



Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Banjir Di Bali Studi Kasus: Kuta, Badung 3 April 2024

Joseph Damian Cekarus^{1*}, Jeremy Mezac Sopacua², Yosafat Donni Haryanto³

^{1,2,3,4} Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG), Tangerang, 15221, Banten

Email : *damiancekarus05@gmail.com, jerremymezac10@gmail.com, yosafatdonni@gmail.com

Dikirim: 19 Juli 2024; Revisi: 2 Februari 2025; Diterima: 19 Maret 2025

Abstrak: Hujan sangat lebat penyebab terjadinya banjir memiliki intensitas mencapai 129 mm/jam di Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung pada tanggal 03 April 2024 yang disebabkan oleh adanya aktivitas awan konvektif cumulonimbus. Aktivitas awan ini dapat dianalisis dengan memanfaatkan penginderaan jauh satelit Himawari-8 dengan metode NWP dan RGB yang diolah dengan aplikasi SATAID. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hujan sangat lebat di wilayah Kecamatan Kuta Kabupaten Badung yang mengakibatkan terjadinya banjir. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif analitis yang menggunakan data sekunder dari hasil penginderaan jauh satelit Himawari-8, analisis *flight documentation*, serta data indeks labilitas atmosfer. Metode yang digunakan meliputi *Numerical Weather Prediction* (NWP) dan analisis *Red, Green, Blue* (RGB) untuk mendukung identifikasi fenomena cuaca ekstrem. Hasil dari *flight documentation* menunjukkan terdapat pola tekanan rendah di wilayah tenggara Bali dan belokan angin pada wilayah Bali dan konvergensi di laut Selatan Bali. Awan mulai terbentuk pada pukul 21.20 UTC dan mulai menutupi serta mencapai puncaknya pada pukul 21.50 UTC. Kondisi curah hujan tinggi diakibatkan oleh adanya pembentukan awan konvektif dan awan merata. Dengan metode RGB, terpancaml awan cumulonimbus yang tinggi dan tebal. Berdasarkan data indeks labilitas atmosfer yaitu K Index (KI), *Lifted Index* (LI), *Total-totals Index* (TTI), *Severe Weather Threat Index* (SWEAT), dan *Convective Available Potential Energy Index* (CAPE) menunjukkan nilai yang cukup mendukung saat terjadinya hujan sangat lebat tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa analisis dengan menggunakan metode NWP, metode RGB, dan beberapa data *flight documentation* memiliki kesesuaian dan saling mendukung satu sama lain.

Kata kunci: Hujan sangat lebat, RGB, Radiosonde, *Flight Documentation*

Abstract: Very heavy rain that causes flooding has an intensity of up to 129 mm/hour in Kuta District, Badung Regency on April 03, 2024 caused by cumulonimbus convective cloud activity. This cloud activity can be analyzed by utilizing Himawari-8 satellite remote sensing with NWP and RGB methods processed with the SATAID application. This study aims to identify very heavy rain in the Kuta District area of Badung Regency which resulted in flooding. This research is an analytical descriptive research that uses secondary data from Himawari-8 satellite remote sensing results, *flight documentation* analysis, and atmospheric lability index data. The methods used include *Numerical Weather Prediction* (NWP) and *Red-Green-Blue* (RGB) analysis to support the identification of extreme weather phenomena. The results of the *flight documentation* show that there is a lowpressure pattern in the southeast region of Bali and wind turns in the Bali region and convergence in the South Bali sea. Clouds began to form at 21:20 UTC and began to cover and reached its peak at 21:50 UTC. High rainfall conditions are caused by the formation of convective clouds and evenly distributed clouds. With the RGB method, high and thick cumulonimbus clouds were observed. Based on atmospheric lability index data, namely K Index (KI), *Lifted Index* (LI), *Total-totals Index* (TTI), *Severe Weather Threat Index* (SWEAT), and *Convective Available Potential Energy Index* (CAPE), the value is quite supportive when the very heavy rain occurs. This shows that the analysis using the NWP method, RGB method, and some *flight documentation* data have compatibility and support each other.

Keywords: Very heavy rain, RGB, Radiosonde, Flight Documentation



Pendahuluan

Indonesia, sebagai negara tropis, mengalami variasi suhu yang sempit tetapi pola curah hujan yang beragam (Prakoso Indaryono, 2024). Topografi dan posisi geografis Indonesia yang kompleks berkontribusi pada pola curah hujan yang bervariasi. Negara ini mengalami dua musim utama: hujan dan kemarau (Pandia et al., 2019). Karakteristik iklim ini membuat Indonesia rentan terhadap dampak perubahan iklim, termasuk pergeseran pola curah hujan, kenaikan muka air laut, dan peristiwa cuaca ekstrem seperti banjir dan kekeringan (Yulianto, 2016). Dari aspek meteorologis, Indonesia merupakan benua maritim yang mempunyai kompleksitas dalam fenomena cuaca dan iklim. Salah satu fenomena alam yang sering terjadi di wilayah Indonesia adalah Banjir. Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama di wilayah perkotaan dan pada musim hujan. Faktor penyebab banjir antara lain curah hujan yang tinggi, perubahan tata guna lahan, tekstur tanah, dan kemiringan lereng (Karisma et al., 2015). Karakteristik sungai seperti letak geografis, topografi, dan penampang melintang juga mempengaruhi debit banjir (Safitri, 2021). Banjir di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor, dengan curah hujan tinggi sebagai penyebab utama. Perubahan tata guna lahan, terutama berkurangnya daerah resapan air akibat pembangunan, juga memberikan kontribusi yang signifikan (Makarim Aldimasqie et al., 2022).

Pembentukan kondisi cuaca di Indonesia terutama dipengaruhi oleh interaksi gangguan atmosfer berskala global, regional, dan lokal (Sulistiyono et al., 2023). Interaksi tersebut menciptakan kondisi atmosfer yang tidak stabil sehingga mendorong pertumbuhan awan konvektif sehingga mengakibatkan curah hujan dengan intensitas tinggi. Faktor yang menyebabkan ketidakstabilan tersebut antara lain anomali suhu permukaan laut, pola konvergensi angin, dan kelembaban udara yang tinggi (Dwi Purwanti et al., 2023). Kondisi atmosfer pembentukan cuaca pada sebagian besar wilayah Indonesia secara dominan diakibatkan karena adanya interaksi antara dinamika atmosfer gangguan cuaca skala global, regional dan lokal. Kondisi atmosfer yang tidak stabil akibat interaksi gangguan cuaca ini mendorong terjadinya pertumbuhan awan-awan konvektif yang menyebabkan tingginya intensitas hujan (Ratnam et al., 2013). Beberapa fenomena cuaca skala global yang lebih sering menimbulkan dampak pada kondisi cuaca di wilayah Indonesia adalah El Niño-Southern Oscillation (ENSO), Indian Ocean Dipole (IOD), Madden Julian Oscillation (MJO) dan gelombang tropis yang dapat dianalisa pengaruh serta dampaknya. Analisis atmosfer regional juga dapat dilakukan dengan mengkaji Sea Surface Temperature (SST) dan anomaliya serta angin gradien. Sementara itu, analisis lokal dilakukan dengan melihat pertumbuhan awan-awan konvektif menggunakan citra radar BMKG (Ajeng et al., 2022).

Hujan lebat adalah salah satu peristiwa cuaca yang dihasilkan oleh interaksi proses fisik di atmosfer. Hal ini terjadi karena dinamika dan interaksi gangguan cuaca baik dalam skala global, regional, maupun lokal. Fenomena ini melibatkan pertumbuhan awan konvektif yang dipicu oleh pemanasan udara di atas daratan karena proses konduksi. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), hujan lebat dikategorikan jika curah hujan berkisar antara 5-10 mm/jam atau 20-50 mm/hari, dan diklasifikasikan sebagai sangat lebat jika curah hujan melebihi 20 mm/jam atau lebih dari 100 mm/hari. Hujan lebat biasanya ditandai dengan aktivitas pertumbuhan awan konvektif seperti awan cumulonimbus. Awan cumulonimbus merupakan jenis awan yang tumbuh secara vertikal dan mengandung uap air yang tinggi serta aktivitasnya menghasilkan badai petir (thunderstorm) (Rozi, 2019).

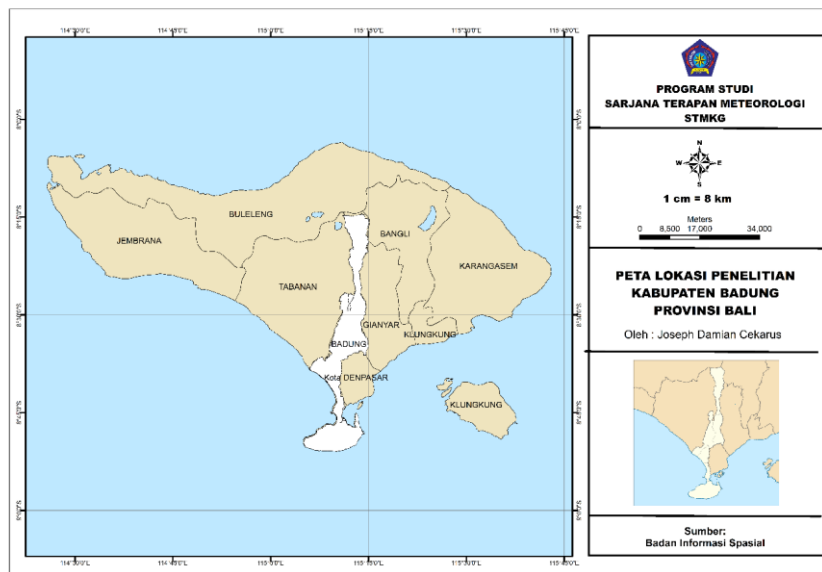
Pada tanggal 3 April 2024, terjadi hujan sangat lebat di beberapa daerah di wilayah Bali termasuk di daerah Kuta, Badung yang melanda daerah tersebut dengan intensitas

129 mm/jam. Disinyalir peristiwa tersebut disebabkan oleh pertumbuhan awan konvektif yang terjadi di atas wilayah Bali. Awan konvektif atau awan Cumulonimbus (CB) merupakan awan yang paling produktif menghasilkan hujan di wilayah tropis (Mahrup & Idris, 2018). Awan CB terbentuk melalui sebuah mekanisme yang diawali oleh penguapan yang menghasilkan uap air ke udara. Peristiwa hujan sangat lebat ini dapat dianalisis kondisi atmosfernya pada saat kejadian dengan memanfaatkan data citra satelit Himawari-8 yang diolah dengan software SATAID (Satellite Animation and Interactive Diagnosis) untuk melakukan analisis mengenai kondisi dinamika atmosfer pada saat kejadian hujan sangat lebat dengan menggunakan metode RGB (Red, Green, Blue).

Metode RGB (Red, Green, Blue) digunakan sebagai teknik multispektral dengan beberapa kanal satelit Himawari-8 untuk memantau pertumbuhan awan. Pengolahan dilakukan dengan menggabungkan tiap kanal yang berbeda untuk menghasilkan produk citra yang mengandung informasi tentang kondisi cuaca. Hasil pengolahan citra satelit menggunakan aplikasi SATAID dengan metode RGB. Pengamatan udara atas dilakukan menggunakan alat radiosonde yang memberikan informasi tentang kondisi atmosfer, termasuk parameter-parameter seperti Lifted Index (LI), Severe Weather Threat Index (SWEAT), Convective Available Potential Energy (CAPE), K Index (KI), dan Total Totals Index (TTI) (Mughozali et al., 2017), (Kharisma & Widomurti, 2018), (Rizkiafama et al., 2018), dan (Prasetyo & Puspardini, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hujan sangat lebat di wilayah Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung yang mengakibatkan terjadinya banjir. Oleh karena itu, metode pengamatan yang digunakan meliputi metode RGB, pengamatan udara atas menggunakan radiosonde dengan bantuan aplikasi RAOB 5.7, dan beberapa data *flight documentation*.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan metode deskriptif. Pendekatan kuantitatif memanfaatkan salah satu data *flight document* berupa pengamatan udara atas, dan peta hasil metode RGB. Sementara metode deskriptif dilakukan untuk mendeskripsikan data tersebut oleh penulis.



Gambar 1. Peta Kabupaten Badung, Bali (Sumber: Badan Informasi Spasial, 2024)

Penelitian dilakukan di wilayah Badung, Bali (**Gambar 1**). Kota Bali terletak pada koordinat 08°03'40" – 08°50'48" Lintang Selatan dan 114°25'53" – 115°42'40" Bujur

Timur. Secara geografis, Kota Bali berbatasan dengan Laut Bali di Utara, Selat Lombok di Timur, Samudera Hindia di Selatan, dan Selat Bali di Barat.

Pengumpulan Data

Data yang diolah dalam penelitian ini mencakup:

1. Data pengamatan Curah Hujan dari Stasiun Meteorologi Kelas 1 I Gusti Ngurah Rai Bali
2. Data Satelit Himawari-9 pada tanggal 3 April 2024. Data ini tersedia dalam beberapa format, yaitu format .z, format .txt, dan format .nc (untuk data pemodelan)
3. Data hasil pengamatan udara atas (Radiosonde) dari Stasiun Meteorologi Kelas 1 I Gusti Ngurah Rai Bali pada tanggal 3 April 2024 memberikan gambaran kondisi cuaca udara atas di wilayah Bali terkhususnya di Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung.

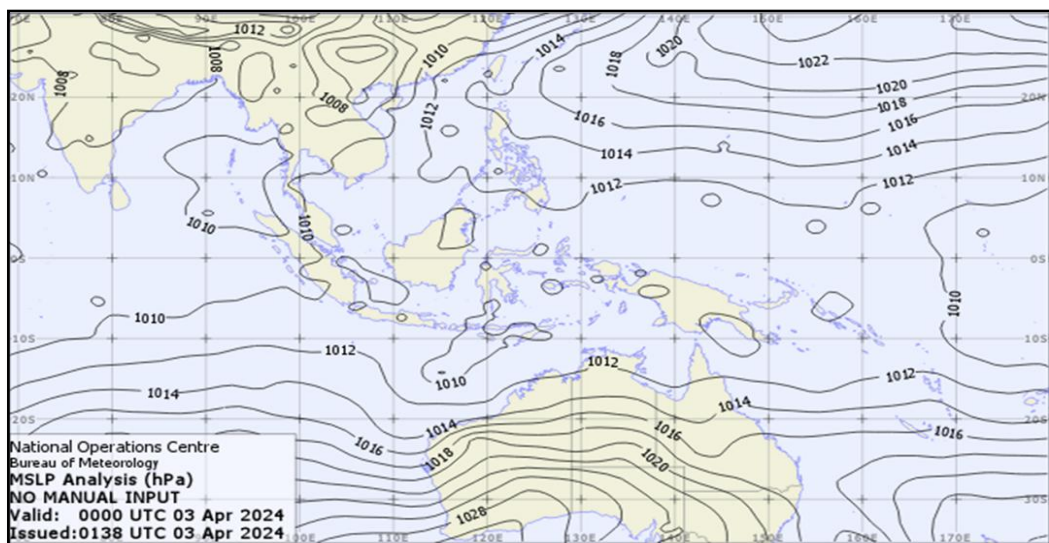
Analisis Data

Data format.z diolah menggunakan aplikasi SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*) dengan tiga cara berikut:

1. Fitur "*measure*" digunakan untuk menghasilkan grafik *time series* suhu puncak awan. Hal ini memungkinkan untuk melacak fase-fase awan dari fase pertumbuhan hingga fase peluruhan.
2. Metode RGB (*Red, Green, Blue*) digunakan untuk menghasilkan peta persebaran awan dengan tampilan yang jelas dan detail. Hal ini memudahkan interpretasi data oleh pengguna.

Hasil Penelitian

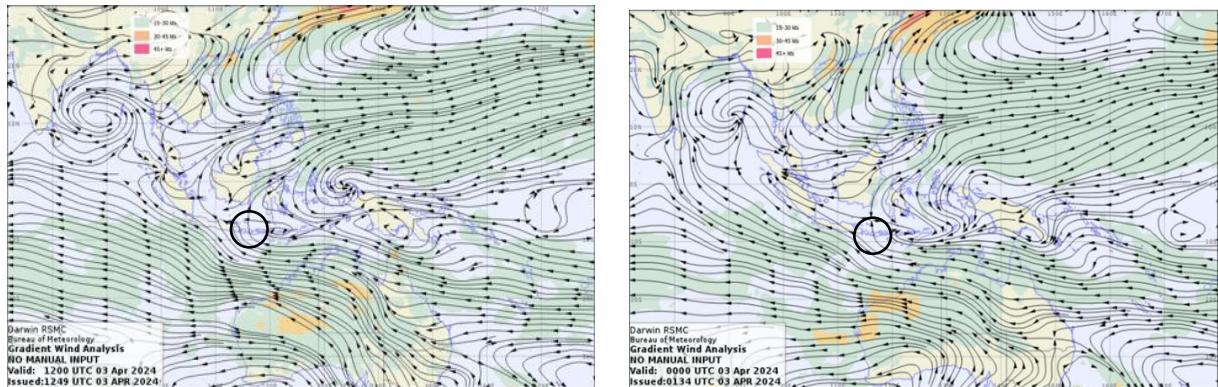
Analisis Pola Isobar



Gambar 2. Peta analisis tekanan permukaan laut (*Mean Sea Level Pressure*) (Sumber: Bureau of Meteorology, 2024)

Gradien tekanan dapat dilihat dari seberapa rapat isobar-isobar tersebut. Berdasarkan **Gambar 2**, di bagian selatan (Australia bagian utara), isobar-isobar lebih rapat, menunjukkan gradien tekanan yang lebih tinggi dan kemungkinan angin yang lebih kuat. Di bagian utara, isobar-isobar lebih jarang, menunjukkan gradien tekanan yang lebih rendah dan angin yang lebih lemah. Sementara itu, terdapat pola tekanan rendah di wilayah tenggara bali.

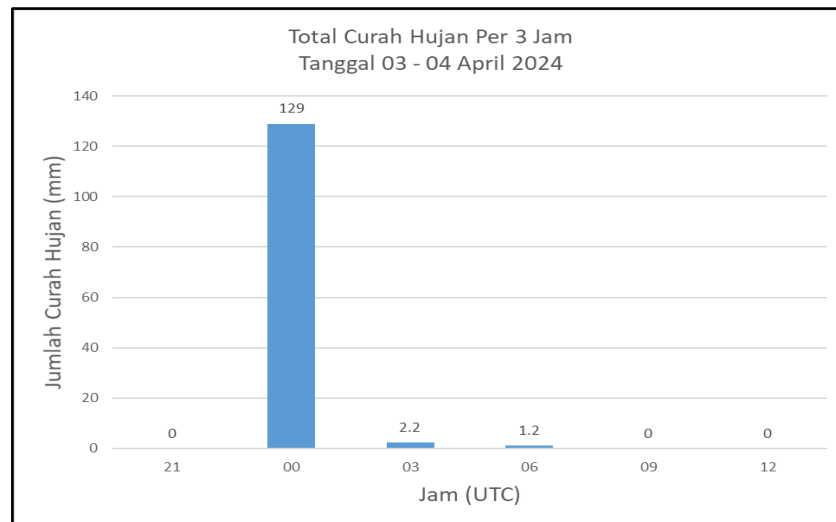
Analisis Angin Gradien



Gambar 3. Peta analisis angin gradien (Sumber: Bureau of Meteorology, 2024)

Berdasarkan **Gambar 3** terlihat bahwasanya terdapat belokan angin pada wilayah Bali dan konvergensi di laut Selatan Bali. Bali memiliki medan topografi yang bervariasi dengan pegunungan di tengah pulau. Hal ini dapat menyebabkan perubahan lokal dalam arah angin ketika angin bergerak di atas dan sekitar daerah pegunungan. Pada peta kedua terlihat bahwa aliran angin dari timur laut dan tenggara bertemu di sekitar Laut Selatan Bali. Hal ini memicu terbentuknya area konvergensi di mana aliran angin berkumpul. Konvergensi angin di Laut Selatan Bali dapat menyebabkan peningkatan kelembapan dan pembentukan awan. Hal ini dapat berpotensi menyebabkan cuaca buruk atau hujan di wilayah tersebut.

Analisis Curah Hujan

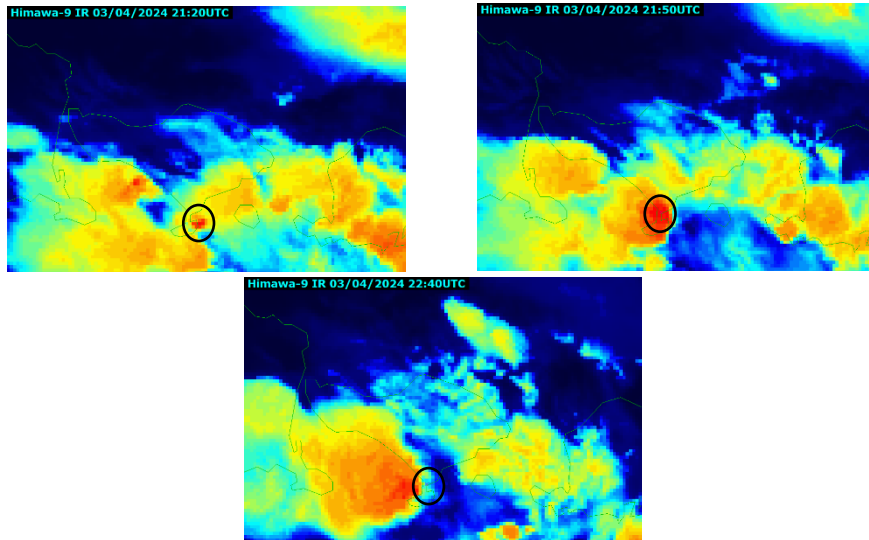


Gambar 4. Curah Hujan Per Tiga Jam Dari Pengamatan Sinoptik Dan Total Curah Hujan (Sumber: Data Sinoptik Stasiun Meteorologi Kelas 1 I Gusti Ngurah Rai, 2024)

Berdasarkan hasil pengamatan curah hujan di Stasiun Meteorologi Kelas 1 I Gusti Ngurah Rai (**Gambar 4**) pada hari kejadian hujan sangat lebat di wilayah badung, di mana telah terukur curah hujan dengan intensitas dan total curah hujan di wilayah Badung yang tergolong dalam kategori curah sangat lebat jika curah hujan melebihi 20 mm/jam atau lebih dari 100 mm/hari. Hujan intensitas sangat lebat di Stasiun Meteorologi Kelas 1 I Gusti Ngurah Rai telah tercatat terjadi pada pukul 21 - 00 UTC dengan intensitas mencapai 129 mm/jam.

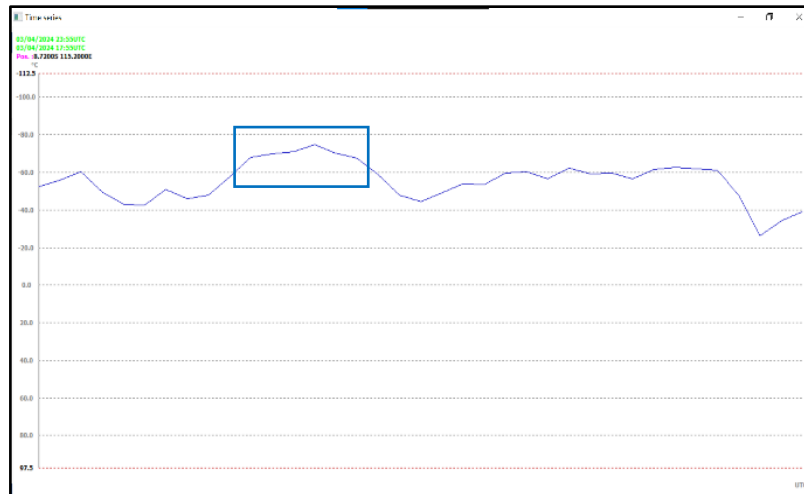
Analisis Pergerakan Awan Konvektif

Awan konvektif merupakan awan yang memiliki suhu puncak awan yang dingin. **Gambar 5** merupakan peta pergerakan awan konvektif pada pukul 21.20, 21.50, dan 22.40 UTC. Pada gambar tersebut awan konvektif bergerak di atas sebagian wilayah Kabupaten Badung terkhususnya di Kecamatan Kuta dan bergerak menuju ke arah Barat.



Gambar 5. Pergerakan Awan Konvektif (Sumber: Citra Satelit Himawari-8, 2024)

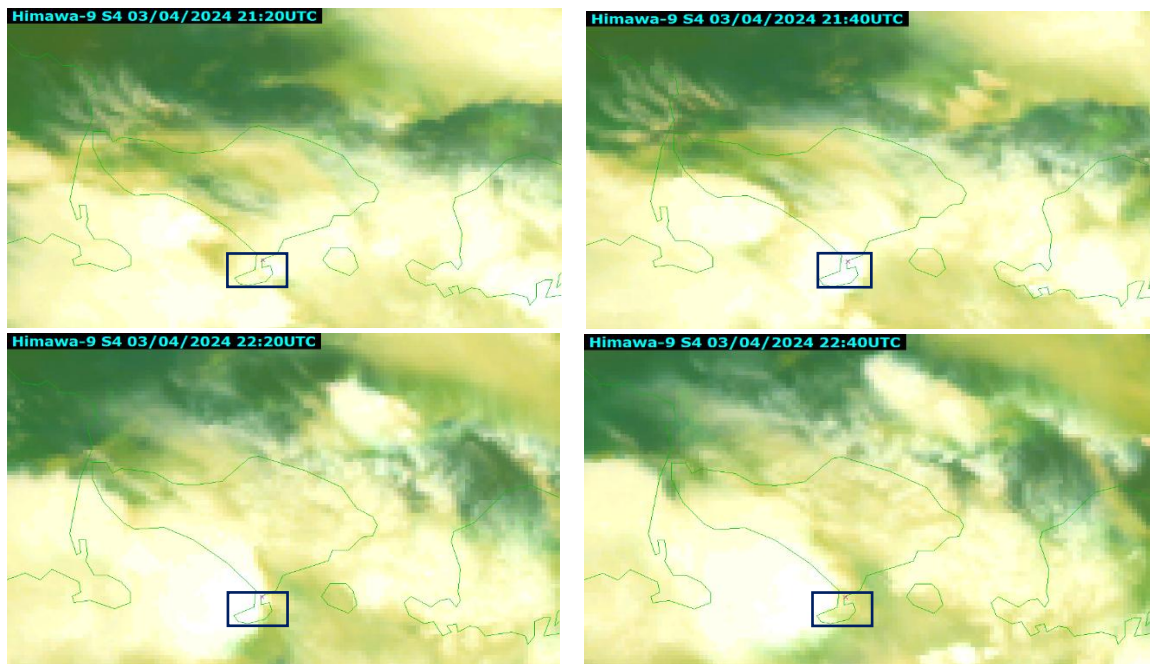
Analisis Citra Satelit Himawari-8 Time Series



Gambar 6. Grafik Time Series (Sumber: Satelit Himawari-8, 2024)

Grafik *time series* pada **Gambar 6** menunjukkan awal fase pertumbuhan awan pada pukul 21.20 UTC, di mana suhu mencapai *freezing level* dan suhu puncak awan masih menurun hingga mencapai -57°C . Kemudian, awan terus berkembang dan mencapai fase matang pada pukul 07.50 UTC (ditandai dengan kotak berwarna biru) di mana suhu puncak awan mencapai -74.7°C dan tetap stabil hingga sekitar pukul 21.50 UTC. Setelah itu, awan memasuki fase punah atau meluruh mulai pukul 22.40 UTC, yang ditandai dengan peningkatan suhu puncak awan di bawah *freezing level*.

Analisis Jenis Awan dengan Metode RGB *Air Mass*



Gambar 7. Klasifikasi warna metode RGB hasil produk *Air Mass* (Sumber: Citra Satelit Himawari-8, 2024)

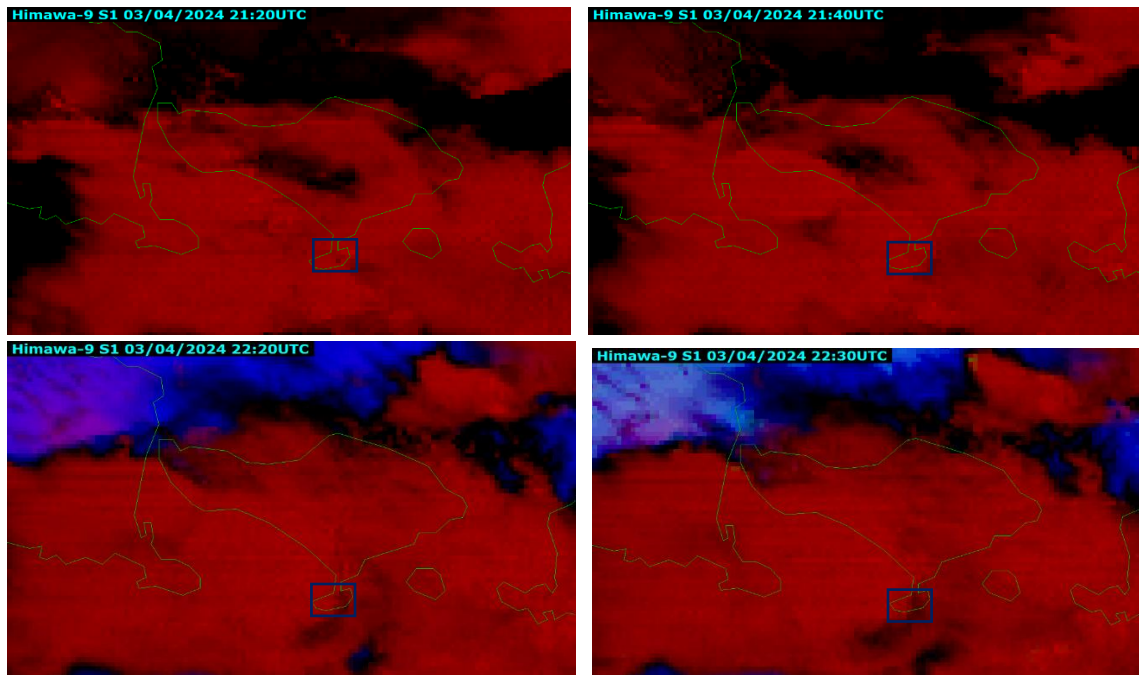
Tabel 1. Klasifikasi warna metode RGB hasil Produk *Air Mass*

Color	Interpretation
	Thick, high-level clouds
	Thick, mid-level clouds
	Thick, low-level clouds (warm air mass)
	Thick, low-level clouds (cold air mass)
	Jet (high PV, descending dry stratospheric air)
	Cold air mass
	Warm air mass (high upper tropospheric humidity)
	Warm air mass (low upper tropospheric humidity)

(Sumber: JMA, 2020)

Berdasarkan citra Satelit Himawari-8 dengan metode RGB *Air Mass* (**Gambar 7**) dan identifikasi mengenai warna-warna hasil metode RGB dalam **Tabel 1**, pada pukul 21.20 UTC wilayah Kecamatan Kuta sudah hampir diselubungi oleh awan dengan warna putih pekat. Berdasarkan klasifikasi pada **Tabel 1**, warna putih pekat merepresentasikan awan tinggi atau awan Cumulonimbus (JMA, 2020). Sementara itu di sebagian wilayah lainnya terdapat wilayah dengan warna hijau lumut yang menunjukkan masa udara hangat dengan kandungan uap air yang tinggi. Uap air hangat merupakan penyebab proses konvergensi, uap air hangat berperan sebagai sumber utama pertumbuhan awan yang terangkat naik. Sehingga tumbuh menjadi awan Cumulonimbus (CB) (Paski et al., 2017). Pada pukul 21.40 dan 22.20 UTC pertumbuhan awan CB terus berlangsung yang disebabkan oleh masa udara hangat dengan kandungan uap air yang hangat. Pada pukul 22.40 UTC awan CB terus tumbuh dan bergerak menjauhi wilayah Kecamatan Kuta menuju ke arah Barat.

24-Hour Microphysics



Gambar 8. Klasifikasi warna metode RGB hasil produk 24-Hour Microphysics (Sumber: Citra Satelit Himawari-8, 2024)

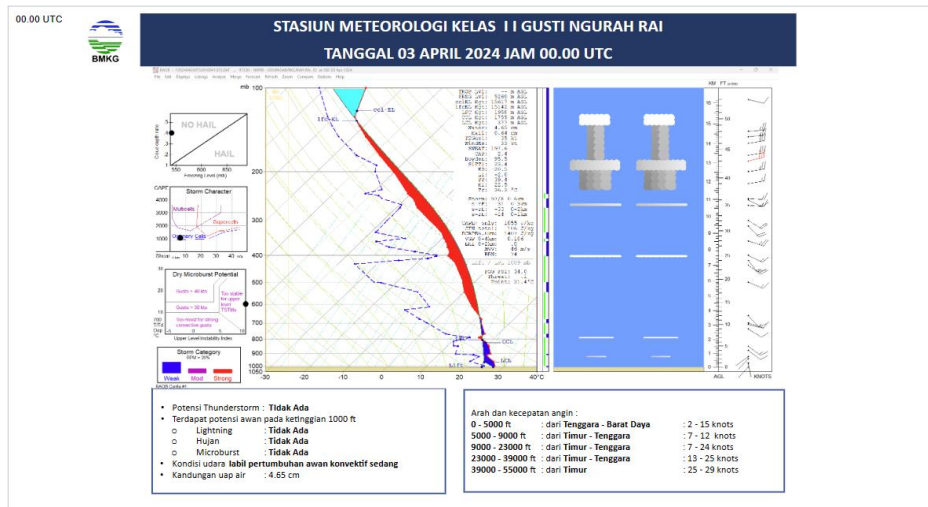
Tabel 2. Klasifikasi warna metode RGB hasil produk 24-Hour Microphysics

Color	Interpretation
Red	Thick, high and cold ice clouds
Brown	Thick water clouds
Green	Clouds with small particles
Black	Thin cirrus clouds
Pink	Dust (yellow sand)
Cyan	Sands with quartz mineral

(Sumber: JMA, 2020)

Berdasarkan citra Satelit Himawari-8 dengan metode RGB 24-Hour Microphysics (Gambar 8) dan identifikasi warna-warna dalam Tabel 2, di wilayah Badung terdeteksi adanya awan es dingin, tinggi, dan tebal yang ditandai dengan warna merah (JMA, 2020). Awan cumulonimbus ini mulai menutupi wilayah Kuta, Badung sekitar pukul 21.20 UTC, menyebabkan cuaca buruk di wilayah tersebut. Warna merah yang semakin terang pada peta menunjukkan ekspansi yang semakin luas dari awan cumulonimbus yang mengandung partikel es kecil dan fenomena tersebut berlangsung hingga sekitar pukul 22.20 UTC. Pada pukul 22.30 UTC, terlihat perubahan warna menjadi hitam, mengindikasikan bahwa awan cirrus mulai mendominasi dan menggantikan awan cumulonimbus.

Analisis Labilitas Udara



Gambar 9. Data radiosonde Stasiun Meteorologi I Gusti Ngurah Rai pukul 08.00 WITA tanggal 03 April 2024 (Sumber: Data radiosonde)

Tabel 4. Indeks Labilitas Udara di Provinsi Bali

Indeks	Fenomena
LI	-2,0
SWEAT	193,6
KI	22,5
TTI	39,4
CAPE	1055

(Sumber: Data radiosonde, 2024)

Analisis data radiosonde yang diolah menggunakan RAOB 5.7 pada **Gambar 9** dari Stasiun Meteorologi Kelas 1 I Gusti Ngurah Rai (WMO 97230) pada tanggal 03 April, jam 00 UTC atau jam 08.00 WITA, menghasilkan nilai indeks labilitas udara di Provinsi Bali (**Tabel 4**). *Lifted Index* (LI): -2,0, menunjukkan bahwa udara tidak stabil dan memiliki potensi pembentukan awan konvektif, *K Index* (KI): 22,5, menunjukkan terdapat potensi terjadinya *thunderstorm* (20-40%), *Total-totals Index* (TTI): 39,4, menunjukkan kemungkinan kecil terjadi petir, *Severe Weather Threat Index* (SWEAT): 193,6, menunjukkan kemungkinan terjadi cuaca buruk, *Convective Available Potential Energy* (CAPE): 1055 J/Kg, menunjukkan ketidakstabilan atmosfer berada pada kategori sedang. Dengan demikian, pada pagi hari, kondisi labilitas atmosfer sudah menunjukkan potensi yang cukup besar bagi pertumbuhan awan konvektif dan terjadinya cuaca buruk, terutama dalam hal badai petir dengan nilai CAPE yang berada pada kategori sedang (Diniyati et al., 2021).

Pembahasan

Penelitian ini mengungkap bahwa curah hujan ekstrem yang menyebabkan banjir di Kuta, Badung, Bali pada 3 April 2024 mencapai intensitas 129 mm/jam, dipicu oleh keberadaan awan konvektif cumulonimbus. Hasil ini sejalan dengan penelitaian Mahrup & Idris (2018), yang mengemukakan bahwa awan cumulonimbus adalah penyebab utama hujan lebat di daerah tropis. Selain itu, penerapan metode RGB dalam penelitian ini mendukung temuan Paski et al. (2017), yang menunjukkan bahwa teknik ini efektif dalam mendeteksi pertumbuhan awan konvektif dan memprediksi intensitas curah hujan. Dinamika atmosfer selama peristiwa ini menunjukkan adanya tekanan rendah di tenggara Bali, serta belokan angin dan konvergensi di

Laut Selatan Bali. Hal ini mendukung penelitian Ratnam et al. (2013), yang menyatakan bahwa gangguan atmosfer skala global, regional, dan lokal dapat menyebabkan ketidakstabilan atmosfer yang merangsang pertumbuhan awan konvektif. Penelitian Sulistiyono et al. (2023) juga menunjukkan bahwa hujan lebat sering terjadi akibat interaksi antara pola konvergensi angin dan kelembaban udara tinggi di daerah tropis.

Namun, terdapat perbedaan dalam pola waktu kejadian dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian Mughozali et al. (2017) menunjukkan bahwa aktivitas konvektif umumnya berkurang pada malam hari di banyak wilayah tropis, sedangkan penelitian ini menemukan bahwa konveksi di Bali tetap tinggi pada malam hari. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan nilai CAPE (1055 J/Kg) dan SWEAT (193,6) berdasarkan data radiosonde. Temuan ini lebih sejalan dengan penelitian Ajeng et al. (2022) mengenai hujan ekstrem di Tangerang Selatan, yang juga menunjukkan intensitas tinggi pada malam hari akibat faktor lokal dan regional. Faktor geografis turut berkontribusi terhadap perbedaan hasil penelitian ini dibandingkan dengan studi lain. Medan topografi Bali yang beragam serta pengaruh angin laut dan darat dapat memperkuat konveksi pada malam hari. Kondisi ini berbeda dengan wilayah tropis lain yang mengalami penurunan aktivitas konvektif pada malam hari akibat pendinginan permukaan daratan yang lebih cepat dibanding lautan (Dwi Purwanti et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan faktor atmosfer lokal dalam analisis cuaca ekstrem.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan lebih lanjut mengenai dinamika atmosfer yang memicu curah hujan ekstrem dan banjir di Bali. Pemanfaatan data satelit Himawari-8 dengan metode RGB serta analisis indeks labilitas atmosfer membuktikan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan ketepatan prediksi cuaca ekstrem. Di masa depan, kombinasi dengan data radar cuaca dan pemodelan numerik yang lebih terperinci akan membantu memahami pola hujan ekstrem di wilayah tropis dengan lebih baik.

Kesimpulan

Hujan sangat lebat yang terjadi selama beberapa jam di wilayah Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung pada tanggal 03 April 2024 disebabkan terdapat pola tekanan rendah di wilayah tenggara Bali dan belokan angin pada wilayah Bali dan konvergensi di laut Selatan Bali. Berdasarkan analisis kondisi atmosfer menggunakan data citra satelit Himawari-8, melalui metode RGB, dapat diamati bahwa awan konvektif yang terbentuk merupakan jenis awan cumulonimbus yang tinggi dan tebal. Nilai indeks labilitas atmosfer seperti KI, SWEAT, LI, TTI, dan CAPE menunjukkan adanya potensi konveksi dan pembentukan awan. Hal ini tercermin dari nilai yang signifikan pada awal pembentukan awan konvektif hingga saat awan tersebut meluruh. Nilai yang tinggi pada awal pembentukan awan konvektif menunjukkan kondisi atmosfer yang tidak stabil, sementara nilai yang menurun saat awan meluruh menandakan kembalinya kondisi atmosfer ke stabilitasnya.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa kekurangan, seperti ketiadaan data radar yang dapat meningkatkan akurasi hasil penelitian. Berdasarkan beberapa analisis di atas, kejadian hujan lebat yang signifikan terjadi pada daerah yang ditandai oleh warna merah dan oranye. Periode puncak curah hujan terjadi antara 22Z dan 23Z, dan hujan bergerak atau menyebar seiring waktu di daerah Badung atau selatan Pulau Bali. Hal ini menunjukkan adanya dinamika atmosfer yang cukup aktif pada wilayah tersebut pada tanggal 3 April 2024. Oleh karena itu, penelitian ini menegaskan perlunya pemahaman akan pola hujan lebat bagi masyarakat agar lebih siap menghadapi potensi bencana dan mengurangi risiko kerugian akibat cuaca ekstrem.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada Stasiun Meteorologi Kelas 1 I Gusti Ngurah Rai dan Balai Besar MKG Wilayah III atas kontribusi ilmu pengetahuan yang telah diberikan serta fasilitas pembelajaran dan data yang telah disediakan kepada penulis. Dengan bantuan dan dukungan dari kedua unit pelaksana ini, penulis dapat menyelesaikan jurnal penelitian ini dengan baik.

Referensi

- Ajeng, D., Pertiwi, S., Anugrah, J., & Paski, I. (2022). Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Ekstrem (Studi Kasus Banjir Di Tangerang Selatan 7 November 2021) Analysis of The Atmospheric Dynamics Of Extreme Rainfall Event (Case Study Of Flood In Tangerang Selatan On 7 Th November 2021). *Januari*, 2(2), 1–10.
- Diniyati, E., Qalbi Syofyan, D., & Mulya, A. (2021). *Pemanfaatan Satelit Himawari-8 dengan Metode NWP dan RGB untuk Menganalisis Kondisi Atmosfer Saat Banjir di Sidoarjo Tanggal 28 Mei 2020*. <http://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JPIG/>
- Dwi Purwanti, S., Leonardus Weyai, S., Haryanto, Y. D., & Mulya, A. (2023). *Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat di Sintang Menggunakan Satelit Cuaca dan Model ECMWF (Kasus: 30 September 2021)*. <http://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JPIG/>
- JMA. (2020a). Himawari Airmass RGB Quick Guide. In http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/VLab/RGB_QG.html.
- JMA. (2020b). Himawari Day Convective Storms RGB Quick Guide. In http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/VLab/RGB_QG.html.
- Karisma, Y., Ariyora, S., Budisusanto, Y., & Prasasti, I. (2015). *Pemanfaatan data Penginderaan Jauh dan SIG untuk Analisa Banjir (Studi Kasus : Banjir Provinsi DKI Jakarta)*.
- Kharisma, S., & Widomurti, L. (2018). Analisis Hujan Lebat Dengan Menggunakan Data Citra Satelit Di Kabupaten Banjarnegara (Studi Kasus 18 Juni 2016). In *Jurnal Material dan Energi Indonesia* (Vol. 08, Issue 01).
- Mahrup, & Idris, H. (2018). *Asal Awan Konvektif Pembawa Hujan Lokal Di Pulau Lombok* (Vol. 1).
- Makarim Aldimasqie, A., Hari Saputra, A., Oktarina, S., Studi Meteorologi, P., Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Indonesia, S., & Klimatologi Tangerang Selatan Indonesia, S. (2022). *Pemetaan Zona Rawan Banjir Di Jakarta Menggunakan Analytic Hierarchy Process (AHP)*. <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/>
- Mughozali, S., Umar Firdianto, P., & Irawan, A. (2017). Analisis Hujan Lebat dan Angin Kencang di Wilayah Banjarnegara Study Kasus Rabu 8 November 2017. In *UPJ* (Vol. 6, Issue 1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj>
- Pandia, F. S., Sasmito, B., & Sukmono, A. (2019). Analisis Pengaruh Angin Monsun Terhadap Perubahan Curah Hujan Dengan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Provinsi Jawa Tengah). In *Jurnal Geodesi Undip Januari* (Vol. 8).
- Paski, J., Sepriando, A., & Pertiwi, S. (2017). Pemanfaatan Teknik Rgb Pada Citra Satelit Himawari-8 Untuk Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Banjir Lampung 20-21 Februari 2017. In *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* (Vol. 4, Issue 3). <http://bom.gov.au>.
- Prakoso Indaryono, N. A. (2024). Analisa Perbandingan Algoritma Random Forest Dan Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Curah Hujan Berdasarkan Iklim Di Indonesia. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 9(1), 158–167. <https://doi.org/10.29100/jipi.v9i1.4421>

- Prasetyo, B., & Pusparini, N. (2018). Pemanfaatan SATAID Untuk Analisa Atmosfer di Wilayah Perairan. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 14(2), 37. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v14i2.3220>
- Ratnam, M. V., Santhi, Y. D., Rajeevan, M., & Rao, S. V. B. (2013). Diurnal variability of stability indices observed using radiosonde observations over a tropical station: Comparison with microwave radiometer measurements. *Atmospheric Research*, 124, 21–33. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.12.007>
- Rizkiafama, V., Dzikiro, T., & Safril, A. (2018). *Pemanfaatan Data Satelit Himawari-8 Serta Data Curah Hujan Dan Hari Hujan Bulanan Dalam Analisis Kejadian Banjir Kota Padang, 9 September 2017 Dan 26 September 2018*.
- Rozi, M. (2019). *Prediksi Pertumbuhan Awan Cumulonimbus Pada Citra Himawari Ir Enhanced Menggunakan Deep Echo State Network (Deepesn)*.
- Safitri, D. (2021). Karakteristik Aliran Dan Debit Banjir Pada Beberapa Sungai Di Indonesia: Kajian Literatur. In *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)* (Vol. 02, Issue 02). <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/jice>
- Sulistiyono, W., Surya Ramadhan, R., Donni Haryanto, Y., Studi Meteorologi, P., & Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, S. (2023). *Kajian Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat Di Kota Surakarta Menggunakan Analisis Skala Meteorologi (Studi Kasus: 3 Februari 2021)* (Vol. 7, Issue 1).
- Yulianto, K. (2016). Science and Tecnology Agroekologi: Model Pertanian Berkelanjutan Masa Depan. In *Desember* (Vol. 1, Issue 3).