

# KAJIAN METEOROLOGIS SAAT KEJADIAN BENCANA HIDROMETEOROLOGIS DI MALUKU UTARA (STUDI KASUS : 15-16 JANUARI 2021)

Vina Sabrina<sup>1)\*</sup>, Mukhamad Adib Azka<sup>2)</sup>, Prabu Aditya Sugianto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>BMKG (Stasiun Meteorologi Gamar Malamo Galela, Halmahera Utara)

<sup>2)</sup>BMKG (Stasiun Meteorologi Sultan Babullah, Ternate)

<sup>3)</sup>BMKG (Stasiun Meteorologi Ranai, Natuna)

\*Korespondensi: vinasabrina9@gmail.com

## ABSTRACT

*Hydrometeorological disasters hit parts of North Maluku Province on 15-16 January 2021. North Halmahera and Ternate City were areas that experienced a significant impact at the time of the incident. A number of sub-districts in North Halmahera were hit by flash floods. Apart from that, heavy rain accompanied by strong winds also hit Ternate City. Therefore, it is very important to analyze the atmospheric conditions that caused the hydrometeorological disaster. The analysis was carried out using sea surface temperature data, ENSO index, streamline, Himawari-8 satellite imagery, Ternate weather radar, and surface observation data. The method used is descriptive analysis. Each parameter will be analyzed so that it can be seen the atmospheric conditions that cause the hydrometeorological disaster to occur. Based on the analysis, it can be concluded that the incidence of heavy rain accompanied by strong winds that hit the North Maluku region on January 15-16, 2021 was caused by shear and convergence, causing convective clouds to gather in the North Maluku region. In addition, the weak La Nina phenomenon and warmer than normal sea surface temperatures have caused the mass of water vapor to be concentrated in the Western Pacific Ocean (Eastern Indonesia Region).*

**Keywords :** *hydrometeorological disaster, ENSO, shear, convergence*

## ABSTRAK

Bencana hidrometeorologi melanda sebagian wilayah di Provinsi Maluku Utara pada tanggal 15-16 Januari 2021. Kabupaten Halmahera Utara dan Kota Ternate merupakan wilayah yang mengalami dampak signifikan pada saat kejadian tersebut. Sejumlah kecamatan di wilayah Halmahera Utara diterjang banjir bandang. Selain itu, hujan lebat yang disertai angin kencang juga melanda Kota Ternate. Oleh karena itu, sangat penting dilakukan analisis kondisi atmosfer penyebab bencana hidrometeorologi tersebut. Analisis dilakukan dengan menggunakan data suhu permukaan laut, indeks ENSO, *streamline*, citra satelit Himawari-8, radar cuaca Ternate, dan data pengamatan permukaan. Metode yang digunakan yaitu analisis deskriptif. Masing-masing parameter akan dianalisis sehingga dapat diketahui keadaan atmosfer yang menjadi penyebab bencana hidrometeorologi tersebut terjadi. Berdasarkan analisis dapat disimpulkan bahwa kejadian hujan lebat disertai angin kencang yang melanda wilayah Maluku Utara tanggal 15-16 Januari 2021 disebabkan oleh adanya belokan massa udara (*shear*) dan konvergensi sehingga menyebabkan awan-awan konvektif akan berkumpul di wilayah Maluku Utara. Selain itu, fenomena La Nina lemah dan suhu permukaan laut yang lebih hangat dari normalnya menyebabkan massa uap air terkonsentrasi di Samudera Pasifik bagian Barat (Wilayah Indonesia Timur).

**Kata Kunci :** bencana hidrometeorologi, ENSO, *shear*, konvergensi

## PENDAHULUAN

Bencana Hidrometeorologis merupakan bencana yang disebabkan karena adanya ketidakstabilan pada kondisi iklim, siklus hidrologi dan perubahan lingkungan yang terjadi di permukaan bumi yang dapat menyebabkan terjadinya banjir bandang, kekeringan, tanah longsor, angin puting beliung dan kerusakan ekosistem (Hermon, 2012). Berdasarkan laporan Badan Penanggulangan Bencana Daerah, Bencana hidrometeorologis melanda sebagian wilayah di Provinsi Maluku Utara pada tanggal 15-16 Januari 2021 lalu. Kabupaten Halmahera Utara dan Kota Ternate merupakan wilayah yang mengalami dampak signifikan pada saat kejadian tersebut. Sejumlah kecamatan di wilayah Halmahera Utara diterjang banjir bandang. Hal ini menyebabkan putusnya jembatan penyebrangan penghubung antar kampung di Desa Roko (Kompas.com). Hujan lebat yang disertai angin kencang juga melanda Kota Ternate yang mengakibatkan rusaknya beberapa fasilitas umum dan menyebabkan pohon tumbang yang menimpa satu unit truk yang sedang terparkir di pinggir jalan (Kieraha.com).

Peristiwa tersebut terjadi karena adanya hujan dengan intensitas lebat dan angin kencang yang terjadi dalam waktu yang lama. Berdasarkan pengamatan curah hujan dari Stasiun Meteorologi Gamar Malamo, Halmahera Utara, curah hujan selama 24 jam terukur 232.0 mm pada tanggal 15 Januari 2021 dan 170.6 mm pada tanggal 16 Januari 2021, serta dari observasi cuaca Stasiun Meteorologi Sultan Babullah Ternate curah hujan pada tanggal 15 Januari 2021 terukur 74.9 mm dan 27.0 mm pada tanggal 16 Januari 2021 dengan angin maksimum 16 knots yang terjadi pada pukul 03.00 WIT. Namun data ini belum mampu mengimplementasikan apa yang menyebabkan terjadinya bencana hidrometeorologis pada saat kejadian tersebut. Sehingga diperlukan analisis terhadap kondisi atmosfer pada saat kejadian tersebut.

Untuk dapat mengetahui penyebab kejadian bencana hidrometeorologis tersebut perlu dilakukan analisis terhadap fenomena cuaca skala regional maupun lokal. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh juga dapat digunakan untuk menganalisis kondisi atmosfer

saat kejadian bencana hidrometeorologis (Kristianto, 2018). Identifikasi kondisi atmosfer pada saat kejadian puting beliung dapat diamati menggunakan citra satelit (Saragih, 2020). Analisis fase pertumbuhan awan pada saat kejadian banjir dapat diidentifikasi menggunakan pengamatan cuaca berbasis citra satelit dan citra radar (Habib, 2018).

Pada penelitian ini analisis kejadian bencana hidrometeorologis di Maluku Utara diidentifikasi menggunakan pengamatan cuaca dengan penginderaan jauh menggunakan citra satelit dan radar untuk mengetahui penyebab terjadinya bencana tersebut serta mengidentifikasi fase pertumbuhan awan. Selain itu analisis terhadap fenomena cuaca global dan regional juga dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pembentukan awan di wilayah Maluku Utara.

## METODE

Analisis dilakukan pada saat kejadian ekstrem berupa hujan lebat dan angin kencang yang berdampak banjir dan pohon tumbang melanda wilayah Maluku Utara pada 15-16 Januari 2021. Data yang digunakan dalam proses analisis antara lain :

**Tabel 1.** Data analisis dan sumbernya

No	Data	Sumber
1	Suhu Permukaan Laut	BMKG
2	Indeks ENSO	BoM
3	<i>Streamline</i>	BoM
4	Satelit Himawari-8	BMKG
5	Radar Cuaca Ternate	BMKG
6	Data Pengamatan Permukaan	BMKG

Metode yang digunakan pada kajian kondisi atmosfer kasus kejadian ekstrem di wilayah Maluku Utara yaitu analisis deskriptif. Masing-masing parameter (Tabel 1) akan dianalisis sehingga dapat diketahui kondisi atmosfer yang menjadi penyebab kejadian ekstrem tersebut.

Data satelit yang digunakan pada penelitian ini yaitu data satelit himawari-8 sensor infrared kanal-13 yang kemudian diolah menggunakan aplikasi SATAID GMSLPD sehingga akan diketahui keadaan atmosfer pada saat bencana hidrometeorologis tersebut terjadi. Menurut Handoko (2006), awan-awan yang memiliki suhu puncak yang dingin berpotensi menyebabkan hujan. Sedangkan menurut Parwati, dkk (2008), awan dengan suhu 195-235 K atau -78°C - -40°C berpotensi kuat dalam proses pembentukan hujan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

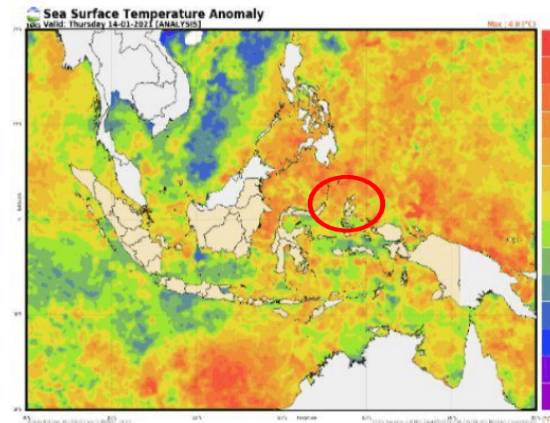
Analisis cuaca dalam skala global, regional dan lokal digunakan untuk menyelidik penyebab terjadinya bencana meteorologis dari sisi meteorologi di wilayah Maluku Utara tanggal 15 dan 16 Januari 2021.

### ANALISIS CUACA SKALA GLOBAL

Pengaruh fenomena skala global umumnya lebih berkaitan dengan kejadian cuaca/iklim dalam skala bulanan dan skala spasial yang cukup luas (Zakir dkk, 2010). Adapun pengaruh global yang akan dibahas dalam pembahasan ini yaitu berupa parameter Suhu Permukaan Laut (SPL), dan ENSO.

### ANALISIS SUHU PERMUKAAN LAUT

Curah hujan sebagai output dari proses fisis dan dinamis atmosfer sangat erat dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah Suhu Permukaan Laut (SPL). Semakin hangat nilai SPL, maka akan semakin banyak pula uap air yang didistribusikan ke atmosfer sehingga pada akhirnya meningkatkan kemungkinan terjadinya hujan. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian menunjukkan keterkaitan yang erat antara SPL dan curah hujan pada ketiga wilayah tipe curah hujan yaitu monsunal, ekuatorial dan local (Aldrian.,dkk,2003).

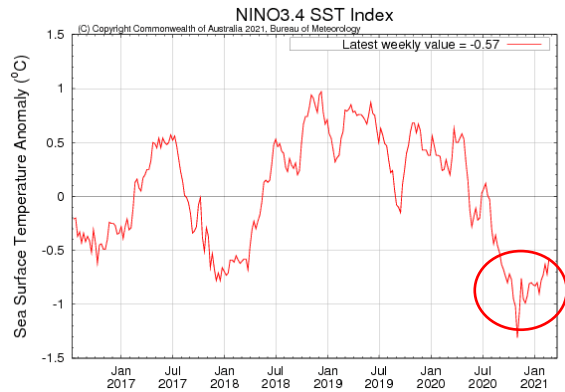


**Gambar 1.** Anomali Suhu Permukaan Laut 15 Januari 2021

Berdasarkan analisis anomali SPL di sekitar Perairan Maluku Utara (Gambar 1) menunjukkan peningkatan nilai SPL di sekitar Perairan Maluku Utara berkisar antara 0-2°C dibanding normalnya. SPL yang lebih hangat (meningkat) pada suatu perairan daripada keadaan normalnya meningkatkan potensi terjadinya penguapan yang lebih intens sehingga mengakibatkan terbentuknya kumpulan awan-awan konvektif yang berpotensi menyebabkan terjadinya hujan di sekitar perairan tersebut. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Mulyana (2000) yang menyatakan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara SPL di Laut Flores yang merupakan salah satu perairan di sekitar Pulau Jawa dengan curah hujan di Pulau Jawa.

### ANALISIS INDEKS ENSO (*ELNINO SOUTHERN OSCILATION*) NINO 3.4

Variabilitas curah hujan di wilayah Maluku sangat dipengaruhi oleh fenomena ENSO. Menurut penelitian dari Elake, dkk (2018) yang meneliti korelasi antara ENSO, Monsun, dan Dipole Mode dengan variabilitas curah hujan di wilayah Maluku didapatkan bahwa naik turunnya curah hujan pada ketiga wilayah pola hujan (ekuatorial, monsunal dan local) yang berbeda di Maluku sangat dipengaruhi oleh fenomena ENSO.



**Gambar 2.** Indeks ENSO Nino 3.4

Berdasarkan nilai indeks ENSO yaitu NINO 3.4 pada bulan Januari 2021 (Gambar 2), terdapat nilai -0.57 pada periode tersebut yang mengindikasikan terjadinya fenomena La Nina lemah sehingga terjadi peningkatan suplai uap air bergerak dari Pasifik Timur menuju ke Pasifik Barat (wilayah Indonesia bagian Timur). Peningkatan suplai uap air tersebut berkorelasi dengan potensi peningkatan pembentukan awan hujan di wilayah Indonesia bagian Timur cukup signifikan (Lestari, dkk, 2016).

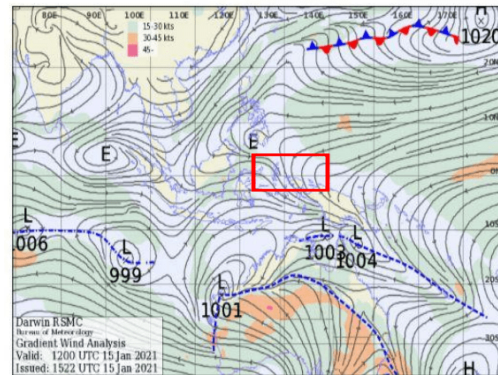
### ANALISIS CUACA SKALA REGIONAL

Pendekatan analisis cuaca skala regional dilakukan dengan menyelidik kondisi cuaca suatu tempat yang dipengaruhi oleh fenomena cuaca dalam skala spasial 1000 – 2500 km dalam skala waktu harian hingga mingguan (Bergeron, 1981). Contoh fenomena cuaca skala regional adalah keadaan streamline angin dalam lingkup regional, siklon tropis, dan tekanan udara.

### ANALISIS STREAMLINE ANGIN

Keadaan pola angin dalam lingkup suatu wilayah tertentu dapat mempengaruhi pembentukan awan di suatu wilayah. Pembelokan, perlambatan serta pertemuan angin ditengarai menyebabkan pertumbuhan awan-awan konvektif yang menyebabkan terjadinya hujan lebat. Misalnya hujan ekstrem yang menyebabkan tanah longsor di wilayah Melawi tanggal 28 Februari 2019 dipicu oleh salah satunya adanya daerah belokan angin dan daerah pertemuan angin yang diikuti perlambatan kecepatan angin menimbulkan pertumbuhan awan-awan konvektif yang

menghasilkan hujan ekstrem tersebut (Efendi, dkk, 2019).



**Gambar 3.** Streamline angin tanggal 15 Januari 2021

Berdasarkan analisis streamline angin di sekitar wilayah Indonesia (Gambar 3), dapat diketahui bahwa terdapat daerah belokan angin (shearline) dan konvergensi atau pertemuan angin di wilayah Maluku Utara tanggal 15 Januari 2021. Adanya belokan angin dan pertemuan angin tersebut menyebabkan pertumbuhan awan-awan konvektif yang memicu terjadinya hujan lebat.

### ANALISIS CUACA SKALA LOKAL

Pendekatan analisis cuaca skala lokal dilakukan dengan menyelidik kondisi cuaca suatu tempat yang dipengaruhi oleh fenomena cuaca dalam skala spasial puluhan km dalam skala waktu menit hingga beberapa jam (Emanuel, 1986). Contoh fenomena cuaca skala lokal adalah stabilitas cuaca dalam lingkup lokal, angin darat dan angin laut, angin gunung dan lembah.

### ANALISIS DATA PENGAMATAN CURAH HUJAN

Pengamatan curah hujan dilakukan untuk mengukur seberapa besar curah hujan yang turun di suatu lokasi. Pada umumnya, satuan pengukuran dari curah hujan yaitu dalam millimeter. Satu millimeter hujan diartikan bahwa pada luasan satu meter persegi suatu tempat datar, tertampung air hujan setinggi satu millimeter.

Berdasarkan klasifikasi intensitas curah hujan harian menurut BMKG, curah hujan

terbagi atas intensitas ringan, sedang, lebat, sangat lebat dan ekstrem sebagaimana yang dijelaskan pada table 2 berikut:

**Tabel 2** Kriteria Intensitas Curah Hujan BMKG

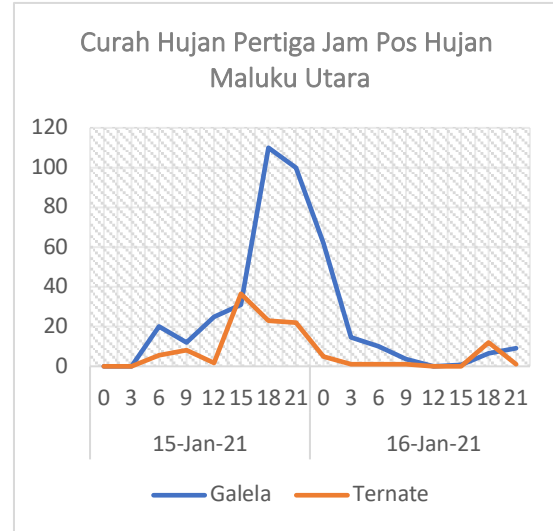
Kriteria	Curah Hujan Harian
Ringan	0,1- 20 mm/hari
Sedang	20 – 50 mm/hari
Lebat	50 – 100 mm/hari
Sangat Lebat	100 – 150 mm/hari
Ekstrem	>150 mm/hari

Berikut ini merupakan data pengamatan curah hujan (mm) di pos pengamatan curah hujan di wilayah Maluku Utara.

**Tabel 3** Data curah hujan tanggal 15-16 Januari 2021 di Pos Hujan Maluku Utara

Pos Hujan	15 Januari 2021	16 Januari 2021
Galela	232,0	170,6
Ternate	74,9	27,0
Labuha	28,0	2,8
Sanana	TTU	2,0

Berdasarkan tabel 3 di atas, dapat disimpulkan bahwa pada tanggal 15-16 Januari 2021 terjadi curah hujan di seluruh pos hujan di wilayah Maluku Utara. Curah hujan dengan intensitas ekstrem terjadi di wilayah Galela Halmahera Utara, sementara curah hujan ringan hingga lebat terjadi di wilayah Ternate, Labuha dan Sanana. Hal ini menunjukkan bahwa faktor-faktor pembentukan awan-awan konvektif dalam skala global, regional dan local yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya mempengaruhi pembentukan awan-awan konvektif penghasil hujan yang terjadi cukup luas di wilayah Maluku Utara sehingga menyebabkan terjadinya hujan di seluruh pos hujan di wilayah Maluku Utara.



**Gambar 4.** Grafik curah hujan pertiga jam Pos Hujan Maluku Utara

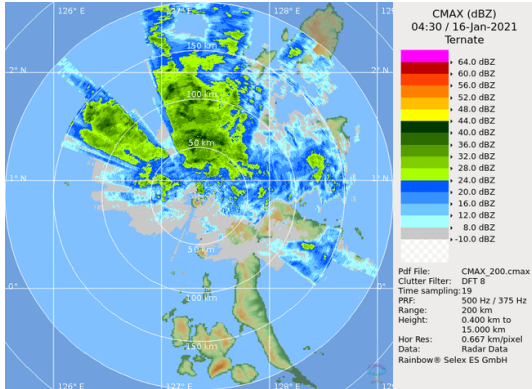
Jika ditinjau berdasarkan grafik curah hujan per tiga jam (Gambar 4), maka dalam pembahasan ini penulis mencoba membandingkan periode terjadinya hujan antara dua pos hujan yang curah hujannya signifikan yaitu pos hujan Galela yang berlokasi di Halmahera Utara dan pos hujan Ternate. Tujuan daripada pembuatan grafik ini agar dapat dijadikan patokan waktu mulai dan berakhirnya hujan serta dapat dijadikan patokan dalam menganalisis waktu fase pertumbuhan awan dengan menggunakan citra satelit cuaca maupun radar cuaca.

Pada pos hujan Galela dan Ternate mulai tercatat terjadinya hujan pada pukul 06.00 UTC tanggal 15 Januari 2021 dan berakhir pada pukul 12.00 UTC tanggal 16 Januari 2021.

### ANALISIS DATA CITRA RADAR CUACA

Pada analisis cuaca dengan memanfaatkan radar cuaca ini, digunakan produk CMAX untuk melihat perkembangan cuaca di wilayah Maluku Utara.

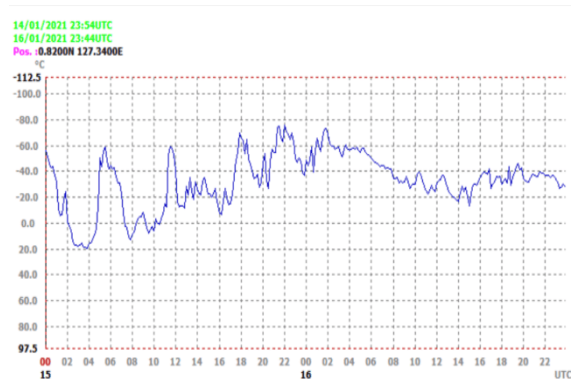
Produk CMAX pada dasarnya merupakan turunan dari produk MAX dengan menampilkan nilai reflektivitas maksimum dari suatu kolom vertikal. Produk ini dapat dimanfaatkan untuk menganalisis fase pertumbuhan hingga punah awan konvektif (Wardoyo, 2015).



**Gambar 5.** Citra radar cuaca wilayah Maluku Utara produk CMAX

Pada gambar 5 terlihat bahwa awan-awan Cumulonimbus menyelimuti sebagian wilayah Maluku Utara yang terdampak angin kencang dan hujan lebat seperti Kota Ternate, Halmahera Barat, dan Halmahera Utara. Proses konvektif terjadi fluktuatif dalam rentang tanggal 15-16 Januari 2021. Proses kovektif tersebut menyebabkan terjadinya hujan sedang disertai angin kencang yang melanda beberapa wilayah di Maluku Utara.

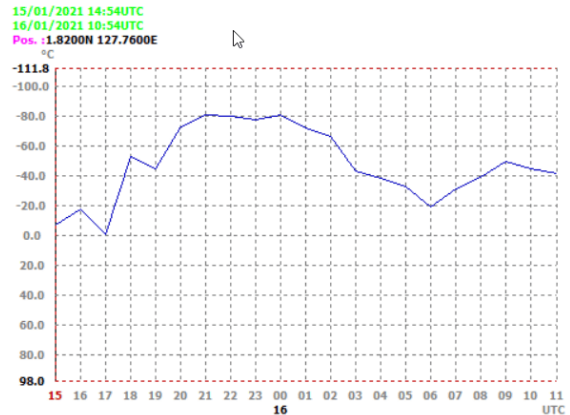
### ANALISIS DATA CITRA SATELIT HIMAWARI -8



**Gambar 6.** Time series Suhu Puncak Awan di wilayah Ternate

Pada gambar *time series* suhu puncak awan di wilayah Ternate terlihat bahwa selama tanggal 15-16 Januari 2021 kondisi suhu puncak awan sangat fluktuatif dan didominasi oleh awan-awan dengan suhu puncak yang dingin. Ketika terjadi perubahan suhu puncak awan yang signifikan dapat disimpulkan bahwa awan

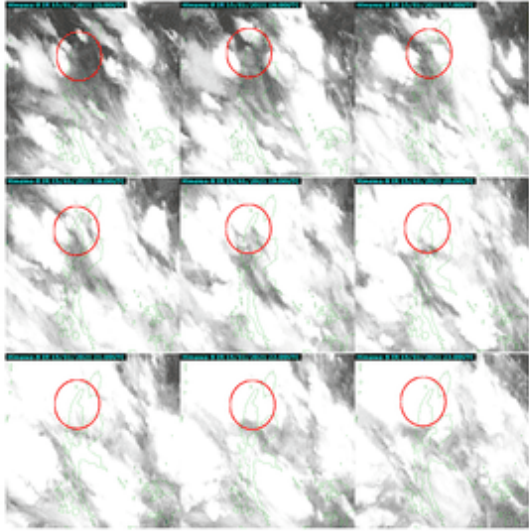
tersebut merupakan awan Cumulonimbus yaitu terjadi pada pukul 05.00 UTC (13.00 WIT), pukul 11.00 UTC (20.00 WIT), dan pukul 18.00 - 02.00 UTC (03.00 - 11.00 WIT). Setelah pukul 03.00 UTC (12.00 WIT) suhu puncak awan berangsur naik dan dapat disimpulkan telah terjadi fase peluruhan.



**Gambar 7.** Time series Suhu Puncak Awan di wilayah Galela

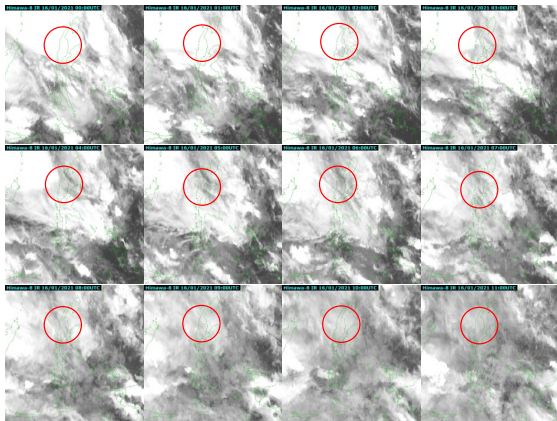
Sementara itu, pada gambar *time series* suhu puncak awan di wilayah Galela (Halmahera Utara) tanggal 15-16 Januari 2021 terjadi penurunan suhu puncak awan terjadi sejak pukul 17.00 UTC dan Awan Cb mulai terlihat pada pukul 18.00 UTC tanggal 15 Januari 2021. Awan Cb terus terpantau keberadaannya hingga pukul 03.00 UTC tanggal 16 Januari 2021. Kemudian awan mengalami kenaikan suhu hingga pukul 07.00 UTC pada 16 Januari 2021 dan kembali menurun hingga pukul 09.00 dan awan Cb kembali muncul namun dalam durasi yang singkat dan pada pukul 10.00 dan 11.00 keberadaan awan Cb sudah tidak terdeteksi lagi.

Analisis terhadap Citra dari Kanal IR Juga perlu dilakukan untuk mengetahui pola pergerakan awan secara spasial. Sehingga dapat di ketahui wilayah mana saja yang mengalami hujan dengan intensitas ekstrem. Suhu puncak awan dapat di Identifikasi menggunakan citra dari kanal IR. Semakin putih warna yang ditunjukkan pada citra menandakan suhu puncak awan yang semakin dingin, sementara bila suhu puncak awan berwarna gelap menandakan suhu puncak awan yang lebih hangat.



**Gambar 8.** Citra Satelit Kanal IR (B13) Tanggal 15 Januari 2021 pukul 15.00-23.00 UTC

Hasil interpretasi Citra satelit kanal IR/B13 (Gambar 8) menunjukkan bahwa suhu puncak awan pada pukul 15.00—17.00 UTC terpantau masih cukup tinggi. Pergerakan masa udara terlihat bergerak dari arah tenggara. Hal ini terlihat dari citra yang masih menunjukkan warna gelap di wilayah Ternate dan Halmahera Utara. Penurunan suhu mulai terdeteksi mulai pukul 18.00—19.00 UTC. Kemudian penurunan suhu semakin meluas dan massa udara terus mengalami pergerakan dari arah tenggara sejak pukul 20.00 UTC. hingga pukul 23.00 UTC. Hal ini menunjukkan keberadaan awan Cb di wilayah Ternate dan Halmahera Utara yang dapat diketahui dari citra yang menunjukkan warna yang semakin terang.



**Gambar 9.** Citra Suhu Puncak Awan dari Kanal IR (B13) Tanggal 16 Januari 2021 pukul 00.00-11.00 UTC

Pada tanggal 16 Januari 2021 pukul 00.00—03.00 UTC citra suhu puncak awan (Gambar 9) masih menunjukkan warna putih terang yang berarti suhu puncak awan masih bernilai rendah/ dingin. Suhu puncak awan terpantau mengalami penurunan mulai pukul 04.00—08.00 UTC namun masih menunjukkan warna yang cukup terang. Pada pukul 09.00 UTC citra menunjukkan warna yang semakin menggelap hingga pukul 11.00 UTC. Hal ini menandakan suhu puncak awan mengalami kenaikan sehingga awan Cb sudah memasuki fase peluruhan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa kejadian hujan lebat disertai angin kencang yang melanda wilayah Maluku Utara tanggal 15-16 Januari 2021 disebabkan oleh adanya belokan massa udara (*shear*) di wilayah Perairan Maluku Utara dan konvergensi atau pertemuan massa udara di wilayah Maluku Utara. Belokan massa udara dan pertemuan massa udara tersebut menyebabkan awan-awan konvektif bergerak dari arah tenggara dan berkumpul di wilayah Maluku Utara. Selain itu, fenomena La Nina lemah dan suhu permukaan laut yang lebih hangat dari normalnya menyebabkan massa uap air terkonsentrasi di Samudera Pasifik bagian Barat (Wilayah Indonesia Timur) yang menyebabkan kemungkinan tumbuhnya awan-awan konvektif penyebab hujan semakin tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., dan R. D. Susanto (2003) Identification Of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship To Sea Surface Temperature, *International Journal Of Climatology*, Int. J. Climatol, 23: 1435-1452. Wiley InterScience.
- Bergeron T. (1981) Synoptic Meteorology: An Historical Review. In: Liljequist G.H. (eds) *Weather and Weather Maps*. Contributions

- to Current Research in Geophysics. Birkhäuser, Basel. [https://doi.org/10.1007/978-3-0348-5148-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-5148-0_2)
- Efendi, A. N., Siwi K., Firman S. B. (2019). Analisis Hujan Ekstrem Penyebab Tanah Longsor di Melawi Memanfaatkan Data Radar dan Satelit Cuaca (Studi Kasus Tanggal 28 Februari 2019). Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6 Tahun 2019
- Elake, A.Y., Merlin T., Pieldrie N. (2018). Korelasi Multivariabel ENSO, MONSUN, dan Dipole Mode terhadap Variabilitas Curah Hujan di Maluku. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. <https://doi.org/10.30598/vol12iss1pp7-16ar359>
- Emanuel K.A. (1986) Overview and Definition of Mesoscale Meteorology. In: Ray P.S. (eds) *Mesoscale Meteorology and Forecasting*. American Meteorological Society, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-935704-20-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-935704-20-1_1)
- Habib, A, dkk. (2019). Kajian Pertumbuhan Awan Hujan Pada Saat Banjir Bandang Berbasis Citra Satelit Dan Citra Radar (Studi Kasus : Padang, 2 November 2018) : *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*
- Handoko. (1994). *Klimatologi Dasar* : Pustaka Jaya. Jakarta
- Hermon, D. (2012). *Mitigasi Bencana Hidrometeorologi: Banjir, Lonsor, Ekologi, Degradasi Lahan, Puting Beliung, Kekeringan*. Padang : UNP Press
- Kristanto, A, dkk. (2018). Pemanfaatan Data Pengamatan Cuaca Berbasis Data Penginderaan Jauh dan Model Cuaca Numerik untuk Prakiraan Cuaca dalam Mengurangi Risiko Bencana Hidrometeorologi : *Jurnal Uhamka*.
- Lestasi, S., Jun-Ichi H., Fadli S., Sunaryo, Jun M., dan Manabu D. Y. (2016). ENSO Influences Rainfall Extremes around Sulawesi and Maluku Islands in the Eastern Indonesia Maritime Continent. *SOLA*, Vol. 12, 37–41, <https://doi:10.2151/sola.2016-008>
- Mulyana, E. (2000). Hubungan antara Anomali Suhu Permukaan Laut dengan Curah Hujan di Jawa. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 1, No. 2, 2000:125-132
- Saragih,R, dkk. (2020). Analisis Kondisi Atmosfer, Indeks Labilitas dan Citra Satelit Saat Kejadian Putting Beliung di Pontianak Kalimantan Barat (Studi Kasus 17 Juli 2020) : *Jurnal Fisika UNNES*
- Parwati, Suwarsono, Yulianto, F., Suprpto, T., (2008). Penentuan Nilai Ambang Batas untuk Potensi Rawan Banjir dari Data MTSAT dan QMORPH : *Jurnal LAPAN*. Jakarta
- Wardoyo, E. (2015). *Pengantar Aplikasi Radar Cuaca*, Tangerang Selatan.
- Zakir, A., Sulistya, W., dan Khotimah, M. K., (2010) *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- <https://regional.kompas.com/read/2021/01/17/15231471/banjir-di-halmahera-utara-ribuan-warga-bertahan-di-sejumlah-titik diakses pada 25 April 2021>
- <https://kieraha.com/ragam/rantau/39295/peringatan-dini-cuaca-ekstrem-maluku-utara-per-16-januari/ diakses pada 25 April 2021>