

IDENTIFIKASI AWAN KONVEKTIF DAN ANALISIS KONDISI ATMOSFER KEJADIAN HUJAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT HIMAWARI-8 (Studi Kasus: Banjir Kabupaten Probolinggo 08 Maret 2021)

MUHAMMAD IVAN RIZKI ZULIANDRY^{1*}, FAISAL MUTTAQIN¹, YOSAFAT DONNI HARYANTO²

¹Jurusan Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG) Jl. Perhubungan I No.5 Komplek BMKG Pondok Betung Bintaro, Pondok Aren, Tangerang Selatan, Banten Kode Pos 15221, Telp. (021) 73691621

²Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG) Jl. Perhubungan I No.5 Komplek BMKG Pondok Betung Bintaro, Pondok Aren, Tangerang Selatan, Banten Kode Pos 15221, Telp. (021) 73691621

Abstrak. Pada tanggal 08 Maret 2021, terjadi banjir yang disebabkan oleh hujan dengan intensitas tinggi di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, tepatnya di Kecamatan Dringu dengan ketinggian melebihi 100 cm. Analisis dilakukan menggunakan data satelit Himawari-8 yang diolah menggunakan SATAID dan GrADS. Data satelit Himawari-8 digunakan untuk mengetahui kondisi perawanan dan nilai indeks stabilitas atmosfer. Berdasarkan analisis dari data satelit Himawari- 8 dengan menggunakan SATAID dan GrADS, ditemukan adanya awan konvektif yaitu Cumulonimbus dan Cumulus. Berdasarkan kontur, visualisasi spasial, dan trend suhu puncak awan pada tanggal 05 Maret 2021 hingga 06 Maret 2021 dan 08 Maret 2021 menunjukkan adanya fase pertumbuhan, matang hingga penuh dengan inti awan yang diindikasikan sebagai awan Cumulonimbus mencapai -62.4°C dan -52.4°C . Hujan yang terjadi memiliki kemungkinan disertai adanya thunderstorm berdasarkan nilai indeks stabilitasnya. Namun, untuk hujan pada 08 Maret 2021 disebabkan oleh awan Cumulus berdasarkan dari nilai indeks SWEAT yang <170 . Meskipun demikian, penyebab banjir di Kecamatan Dringu terjadi akibat meluapnya air sungai Kedunggaleng hasil dari akumulasi hujan lebat pada 06 Maret 2021 dan hujan yang terjadi pada 08 Maret 2021.

Kata kunci: Hujan, Satelit Himawari-8, SATAID, GrADS, Indeks Stabilitas

Abstract. On March 8, 2021 there was a flood caused by high-intensity rain in Dringu District, Probolinggo Regency, East Java with a height exceeding 100 cm. The analysis was carried out using Himawari-8 satellite data which was processed using SATAID and GrADS. Himawari-8 satellite data is used to determine cloud conditions and atmospheric stability index values. Based on analysis of Himawari- 8 satellite data using SATAID and GrADS, convective clouds were found, namely Cumulonimbus and Cumulus. Based on the contours, spatial visualization, and trend of cloud top temperature on March 5, 2021 to March 6, 2021 and March 8, 2021, it was seen that Cb clouds formed starting from the growth phase, the mature phase, to the decay phase with cloud cores which are indicated as Cumulonimbus clouds reaching -62.4°C and -52.4°C . The rain that occurs has the possibility of being accompanied by a thunderstorm based by the stability index value. However, the rain on March 8 2021 was caused by Cumulus clouds based on the SWEAT index value which was <170 . Even so, the cause of flooding in Dringu District occurred due to the overflow of the Kedunggaleng river water as a result of the accumulation of heavy rains on March 6 2021 and rain that occurred on March 8 2021.

Keywords: Rain, Himawari-8 Satellite, SATAID, GrADS, Stability Index

1. Pendahuluan

Banjir adalah bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia yang terjadi akibat kerusakan lingkungan yang menyebabkan penurunan daya tampung dan daya simpan air hujan, sehingga sebagian besar air hujan dialirkan sebagai air limpasan atau runoff [1]. Banjir disebabkan oleh hujan dengan intensitas tinggi atau cuaca ekstrem yang menyebabkan volume air mengalami kenaikan [2]. Cuaca ekstrem adalah fenomena cuaca yang tidak normal, tidak lazim yang dapat menyebabkan kerugian terutama keselamatan jiwa dan harta benda [3]. Fenomena yang termasuk

*Email: muhammad.ivan.rizki.z@stmkg.ac.id

cuaca ekstrem merupakan fenomena yang dapat menimbulkan bencana atau korban jiwa, salah satunya adalah hujan lebat dengan intensitas ≥ 50 mm/hari. Salah satu kategori cuaca ekstem adalah hujan sangat lebat dengan intensitas hujan lebih dari 100 mm [4]. Hujan dengan intensitas 10-20 mm/jam atau ≥ 50 mm/hari disebut dengan hujan ekstrem [3].

Salah satu cara untuk mengamati fenomena cuaca dapat dilakukan dengan menggunakan sistem penginderaan jauh berupa interpretasi citra satelit [5]. Jenis awan dapat ditentukan dari hasil interpretasi citra satelit dimana pembentukan hujan terjadi pada awan dengan suhu puncak yang rendah [6]. Suhu puncak awan yang dapat menghasilkan curah hujan lebat berkisar antara 195-235 K atau -78°C hingga -45°C , sedangkan suhu puncak awan $>235\text{K}$ atau $>-45^{\circ}\text{C}$ dapat menghasilkan curah hujan ringan [7]. Adapun ambang batas tipe awan secara objektif dapat ditentukan menggunakan perbedaan suhu puncak awan dari beberapa produk satelit Himawari 8 yaitu IR, S1 dan S3. Awan dianggap sebagai awan Cumulonimbus jika pada kanal IR suhu puncak awan $<240\text{K}$ atau $<-50^{\circ}\text{C}$, dan irisan kanal S1 dan S3 masing- masing menunjukkan $<2\text{K}$ [8].

Salah satu data satelit yang realtime dan mudah diakses yaitu Satelit Himawari-8. Satelit Himawari-8 adalah satelit cuaca yang dioperasikan oleh Japan Meteorological Agency (JMA) sejak Juli 2015 hingga saat ini. Satelit Himawari-8 terdiri dari 16 kanal serta memiliki resolusi temporal 10 menit dan resolusi spasial 2 km [9]. Salah satu aplikasi untuk penggunaan data Satelit Himawari-8 adalah SATAID (Satellite Animation and Interactive Diagnosis). Aplikasi ini dikembangkan oleh Satellite Meteorological Center (SMC) Japan Meteorological Agency (JMA) untuk menganalisis citra satelit. Keunggulan aplikasi ini yaitu dapat menampilkan gambar satelit dari data binary dan dapat digunakan untuk belajar dan berlatih dalam mengasah kemampuan menganalisis, selain itu juga dapat digunakan dalam memantau situasi yang sebenarnya [10].

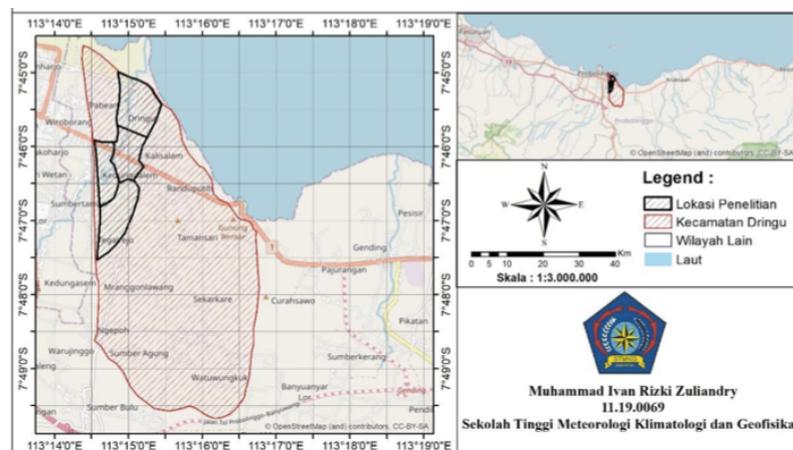
Menurut informasi dari BNPB, pada 08 Maret 2021 telah terjadi banjir di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur yang melanda Kecamatan Dringu tepatnya di Desa Dringu, Desa Kedungdalem, Desa Kalirejo, dan Desa Tegalrejo dengan ketinggian air melebihi 100 cm. Tidak ada korban jiwa ataupun terluka, namun sekitar 6 rumah rusak dan 1858 rumah terendam akibat banjir ini [11]. Banjir terjadi akibat hujan dengan intensitas tinggi yang menyebabkan meluapnya sungai Kedunggaleng ke jalan raya dan pemukiman warga di wilayah Dringu pada hari sabtu, 06 Maret 2021 pukul 21.00 WIB atau 14.00 UTC [11]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi awan penyebab hujan dan untuk mengetahui dinamika atmosfer sebelum dan saat terjadi fenomena hujan tersebut berdasarkan citra satelit Himawari-8.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian yang diambil adalah pada wilayah kejadian banjir yaitu Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, tepatnya di Kecamatan Dringu dengan koordinat $7^{\circ}44'18''$ - $7^{\circ}49'51''$ LS dan $113^{\circ}13'55''$ - $113^{\circ}16'52''$ BT. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit Himawari-8 periode 05 Maret 2021 jam 13.00 UTC hingga 08 Maret 2021 jam 23.00 UTC dengan format .z dan format .nc. Data format .z yang digunakan dari kanal VS, WV, dan IR yang akan diolah menggunakan SATAID untuk mengetahui suhu puncak awan secara temporal, kontur awan dan stabilitas atmosfer, sementara data format .nc yang digunakan dari kanal IR dan akan diolah menggunakan GrADS untuk menganalisis kondisi atmosfer dan suhu puncak awan secara spasial. Kedua data diperoleh dari subbid pengelolaan citra satelit BMKG. Data kedua adalah Data angin (u dan v) dengan format .nc untuk periode 05 Maret 2021 jam 13.00 UTC hingga 08 Maret 2021 jam 23.00 UTC yang akan diolah menggunakan GrADS untuk menampilkan stabilitas atmosfer dan

streamline. Data diperoleh melalui laman <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=form>.

Metode yang digunakan untuk menganalisis citra satelit Himawari-8 adalah dengan menggunakan SATAID. SATAID digunakan untuk menampilkan citra satelit Himawari-8 untuk mengetahui suhu puncak awan secara temporal, kontur awan dan indeks stabilitas atmosfer pada kondisi perawanan sebelum dan saat kejadian hujan secara objektif. Sedangkan data satelit Himawari-8 format.nc digunakan untuk menampilkan suhu puncak awan secara spasial yang diolah dengan GrADS. Data ECMWF ERA-5 dengan format .nc diolah menggunakan GrADS untuk menampilkan streamline pada lapisan permukaan, 925, 850, dan 700 mb. Setelah semua data diolah, selanjutnya dilakukan analisis dengan metode life history secara deskriptif. Perkembangan awan akan dijelaskan dengan melihat waktu hidupnya hingga punah, streamline dan stabilitas atmosfer dianalisis secara deskriptif.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Stabilitas atmosfer yang digunakan sebagai berikut :

a. LI (Lifted Index) adalah modifikasi dari Showalter indeks yang umumnya dipakai untuk melihat kelabilan dalam kondisi konvektif atmosfer dengan masing-masing nilai SI maupun LI memiliki nilai ambang batas berbeda untuk menduga potensi thunderstorm [12]. Bila LI dan SI positif menunjukkan atmosfer di troposfer bawah stabil, tetapi jika bernilai negatif menunjukkan atmosfer di troposfer bawah tidak stabil. Bila LI positif dan SI negatif menunjukkan atmosfer di lapisan planeter stabil, namun di atasnya tidak stabil. Begitupun sebaliknya bila LI negatif dan SI positif [13].

Tabel 1. Klasifikasi nilai *Lifted Index* (LI)

LI	Klasifikasi
≥ 6	Stabil
1 hingga 6	Stabil bersyarat dan badai petir tidak mudah tumbuh
0 hingga -2	Tidak stabil ringan, awan badai petir dan kilat mungkin timbul.
-2 hingga -6	Tidak stabil, badai petir kuat dengan kilat dapat terjadi
< -6	Sangat tidak stabil, badai petir sangat kuat dan kilat dapat terjadi

b. SWEAT indeks digunakan untuk menandai kondisi atmosfer yang berpotensi terjadi cuaca buruk, namun tetap memperhitungkan pemicu lain yang dapat mempengaruhi terjadinya cuaca buruk

[13]. Walaupun nilai indeks SWEAT yang rendah dapat menandakan tidak ada cuaca buruk yang terjadi, namun nilai indeks SWEAT dapat meningkat drastis selama periode 12 jam [14]. Klasifikasi nilai indeks SWEAT sebagai berikut [13]:

Tabel 2. Klasifikasi nilai *Severe Weather Threat* (SWEAT)

SWEAT	Klasifikasi
170 - 230	Cuaca sedikit buruk dan terjadi pertumbuhan awan cumulus
230 - 250	Kemungkinan buruk dan mungkin terjadi badai petir
>250	Cuaca sangat buruk dan mungkin terjadi badai petir kuat

- c. KI (K Indeks) merupakan nilai ukuran untuk menaksir potensi badai petir berdasarkan lapse rate suhu vertikal dan kelembapan atmosfer akibat adanya gerak konvektif [14]. Menurut klasifikasi indeks K pada Tabel 3 dengan nilai indeks >40 menandakan konveksi yang tinggi [13].

Tabel 3. Klasifikasi nilai *K Index* (KI)

KI	Klasifikasi (%)
< 15	Kemungkinan badai petir hampir 0
15 - 20	Kemungkinan badai petir 20
21 - 25	Kemungkinan badai petir 20 - 40
26 - 30	Kemungkinan badai petir 40 - 60
31 - 35	Kemungkinan badai petir 60 - 80
36 - 40	Kemungkinan badai petir 80 - 90
> 40	Kemungkinan badai petir hampir 100

- d. Indeks TT (*Total Totals Index*) pertama kali diperkenalkan oleh Miller (1972) untuk mengidentifikasi wilayah dengan potensi untuk perkembangan badai [14]. Indeks TT adalah kombinasi dari Cross Total (CT) atau gabungan antara pengukuran kelembapan dan lapse rate dengan Vertical Total (VT) yang menginterpretasikan lapse rate lapisan 850 mb dengan 500 mb [16]. Klasifikasi nilai indeks TT sebagai berikut [13]:

Tabel 4. Klasifikasi nilai *Total Totals Index* (TT)

TT	Klasifikasi
< 50	Kemungkinan terjadi badai petir
50 - 55	Sangat memungkinkan terjadi badai petir, kemungkinan <i>severe</i>
> 55	Badai petir parah sangat mungkin terjadi

- e. CAPE (*Convective Available Potential Energy*) merupakan jumlah energi yang dimiliki oleh atmosfer untuk mengangkat massa udara secara adiabatik. Peningkatan nilai CAPE umumnya menyebabkan konveksi semakin kuat dikarenakan parcel udara semakin tidak stabil, sehingga nilai ini dapat digunakan sebagai indeks stabilitas atmosfer [12]. Klasifikasi nilai CAPE adalah sebagai berikut [15]:

Tabel 5. Klasifikasi nilai *Convective Available Potential Energy* (CAPE)

CAPE (J/Kg)	Klasifikasi
0 – 1000	Konveksi lemah, kemungkinan terjadi badai petir
1000 – 2500	Konveksi sedang, kemungkinan terjadi badai petir menguat
2500 – 4000	Konveksi kuat, badai petir hebat
> 4000	Konveksi sangat kuat, terjadi tornado

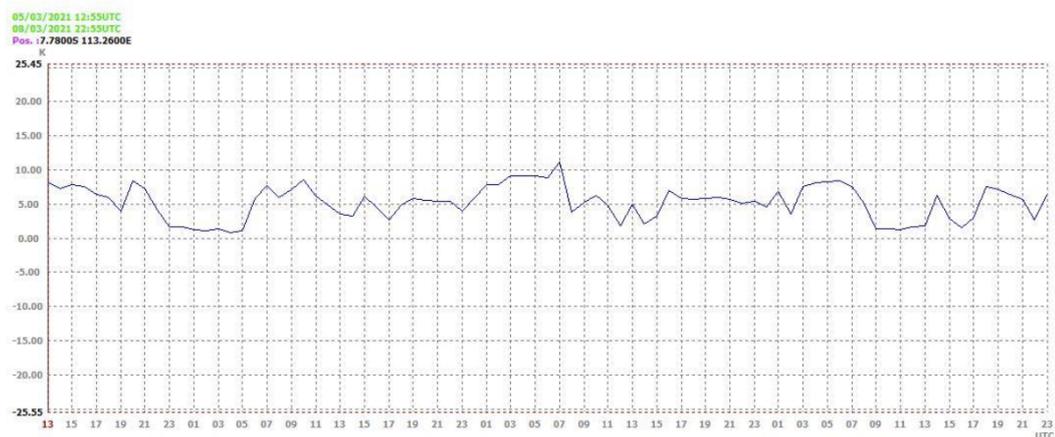
3. Hasil dan Diskusi

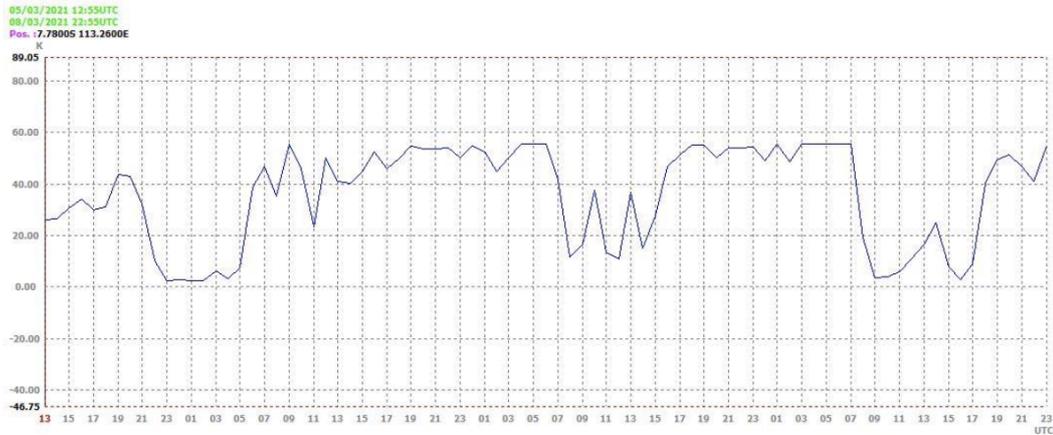
3.1 Analisis Kejadian Menggunakan Aplikasi SATAID

Seperti yang disebutkan sebelumnya, Satellite Animation and Interactive Diagnosis (SATAID) merupakan aplikasi yang dikembangkan oleh Satellite Meteorological Center (SMC) Japan Meteorological Agency (JMA) untuk menganalisis citra satelit [10], selain itu juga SATAID dapat digunakan dalam memantau kondisi atmosfer secara real time [17].

3.1.1 Analisis Jenis Awan secara Objektif

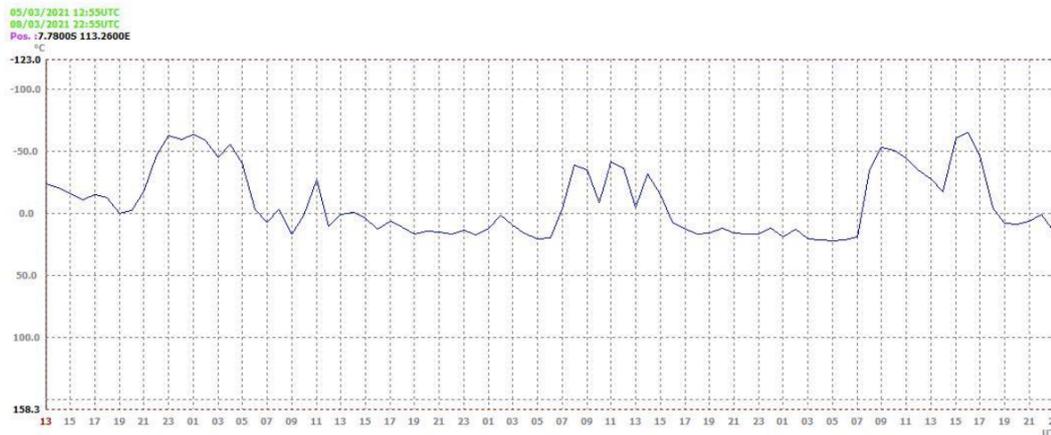
Metode objektif adalah metode pengolahan data satelit yang memanfaatkan sifat dan karakteristik dari tiap kanal menjadi produk citra satelit. Metode objektif diperlukan untuk dapat mendeteksi sebaran konvektif dengan akurat [18]. Untuk jenis awan dengan metode objektif dilihat berdasarkan suhunya. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, ambang batas tipe awan secara objektif dapat ditentukan menggunakan perbedaan suhu puncak awan dari beberapa produk satelit Himawari 8 yaitu IR, S1 dan S3. Suatu awan dianggap sebagai selawan Cumulonimbus jika pada kanal IR suhu puncak awan $<240\text{K}$ atau $<-50^\circ\text{C}$, dan irisan kanal S1 dan S3 masing-masing menunjukkan $<2\text{K}$. Kanal S1 adalah selisih dari kanal IR dengan IR2 atau I2, sementara kanal S3 adalah selisih dari kanal IR dengan WV [8].

**Gambar 2.** Time Series Kanal S1



Gambar 3. Time Series Kanal S3

Pada Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan time series dari kanal S1 dan S3. Terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 sekitar 05 Maret 2021 pukul 23.00 UTC hingga 06 Maret 2021 pukul 05.00 UTC sesuai dengan ketentuan awan konvektif nilainya $<2K$, begitu pula pada 08 Maret 2021 sekitar pukul 09.00 UTC hingga 11.00 UTC dan pukul 16.00 UTC masih sesuai dengan ketentuan. Kemudian pada dapat dilihat trend suhu puncak awan yang tertera pada Gambar 4 menunjukkan bahwa suhu puncak awannya pada 05 Maret 2021 pukul 23.00 UTC mencapai $-61.5^{\circ}C$, pada 06 Maret 2021 pukul 01.00 UTC mencapai $-62.4^{\circ}C$, dan pada 08 Maret 2021 pukul 09.00 UTC mencapai $-52.4^{\circ}C$, hal ini sesuai dengan syarat awan disebut sebagai sel awan cumulonimbus dengan ketentuan yaitu $<50^{\circ}C$.



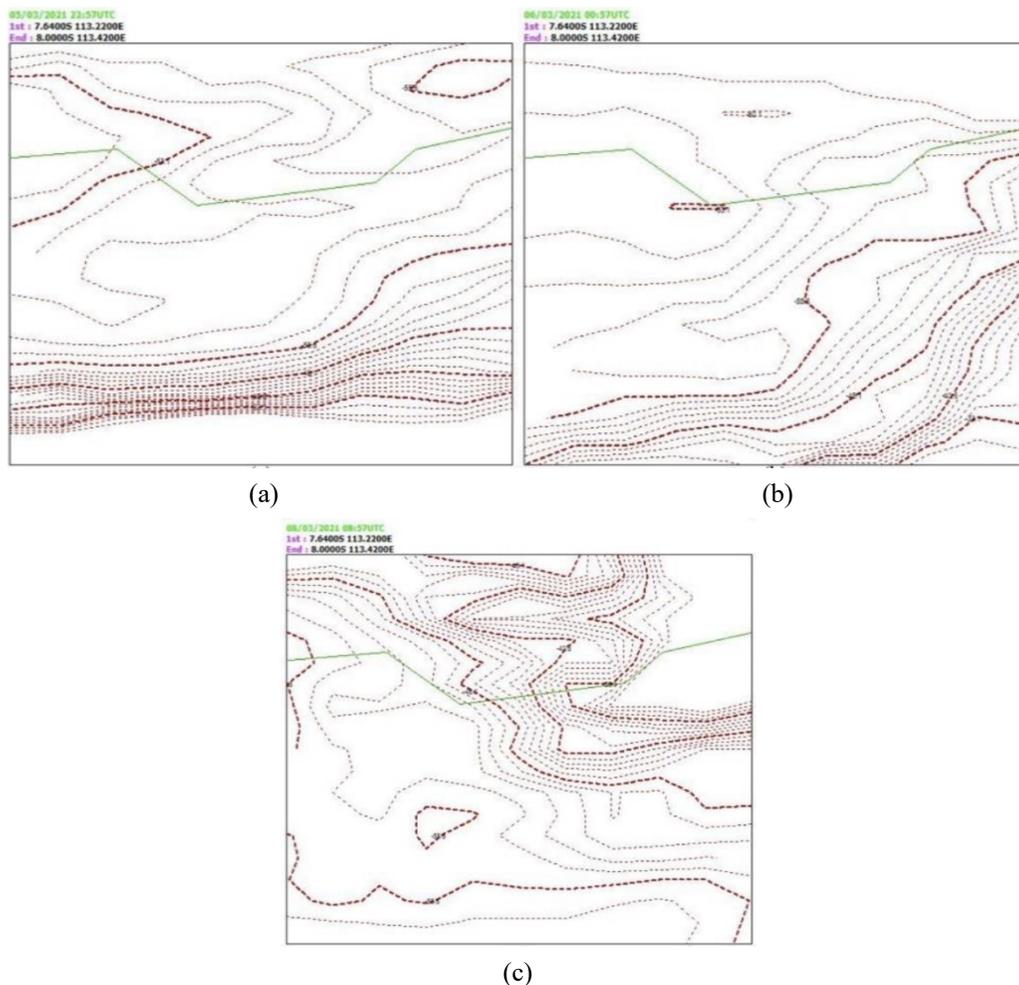
Gambar 4. Trend Suhu Puncak Awan

Berdasarkan Gambar 4 juga dapat dilihat fase awannya. Pada 05 Maret 2021 sekitar pukul 19.00 UTC sel awan mulai muncul dan berkembang hingga pukul 22.00 UTC. Sel awan terus tumbuh hingga mencapai fase matang pada pukul 23.00 UTC hingga 06 Maret 2021 pukul 02.00 UTC dengan suhu terendah $-62.4^{\circ}C$. Fase peluruhan dimulai pukul 05.00 UTC hingga pukul 07.00 UTC. Selama peluruhan terjadi hujan dengan intensitas tinggi yang menyebabkan meluapnya air sungai Kedunggaleng. Kemudian sel awan mulai tumbuh kembali pada 08 Maret 2021 pukul 07.00 UTC

hingga mencapai fase puncak pada pukul 09.00 UTC dan meluruh pada pukul 11.00 UTC hingga 14.00 UTC yang disertai dengan hujan, sehingga air sungai Kedunggaleng makin meluap dan menyebabkan banjir pada pukul 14.00 UTC. Secara umum suhu puncak awan mengalami penurunan dan peningkatan. Suhu puncak awan mengalami penurunan signifikan hingga suhu puncak awan mencapai -61.5°C pada 05 Maret 2021 pukul 23.00 UTC dan -62.4°C pada 06 Maret 2021 pukul 01.00 UTC. Suhu puncak awan yang rendah ini mengindikasikan adanya awan konvektif yang berpotensi menyebabkan hujan lebat saat itu.

3.1.2 Analisis Kontur Suhu Puncak Awan

Kontur suhu puncak awan menunjukkan penyebaran suhu puncak awan pada wilayah tertentu. Berdasarkan kontur suhu puncak awan pada Gambar 5 terlihat adanya awan dengan suhu puncak awan terendah mencapai $<-50^{\circ}\text{C}$ pada 05 Maret 2021 pukul 23.00 UTC, pada 06 Maret 2021 pukul 01.00 UTC, dan pada 08 Maret 2021 pukul 09.00 UTC yang merupakan inti awan yang diindikasikan sebagai awan cumulonimbus. Terdapat juga sel awan CB di sekitarnya yang dapat menjadi awan konvektif cukup besar jika bergabung.



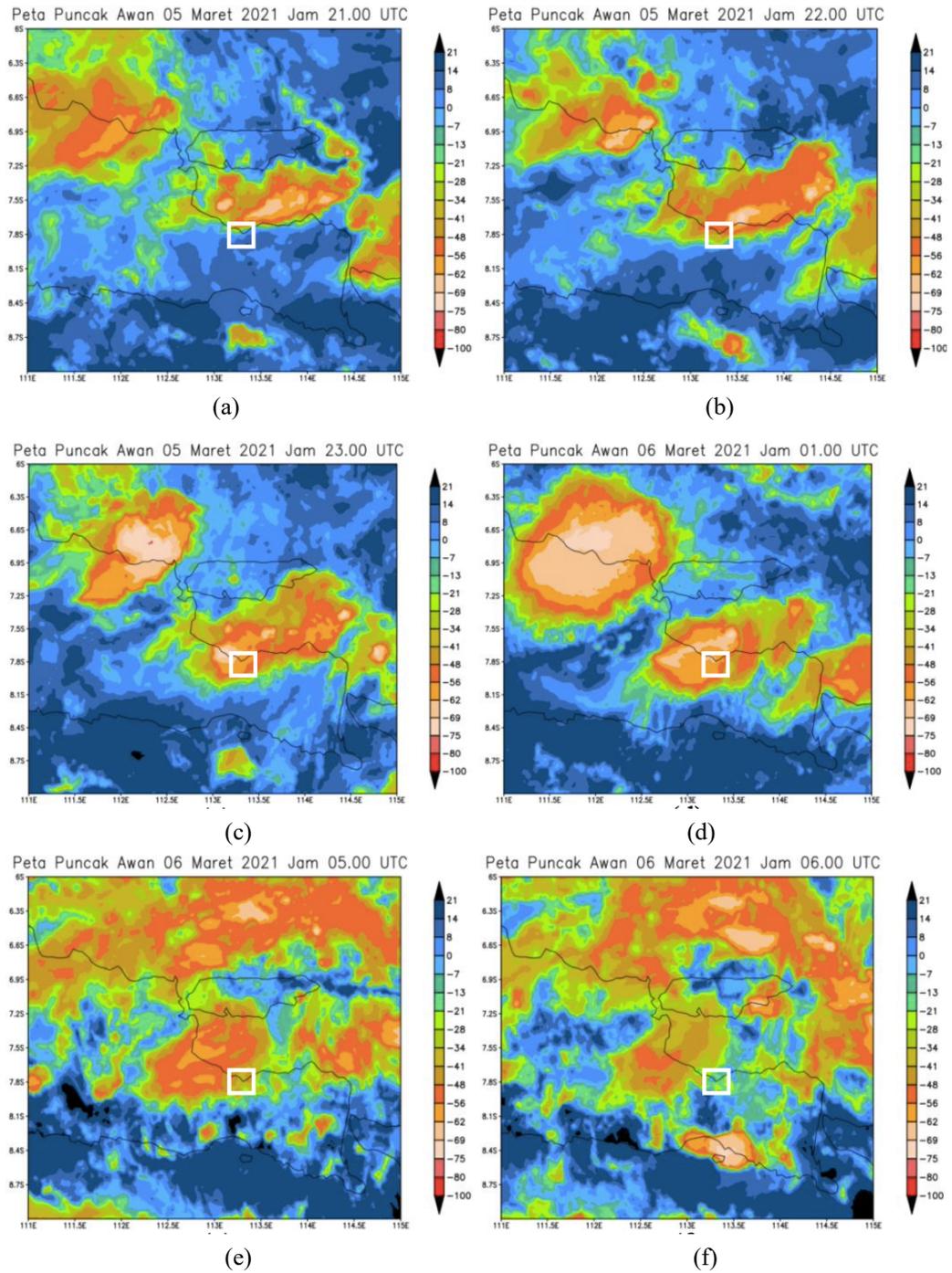
Gambar 5. Kontur Suhu Puncak Awan, (a) 05 Maret 2021 pukul 23.00 UTC, (b) 06 Maret 2021 pukul 01.00 UTC, dan (c) 08 Maret 2021 pukul 09.00 UTC.

3.2. Analisis Kejadian Menggunakan Aplikasi GrADS

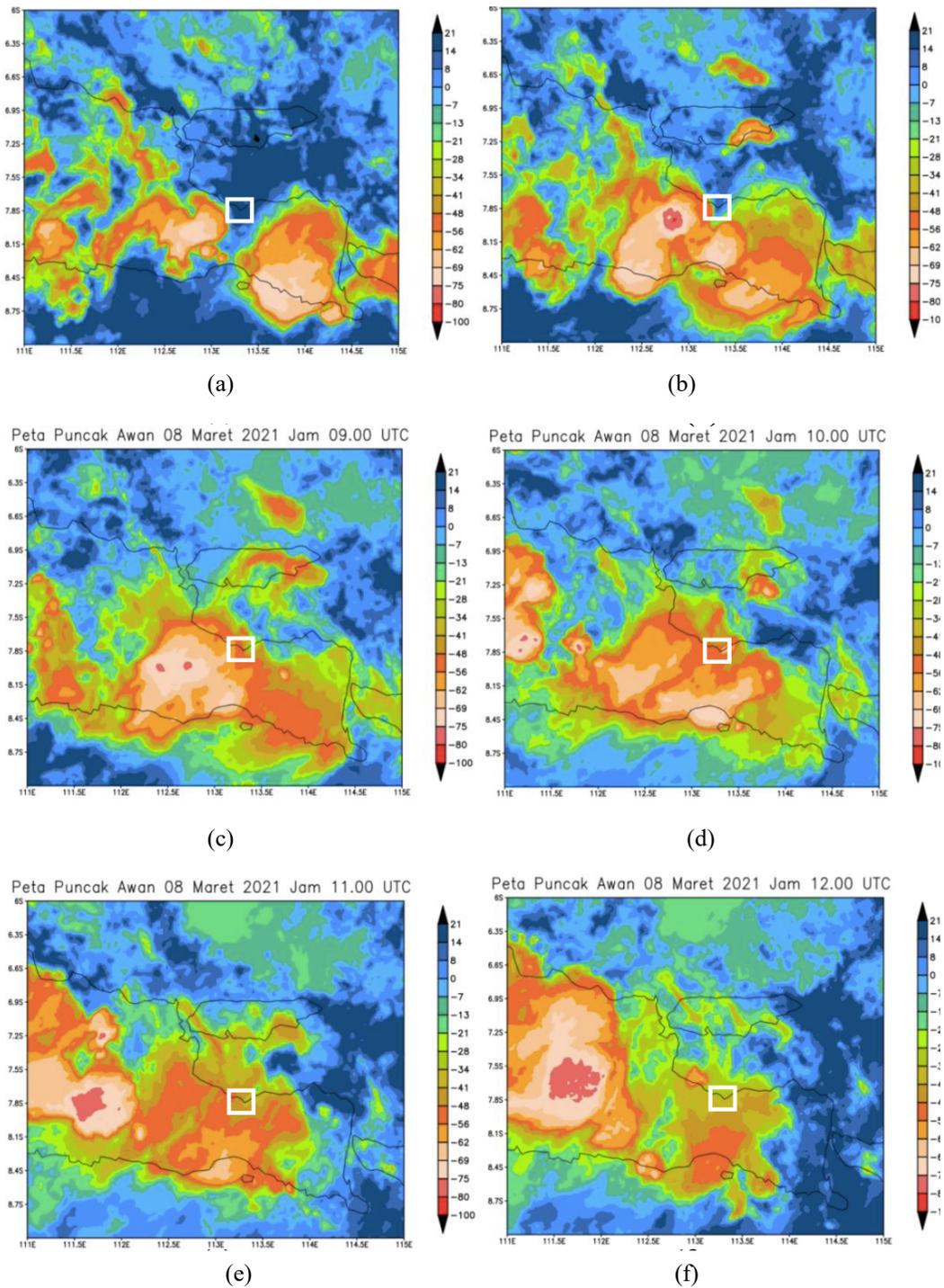
3.2.1 Analisis Suhu Puncak Awan

Berdasarkan suhu puncak awan yang diolah dengan menggunakan GrADS, maka dapat dibandingkan dan dicocokkan dengan trend suhu puncak awan pada Gambar 4. Suhu puncak awan yang tertera pada Gambar 6 merupakan suhu puncak awan yang terendah saat fase tumbuh, berkembang, matang, dan meluruh tanggal 05 - 06 Maret 2021. Pada (a) menunjukkan fase tumbuh saat suhu terendah berada antara 0°C hingga -21°C . Selanjutnya pada (b) awan terus berkembang dengan suhu terendah berada antara -34°C hingga -48°C . Sel awan semakin meluas dan menyatu hingga mencapai fase matang, seperti yang ditunjukkan pada (c) dan (d). Pada fase matang, suhu terendah awan berada antara -56°C hingga -69°C . Kemudian awan terlihat mulai mengalami peluruhan dengan suhu puncak awan yang terus meningkat. Ketika awan meluruh, suhu puncak awan terendah berada antara -34°C hingga 8°C seperti yang terlihat pada (e) dan (f).

Selanjutnya pada Gambar 7 juga sama, yaitu menampilkan suhu puncak awan yang terendah saat fase tumbuh, berkembang, matang, dan meluruh tanggal 08 Maret 2021. Pada (a) menunjukkan fase tumbuh saat suhu terendah berada antara 14°C hingga 21°C . Selanjutnya pada (b) awan terus berkembang dengan suhu terendah berada antara 0°C hingga -34°C . Pada fase matang (c) dan (d), suhu terendah awan berada antara -56°C hingga -69°C . Kemudian awan terlihat mulai mengalami peluruhan dengan suhu puncak awan yang terus meningkat yang berada antara -48°C hingga -38°C seperti yang terlihat pada (e) dan (f) yang akhirnya menyebabkan banjir pada pukul 14.00 UTC akibat dari meluapnya air sungai Kedunggaleng sejak debit air sungai yang meningkat pada 06 Maret 2021.



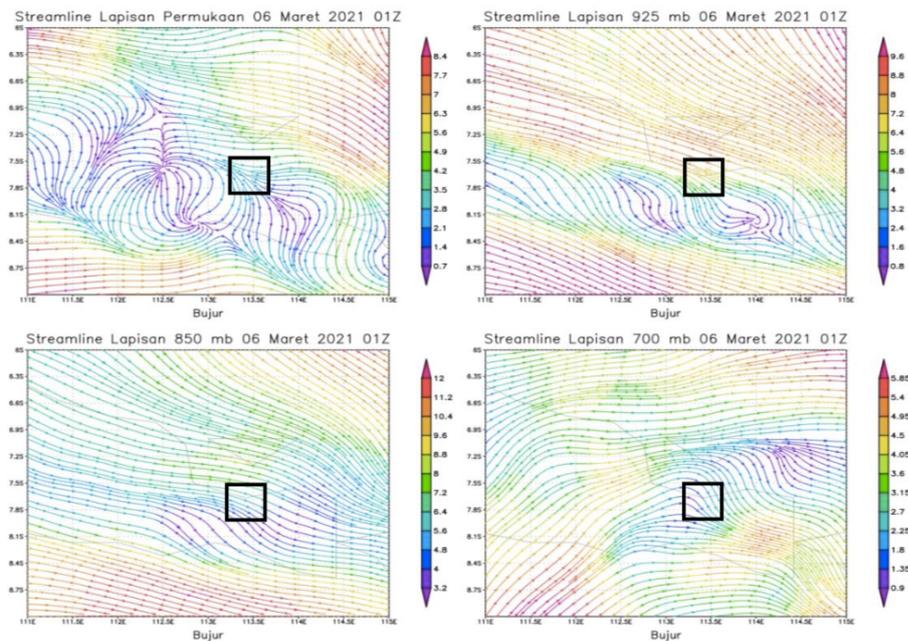
Gambar 6. Suhu Puncak Awan (a) Suhu Terendah Saat Fase Tumbuh, (b) Suhu Terendah Saat Fase Berkembang, (c) dan (d) Suhu Terendah Saat Fase Matang, (e) dan (f) Suhu Terendah Saat Fase Peluruhan.



Gambar 7. Suhu Puncak Awan (a) Suhu Terendah Saat Fase Tumbuh, (b) Suhu Terendah Saat Fase Berkembang, (c) dan (d) Suhu Terendah Saat Fase Matang, (e) dan (f) Suhu Terendah Saat Fase Peluruhan.

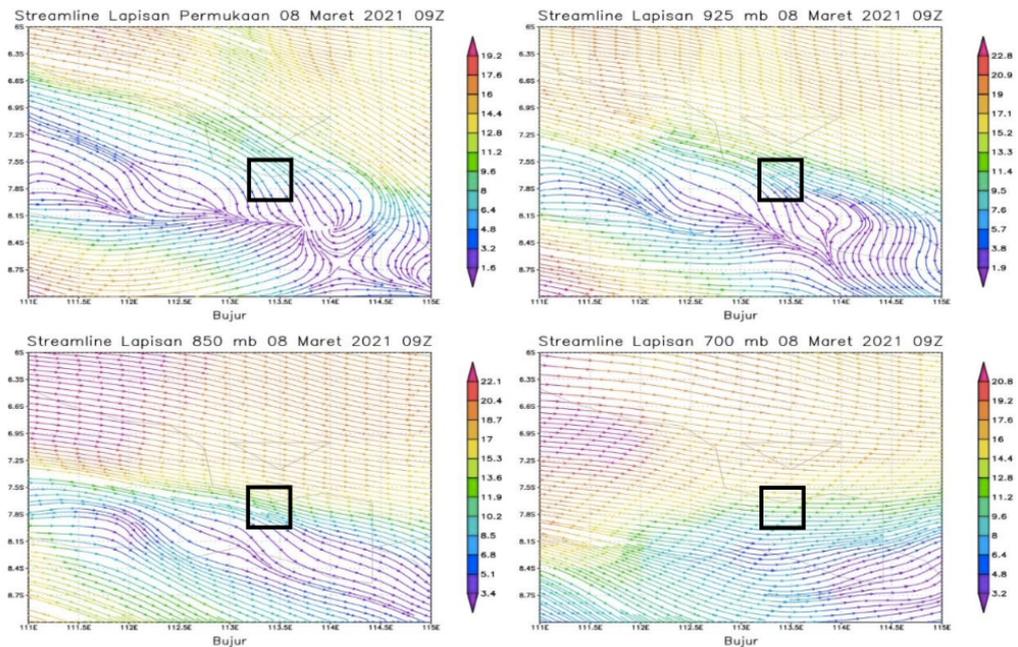
3.2.2 Analisis Streamline

Gambar 8 merupakan peta streamline untuk puncak kejadian tanggal 06 Maret 2021 pukul 01.00 UTC. Berdasarkan Gambar 8 terlihat arah dan kecepatan angin pada lapisan permukaan, lapisan 925 mb, lapisan 850 mb, dan lapisan 700 mb. Pada lapisan permukaan terjadi aliran konfluen dan belokan angin yang menyebabkan terjadi penumpukan massa udara yang berkaitan dengan potensi pembentukan awan yang besar. Pada lapisan 925 mb dan lapisan 850 mb terdapat aliran konfluen. Selanjutnya pada lapisan 700 mb terdapat belokan angin.



Gambar 8. Peta Streamline Lapisan Permukaan, Lapisan 925 mb, Lapisan 850 mb, dan Lapisan 700 mb.

Selanjutnya pada Gambar 9 merupakan peta streamline untuk puncak kejadian tanggal 08 Maret 2021 pukul 09.00 UTC. Berdasarkan Gambar 9 juga terlihat arah dan kecepatan angin pada lapisan permukaan, lapisan 925 mb, lapisan 850 mb, dan lapisan 700 mb. Pada Gambar 9 ini juga terjadi belokan angin dan aliran yang konfluen, sehingga terjadi penumpukan massa udara yang berkaitan dengan potensi pembentukan awan yang besar. Pada lapisan permukaan terjadi belokan angin. Kemudian pada lapisan 925 mb hingga lapisan 700mb terdapat aliran konfluen yang disertai dengan belokan angin.



Gambar 9. Peta Streamline Lapisan Permukaan, Lapisan 925 mb, Lapisan 850 mb, dan Lapisan 700 mb.

3.3 Analisis Indeks Stabilitas Udara

Berdasarkan Tabel 6, nilai LI berada dikisaran -2.8 hingga -1.5 yang menandakan bahwa kondisi atmosfer tidak stabil, sehingga awan badai petir dan kilat mungkin timbul. Kemudian dilihat dari nilai SWEAT menunjukkan bahwa terjadi pertumbuhan awan cumulus yang berkembang menjadi awan cumulonimbus, sehingga berpotensi terjadi cuaca buruk disertai petir. Selanjutnya dilihat dari nilai KI yang berada dikisaran 33 - 36 menandakan kemungkinan terjadi badai petir 60- 80%. Jika dilihat dari nilai TT yang <50 menandakan kemungkinan terjadinya petir. Selanjutnya dari nilai CAPE yang berada antara 0 - 1000 menandakan aktivitas konveksi yang lemah dan kemungkinan terjadi petir.

Berdasarkan Tabel 7, nilai LI berada dikisaran -2,5 hingga -1,7 yang menandakan bahwa kondisi atmosfer juga tidak stabil, sehingga awan badai petir dan kilat mungkin timbul. Kemudian dilihat dari nilai SWEAT menunjukkan bahwa terjadi pertumbuhan awan cumulus, namun potensi cuaca buruk kecil untuk terjadi. Selanjutnya dilihat dari nilai KI yang berada dikisaran 34 - 36 juga menandakan kemungkinan terjadi badai petir 60-80%. Jika dilihat dari nilai TT yang <50 juga menandakan kemungkinan terjadinya petir. Selanjutnya dari nilai CAPE yang berada antara 0 - 1000 menandakan aktivitas konveksi yang lemah dan kemungkinan terjadi petir.

Tabel 6. Indeks Stabilitas Atmosfer Hasil dari Satelit Himawari-8 05 Maret 2021 pukul 19.00 UTC - 06 Maret 2021 pukul 07.00 UTC

Jam	LI	SWEAT	KI	TT	CAPE
19.00	-1,5	177	35,8	42,8	205
20.00	-1,6	167	36,4	43,0	110
21.00	-1,6	151	36,4	42,8	98
22.00	-1,6	137	36,3	42,8	88
23.00	-1,7	131	35,7	42,8	114
00.00	-1,6	106	35,7	42,8	265
01.00	-1,7	111	35,4	43,0	355
02.00	-2,0	117	34,1	42,8	350
03.00	-2,2	255	33,6	43,0	245
04.00	-2,3	272	34,0	43,0	250
05.00	-2,6	293	33,9	43,0	656
06.00	-2,8	325	35,1	43,7	980
07.00	-2,6	337	34,7	43,5	990

Tabel 7. Indeks Stabilitas Atmosfer Hasil dari Satelit Himawari-8 Tanggal 08 Maret 2021 pukul 07.00 - 14.00 UTC

Jam	LI	SWEAT	KI	TT	CAPE
07.00	-2,5	111	35,6	43,1	290
08.00	-2,5	107	35,5	43,1	255
09.00	-2,3	104	35,3	42,9	450
10.00	-2,3	102	35,2	42,8	135
11.00	-1,9	104	34,9	42,6	245
12.00	-1,8	102	34,6	42,3	435
13.00	-1,8	103	34,6	42,4	325
14.00	-1,7	104	34,6	42,3	255

4. Kesimpulan

Kejadian banjir di Kecamatan Dringu, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur disebabkan adanya pertumbuhan awan konvektif seperti Cumulonimbus. Hal ini terlihat dari citra satelit Himawari-8 tanggal 05 Maret 2021 pukul 19.00 UTC hingga 06 Maret 2021 pukul 07.00 UTC dan 08 Maret 2021 pukul 07.00 - 14.00 UTC yang menunjukkan adanya fase pertumbuhan, matang hingga purnah. Inti awan yang diindikasikan sebagai awan Cumulonimbus mencapai suhu -62.4°C dan -52.4°C yang ditunjukkan dengan kontur suhu puncak awan, visualisasi suhu puncak awan, dan trend suhu puncak awan, hal ini berpotensi menyebabkan hujan lebat. Selain itu, potensi terjadinya hujan pada lokasi penelitian memiliki kemungkinan disertai adanya thunderstorm berdasarkan nilai indeks stabilitasnya. Tetapi, pada 08 Maret 2021 hujan terjadi bukan akibat awan cumulonimbus, melainkan oleh awan cumulus berdasarkan dari nilai indeks SWEAT yang memiliki nilai kurang dari 170. Meskipun demikian penyebab banjir ini terjadi akibat meluapnya air sungai Kedunggaleng, sehingga walaupun pada saat kejadian banjir tidak terjadi hujan, banjir tetap dapat terjadi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Yosafat Donni Haryanto, M.Sc sebagai dosen mata kuliah analisis cuaca II yang telah memberikan ilmu kepada penulis sehingga dapat melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] B. Tjasyono HK., I. Juaeni, and S. W. B. Harijono. (2007). *Proses Meteorologis Bencana Banjir di Indonesia*, J. Meteorol. dan Geofis. vol. 8, no. 2, pp. 64– 78.
- [2] BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana). (2007). *Definisi Bencana Undang-Undang No 24 Tahun 2007*. <https://bnpb.go.id/definisi-bencana>, diakses pada 10 Desember 2022.
- [3] BMKG. (2010). Peraturan Kepala Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Nomor : KEP. 009 Tahun 2010 Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem. Indonesia.
- [4] I. Gustari, T. W. Hadi, S. Hadi, dan F. Renggono. (2012). *Akurasi Prediksi Curah Hujan Harian Operasional Di Jabodetabek : Perbandingan Dengan Model Wrf*. J. Meteorol. dan Geofis., vol. 13, no. 2, pp. 119–130, 2012.
- [5] A. Panjaitan. (2012). *Pemanfaatan Citra Satelit untuk Informasi Meteorologi Penerbangan*. Materi Diklat Penerbangan, Jakarta, 2012.
- [6] K. Sulton dan W. Laksita. (2018). *Analisis Hujan Lebat Dengan Menggunakan Data Citra Satelit Di Kabupaten Banjarnegara (Studi Kasus 18 Juni 2016)*. J. Mater. dan Energi Indones., vol. 8, no. 1, pp. 29–35.
- [7] Parwati, Suwarsono, F. Yulianto, and T. Suprpto. (2008). *Penentuan Nilai Ambang Batas Untuk Potensi Rawan Banjir Dari Data MTSAT DAN QMORPH (Studi Kasus: Banjir Bengawan Solo 2007)*. J. Penginderaan Jauh, vol. 5, pp. 56–63, 2008.
- [8] Y. A. Nugroho, N. Handayani, M. Varizona, E. Rattu, dan I. Redha. (2019). *Analisis Keadaan Atmosfer Kejadian Hujan Es Menggunakan Citra Radar Doppler C-Band dan Citra Satelit Himawari 8 (Studi Kasus: Jakarta , 22 November 2018) Analysis of Atmospheric Condition of Hail Event Using C-Band Doppler Radar and Himawari 8 Sattelit*. Semin. Nas. Penginderaan Jauh ke-6, vol. 8, no. November 2018, pp. 183–194, 201.
- [9] JMA (Japan Meteorological Agency).(2015). *Himawari User's Guide*. <http://www.jmanet.go.jp/msc/en/support/index.html>.
- [10] JMA (Japan Meteorological Agency). (2018). *SATAID Operation Manual*. <https://www.wis-jma.go.jp/cms/sataid/manual.html>.
- [11] BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana). (2021). *Geoportal Data Bencana Indonesia*. <https://gis.bnpb.go.id/>.
- [12] M. D. Syaifullah. (2017). *Analisis Kondisi Udara Atas Wilayah Indonesia*, J. Meteorol. dan Geofis., vol. 18, no. 1, pp. 1–12, 2017.
- [13] S. Wirjohamidjojo dan Y. S. Swarinoto. (2013). *Meteorologi Sinoptik Analisis Dan Penaksiran Hasil Analisis Cuaca Sinoptik*. Jakarta, Indonesia: Puslitbang Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2013. [Online]. Available: <https://docplayer.info/51547933-Meteorologi-sinoptik-analisis-dan-penaksiran-hasil-analisis-cuaca-sinoptik.html>
- [14] AWS (Air Weather Service). (1990). *The Use of The Skew T, Log P Diagram in Analysis and Forecasting*. [Online]. Available:

- <https://www.weather.gov/media/ohx/PDF/TheskeWTlogPdiagram.pdf>
- [15] NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration). (2022). *Severe Weather Topics*. <https://www.weather.gov/ilx/swop-severetopics-CAPE>.
- [16] E. Fibriantika dan D. Mayangwulan. (2020). *Analisis Spasial Indeks Stabilitas Udara Di Indonesia*. J. Sains Teknol. Modif. Cuaca, vol. 21, no. 1, pp. 1– 12, 2020.
- [17] B. Prasetyo dan N. Pusparini. (2018). *Pemanfaatan SATAID Untuk Analisa Atmosfer di Wilayah Perairan*. J. Fis. dan Apl., vol. 14, no. 2, pp. 37.
- [18] M. I. Hastuti and A. Mulsandi. (2017). *Pemantauan Sebaran Awan Konvektif Menggunakan Metode Cloud Convective Overlays dan Red Green Blue Convective Storms pada Satelit Himawari-8 (Studi Kasus : Hujan Ekstrim Bima 21 Desember 2016)*. Semin. Nas. Penginderaan Jauh ke-4 Tahun 2017, vol. 8, pp. 477–483, 2017.