

Pemanfaatan SATAID untuk Analisis Kondisi Atmosfer saat Banjir di Kalukku Menggunakan Metode *Numerical Weather Prediction*

Eka Alfred Sagala¹ Ernalem Bangun² Adi Subiyanto³ Arizka Sri Asmita⁴

Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia^{1,2,3}

Stasiun Meteorologi Tampa Padang Mamuju, Indonesia⁴

Email: alfredsagala92@gmail.com

Abstrak

Banjir akibat hujan ekstrem yang terjadi di Kalukku 11 Oktober 2022 merupakan kejadian terparah yang terjadi dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis kondisi atmosfer untuk mengetahui kondisi perawanan dan indeks labilitas atmosfer selama kejadian hujan lebat tersebut. Data yang digunakan untuk melakukan analisis adalah data citra satelit Himawari-8 dengan menggunakan data kanal inframerah dan data *Numerical Weather Prediction* (NWP) yang diolah menggunakan *software* SATAID. Metode NWP dipilih untuk menampilkan parameter labilitas atmosfer. Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu puncak awan dari tampilan citra satelit megindikasikan pertumbuhan awan konvektif signifikan yang terjadi selama kurun waktu 06.00–08.30 UTC. Suhu puncak awan terendah yaitu -79 °C yang terjadi sekitar pukul 07.00 UTC dan 08.00 UTC. Data citra satelit menunjukkan fase pertumbuhan awan mulai terjadi pada pukul 06.00 UTC hingga 11.00 UTC. Kondisi curah hujan tinggi diakibatkan oleh adanya pembentukan awan konvektif dan awan merata. Berdasarkan data indeks labilitas atmosfer yaitu *K-Index* (KI), *Lifted Index* (LI), *Showalter Stability Index* (SSI), dan *Total-Totals Index* (TTI) menunjukkan nilai yang cukup mendukung saat terjadinya hujan sangat lebat tersebut. Indeks labilitas atmosfer berada pada kategori lemah hingga sedang. Kondisi atmosfer labil terlihat terjadi pada pukul 06.00 UTC yaitu saat pembentukan awan mulai terjadi. Kemudian pada fase peluruhan awan terlihat kondisi atmosfer yang cenderung stabil. Hal ini menunjukkan bahwa *software* SATAID mampu mengolah data citra Satelit Himawari-8 untuk analisis kondisi atmosfer saat kejadian hujan ekstrem sehingga dapat digunakan sebagai pengetahuan untuk meminimalisir dampak apabila terjadi kejadian berulang.

Kata Kunci: Banjir, NWP, SATAID, Labilitas Atmosfer

Abstract

Floods caused by extreme rains that occurred in Kalukku on October 11, 2022, were the worst events that have occurred compared to previous years. Therefore, it is necessary to analyze the atmospheric conditions to determine the condition of the cloudiness and the lability index of the atmosphere during the heavy rain event. The data used to carry out the analysis are Himawari-8 satellite image data using infrared channel data and Numerical Weather Prediction (NWP) data, which are processed using SATAID software. The NWP method was chosen to display atmospheric lability parameters. The results of the analysis show that the cloud top temperature from satellite imagery indicates significant convection cloud growth that occurs during the period 06.00–08.30 UTC. The lowest cloud top temperature is -79 °C which occurs around 07.00 UTC and 08.00 UTC. Satellite imagery data shows that the cloud growth phase starts at 06.00 UTC and ends at 11.00 UTC. High rainfall conditions are caused by the formation of convective clouds and even clouds. Based on atmospheric lability index data, namely the K-Index (KI), Lifted Index (LI), Showalter Stability Index (SSI), and Total-Totals Index (TTI), this shows values that are sufficient to support when very heavy rains occur. The atmospheric lability index is in the weak to moderate category. Labile atmospheric conditions were seen to occur at 06.00 UTC, which is when cloud formation began to occur. Then, in the cloud decay phase, it can be seen that atmospheric conditions tend to be stable. This shows that the SATAID software is capable of processing image data from the Himawari-8 satellite to analyze atmospheric conditions during extreme rain events so that it can be used as knowledge to minimize impacts if recurring events occur.

Keywords: Floods, NWP, SATAID, Atmospheric Lability



This work is licensed under a [Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia yang terbentang dari 07° 20' Lintang Utara sampai 14° Lintang Selatan dan 92° Bujur Timur sampai 141° Bujur Timur merupakan negara kepulauan yang dominan wilayah perairan lebih luas dari pada wilayah daratan. Wilayah Indonesia yang berada di antara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik membuat Indonesia memiliki karakteristik cuaca dan iklim yang tersendiri. Sebagai negara maritim yang dilalui ekuator, selain menerima insolasi dalam jumlah besar, Indonesia juga memperoleh panas laten kondensasi perubahan fasa uap menjadi air cair sekitar 2450 J/g. Di atas Indonesia awan konvektif lebih dominan dibandingkan awan-awan jenis lain (Tjasyono, 2006). Berdasarkan informasi yang diperoleh dari pos meteorologi Tampa Padang Mamuju tanggal 11 Oktober 2022, tercatat curah hujan dengan intensitas tinggi menjadi faktor utama penyebab terjadinya banjir dan tanah longsor yang terjadi di Kecamatan Kalukku dan sekitarnya. Kecamatan Kalukku dan Mamuju menjadi dua wilayah yang terdampak parah dari cuaca ekstrem pada Selasa tanggal 11 Oktober 2022 (Umar, 2022; Himawan, 2022). BPBD mencatat sebanyak 7.854 warga menjadi korban banjir, 2.488 rumah terendam air berlumpur dengan ketinggian hingga 1,2 meter, 33 rumah rusak hanyut dan 49 rumah rusak terkena longsor (Himawan, 2022; Rahman, 2022). Banjir yang pada hakekatnya merupakan proses alamiah dapat menjadi bencana bagi manusia bila proses itu mengenai manusia dan menyebabkan kerugian jiwa maupun materi. Bencana banjir dapat menyebabkan kerugian berupa kerusakan bangunan, kehilangan barang-barang berharga, hingga kerugian yang menyebabkan tidak dapat melakukan aktivitas (Findayani, 2015).

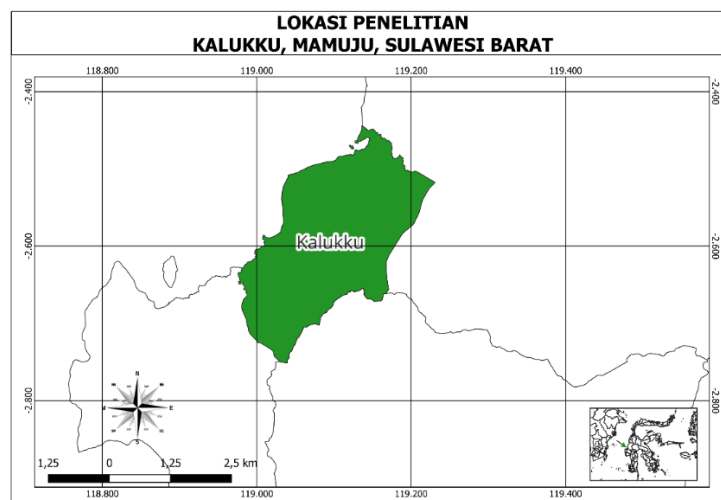
Banjir yang disebabkan jumlah curah hujan memainkan peran penting terhadap distribusi geografi terkait banjir ekstrem (James, 2000). Banjir biasanya terjadi akibat luapan air sungai karena kapasitas tampungannya tidak memadai atau rusaknya tanggul dan akibat adanya genangan air karena topografinya rendah sehingga air tidak lancar masuk ke sungai (Djajadiredja, 2006). Informasi meteorologi sangat diperlukan di wilayah yang menjadi pusat pemukiman serta pusat ekonomi ini, sehingga dapat mendukung jalannya aktivitas masyarakat. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika berkewajiban memberikan pelayanan data informasi di bidang meteorologi, klimatologi dan geofisika. Data, informasi, dan jasa yang diberikan dapat dimanfaatkan oleh berbagai sektor pengguna jasa untuk meminimalkan kerugian akibat bencana. Banjir yang terjadi pada wilayah Kalukku, Mamuju, Sulawesi Barat diakibatkan adanya peningkatan intensitas curah hujan pada wilayah tersebut. Berdasarkan data curah hujan yang diperoleh dari pos pengamatan curah hujan terdekat dari wilayah kejadian banjir, curah hujan tertinggi terukur sebanyak 225.3 mm/hari di pos meteorologi Tampa Padang Mamuju. Kondisi ini termasuk kejadian cuaca ekstrem karena kejadian cuacanya tidak normal serta menimbulkan kerugian keselamatan jiwa dan harta (BMKG, 2010).

Penelitian untuk menganalisis kondisi atmosfer saat kejadian cuaca ekstrem di wilayah Kalukku dan sekitarnya sangat jarang dilakukan, padahal kejadian cuaca ekstrem sering terjadi di wilayah ini. Oleh karena itu, penulisan ini bertujuan untuk melakukan analisis kondisi atmosfer penyebab terjadinya banjir di wilayah Kalukku pada tanggal 11 oktober 2022 dengan memanfaatkan teknologi komputer agar dapat digunakan sebagai pengetahuan untuk meminimalisir dampak apabila terjadi kejadian berulang. Data yang digunakan pada penulisan ini yaitu data curah hujan yang bersumber dari pos meteorologi Tampa Padang Mamuju dan *Automatic Weather Station (AWS)* Kalukku serta data citra satelit Himawari-8 kanal inframerah (IR) format .Z yang ditampilkan menggunakan *software* SATAID untuk mengetahui proses pertumbuhan awan selama terjadi hujan yang ditampilkan dengan grafik *time series* suhu puncak awan dan proses pembentukan awan dalam bentuk gambar.

Kemudian data NWP (GS) format .Z digunakan untuk menampilkan indeks labilitas atmosfer pada saat kejadian hujan yang menyebabkan banjir tersebut. Umumnya, indeks labilitas atmosfer memiliki kecenderungan pada nilai moderat ketika belum ada kejadian hujan lebat, tetapi akan menjadi tinggi jika data pengamatan udara atas dilakukan saat terjadinya cuaca ekstrem (Zahroh dkk., 2017). Indeks labilitas juga dapat digunakan untuk analisis fenomena cuaca ekstrem lain seperti puting beliung (Saragih, 2020). Metode yang digunakan dalam penelitian ini bersifat deskriptif analisis yaitu mengumpulkan informasi terkait suatu kejadian untuk mengetahui penyebab terjadinya fenomena tersebut. Teknik pengolahan data dilakukan dengan cara penentuan lokasi dan waktu penelitian yaitu di wilayah Kalukku, Mamuju, Sulawesi Barat tanggal 11 Oktober 2022 saat terjadi hujan ekstrem yang mengakibatkan banjir. Beberapa hasil pengamatan tersebut diharapkan dapat menentukan penyebab terjadinya hujan ekstrem yang mengakibatkan banjir di wilayah Kalukku pada tanggal 11 Oktober 2022.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah Kalukku, Mamuju, Sulawesi Barat yang menurut Badan Pusat Statistik (BPS) mempunyai jumlah penduduk terbanyak kedua di wilayah Kabupaten Mamuju (Badan Pusat Statistik Kabupaten Mamuju, 2020). Lokasi penelitian terlihat pada Gambar 1.

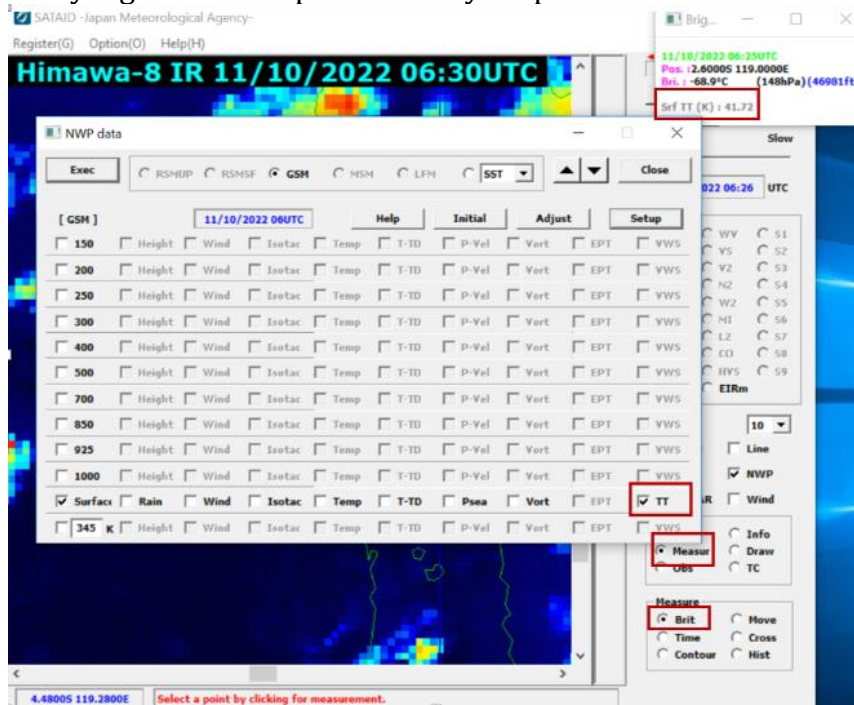


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data tanggal 11 Oktober 2022 yang meliputi data curah hujan yang diperoleh dari pos pengamatan meteorologi Tampa Padang Mamuju dan AWS Kalukku serta data citra satelit Himawari-8 yang diperoleh dengan cara *log in* menggunakan *username* dan *password* yang diperoleh dari BMKG. Data citra satelit Himawari-8 kanal inframerah (IR) format .Z digunakan untuk menampilkan suhu puncak awan dan proses pembentukan awan. Kemudian data NWP (GS) format .Z digunakan untuk menampilkan indeks labilitas atmosfer seperti KI, LI, SSI, dan TTI menggunakan SATAID. *Software* SATAID dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi labilitas atmosfer dengan baik (Ramadhan & Mulya, 2022).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini bersifat deskriptif analisis yaitu mengumpulkan informasi terkait suatu kejadian untuk mengetahui penyebab terjadinya fenomena tersebut. Teknik pengolahan data dilakukan dengan cara penentuan lokasi dan waktu penelitian yaitu di wilayah Kalukku, Mamuju, Sulawesi Barat tanggal 11 Oktober 2022

saat terjadi hujan ekstrem yang mengakibatkan banjir. Analisis dilakukan selama pukul 06 – 11 UTC saat terjadi hujan ekstrem di wilayah tersebut. Selanjutnya dilakukan pengunduhan data citra satelit Himawari-8 dari aplikasi *FileZilla*. Lalu data citra satelit yang telah diunduh tersebut kemudian ditampilkan menggunakan *software* SATAID untuk mengetahui proses pertumbuhan awan selama terjadi hujan yang ditampilkan dengan grafik *time series* suhu puncak awan dan proses pembentukan awan dalam bentuk gambar. Kemudian data NWP ditampilkan dengan mengaktifkan fitur NWP lalu memilih parameter labilitas atmosfer yang akan digunakan seperti KI, LI, SSI, dan TTI. Selanjutnya mengaktifkan menu *Measure – Brit* dan tentukan lokasi yang akan ditampilkan datanya seperti Gambar 2.



Gambar 2. Cara Menampilkan Data NWP

Setelah pengolahan selesai dilakukan, maka dilakukan analisis terhadap setiap parameter indeks labilitas atmosfer.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan

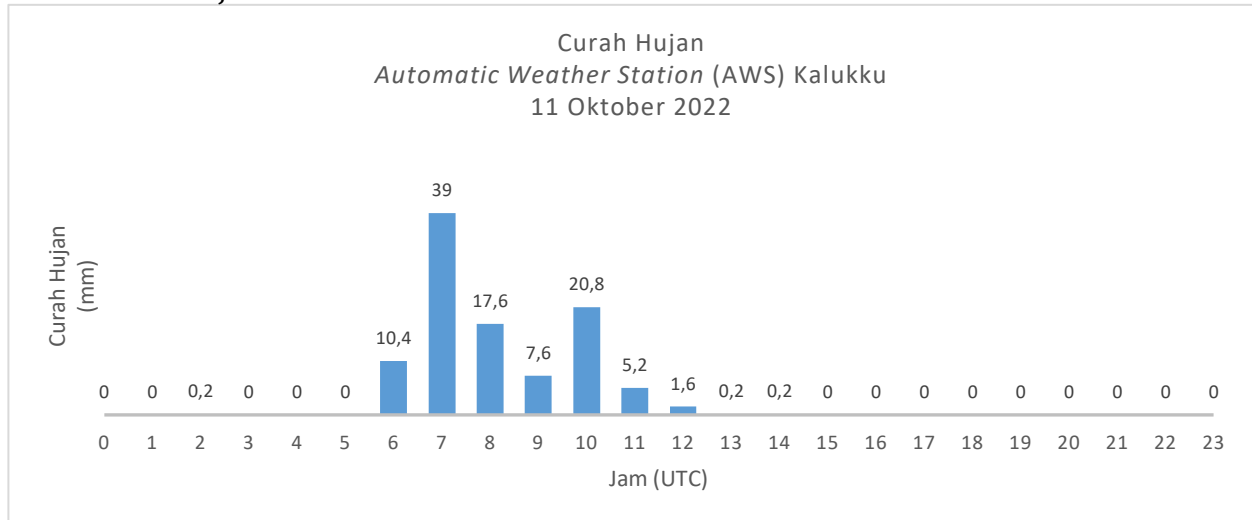
Banjir yang terjadi di wilayah Kalukku pada tanggal 11 Oktober 2022 disebabkan oleh kejadian hujan ekstrem yang berlangsung beberapa jam pada hari itu. Berdasarkan data curah hujan yang diperoleh dari pos pengamatan curah hujan terdekat dari wilayah kejadian banjir, curah hujan tertinggi terukur sebanyak 225.3 mm/hari di pos meteorologi Tampa Padang Mamuju. Kondisi ini termasuk kejadian cuaca ekstrem karena kejadian cuacanya tidak normal serta menimbulkan kerugian keselamatan jiwa dan harta (BMKG, 2010).

Tabel 1. Curah Hujan Harian

Pos Curah Hujan	Curah Hujan (mm)	Kategori Hujan BMKG
Pos Meteorologi Tampa Padang Mamuju	225.3	Ekstrem
Automatic Weather Station (AWS) Kalukku	102.8	Sangat Lebat

Pos pengamatan curah hujan yang dapat menampilkan data curah hujan tiap jam di lokasi penelitian adalah AWS Kalukku. Berdasarkan data hasil pengamatan curah hujan tiap jam dari AWS Kalukku, hujan signifikan terjadi terus - menerus selama beberapa jam mulai

pukul 06.00 UTC – 14.00 UTC, namun curah hujan yang cukup tinggi terjadi pada pukul 06.00 – 11.00 UTC sehingga penelitian terfokus pada jam tersebut. Grafik pada gambar 3 menunjukkan kejadian hujan sangat lebat dalam waktu yang lama yaitu beberapa jam hingga menimbulkan banjir.

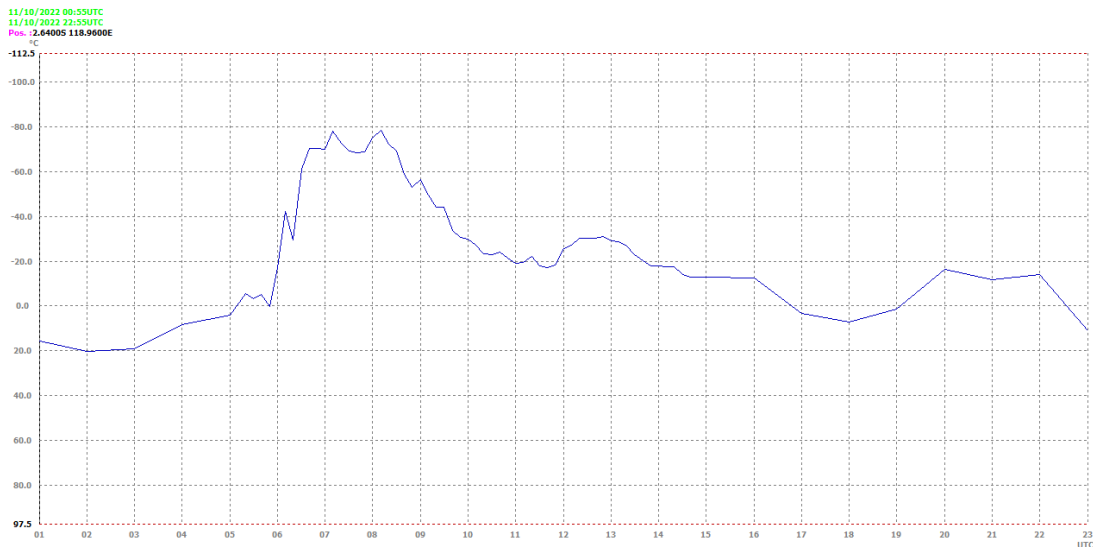


Gambar 3. Grafik Curah Hujan Tiap Jam di AWS Kalukku

Analisis Perawanan

Berdasarkan analisis grafik curah hujan tiap jam, curah hujan dengan intensitas tinggi terjadi selama beberapa jam. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis terhadap proses pertumbuhan awan yang terjadi saat hujan ekstrem tersebut. Analisis awan dilakukan dengan menganalisis data suhu puncak awan dan proses pertumbuhan awan yang menjadi penyebab curah hujan ekstrem menggunakan data citra satelit Himawari-8.

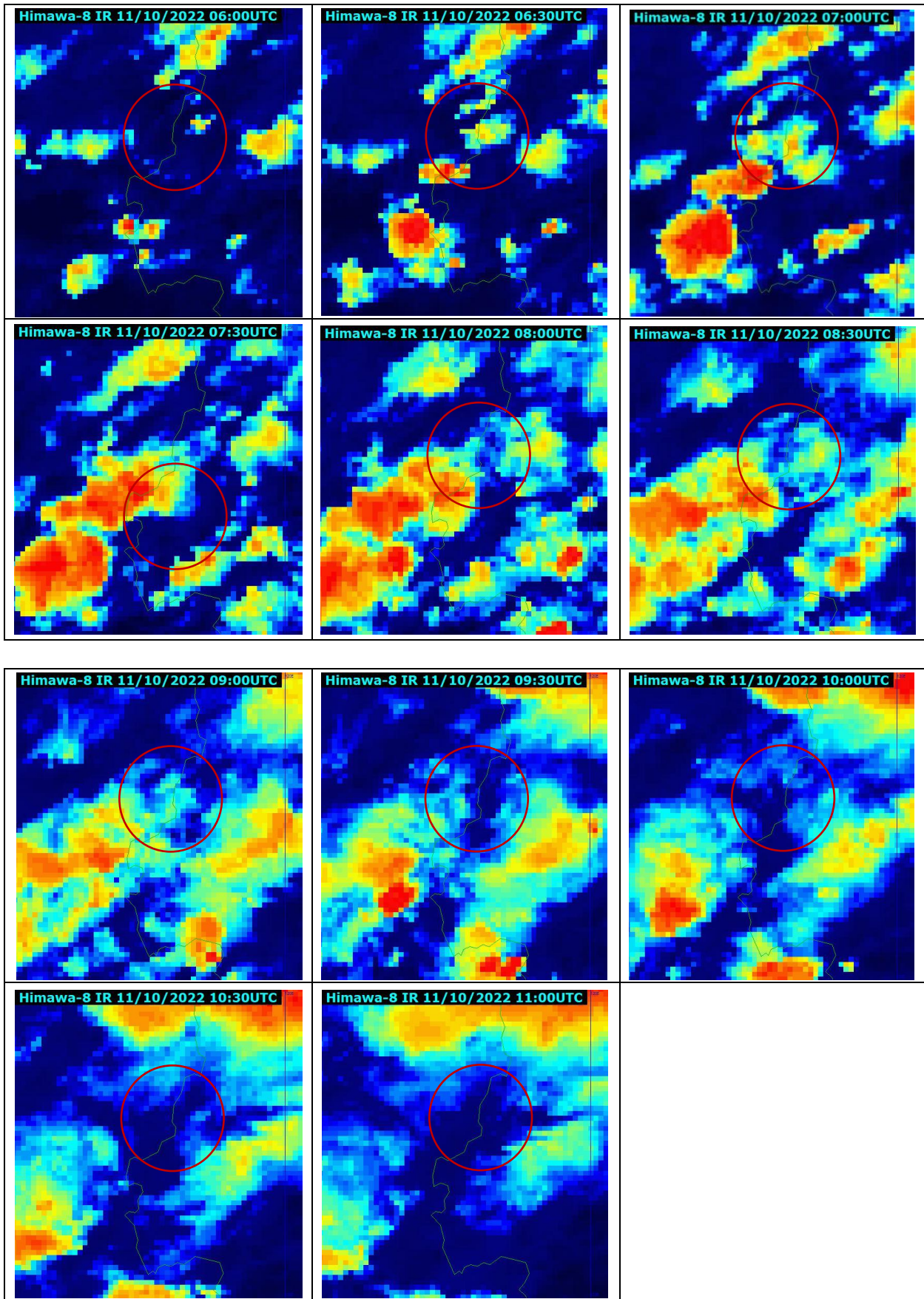
Suhu puncak awan yang ditampilkan dalam bentuk *time series* suhu puncak awan pada Gambar 4. di titik pengamatan AWS Kalukku menunjukkan suhu puncak awan terendah terjadi sekitar pukul 07.00 UTC hingga 08.00 UTC. Perubahan drastis pada suhu puncak awan mulai terlihat sekitar pukul 06.00 UTC yaitu $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hal ini mengindikasikan fase awal pertumbuhan awan. Kemudian suhu puncak awan semakin menurun hingga mencapai $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suhu puncak awan yang sangat rendah ini mengidentifikasi adanya awan Cumulonimbus, dimana suhu puncak awan Cumulonimbus pada fase matang adalah $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Janwar & Munandar, 2015). Suhu puncak awan yang rendah (dingin) mengindikasikan adanya proses pembentukan awan konvektif kuat yang menyebabkan terjadinya hujan dengan intensitas tinggi dan berpotensi banjir (Harsa et al., 2011). Semakin rendah suhu puncak awan mengindikasikan adanya pengangkatan massa udara yang signifikan dan menyebabkan terjadinya pengembunan sebagai awal pembentukan titik – titik hujan (Asmita & Widayana, 2021). Bersamaan dengan itu, pengamatan cuaca di permukaan menunjukkan kejadian hujan dengan intensitas lebat hingga sangat lebat pada saat itu. Kemudian setelah pukul 08.00 UTC terlihat suhu puncak awan yang kembali naik. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi peluruhan awan konvektif. Namun berdasarkan pengamatan cuaca di permukaan, kejadian hujan lebat masih berlangsung tapi tidak signifikan seperti saat suhu puncak awan sangat rendah.



Gambar 4. Grafik Time Series Suhu Puncak Awan Pukul 01 - 23 UTC

Pengamatan awan secara spasial selama kejadian hujan ekstrem ditunjukkan pada Gambar 5. Citra satelit yang ditampilkan adalah pada pukul 06.00 UTC hingga 11.00 UTC yaitu pada saat kejadian hujan dengan intensitas tinggi berdasarkan data curah hujan AWS Kalukku. Data citra satelit Himawari-8 yang digunakan adalah kanal inframerah (IR). Kanal inframerah ini digunakan karena dapat mendeteksi awan – awan hujan (Pandjaitan & Panjaitan, 2015). Gambar citra satelit ditampilkan dengan interval waktu 30 menit untuk melihat proses pertumbuhan awan yang terjadi. Pada gambar terlihat pertumbuhan awan konvektif di wilayah Kalukku sudah terjadi sejak pukul 06.00 UTC. Pertumbuhan awan ini tidak signifikan karena belum terlihat pempunan awan tebal yang ditandai dengan warna merah menyala. Cakupan awan berwarna merah menyala yang bertahan cukup lama pada citra satelit Himawari-8 kanal inframerah dapat menyebabkan banjir (Paski et al., 2017). Selanjutnya pada pukul 06.30 UTC, terlihat ada pertumbuhan awan konvektif baru ditandai dengan warna merah yang mulai bertumbuh dari arah selatan. Pada kondisi ini tercatat curah hujan tertinggi yang menyebabkan terjadinya hujan ekstrem yang mengakibatkan banjir. Kondisi ini terus berlangsung hingga pukul 08.30 UTC. Pada pukul 09.00 UTC terlihat awan mulai bergerak menjauhi wilayah Kalukku. Kemudian setelah pukul 09.00 UTC sudah tidak terlihat adanya pertumbuhan awan konvektif di wilayah Kalukku.

Berdasarkan data curah hujan yang tercatat di AWS Kalukku, hujan masih terus berlangsung hingga pukul 11.00 UTC. Jika dikaitkan dengan data citra satelit yang sudah tidak menampilkan adanya pertumbuhan awan konvektif yaitu tidak terlihat adanya tutupan awan berwarna merah menyala, maka hujan yang terjadi diakibatkan oleh adanya pempunan awan merata yang juga dapat menimbulkan hujan dalam waktu lama namun dengan intensitas yang tidak terlalu tinggi.



Gambar 5. Citra Satelit Himawari-8 Kanal Inframerah (IR) Pukul 06.00 - 11.00 UTC

Analisis Indeks Labilitas Atmosfer

Kondisi labilitas atmosfer dapat dilihat dari nilai indeks-indeks labilitas atmosfer. Indeks labilitas atmosfer dengan metode NWP yang digunakan dalam penelitian ini adalah KI, LI, SSI, dan TTI. Indeks labilitas atmosfer digunakan karena dapat memberikan informasi terkait prediksi kejadian hujan lebat (Azizah Azani & Kusumawardani, 2022). Data indeks labilitas atmosfer diperoleh dari hasil pengamatan di titik pengamatan AWS Kalukku dengan melihat nilai indeks-indeks tersebut di setiap jam selama proses terjadinya hujan sangat lebat di wilayah tersebut.

Berdasarkan data pada Tabel 2. nilai KI pada saat kejadian hujan sangat lebat di wilayah Kalukku yaitu berkisar antara 33.35 hingga 33.83. Nilai KI lebih dari 30 menandakan terjadinya badai (Zakir, 2015). Data tersebut menunjukkan bahwa nilai KI tertinggi yaitu pada pukul 06.00 UTC senilai 33.83. Kondisi ini terjadi saat mulai terbentuk awan konvektif di sekitar wilayah tersebut. Kemudian nilai KI terendah yaitu pada pukul 11.00 UTC yaitu senilai 33.35. Hal ini terjadi pada saat awan sudah meluruh. Semakin tinggi nilai KI menandakan semakin kuat potensi konveksi terjadi dan sebaliknya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Ramadhan & Mulya, 2022). Secara umum, potensial konveksi yang terjadi pada pukul 06.00 UTC hingga 11.00 UTC berada pada kategori sedang.

Tabel 2. Nilai KI

Jam (UTC)	Nilai KI	Potensial Konveksi
06.00	33.83	Sedang
07.00	33.74	
08.00	33.64	
09.00	33.54	
10.00	33.45	
11.00	33.35	

Tabel 3. menunjukkan nilai LI yang berkisar antara -2.17 hingga -1.75. Berdasarkan data pada tabel, terlihat nilai LI mengalami tren kenaikan mulai dari saat terbentuknya awan konvektif hingga meluruhnya awan tersebut. Nilai LI terendah yaitu saat awan konvektif mulai tumbuh pukul 06.00 UTC senilai -2.17 dan nilai LI tertinggi yaitu saat awan sudah meluruh yaitu pukul 11.00 UTC senilai -1.75. Semakin rendah nilai LI menunjukkan potensi konveksi pembentukan badai yang semakin besar (Zakir, 2015). Kondisi ini menunjukkan bahwa kondisi atmosfer labil sangat terlihat saat pertumbuhan awan konvektif dimulai dan mulai stabil saat awan sudah meluruh. Potensial konveksi yang ditunjukkan dari nilai LI pada saat terjadi hujan sangat lebat di wilayah Kalukku berada pada kategori lemah hingga sedang.

Tabel 3. Nilai LI

Jam (UTC)	Nilai LI	Potensial Konveksi
06.00	- 2.17	Sedang
07.00	- 2.09	
08.00	- 2.00	
09.00	- 1.92	Lemah
10.00	- 1.83	
11.00	- 1.75	

Indeks labilitas selanjutnya yang dibahas yaitu SSI. Semakin rendah nilai SSI menunjukkan semakin kuat potensial konveksi di wilayah tersebut dan semakin besar nilai SSI maka semakin rendah potensial konveksi terjadi (Ramadhan & Mulya, 2022). Nilai SSI antara -2 hingga +1 menunjukkan adanya peluang konvektif ditandai dengan pertumbuhan *thunderstorm* dan nilai SSI < +3 menunjukkan adanya potensi *shower* atau hujan yang terjadi

secara tiba – tiba dilanjutkan dengan pertumbuhan *thunderstorm* (Diniyati et al., 2021). Nilai SSI pada saat kejadian hujan sangat lebat di wilayah Kalukku berkisar antara 1.67 hingga 1.83. Nilai ini cukup konsisten dengan nilai indeks – indeks labilitas yang telah dibahas sebelumnya yaitu mengalami tren kenaikan sejak mulai terbentuk awan konvektif pukul 06.00 UTC hingga pukul 11.00 UTC. Nilai SSI terendah yaitu pada pukul 06.00 UTC senilai 1.67. Kondisi ini terjadi saat awan konvektif mulai bertumbuh. Kemudian nilai SSI tertinggi terjadi saat awan sudah meluruh yaitu pukul 11.00 UTC senilai 1.83. Nilai potensial konveksi selama hujan sangat lebat berlangsung yaitu berada pada kategori sedang.

Tabel 4. Nilai SSI

Jam (UTC)	Nilai SSI	Potensial Konveksi
06.00	1.67	Sedang
07.00	1.70	
08.00	1.73	
09.00	1.77	
10.00	1.80	
11.00	1.83	

Nilai TTI yang ditunjukkan pada Tabel 5 berkisar antara 41.40 hingga 41.62. Semakin tinggi nilai TTI maka semakin kuat potensial konveksi terjadi, demikian pula sebaliknya (Ramadhan & Mulya, 2022). Nilai TTI tertinggi terjadi pada pukul 06.00 UTC yaitu saat terjadi pembentukan awan konvektif dengan nilai 41.62. Kemudian ketika awan sudah meluruh, nilai TTI juga mengalami penurunan, dimana nilai TTI terendah terjadi pada pukul 11.00 UTC senilai 41.40. Nilai potensial konveksi saat berlangsungnya hujan sangat lebat di wilayah Kalukku pukul 06.00 UTC hingga 11.00 UTC berada pada kategori lemah.

Tabel 5. Nilai TTI

Jam (UTC)	Nilai TTI	Potensial Konveksi
06.00	41.62	Lemah
07.00	41.58	
08.00	41.53	
09.00	41.49	
10.00	41.45	
11.00	41.40	

Berdasarkan analisis indeks labilitas atmosfer di atas, kondisi potensial konveksi selama terjadi hujan lebat berada pada kategori labilitas lemah hingga sedang. Data pada Tabel 2., Tabel 3., Tabel 4., dan Tabel 5 secara konsisten menunjukkan pola yang sama yaitu potensial konveksi yang besar ditunjukkan saat awan konvektif mulai bertumbuh yaitu pukul 06.00 UTC dan potensial konveksi yang rendah ditunjukkan saat awan sudah meluruh. Hal ini terjadi karena pembentukan awan konvektif yang terjadi memerlukan energi yang cukup dari kondisi labil atmosfer (Ramadhan & Mulya, 2022).

KESIMPULAN

Hujan ekstrem yang berlangsung selama beberapa jam di wilayah Kalukku pada 11 Oktober 2022 mengakibatkan terjadinya banjir di wilayah tersebut. Curah hujan tinggi sangat mendukung terjadinya banjir di wilayah tersebut, ditandai dengan curah hujan yang mencapai 225.3 mm tercatat di pos meteorologi Tampa Padang Mamuju dan 102.8 mm yang tercatat di AWS Kalukku. Fokus penelitian ini berdasarkan data yang diperoleh dari AWS Kalukku karena dapat melihat fluktuasi data curah hujan yang terjadi selama hujan sangat lebat berlangsung. Berdasarkan analisis kondisi atmosfer menggunakan data citra satelit

Himawari-8, terlihat suhu puncak awan terendah yaitu mencapai -79°C yang terjadi sekitar pukul 07.00 UTC dan 08.00 UTC. Hal inilah yang mengindikasikan bahwa hujan dengan intensitas paling tinggi pada hari itu terjadi karena adanya pertumbuhan awan Cumulonimbus. Pertumbuhan awan konvektif di wilayah penelitian terlihat mulai pukul 06.00 UTC hingga 08.30 UTC dan bergerak menjauhi wilayah penelitian pada pukul 09.00 UTC. Hujan ekstrem yang terjadi juga disebabkan oleh pertumbuhan awan merata yang terus berlangsung hingga pukul 11.00 UTC. Nilai indeks labilitas atmosfer yang meliputi KI, LI, SSI, dan TTI mendukung adanya potensi konveksi pembentukan awan. Hal ini ditandai oleh nilai yang cukup signifikan saat awal pembentukan awan konvektif hingga meluruhnya awan. Nilai yang signifikan di awal pembentukan awan konvektif menunjukkan kondisi atmosfer yang tidak stabil dan saat awan sudah meluruh, terlihat kondisi atmosfer yang kembali stabil. Kondisi labilitas atmosfer berada pada kategori lemah hingga sedang sehingga cukup membantu terhadap potensial konveksi pembentukan awan. Oleh karena itu, *software* SATAID dinilai mampu untuk menggambarkan kondisi atmosfer berdasarkan data citra satelit Himawari-8 dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmita, A. S., & Widayana, A. R. (2021). Pemanfaatan Data Citra Satelit Himawari-8 Untuk Deteksi Kejadian Hujan Ekstrem (Studi Kasus: Banjir Di Makassar, Sulawesi Selatan). *Jurnal Meteorologi, Klimatologi Geofisika Dan Instrumentasi*, 1(1), 1–11. <https://journal.physan.id/index.php/mkgi>
- Azizah Azani, A., & Kusumawardani, N. (2022). Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Kota Bitung (Studi Kasus Tahun 2020-2021). *Jurnal Widya Climago*, 4(1), 29–36.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Mamuju. (2020). <https://mamujukab.bps.go.id/indicator/12/99/1/jumlah-penduduk.html>
- Bmkg. (2010). *Prosedur Standar Operasi Pelaksanaan Peringatan Dini Pelaporan Dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem*.
- Djadiredja, Eddy A. (2006), *Pena Kearifan Lokal Dan Teknologi Dalam Mencari Solusi Bencana Banjir Bandang*, Bppt, Jakarta
- Diniyati, E., Syofyan, D. Q., & Mulya, A. (2021). Pemanfaatan Satelit Himawari-8 Dengan Metode Nwp Dan Rgb Untuk Menganalisis Kondisi Atmosfer Saat Banjir Di Sidoarjo Tanggal 28 Mei 2020. *Jpig (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 6(1), 1–14. <https://doi.org/10.21067/jpig.v6i1.5252>
- Findayani, A. (2015). Kesiap Siagaan Masyarakat Dalam Penanggulangan Banjir Di Kota Semarang. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 12(1), 102–114.
- Harsa, H., Linarka, U. A., Kurniawan, R., & Novianti, S. (2011). Pemanfaatan Sataid Untuk Analisa Banjir Dan Angin Puting Beliung: Studi Kasus Jakarta Dan Yogyakarta The Use Of Sataid To Analyze Flood And Mini Twister: Case Study Of Jakarta And Yogyakarta. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 12(2), 197–205. <http://mscweb.kishou.go.jp/>
- Himawan, 2022, Banjir Di Mamuju, Akses Jalan Terputus, Warga Terjebak Hingga Kandang Kambing Hanyut, <https://regional.kompas.com/read/2022/10/11/213701378/banjir-di-mamuju-akses-jalan-terputus-warga-terjebak-hingga-kandang-kambing>, Diakses 02 November 2022.
- Himawan, 2022, 7.854 Warga Terdampak Banir, Pemkab Mamuju Tetapkan Status Tanggap Darurat, <https://regional.kompas.com/read/2022/10/13/163735078/7854-warga>

Terdampak-Banjir-Pemkab-Mamuju-Tetapkan-Status-Tanggap-Darurat, Diakses 10 Desember 2022.

- James, A. Smith, Lynn Baeek, Julia E., Morrison, Paula Sturdevant-Rees. (2000), Catastrophic Rainfall And Flooding In Texas, The Jurnal American Meteorological Society Vol.1.
- Janwar, M., & Munandar, M. A. (2015). Identifikasi Karakteristik Awan Cumulonimbus Dengan Menggunakan Satelit (Studi Kasus Puting Beliung Juanda, Sidoarjo 04 Februari 2016). *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika, Desember 2015*, 1–7.
- Pandjaitan, B., & Panjaitan, A. (2015). Pemanfaatan Data Satelit Cuaca Generasi Baru Himawari 8 Untuk Mendeteksi Pemanfaatan Data Satelit Cuaca Generasi Baru Himawari 8 Untuk Mendeteksi Asap Akibat Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Wilayah Indonesia (Studi Kasus : Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Pulau. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh, December 2015*, 636–651.
- Paski, J. A. I., Sepriando, A., & Pertiwi, D. A. S. (2017). Pemanfaatan Teknik Rgb Pada Citra Satelit Himawari-8 Untuk Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Banjir Lampung 20 - 21 Februari 2017. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 4(3), 8–15. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v4i3.48>
- Rahman, 2022, Data Bpbd, 82 Rumah Terdampak Banir Kalukku Di Mamuju Akan Didata Kembali Untuk Direhabilitasi, <https://sulbar.tribunnews.com/2022/10/24/data-bpbd-82-rumah-terdampak-banjir-kalukku-di-mamuju-akan-didata-kembali-untuk-direhabilitasi>, Diakses 10 Desember 2022.
- Ramadhan, I. A., & Mulya, A. (2022). Pemanfaatan Sataid Untuk Analisis Kondisi Atmosfer Menggunakan Metode Numerical Weather Prediction Utilization Of Sataid For Analysis Of Atmospheric Conditions Using The Numerical Weather Prediction Method. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Masyarakat Bidang Ilmu Komputer*, 19–30.
- Saragih, R. W. S. (2020). Analisis Kondisi Atmosfir, Indeks Labilitas, Dan Citra Satelit Saat Kejadian Puting Beliung Di Pontianak Kalimantan Barat (Studi Kasus 17 Juli 2020). *Jurnal Fisika*, 10(2), 62–71. <https://doi.org/10.15294/jf.v10i2.26927>
- Tjasyono H.K., Bayong, Dan Harijono, Sri Woro B., 2006, Meteorologi Indonesia Volume Ii, Bmg, Jakarta.
- Umar, A. R., 2022, Cuaca Ekstrem, Tanah Longsor Dan Banjir Terjang Sejumlah Wilayah Di Mamuju, <https://www.liputan6.com/regional/read/5094414/cuaca-ekstrem-tanah-longsor-dan-banjir-terjang-sejumlah-wilayah-di-mamuju>, Diakses 02 November 2022
- Zahroh, N. F., Dewi, N. W. S. P., & Harsanti, D. (2017). Indeks Labilitas Udara Untuk Memprediksi Kejadian Badai Guntur Pada Puncak Musim Hujan Tahun 2016. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 18(1), 9-15.
- Zakir, A. (2015). *Profil Vertikal Suhu, Indeks Labilitas, Vertikal Wind Shear Selama Siklon Tropis Bakung Di Stamet Cengkareng, Padang Dan Pangkal Pinang*.