



Analisis Kejadian Hujan Lebat Berdasarkan Kondisi Atmosfer dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus Kab. Bolaang Mongondow Utara, 4 Maret 2020)

Maria.O.R.Hutagalung^{1*}, Iqbal Gusranda², Raja.R.Naumi³, Aditya Mulya⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Meteorologi Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika,
 Jalan Perhubungan I No.5 Pondok Betung, Bintaro, Kec. Pd. Aren, Kota Tangerang Selatan,
 Banten 15221, Indonesia

*e-mail: maria.octavia.rosnauli.h@stmkg.ac.id

Received: 01 01 2022. Accepted: 26 02 2022. Published: 02 2022

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab banjir di Kab. Bolaang Mongondow Utara pada 4 Maret 2020 berdasarkan anomali atmosfer dan citra satelit Himawari-8. Analisis kejadian dilakukan dengan mengumpulkan data pos hujan disekitar wilayah Kab. Bolaang Mongondow Utara yang diolah secara statistik, data citra satelit Himawari-8 dianalisis menggunakan aplikasi GrADS dan SATAID, data streamline dari Berau of Meteorology, dan data indeks stabilitas atmosfer selama periode kejadian yang dianalisis secara deskriptif. Hasil analisis menunjukkan bahwa intensitas hujan selama periode kejadian rata-rata tergolong sangat lebat. Analisis streamline menunjukkan adanya pusat tekanan rendah di Samudera Hindia sebelah selatan Pulau Jawa dan sirkulasi Eddy di perairan Samudera Pasifik yang menyebabkan belokan angin (shearline) di wilayah Sulawesi Utara sehingga mendukung cuaca buruk di wilayah tersebut. Analisis time series dan kontur suhu puncak awan menunjukkan adanya awan konvektif Cumulonimbus dengan suhu puncak yang sangat rendah yaitu -85.5°C . Analisis indeks stabilitas atmosfer rata-rata menunjukkan adanya kondisi ketidakstabilan atmosfer.

Kata Kunci: Banjir, Himawari-8, GrADS, SATAID, Cumulonimbus

Heavy Rain's Analysis Based on Atmospheric Conditions and Himawari-8 Satellite Imagery (Case Study : North Bolaang Mongondow Regency, 4 March 2020)

Abstract

The purpose of this study was to determine the cause of flooding in North Bolaang Mongondow on March 4, 2020 based on atmospheric anomalies and Himawari-8 satellite imagery. The incident analysis was carried out by collecting rain post data around the Kab. North Bolaang Mongondow statistically processed, Himawari-8 satellite imagery data were analyzed using the GrADS and SATAID applications, streamlined data from Berau of Meteorology, and atmospheric stability index data during the event period were analyzed descriptively. The results of the analysis show that the rainfall intensity during the incident period is classified as very heavy on average. Streamline analysis shows that there is a low pressure center in the Indian Ocean south of Java Island and the Eddy circulation in the waters of the Pacific Ocean which causes a shearline in the North Sulawesi region, thus supporting bad weather in the region. Time series analysis and cloud top temperature contours show the presence of Cumulonimbus convective clouds with a very low peak temperature of -85.5°C . Analysis of the average atmospheric stability index shows the presence of atmospheric instability conditions.

Keywords: Flood, Himawari-8, GrADS, SATAID, Cumulonimbus



PENDAHULUAN

Banjir dan tanah longsor merupakan bencana alam yang umum terjadi. Dari sekian banyak bencana alam, bencana banjir merupakan bencana dengan mempunyai frekuensi yang paling besar dan menimbulkan kerugian yang besar pula (Gupta, 2003). Sampai sekarang ini masalah banjir masih tidak dapat diatasi secara tuntas terutama di Indonesia. Frekuensi kejadian banjir terus meningkat dari tahun ke tahun, dengan intensitas yang turut meningkat juga disebabkan oleh banyak faktor. Banjir dan tanah longsor di Kab. Bolaang Mongondow Utara 4 Maret 2020, menunjukkan faktor utama penyebabnya adalah intensitas curah hujan yang tinggi sehingga kapasitas sungai tidak mampu menampung limpasan air dan meluap ke daerah disekitarnya.

Secara umum curah hujan di Indonesia terutama dipengaruhi oleh beberapa fenomena, antara lain sistem monsun Asia-Australia, El Nino, sirkulasi Walker dan sirkulasi Hadley serta beberapa sirkulasi yang disebabkan oleh pengaruh lokal (Tjasyono & Bannu, 2003). Banjir dan tanah longsor yang disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan pada 4 Maret 2020 di Kab. Bolaang Mongondow Utara telah menewaskan 2 orang warga dan menyebabkan kerusakan pada ribuan rumah warga.

Curah hujan atau presipitasi merupakan kondisi dimana uap air berkondensasi di atmosfer dan jatuh ke bumi. Hujan merupakan salah satu faktor penting dalam analisis hidrologi. Curah hujan dapat membawa dampak baik bagi manusia, namun curah hujan dengan intensitas berlebih dapat menyebabkan bencana yang merugikan manusia. Intensitas hujan adalah kedalaman air hujan per satuan waktu. Dengan kata lain bahwa intensitas curah hujan dalam jangka pendek yang memberikan gambaran derasnya hujan per satuan

waktunya. Beberapa fenomena yang dapat meningkatkan intensitas curah hujan yaitu :

1. Fenomena Iklim Global La Nina
2. Fenomena monsun Asia
3. Fenomena Madden-Julian Oscillation
4. Gelombang Kelvin dan Rossby
5. Siklon Tropis

Satelit Himawari-8 merupakan satelit cuaca meteorologi *geostasioner* yang merupakan generasi penerus satelit MTSAT 2 yang diluncurkan pada tahun 2015 oleh JMA yang berfungsi untuk mengamati parameter meteorologi misalnya untuk mengamati perkembangan awan cumulonimbus. Satelit himawari-8 memiliki 16 kanal yang terdiri dari Visibel, Near-IR, IR WV (*Water Vapour*), SW IR, dan LW IR. Satelit Himawari-8 menyediakan pengamatan setiap 10 menit sehingga dapat memberikan atau menggambarkan perkembangan fenomena meteorologi seperti awan cumulonimbus secara komprehensif (Mahfiroh, 2017). *Japan Meteorology Agency* (JMA) mengembangkan sebuah aplikasi yang diberi nama SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*). Aplikasi tersebut berfungsi mengambil data parameter meteorologi dari citra satelit. Makalah ini mengkaji penggunaan aplikasi tersebut sebagai penyedia data dukung parameter meteorologi pada citra satelit untuk menganalisa kejadian alam, baik yang terkait dengan cuaca maupun bencana (Harsa, Linarka, Kurniawan, & Noviati, 2011). Satelit Himawari-8 memiliki cakupan seluruh wilayah Indonesia. Satelit Himawari-8 dilengkapi sensor *Advanced Himawari Imager* (AHI) seperti yang tertera pada gambar 1 dengan fungsi khusus pada setiap kanalnya.

Jenis Panjang gelombang	Kanal	Panjang gelombang Tengah (µm)	Resolusi (km)	Contoh Penggambaran
VIS	1	0.47	1	<i>Daytime aerosols di daratan, coastal water mapping</i>
	2	0.51	1	<i>Water ocean color, remote sensing terhadap alga bloom; memantulkannya color imagery ketika dikombinasikan dengan kanal baru dan lama (kanal visible 1 dan 3)</i>
	3	0.64	0.5	<i>Daytime cloud, kabut, awan, angin</i>
Near-IR	4	0.86	1	<i>Daytime vegetation, bukit, lembah, aerosol sepanjang perairan, angin</i>
	5	1.6	2	<i>Fine Daytime cloud-topdan ukuran partikel, salju</i>
	6	2.3	2	<i>Daytime land/cloud properties, ukuran partikel, vegetasi, salju</i>
SW IR	7	3.9	2	<i>Pernapasan dan awan, kabut pada malam hari, api, angin</i>
	8	6.2	2	<i>Uap air atmosfer level tinggi, angin, curah hujan</i>
	9	6.9	2	<i>Uap air atmosfer level menengah, angin, curah hujan</i>
LW IR	10	7.3	2	<i>Uap air level rendah, angin, SO₂</i>
	11	8.6	2	<i>Total water untuk stabilitas, fase awan, dust, SO₂, curah hujan</i>
	12	9.6	2	<i>Total column ozone, turbulensi, angin</i>
MW IR	13	10.4	2	<i>Pernapasan dan awan</i>
	14	11.2	2	<i>Imagers, sea surface temperature (SST), awan, curah hujan</i>
	15	12.4	2	<i>Total column water vapor, ash, SST</i>
	16	13.3	2	<i>Substansi udara, tinggi dan jumlah awan</i>

Gambar 1. Karakteristik kanal panjang gelombang pada AHI (Pandjaitan & Panjaitan, 2015)

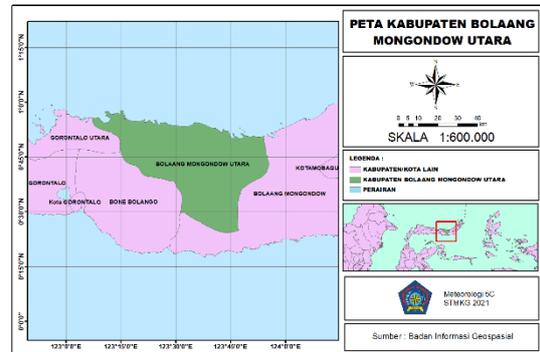
Menganalisis kemandirian atmosfer merupakan tujuan dari pengamatan udara atas agar dapat mengetahui nilai-nilai yang dapat dikaitkan dengan keadaan atmosfer selama periode kejadian. Beberapa indeks untuk mengetahui keadaan stabilitas atmosfer adalah indeks K, indeks Total, CIN (Convective Inhibition), dan CAPE (Convective Available Potential Energy). Indeks K mengukur potensi aktivitas konvektif berdasarkan suhu vertikal dan kelembaban atmosfer. Indeks Total merupakan indeks untuk perkiraan cuaca buruk. CIN merupakan ukuran kekuatan penahanan parsel udara untuk naik ke level tertentu di atmosfer. CAPE merupakan sejumlah energi parsel udara untuk naik hingga ketinggian tertentu di atmosfer.

Dengan melakukan analisis kondisi cuaca secara regional dan analisis citra satelit produk Himawari-8 tanggal 3-4 Maret 2020, maka rumusan masalah adalah apa penyebab banjir di Kab. Bolaang Mongondow Utara pada 4 Maret 2020 berdasarkan anomali atmosfer dan citra satelit Himawari-8. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui penyebab banjir di Kab. Bolaang Mongondow Utara pada 4 Maret 2020 berdasarkan anomali atmosfer dan citra satelit Himawari-8.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini mengambil daerah studi di Kab. Bolaang Mongondow Utara, Sulawesi Utara dengan titik

koordinat 0°30' - 1° LU dan 123° 01' - 124° 01' BT (Gambar 2)



Gambar 2. Lokasi penelitian

Sebelum memasuki pengolahan data, hal pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan data dari berbagai media sosial mengenai kejadian banjir dan tanah longsor di Kab. Bolaang Mongondow Utara pada 4 Maret 2020. Data yang digunakan dalam penelitian antara lain data hujan dan citra satelit pada 4 Maret 2020 dari pos hujan di kawasan Kab. Bolaang Mongondow Utara yang diperoleh dari situs BMKGsoft (<https://bmgsoft.database.bmkg.go.id/MapView/#default>) yang diolah menggunakan perangkat lunak untuk mendapatkan grafik curah hujan. Data satelit Himawari-8 yang diperoleh dari aplikasi FileZilla yang diolah dengan perangkat lunak SATAID untuk menampilkan gugusan awan, suhu puncak awan, dan kontur suhu puncak awan di wilayah Kab. Bolaang Mongondow Utara. Suhu puncak awan dan kontur suhu puncak awan dianalisis secara objektif melalui kanal IR band 13 dari citra satelit Himawari-8, dan data indeks stabilitas atmosfer dari satelit Himawari-8 yang diperoleh dari aplikasi FileZilla dan dari situs ECMWF (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/data-sets>) yang diolah dengan perangkat lunak SATAID dan GrADS untuk menampilkan nilai indeks stabilitas atmosfer pada periode waktu kejadian. Dari hasil tersebut, data kemudian dianalisis dengan metode analisis

deskriptif untuk mengetahui jenis awan dan anomali atmosfer yang terjadi pada saat waktu kejadian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

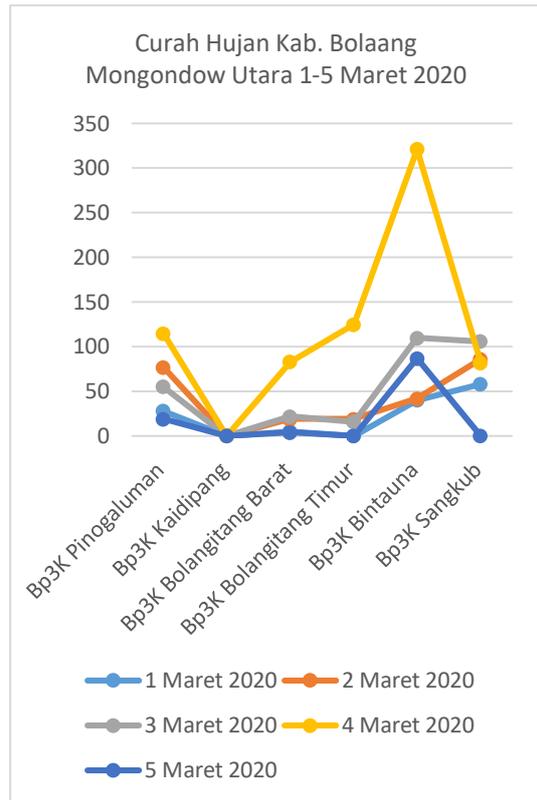
Analisis Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan harian di wilayah Kab. Bolaang Mongondow Utara yang dilaporkan tanggal 4 Maret 2020 (tabel 1), curah hujan tertinggi terukur 321 mm/hari di pos hujan Bp3K Bintauna yang dalam kategori curah hujan harian BMKG tergolong hujan Ekstrem.

Tabel 1. Kategori Curah Hujan Kab. Bolaang Mongondow Utara menurut BMKG

Pos Hujan	Curah Hujan (mm) 4 -3- 2020	Kategori Hujan BMKG
Bp3K Pinogaluman	115	Sangat Lebat
Bp3K Kaidipang	0	Berawan
Bp3K Bolangitan Barat	83	Lebat
Bp3K Bolangitan Timur	125	Sangat Lebat
Bp3K Bintauna	321	Ekstrem
Bp3K Sangkub	82	Lebat

Berdasarkan data hasil pengukuran curah hujan tanggal 1-5 Maret 2020, Kejadian hujan berlangsung selama 24 jam terus-menerus yang berdasarkan kategori BMKG termasuk ekstrem dan dalam rentang waktu yang lama dapat menimbulkan banjir.

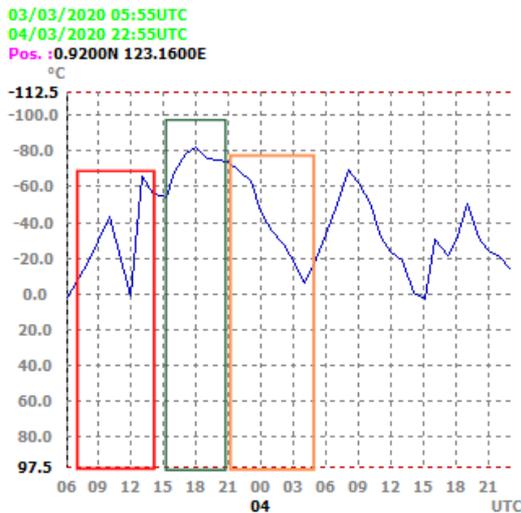


Gambar 3. Grafik Curah Hujan Kab. Bolaang Mongondow Utara 1-5 Maret 2020

Analisis Time Series dan Kontur Suhu Puncak Awan

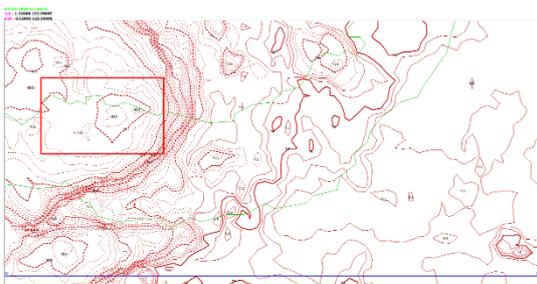
Suhu puncak awan dapat merepresentasikan suhu awan, dimana pada suhu puncak awan yang sangat dingin dapat menyatakan adanya partikel es dalam hujan tersebut, dimana kondisi ini identik dengan adanya awan konvektif. Berdasarkan analisis *time series* citra satelit Himawari-8 (gambar 4), di wilayah Kab. Bolaang Mongondow Utara tanggal 3-4 Maret 2020 yang diolah dengan aplikasi SATAID, terlihat bahwa suhu puncak awan antara pukul 06.00 UTC (14.00 WITA, 3 Maret 2020) sampai 15.00 UTC (23.00 WITA, 3 Maret 2020) mengalami penurunan yang secara bertahap dari 0°C mencapai -62,5°C, kemudian tetap menurun hingga pukul 18.00 UTC (02.00 WITA, 4 Maret 2020) mencapai puncaknya sekitar -85.5°C yang mengindikasikan pada saat itu ada awan konvektif seperti awan

cumulonimbus. Kenaikan suhu puncak awan yang sangat rendah tersebut mengindikasikan bahwa adanya awan Cb yang sangat dingin saat kejadian hujan lebat yang melanda wilayah Kab.Bolaang Mongondow Utara.



Gambar 4. Grafik *times series* suhu puncak awan 3-4 Maret 2020 Kab. Bolaang Mongondow Utara

Kemudian mulai pukul 21.00 UTC (05.00 WITA, 4 Maret 2020) suhu puncak awan mulai naik kembali yang artinya pembentukan awan-awan konvektif mulai memasuki tahap peluruhan. Namun, pembentukan awan konvektif terpantau kembali dengan menurunnya suhu puncak awan mulai pukul 06.00 UTC (14.00 WITA, 4 Maret 2020) dan mencapai puncaknya pada pukul 08.00 UTC (16.00 WITA, 4 Maret 2020) sekitar -62.5°C . Kemudian mulai mengalami peluruhan kembali.

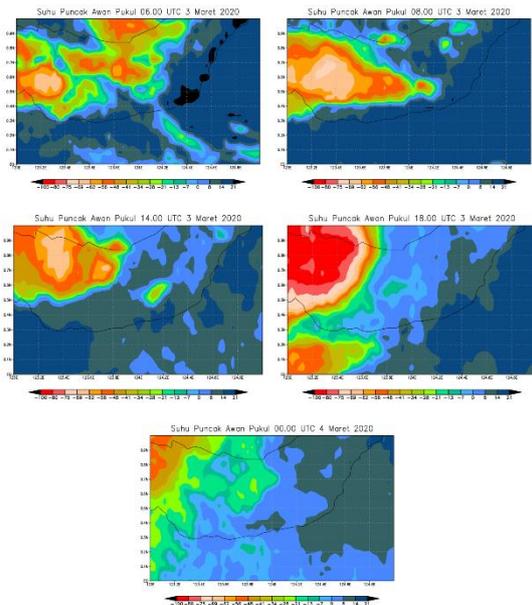


Gambar 5. Kontur Suhu Puncak Awan 3 Maret 2020 pukul 18 UTC

Berdasarkan data kontur suhu puncak awan di wilayah Kab. Bolaang Mongondow Utara terdapat inti awan dengan suhu -85.5°C dengan cakupan merata di wilayah Manado dan sekitarnya yang diindikasikan sebagai awan cumulonimbus. Awan tersebut dapat menghasilkan hujan di sekitaran wilayah tersebut dengan intensitas lebat.

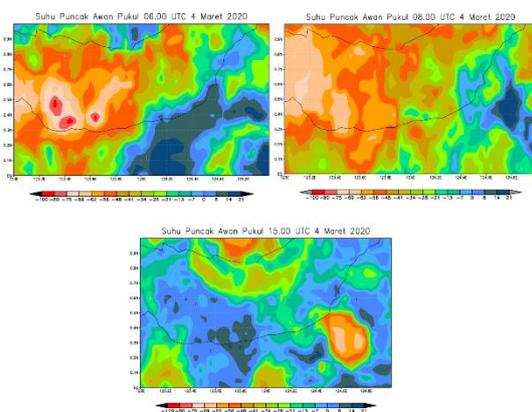
Analisis Suhu Puncak Awan

Berdasarkan suhu puncak awan yang diolah dengan aplikasi GrADS, disesuaikan dengan trend dari gambar 4, gambar 6 menunjukkan perkembangan awan Cb dengan suhu puncak tahap 1. Pukul 06 UTC (14.00 WITA 3 maret 2020) menunjukkan awan yang akan berkembang menjadi sel awan konvektif. Pada pukul 08 & 14 UTC (16.00 & 22.00 WITA 3 Maret 2020) menunjukkan fase berkembangnya awan konvektif. Sel awan konvektif tersebut semakin berkembang dan berpusat di Kab. Bolaang Mongondow Utara hingga memenuhi kondisi kategori awan Cb dan mencapai fase puncaknya (matang) pada pukul 18 UTC (02.00 WITA 4 Maret 2020) dengan suhu sekitar $>-80^{\circ}\text{C}$. Setelah itu mulai memasuki fase meluruh pukul 00 UTC (08.00 WITA 4 Maret 2020).



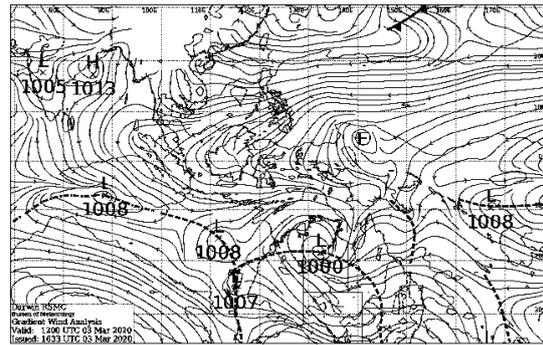
Gambar 6. Perkembangan Awan Cb dengan Suhu Puncak Awan Tahap 1

Kemudian pada gambar 6 Menunjukkan perkembangan awan Cb dengan suhu puncak tahap 2. Pada pukul 06 UTC (14.00 WITA 4 Maret 2020) terdeteksi lagi penurunan suhu yang menjadi tahapan pembentukan awan konvektif dan memenuhi kategori awan Cb dengan suhu puncak kedua $>60^{\circ}\text{C}$ pada pukul 08 UTC (16.00 WITA 4 Maret 2020). Setelah itu awan memasuki peluruhan dan sel awan konvektif pun musnah.



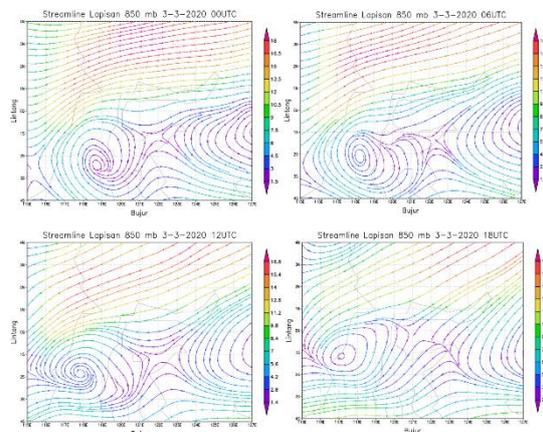
Gambar 7. Perkembangan Awan Cb dengan Suhu Puncak Awan Tahap 2

Analisis Streamline



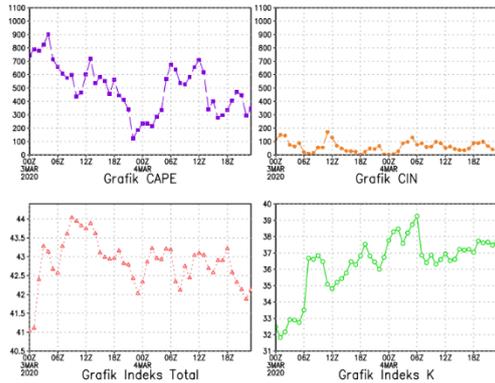
Gambar 8. Streamline tanggal 3 Maret 2020 pukul 12 UTC

Berdasarkan peta *streamline* (Gambar 8) menunjukkan adanya pusat tekanan rendah di Samudera Hindia sebelah selatan Pulau Jawa yang berpotensi menarik massa udara dari wilayah Samudera Pasifik. Selain itu terdapat sirkulasi *Eddy* di perairan Samudera Pasifik yang menyebabkan perubahan arah angin (*shearline*) di wilayah Sulawesi Utara. Berdasarkan peta *streamline* sebagian Pulau Sulawesi yang diolah dengan aplikasi GrADS (Gambar 8), terdapat pertemuan aliran massa udara (konvergensi) di bagian barat Pulau Sulawesi dan perubahan arah angin (*shearline*) di sekitar wilayah Sulawesi. Hal ini dapat memberikan pengaruh yang signifikan terdapat pembentukan awan konvektif dan meningkatkan intensitas curah hujan di sekitaran Kab. Bolaang Mongondow Utara, Sulawesi Utara.



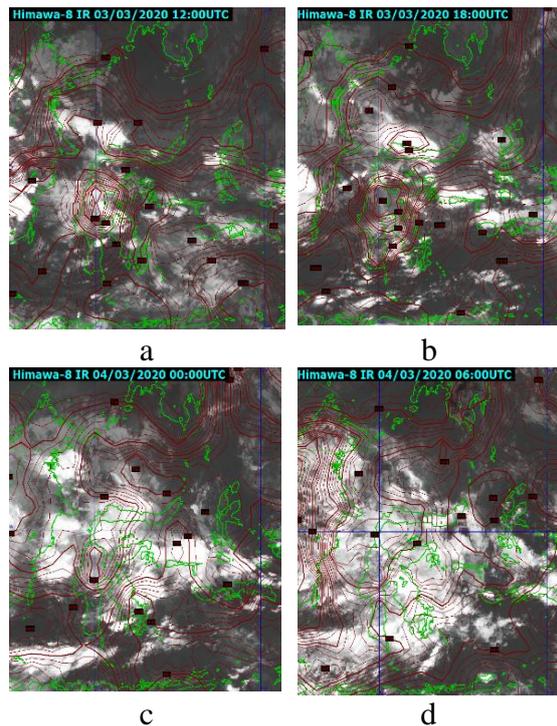
Gambar 9. Streamline tanggal 3 Maret 2020 lapisan 850 mb

Analisis Indeks Stabilitas Atmosfer

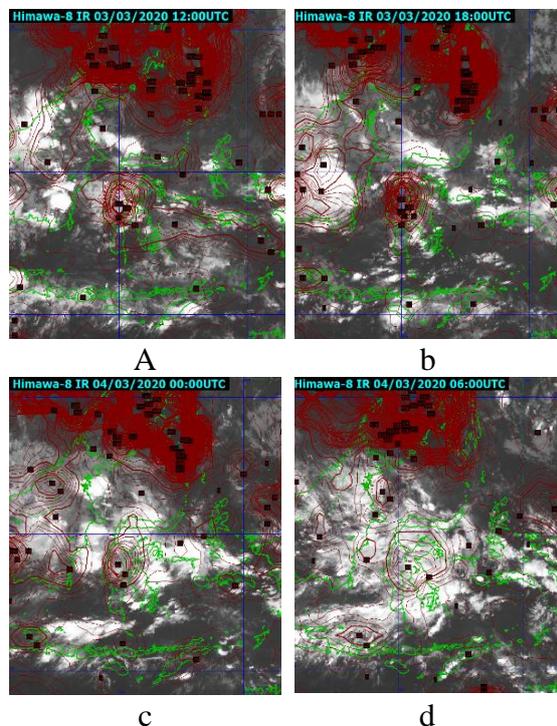


Gambar 10. Grafik CAPE, CIN, Indeks Total, Indeks K kab. Bolaang Mongondow Utara 3-4 Maret 2020

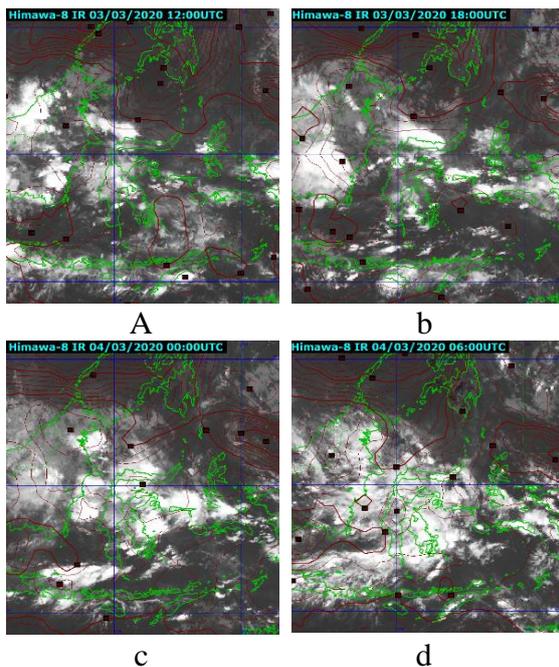
Berdasarkan analisis indeks stabilitas atmosfer Kab Bolaang Mongondow Utara tanggal 3-4 Maret 2020 yang diolah dengan aplikasi SATAID dan GrADS, nilai Indeks K rata-rata selama periode tersebut >30 sehingga dapat diklasifikasikan kemungkinan untuk konvektif sedang dengan peluang badai guruh >60%. Dan nilai rata-rata indeks total berkisar antara 41-45 selama periode yang dapat diklasifikasikan konvektif lemah. Nilai CIN rata-rata selama periode berkisar <100 yang dapat diklasifikasikan adanya potensi ketidakstabilan karena parcel udara naik ke level tertentu di atmosfer. Nilai CAPE periode kejadian berada <1000 J/Kg yang diklasifikasikan sebagai konvektif lemah. Meskipun kategori tiap indeks menghasilkan klasifikasi yang berbeda, nilai dari setiap indeks tetap menunjukkan adanya aktifitas konvektif yang terjadi di Kab. Bolaang Mongondow Utara pada periode 3-4 Maret 2020.



Gambar 11. CAPE 3-4 Maret 2020 (a) 12 UTC (b) 18 UTC (c) 00 UTC (d) 06 UTC

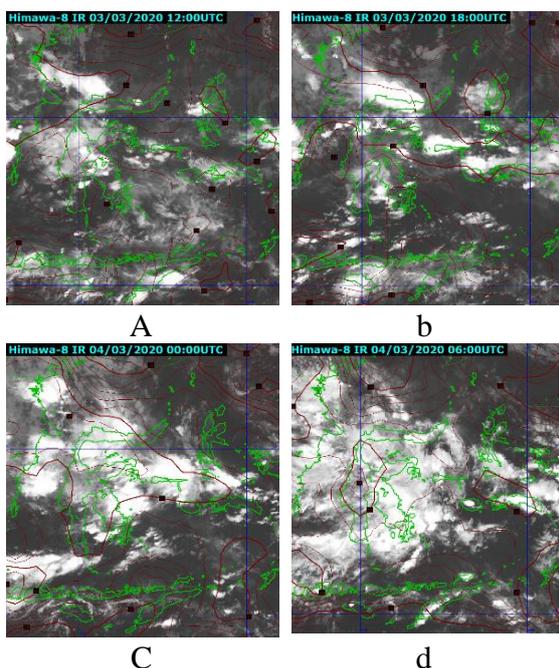


Gambar 12. CIN 3-4 Maret 2020 (a) 12 UTC (b) 18 UTC (c) 00 UTC (d) 06 UTC



Gambar 12. Indeks Total 3-4 Maret 2020 (a) 12 UTC (b) 18 UTC (c) 00 UTC (d) 06 UTC

Utara disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi dikarenakan adanya pusat tekanan rendah di Samudera Hindia sebelah selatan Pulau Jawa dan sirkulasi *Eddy* di perairan Samudera Pasifik yang menyebabkan perubahan arah angin (*shearline*) di wilayah Sulawesi Utara. Terdapat pertemuan aliran massa udara (konvergensi) di bagian barat Pulau Sulawesi dan perubahan arah angin (*shearline*) di sekitar wilayah Sulawesi yang mendorong terjadinya aktivitas konvektif di Kab. Bolaang Mongondow Utara. Kondisi cuaca buruk ini didukung dengan nilai indeks stabilitas atmosfer yang dikategorikan atmosfer tidak stabil atau ada aktivitas konvektif. Awan konvektif Cb terdeteksi dengan suhu puncak awan terendah -85.5°C pada tanggal 4 Maret 2020 pukul 02.00 WITA.



Gambar 13. Indeks K 3-4 Maret 2020 (a) 12 UTC (b) 18 UTC (c) 00 UTC (d) 06 UTC

DAFTAR PUSTAKA

BMKG, “Probabilistik Curah Hujan 20 mm (tiap 24 jam) | BMKG,” [bmkg.go.id](https://www.bmkg.go.id).

<https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg> (diakses pada 25 Desember 2021)

Gupta, A. (2003). Flood and Floodplain Management in North East India: An Ecological Perspective. *Proceedings of the 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW 2003)*, (April), 231–236.

Harsa, H., Linarka, U. A., Kurniawan, R., & Noviati, S. (2011). Pemanfaatan Sataid untuk Analisa Banjir Dan Angin Puting Beliung: Studi Kasus Jakarta dan Yogyakarta. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 12(2), 197–205.

<https://doi.org/10.31172/jmg.v12i2.101>

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa kejadian banjir di Kab. Bolaang Mongondow



Pandjaitan, B. S., & Panjaitan, A. (2015). 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 Sumatera dan Kalimantan Pada Bulan September 2015). *Jurnal Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2015*, (December 2015), 636–651.

Tjasyono, B., & Bannu. (2003). Dampak Enso pada Faktor Hujan di Indonesia. *Jurnal Matematika & Sains*, 8(1), 15–22. Retrieved from <http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=11781>
1