indonesia. *International Journal of Climatology*, 41(3), 1970–1984. <https://doi.org/10.1002/joc.6941>
- Mulyana, E. (2019). Konvergensi Atmosfer Lapisan Bawah dan Hubungannya dengan Hujan Ekstrem (Studi Kasus: Banjir Cirebon 15 Februari 2017). *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 20(1), 23–29.
- Muzaki, N. H., Diniyati, E., Pratama, R. R., dan Mulya, A. (2021). Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat dan Angin Kencang di Probolinggo Berdasarkan Citra Satelit dan Citra Radar. *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 5(2), 142–156.
- Pertiwi, D. A. S., dan Paski, J. A. I. (2022). Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Ekstrem (Studi Kasus Banjir di Tangerang Selatan 7 November 2021). *Buletin Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*, 2(2), 1–10.
- Purwanti, S. D., Weyai, S. L., Haryanto, Y. D., dan Mulya, A. (2023). Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat di Sintang Menggunakan Satelit Cuaca dan Model ECMWF (Kasus: 30 September 2021). *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 8(1), 63–74. <https://doi.org/10.21067/jpig.v8i1.8141>
- 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, 21–33. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.12.007>
- Roy, P., Pal, S. C., Chakraborty, R., Chowdhuri, I., Malik, S., and Das, B. (2020). Threats of Climate and Land Use Change on Future Flood Susceptibility. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122757. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122757>
- Sulistiyono, W., Ramadhan, R. S., dan Donni, Y. (2023). Kajian Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat di Kota Surakarta Menggunakan Analisis Skala Meteorologi. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 32–45. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i1.2626>
- Vidia, T. E., Darmawan, Y., dan Widodo, W. (2025). Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Lebat dengan Metode Red Green Blue (RGB) dan Cloud Convective Overlays (CCO) di Balikpapan (Studi Kasus 09 Agustus 2024). *Indexia*, 6(2), 112–122. <https://doi.org/10.30587/indexia.v6i2.9374>
- Wahyuningrum, D., Alfiani, O. D., dan Srinarbita, A. (2022). Pemanfaatan Informasi Geospasial untuk Manajemen Bencana. *Jurnal Ilmiah Geologi PANGEA*, 9(1sp), 1–7. <https://doi.org/10.31315/jigp.v9i1sp.9403>
- You, Y., and Ting, M. (2021). Low-pressure Systems and Extreme Precipitation in Southeast and East Asian Monsoon regions. *Journal of Climate*, 34(3), 1147–1162. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0206.1>
- Zhang, C. (2021). Influence of Phase Variations of Madden-Julian Oscillation on Extreme Rainfall Events. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 73(1), 1–15. <https://doi.org/10.16993/tellusa.3233>