

**ANALISA KEADAAN ATMOSFER PADA TANGGAL 27
JANUARI 2023 DI MANADO, SULAWESI UTARA**
**ANALYSIS OF ATMOSPHERIC CONDITIONS ON JANUARY
27 2023 IN MANADO, NORTH SULAWESI**

Hafidz Alamsyah Putra^{1,*} dan Yahya Darmawan^{2*}

Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Perhubungan I No 5
Pondok Betung, Kota Tangerang Selatan, Banten 15221

*Email: yahya.darmawan@bmkq.go.id

ABSTRAK

Pada 27 Januari 2023, diketahui terjadi banjir di Kota Manado, Sulawesi Utara, akibat hujan lebat pada jam 05.00 – 16.00. Banjir tersebut disebabkan tingginya curah hujan, akibat banyaknya awan serta hujan konvektif di wilayah Indonesia. Analisis pola hujan lebat sebelum banjir dilakukan dengan menggunakan gambar satelit HIMAWARI-9 yang diolah dengan SATAID. Penelitian ini mengkaji dinamika atmosfer Kota Manado pada suatu periode tertentu dengan fokus pada aktivitas konvektif, indeks stabilitas atmosfer, kelembaban udara, dan struktur vertikal atmosfer. Analisis time series menunjukkan bahwa awan konvektif mulai berkembang pada jam 22.00, mencapai fase matang pada jam 00.00, diikuti oleh konvergensi awan dari arah tenggara, yang berkontribusi pada hujan lebat antara jam 03.00 hingga 08.00. Penelitian juga menganalisis indeks stabilitas atmosfer, mengidentifikasi bahwa sebagian besar nilai indeks berada dalam kategori moderat hingga kuat, walaupun CAPE dan LI memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan kondisi cuaca buruk. Hasil kelembaban atmosfer menunjukkan tingkat Relative Humidity (RH) yang tinggi di seluruh lapisan atmosfer, terutama di dasar awan selama periode hujan lebat. Struktur vertikal atmosfer dianalisis, dan hasil menunjukkan penurunan drastis RH pada lapisan 400-250 mb, menandakan pembentukan butiran es (Freezing Level). Penurunan RH yang signifikan pada lapisan 100-0 mb mencapai Tropopause dan mendekati batas Troposfer. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan gambaran komprehensif tentang dinamika atmosfer Kota Manado, memberikan kontribusi penting untuk memahami proses konvektif, stabilitas atmosfer, kelembaban udara, dan struktur vertikal atmosfer di tingkat regional. Implikasi temuan ini dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman dan prediksi cuaca lokal.

Kata Kunci : Analisa Atmosfer

ABSTRACT

On January 27 2023, it was discovered that flooding occurred in Manado City, North Sulawesi, due to heavy rain at 05.00 – 16.00. The flooding was caused by high rainfall, due to the large number of clouds and convective rain in Indonesia. Analysis of heavy rain patterns before the flood was carried out using HIMAWARI-9 satellite images processed with SATAID. This research examines the atmospheric dynamics of Manado City in a certain period with a focus on convective activity, atmospheric stability index, air humidity and the vertical structure of the atmosphere. Time series analysis shows that convective clouds began to develop at 22.00, reaching the mature phase at 00.00, followed by cloud convergence from the southeast, which contributed to heavy rain between 03.00 and 08.00. The study also analyzed the atmospheric stability index, identifying that most The index value is in the moderate to strong category, although CAPE and LI have limitations in representing severe weather conditions. Atmospheric humidity results show high levels of Relative Humidity (RH) in all layers of the atmosphere, especially at the base of clouds during periods of heavy rain. The vertical structure of the atmosphere is analyzed, and the results show a drastic decrease in RH in

the 400-250 mb layer, indicating the formation of ice grains (Freezing Levels). The significant decrease in RH in the 100-0 mb layer reaches the Tropopause and approaches the Troposphere boundary. Overall, this study provides a comprehensive picture of the atmospheric dynamics of Manado City, making an important contribution to understanding convective processes, atmospheric stability, air humidity, and the vertical structure of the atmosphere in regional level. The implications of these findings can be used to improve understanding and prediction of local weather.

Keywords: Atmospheric Analysis

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, banjir umumnya terjadi karena curah hujan yang tinggi, yang menyebabkan sistem aliran air, termasuk sungai, anak sungai alami, dan saluran buatan, tidak mampu menampung jumlah air hujan yang terkumpul, menyebabkan meluapnya air dan banjir. Banjir adalah bencana alam dengan frekuensi tertinggi dan paling banyak menyebabkan kerugian.

Banyak awan dan hujan konvektif di Indonesia menyebabkan banyak hujan. Hal ini dipengaruhi oleh letak geografis Indonesia, yang merupakan negara kepulauan yang dilalui oleh garis ekuator, yang membuatnya memiliki energi yang berlebihan.

Pada tanggal 27 Januari 2023 diketahui telah terjadi banjir di Kota Manado, Sulawesi Utara yang disebabkan oleh hujan lebat pada jam 05.00 – 16.00. Banjir akibat hujan deras tersebut mencapai ketinggian 50 cm hingga 100 cm. Kejadian ini menjadi sorotan penting untuk dipelajari karena dampaknya yang merugikan masyarakat dan kebutuhan akan pemahaman yang lebih mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian tersebut.

Dalam pembahasan ini akan dilakukan Analisa lebih mendalam tentang apa yang terjadi di atmosfer menggunakan citra satelit dari satelit HIMAWARI-9 dengan data yang diambil dari tanggal 26 Januari pukul

22.00 UTC hingga tanggal 27 Januari pukul 09.00 UTC. Pengolahan data dari satelit HIMAWARI-9 dilakukan dengan menggunakan SATAID (Satellite Animation and Interactive Diagnosis). Untuk menganalisis pola hujan lebat yang terjadi sebelum banjir di Kota Manado, citra satelit HIMAWARI 9 dapat digunakan. Dengan menggunakan variabel suhu dan kecerahan dari kanal inframerah, serta pengamatan cuaca dan iklim, citra satelit HIMAWARI 9 dapat mengidentifikasi awan yang menghasilkan hujan. Selanjutnya, data ini dapat digunakan untuk menganalisis komponen utama yang menyebabkan bencana, terutama banjir dan longsor.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah korelasional kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2010).

2.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari lokasi penelitian, data penelitian, alat yang digunakan, teknik pengumpulan data hingga teknik pengolahan data.

2.1.1 Lokasi dan waktu penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih adalah Manado, Sulawesi Utara. Sementara waktu penelitian pada 26 Januari 2023 22.00 UTC – 27 Januari 09.00 UTC.

2.1.2 Data penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Data Satelite Himawari
2. Data Gsm
3. Data ECMWF

Software yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. SATAID
2. FileZilla
3. Excell
4. Grads

2.1.3 Teknik Pengumpulan Data

Berikut merupakan langkah-langkah pengumpulan data:

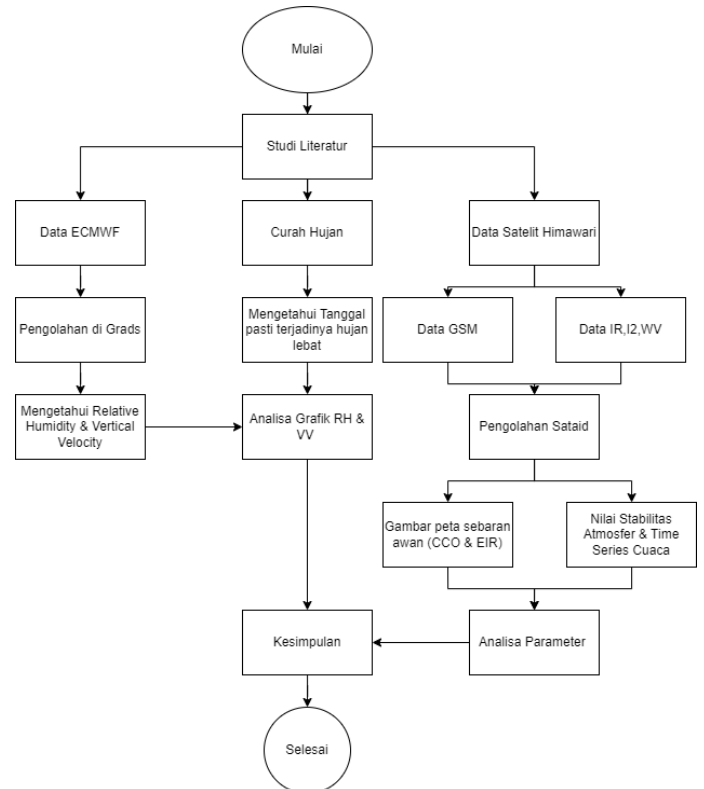
1. Data Citra Satelite & GSM didownload menggunakan Software FileZilla

2.1.4 Teknik Pengolahan Data

Berikut merupakan langkah-langkah pengolahan data:

- a. Membuka FileZilla.
- b. Mendownload data Satelite
- c. Membuka Sataid dan import data
- d. Analisa Gambar Satelite

2.2 Diagram Alir Penelitian



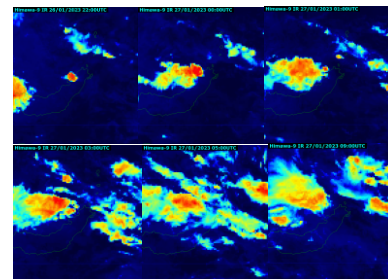
Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Pembentukan Awan

3.1.1 Enhanced IR

Dengan menggunakan data satelit Himawari IR dan beberapa modifikasi fitur *Gray*. Berikut adalah hasilnya:



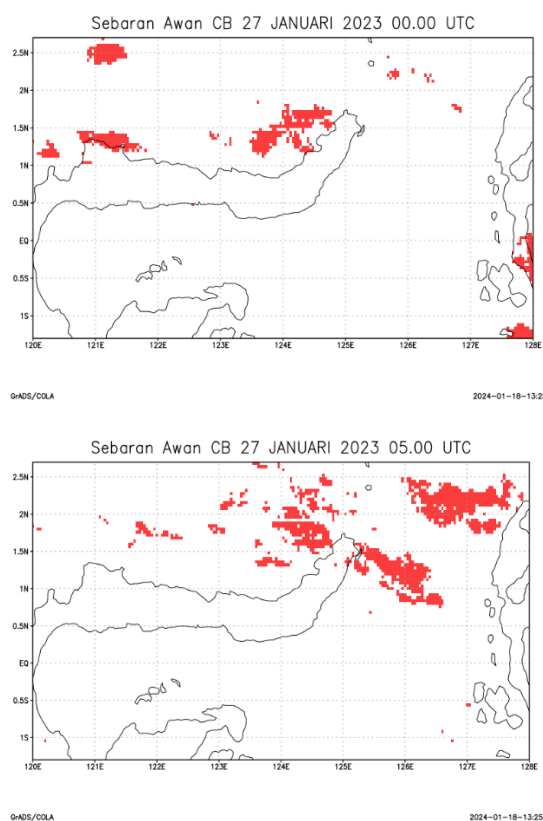
Gambar 2. Timelapse Pertumbuhan Awan di Kota Manado.

Dari gambar di atas, terlihat bahwa awan konvektif mulai berkembang antara pukul 21.00 hingga 23.00 UTC. Selanjutnya, Awan Cb mencapai fase matang pada pukul

01.00 UTC dengan suhu puncak - 60,0 °C dan bergerak ke arah barat laut. Subsequently, awan konvektif lainnya bergerak dari arah Tenggara dan bergabung dengan Awan Cb yang bergerak ke arah barat, menyebabkan kota Manado tertutup oleh awan lagi pada rentang waktu 03.00 hingga 08.00 UTC. Kondisi cuaca cerah di kota Manado baru terjadi pada pukul 09.00.

3.1.2 Convective cloud overlays (CCO)

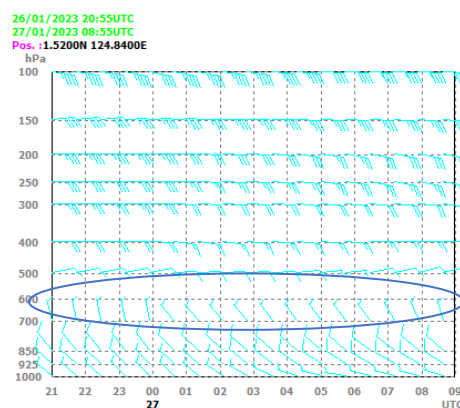
Metode *Convective Cloud Overlay* (CCO) merupakan suatu teknik pemrosesan citra RGB yang dirancang khusus untuk mengidentifikasi proses konveksi, di mana terdapat *updraft* yang kuat dan partikel es kecil yang menandakan adanya badai.



Gambar 3. Sebaran awan *Cloud Cover Overlay* jam 00.00 & 05.00 UTC.

Gambar di atas menunjukkan adanya aktivitas konvektif yang ditandai dengan warna jingga pada peta. Pada peta sebelah kiri, terlihat bahwa awan konvektif yang kuat terbentuk di sebelah barat kota Manado. Sementara pada peta sebelah kanan, awan konvektif menutupi wilayah Sulawesi Utara. Awan konvektif yang awalnya terbentuk di sebelah barat kemudian bergerak ke arah barat laut, disertai dengan masuknya awan konvektif dari arah tenggara.

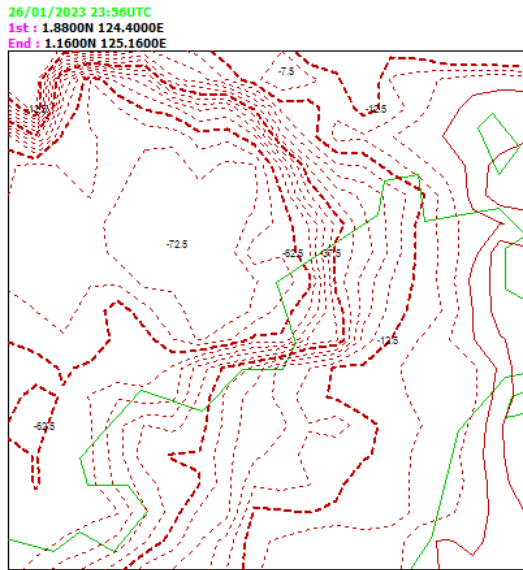
3.2 Profil angin



Gambar 4. Profil Angin pada jam 21.00 – 09.00 UTC.

Dari gambar di atas, tampak terjadi perubahan pada lapisan kritis. Dengan mengintegrasikan fitur GSM dengan *time series*, dapat disimpulkan bahwa terjadi Wind Shear pada lapisan 500 hPa, khususnya dalam rentang 600-1000 hPa. Selama fase pembentukan awan, arah angin dominan mengarah ke Selatan. Pada saat fase matang, arah angin dominan berubah ke Tenggara, dan pada fase akhir, arah angin tetap mengarah ke Tenggara. Dari analisis ini, dapat diasumsikan bahwa aktivitas konvergensi terjadi pada lapisan tinggi, mendorong massa udara, sementara aktivitas divergensi terjadi pada lapisan rendah.

3.3 Peta Kontour

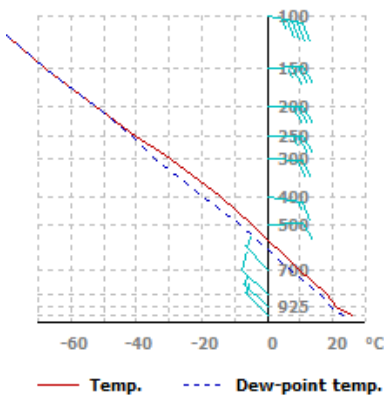


Gambar 5. Peta Kontour kota Manado.

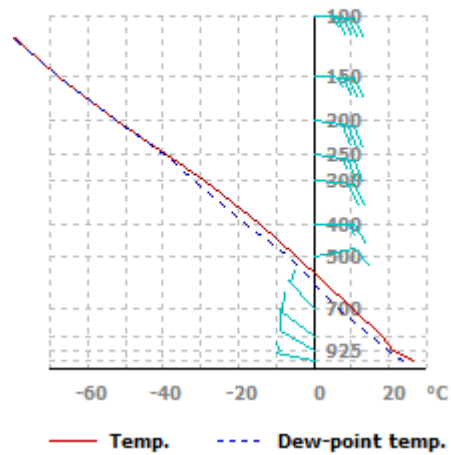
Gambar tersebut merupakan peta kontur suhu puncak seluruh wilayah observasi pada pukul 23.56 UTC. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat kontur awan dengan suhu kurang dari $-52,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ menutupi sebagian besar wilayah Kota Manado. Sementara itu, sebagian besar kota Manado memiliki suhu sekitar $-37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.4 Temperature & Dew Point temp

27/01/2023 00:05UTC
 Pos. : 1.5200N 124.8400E
 Bri. : $-56,3^{\circ}\text{C}$ (187hPa)(42334ft)



27/01/2023 05:55UTC
 Pos. : 1.5200N 124.8400E
 Bri. : $-54,3^{\circ}\text{C}$ (194hPa)(41549ft)



Gambar 6. Profil Suhu , Angin, dan Titik Embun.

Dalam pengetahuan umum, semakin tinggi kelembaban udara, semakin besar kemungkinan terjadinya hujan. Jika garis temperatur berkorelasi dengan titik embun (*Dew-Point*), maka kemungkinan hujan sangat besar. Pada gambar sebelah kiri, terlihat kondisi ketika awan konvektif terbentuk. Sementara itu, gambar sebelah kanan menggambarkan situasi di mana awan konvektif dari arah Tenggara bergabung dengan awan yang ada di Manado. Dalam gambar tersebut, terlihat bahwa kedua variabel hampir bersentuhan di lapisan antara 925 hPa dan 800 hPa.

3.5 Kondisi Atmosfer

26/01/2023 21:55UTC
 Pos. : 1.5200N 124.8400E
 Bri. : $-27,3^{\circ}\text{C}$ (315hPa)(30801ft)

SSI : 0.7 ($^{\circ}\text{C}$)
 LI : $-2,5$ ($^{\circ}\text{C}$)
 KI : 35.3 ($^{\circ}\text{C}$)
 TT : 42.5 ($^{\circ}\text{C}$)
 SWEAT: 349
 CAPE : 456 (J/kg)
 CIN : 22 (J/kg)

26/01/2023 23:55UTC
 Pos. :1.5200N 124.8400E
 Bri. : -57.7°C (183hPa)(42891ft)

SSI : -0.1 (°C)
 LI : -2.4 (°C)
 KI : 36.2 (°C)
 TT : 43.4 (°C)
 SWEAT: 335
 CAPE : 421 (J/kg)
 CIN : 22 (J/kg)

27/01/2023 08:45UTC
 Pos. :1.5200N 124.8400E
 Bri. : -13.2°C (410hPa)(24251ft)

SSI : 0.7 (°C)
 LI : -2.6 (°C)
 KI : 34.3 (°C)
 TT : 42.6 (°C)
 SWEAT: 337
 CAPE : 505 (J/kg)
 CIN : 19 (J/kg)

Gambar 7. Indeks Stabilitas Atmosfer sebelum, sesaat dan sesudah.

Dengan menggunakan **Kriteria Nilai Indeks Stabilitas Atmosfer** dari: Wirjohamidjojo dan Swarinoto (2014), Prasetyo dkk. (2020), dan Fibriantika dan Mayangwulan (2020))

3.5.1 Fase Pembentukan

Index	Stabilitas Atmosfer
SSI	Moderate
LI	Lemah
KI	Moderate
TT	Moderate
SWEAT	Kuat
CAPE	Lemah
CIN	Lemah

3.5.2 Fase Mature

Index	Stabilitas Atmosfer
SSI	Moderate
LI	Lemah
KI	Moderate
TT	Moderate
SWEAT	Kuat
CAPE	Lemah
CIN	Lemah

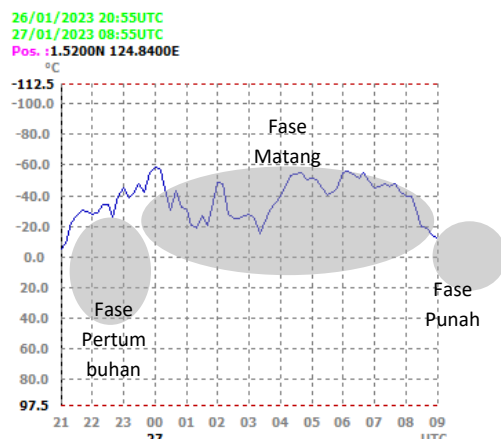
3.5.3 Fase Puncak

Index	Stabilitas Atmosfer
SSI	Moderate
LI	Lemah
KI	Moderate
TT	Moderate
SWEAT	Kuat
CAPE	Lemah
CIN	Lemah

Berdasarkan kategori yang dijelaskan dalam tabel, sebagian besar nilai indeks stabilitas pada kejadian hujan lebat di Kota Manado berada pada kategori moderat. Dari keenam indeks stabilitas yang diukur, nilai CAPE tidak cukup mewakili tingkat konvektivitas di Kota Manado, sebagaimana terlihat dari nilai CAPE yang tergolong dalam kategori lemah. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Setyawan dan Saepudin (2016) serta Meilani dkk. (2014), yang menyimpulkan bahwa CAPE kurang efektif dalam memprediksi cuaca buruk. Sebaliknya, LI menunjukkan sebagian besar indeksnya berada pada kategori lemah, yang bertentangan dengan temuan Setyawan dan Saepudin (2016).

Sementara itu, untuk SI, KI, dan TT, sebagian besar indeks pada kejadian hujan lebat masuk dalam kategori moderat. Terdapat beberapa indeks yang mencapai kategori kuat, khususnya SWEAT. Tingginya nilai SWEAT pada tanggal tersebut dapat diatributkan kepada kondisi atmosfer yang labil, yang ditandai oleh keberadaan awan konvektif.

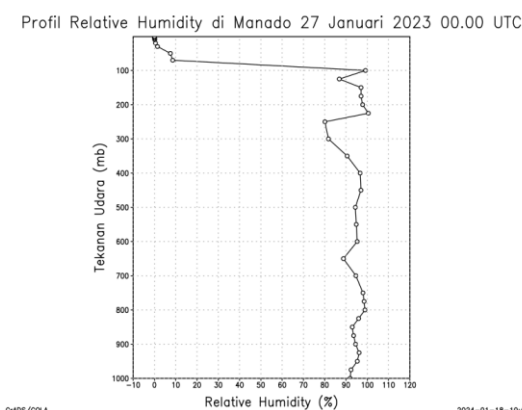
3.6 Time Series Temperature



Gambar 8. Time Series Suhu permukaan awan dari satelit.

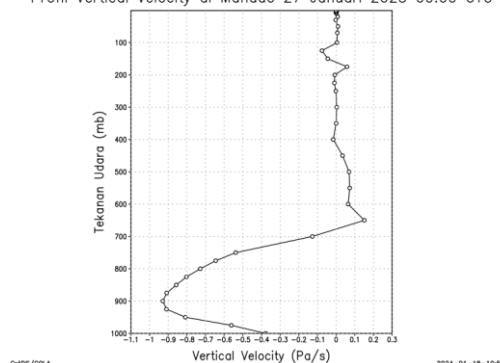
Data *time series* menunjukkan bahwa pertumbuhan awan konvektif dimulai antara jam 21.00 hingga 23.00. Selanjutnya, Awan Cb mencapai fase matang pada pukul 00.00 dengan suhu puncak mencapai $-60,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan bergerak ke arah barat laut. Kemudian, awan konvektif dari arah Tenggara menyusul, menyebabkan Kota Manado tertutup oleh awan dan mengalami hujan lebat pada rentang waktu 03.00 hingga 08.00. Kota Manado kembali terbebas dari penutupan awan pada pukul 09.00.

3.7 Analisa Pemodealan ECMWF



Gambar 9. Profil Relative Humidity.

Profil Vertical Velocity di Manado 27 Januari 2023 00.00 UTC



Gambar 10. Profil Vertical Velocity.

Relative Humidity (RH) adalah persentase kandungan uap air relatif terhadap kandungan maksimum yang dapat ditampung uap air pada suhu yang tercatat (Seto, 2000). Gambar di atas menggambarkan bahwa hampir seluruh lapisan atmosfer memiliki nilai RH yang tinggi. Pada jam 00.00 UTC ketika hujan lebat terjadi, RH di lapisan 1000-400 mb mencapai nilai sekitar 90-100%, menunjukkan keberadaan udara yang lembab di dasar awan.

Pada lapisan 400-250 mb, terjadi penurunan drastic dalam nilai RH, menandakan pembentukan butiran es di lapisan tersebut (*Freezing Level*). Pada lapisan 250-300 mb, RH kembali normal dengan kisaran 90-100%. Di lapisan akhir, yaitu 100-0 mb, RH mengalami penurunan drastis karena mencapai lapisan Tropopause dan mendekati batas Troposfer.

4. KESIMPULAN

Dengan itu dapat disimpulkan bahwa analisis aktivitas konvektif menunjukkan bahwa awan konvektif mulai berkembang pada jam 22.00, mencapai fase matang pada jam 00.00, dan diikuti oleh konvergensi awan dari arah tenggara, menyebabkan hujan lebat antara jam 03.00 hingga 08.00. Hal ini mengindikasikan dinamika atmosfer

yang signifikan selama periode tersebut.

Selanjutnya, analisis indeks stabilitas atmosfer memberikan gambaran bahwa sebagian besar nilai indeks, meskipun CAPE dan LI memiliki keterbatasan interpretatif, berada dalam kategori moderat hingga kuat. Hasil ini menyiratkan adanya potensi kondisi atmosfer yang mendukung proses konvektif yang kuat selama periode pengamatan.

Data kelembaban atmosfer mengungkapkan bahwa tingkat Relative Humidity (RH) di seluruh lapisan atmosfer cenderung tinggi. Pada saat hujan lebat, kelembaban udara mencapai tingkat 90-100% di lapisan 1000-400 mb, menandakan kondisi udara yang sangat lembab di dasar awan.

Analisis struktur vertikal atmosfer menyoroti penurunan drastis RH pada lapisan 400-250 mb, menandakan pembentukan butiran es (Freezing Level). Selain itu, penurunan RH yang signifikan pada lapisan 100-0 mb mencapai Tropopause dan mendekati batas Troposfer.

Keseluruhan, penelitian ini berhasil menyajikan pemahaman yang holistik tentang proses konvektif, stabilitas atmosfer, kelembaban udara, dan struktur vertikal atmosfer di Kota Manado selama periode tertentu, memberikan kontribusi penting dalam pemahaman dinamika atmosfer regional.

REFERENSI

- [1] Rumahorbo, Inlim, et al. "Analisis Kondisi Atmosfer Pada Kejadian Hujan Lebat Penyebab Banjir Deli Serdang (Studi Kasus: 18 Juni 2020)." *Seminar Nasional Kahuripan*. 2020.
- [2] Sagala, Eka Alfred, et al. "Pemanfaatan SATEM untuk Analisis Kondisi Atmosfer saat Banjir di Kalukku Menggunakan Metode Numerical Weather Prediction." *Jurnal Kewarganegaraan* 7.2 (2023):1800-1810.
- [3] Muin, Abdul, and Heinrich Rakuasa. "Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Desa Lokki Kecamatan Huamual Kabupaten Seram Bagian Barat." *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu* 1.2 (2023): 47-52.
- [4] Nugroho, Sutopo Purwo. "Analisis Curah Hujan Penyebab Banjir Besar di Jakarta pada Awal Februari 2007." *Jurnal Air Indonesia* 4.1 (2008).
- [5] Imbauan BMKG Menyusul Banjir yang Melanda Manado .Liputan6.com. 27 Januari 2023. 22 Desember 2023. <https://www.liputan6.com/news/read/5191649/2-imbau-bmkg-menyusul-banjir-yang-melanda-manado>.