

Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat di Sintang Menggunakan Satelit Cuaca dan Model ECMWF (Kasus: 30 September 2021)

Siti Dwi Purwanti^{1*}, Silas Leonardus Weyai¹, Yosafat Donni Haryanto¹, Aditya Mulya¹

¹Program Studi D-IV Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Tangerang 15221, Indonesia

Email : *siti.dwi.purwanti@stmkg.ac.id, silas.leonardus.weyai@stmkg.ac.id,
yosafatdonni@gmail.com, aditya.mulya@stmkg.ac.id

Dikirim : 14 Januari 2023

Diterima: 24 Maret 2023

Abstrak: Hujan berintensitas lebat yang berlangsung selama beberapa jam pada tanggal 30 September 2021 di Kabupaten Sintang memicu terjadinya banjir selama 1 bulan di wilayah tersebut. Berdasarkan nilai curah hujan yang tercatat pada Stasiun Meteorologi Susilo – Sintang, pada tanggal 30 September 2021 curah hujan mencapai 139,5 mm/hari. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi atmosfer yang berpengaruh secara global, regional dan lokal saat kejadian hujan. Data yang digunakan adalah data indeks NINO 3.4, IOD, MJO, streamline, SST, dan indeks stabilitas atmosfer (CAPE, KI, dan TTI) yang diperoleh dari pemodelan, data pengamatan sinoptik (kelembapan relatif dan curah hujan) yang diperoleh dari pengamatan di Stamet Sintang, dan data Satelit Himawari-8 yang diperoleh dari Sub Bidang Pusat Pengelolaan Citra Satelit BMKG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tanggal 30 September 2021 di Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat terdapat aktivitas yang memicu pertumbuhan awan-awan konvektif baik dari skala global, regional, dan lokal sehingga menghasilkan hujan dengan intensitas yang sangat lebat.

Kata kunci: hujan, satelit Himawari-8, stabilitas atmosfer

Abstract

Heavy intensity rain which lasted for several hours on September 30 2021 in Sintang Regency triggered a 1 month flood in the area. Based on the rainfall value recorded at the Susilo – Sintang Meteorological Station, on September 30 2021 rainfall reached 139.5 mm/day. This research was conducted to determine the atmospheric conditions that affect globally, regionally and locally when it rains. The data used are index data NINO 3.4, IOD, MJO, streamlined, SST, and atmospheric stability index (CAPE, KI, and TTI) obtained from modeling, synoptic observation data (relative humidity and rainfall) obtained from observations at Stamet Sintang, and Himawari-8 Satellite data obtained from the Sub-Sector of the BMKG Satellite Image Management Center. The results showed that on September 30 2021 in Sintang District, West Kalimantan, there was activity that triggered the growth of convection clouds on a global, regional and local scale, resulting in rain with very heavy intensity.

Keyword: rain, Himawari-8 satellite, atmosphere stability

Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan negara yang dilintasi oleh garis khatulistiwa. Hal ini membuat Indonesia mendapatkan pancaran sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun dan dikategorikan sebagai daerah beriklim tropis. Energi panas radiasi matahari yang tinggi dapat meningkatkan potensi pertumbuhan awan-awan kovektif yang menandakan adanya pasokan uap air dan ketidakstabilan atmosfer (Prasetyo dkk., 2022). Suatu atmosfer yang labil dapat dengan mudah menimbulkan adanya gangguan cuaca seperti hujan lebat hingga angin kencang, dan berpotensi menimbulkan bencana hidrometeorologi yang menimbulkan kerugian. (Putri, 2020).

Hujan lebat adalah hujan dengan intensitas paling rendah 50 mm/24 jam dan/atau 20 mm/jam. (BMKG, 2010). BMKG mengategorikan intensitas curah hujan sebagai berikut:

- a. Hujan ringan dengan intensitas 0,1-5,0 mm/jam atau 5-20 mm/hari
- b. Hujan sedang dengan intensitas 5,0-10,0 mm/jam atau 20-50 mm/hari
- c. Hujan lebat dengan intensitas 10,0-20 mm/jam atau 50-100 mm/hari
- d. Hujan sangat lebat dengan intensitas 20 mm/jam atau 100 mm/hari

Berdasarkan informasi dari Pusat Krisis Kesehatan Kementerian Kesehatan RI, telah terjadi banjir di Kecamatan Sintang dan Serawai, Kabupaten Sintang pada tanggal 2 Oktober 2021. Dikutip dari laman Human Initiative, banjir di Sintang berlangsung selamat satu bulan terhitung sejak Oktober 2021 hingga Sabtu, 20 November 2021. Mengakibatkan banjir yang merendam 12 kecamatan dengan ketinggian genangan 1-3 meter.

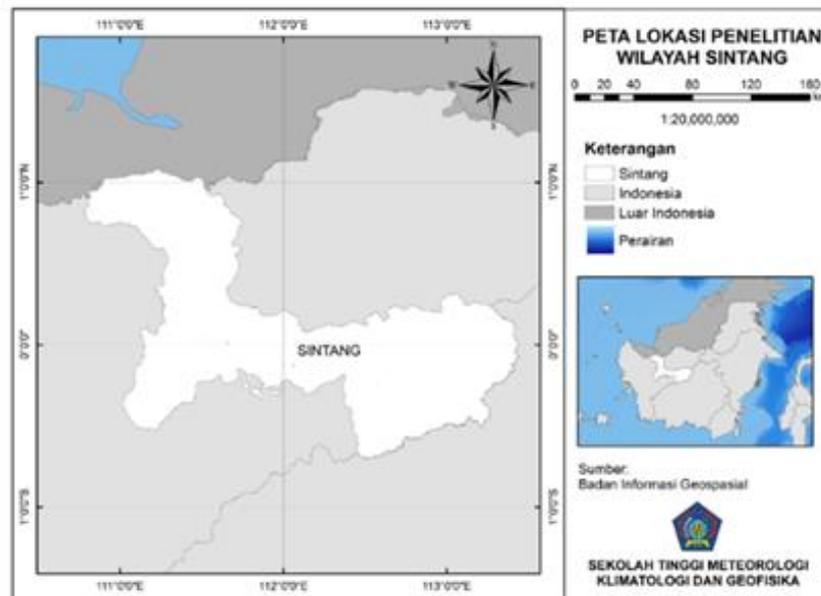
Stasiun Meteorologi Susilo Sintang menyebutkan bahwa pada tanggal 30 September 2021, telah terjadi hujan lebat di daerah Sintang, Kalimantan Barat dan yang curah hujan yang tercatat sebesar 139.5 mm/hari. (Azzahra dkk., 2021). Mengacu pada kategori intensitas curah hujan dari BMKG, maka hujan lebat yang terjadi pada tanggal 30 September 2021 di Sintang adalah hujan dengan intensitas sangat lebat.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap kondisi atmosfer saat kejadian hujan lebat di Sintang pada tanggal 30 September 2021. Untuk melihat pola gangguan cuaca, penelitian dilakukan dengan menganalisis kondisi atmosfer dalam skala global, skala regional dan skala lokal. Selain itu akan dilakukan analisis terhadap indeks stabilitas atmosfer dan citra satelit. Nilai indeks stabilitas atmosfer digunakan untuk melihat indikator terjadinya hujan. (Azizah Azani dan Kusumawardani, 2022). Citra satelit digunakan untuk melihat pola sebaran awan konvektif dan nilai suhu puncak awan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Metode ini digunakan karena dalam pengolahan data dan penyajian penelitian menggunakan angka. Selanjutnya, penyajian data dilakukan interpretasi untuk menjelaskan kondisi atmosfer saat terjadi hujan lebat melalui parameter data yang digunakan.

Penelitian dilakukan di wilayah Sintang, Kalimantan Barat (Gambar 1), dengan luas wilayah sebesar 21.635 km² yang terletak pada koordinat 1°05' LU - 0°46' LS dan 110°50' BT - 113°20' BT (BPS, 2021). Secara geografis, Sintang berbatasan secara langsung dengan beberapa kabupaten, antara lain sebelah utara dengan Kabupaten Kapuas Hulu dan Malaysia Timur (Serawak); sebelah selatan dengan Provinsi Kalimantan Tengah, Kabupaten Melawi, dan Kabupaten Ketapang; sebelah timur dengan Provinsi Kalimantan Tengah, Kab. Melawi, dan Kab. Kapuas Hulu; serta sebelah barat berbatasan Kabupaten Sanggau, Kabupaten Melawi, dan Kabupaten Sekadau.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2021)

Pengumpulan Data

1. Data indeks NINO 3.4 dan *Indian Ocean Dipole* (IOD), *Madden-Julian Oscillation* (MJO), dan *streamline* tanggal 30 September 2021 yang diperoleh dari situs web *Bureau of Meteorology* (BoM) Australia.
2. Data suhu permukaan laut (*sea surface temperature*) tanggal 30 September 2021 pukul 12.00 UTC yang diperoleh melalui laman Copernicus ECMWF diolah dengan *software* Grid Analysis and Display System (GrADS).
3. Data pengamatan sinoptik (suhu dan kelembapan relatif) per 3 (tiga) jam yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Susilo Sintang tanggal 30 September 2021 00 UTC hingga 1 Oktober 2021 00 UTC diolah dengan Microsoft Excel.
4. Data Satelit Himawari-8 kanal 13 dengan format .z yang diperoleh dari Sub Bidang Pusat Pengelolaan Citra Satelit BMKG tanggal 30 September 2021 hingga 1 Oktober 2021 00 UTC diolah menggunakan *software* SATellite Animation and Interactive Diagnosis (SATAID).
5. Data indeks stabilitas atmosfer yang terdiri dari *Convective Available Potential Energy* (CAPE), *K Index* (KI), dan *Total Totals Index* (TTI) tanggal 30 September 2021 dengan format .nc yang diperoleh dari laman Copernicus ECMWF diolah dengan *software* Grid Analysis and Display System (GrADS).

Analisis Data

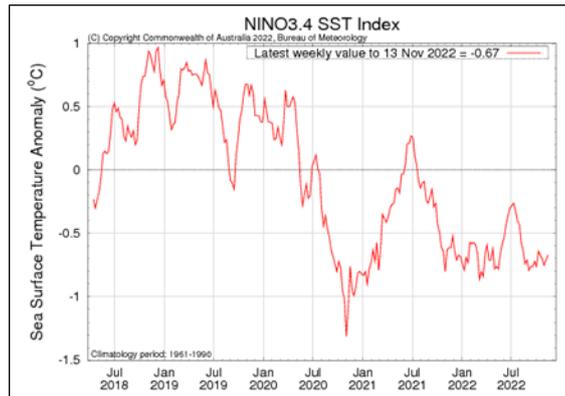
Data indeks NINO 3.4 dan IOD berupa grafik diinterpretasi dengan menjelaskan kondisi atmosfer skala global. Data MJO, streamline, dan SST yang berupa diagram dan peta diinterpretasi dengan menjelaskan kondisi atmosfer skala regional. Data suhu dan kelembapan relatif disajikan dalam bentuk tabel yang diakumulasikan pertiga jam. Data Satelit Himawari-8 berupa citra dan grafik yang ditampilkan secara spasial maupun temporal yang kemudian dianalisis sebaran awan dan kondisi suhu puncak awan dalam skala lokal. Data indeks stabilitas atmosfer ditampilkan dalam bentuk grafik, lalu diinterpretasi dengan menjelaskan time series kondisi atmosfer secara lokal.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Skala Global

Indeks NINO 3.4

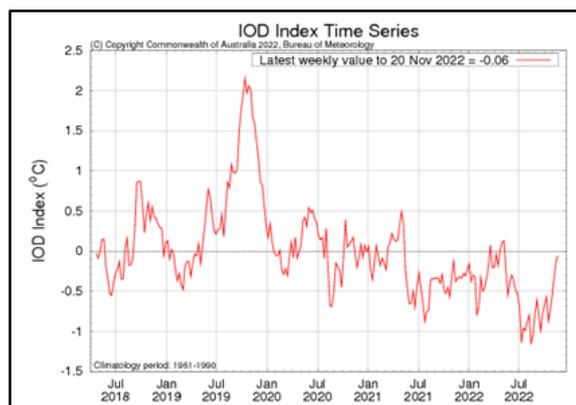
Berdasarkan Gambar 2, grafik menunjukkan nilai indeks NINO 3.4 sebesar -0.43 pada periode 27 September - 3 Oktober 2021. Hal ini menunjukkan bahwa nilai indeks negatif dan berada pada rentang -1 sampai dengan -0.5 yang berarti aktivitas ENSO berada dalam fase La Nina lemah. Kondisi ini cenderung mendukung terjadinya peningkatan curah hujan di Indonesia.



Gambar 2. Indeks NINO 3.4 (Sumber: *Bureau of Meteorology (BoM) Australia, 2021*)

Indian Ocean Dipole (IOD)

Gambar 3 menunjukkan nilai indeks IOD pada periode 27 September - 3 Oktober 2021 sebesar -0.49. Hal ini menunjukkan bahwa IOD berada dalam fase negatif sehingga mendukung terjadinya peristiwa konvektif yang dapat meningkatkan curah hujan di Indonesia.

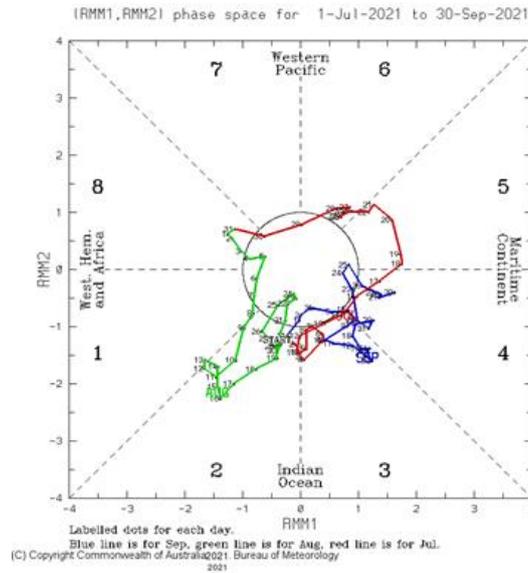


Gambar 3. Indeks IOD (Sumber: *Bureau of Meteorology (BoM) Australia, 2021*)

Analisis Skala Regional

Madden-Julian Oscillation (MJO)

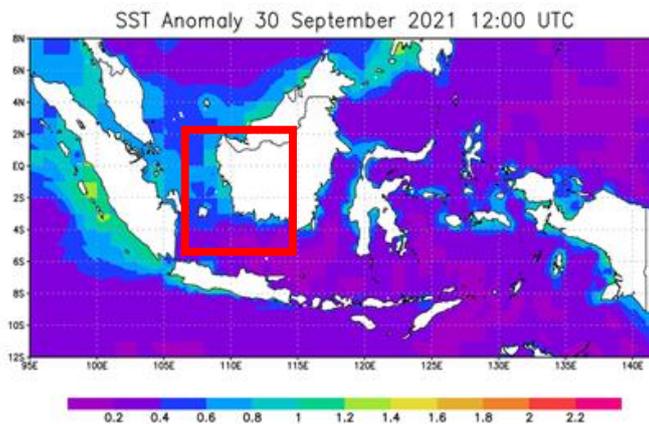
Berdasarkan Gambar 4, pergerakan MJO pada tanggal 30 September 2021 berada dalam fase 4 dan terletak Benua Maritim Indonesia (BMI) serta lintasannya (garis biru) berada di luar lingkaran diagram. Hal ini menunjukkan bahwa MJO dalam fase aktif di wilayah Indonesia dan memiliki pengaruh terhadap peningkatan curah hujan.



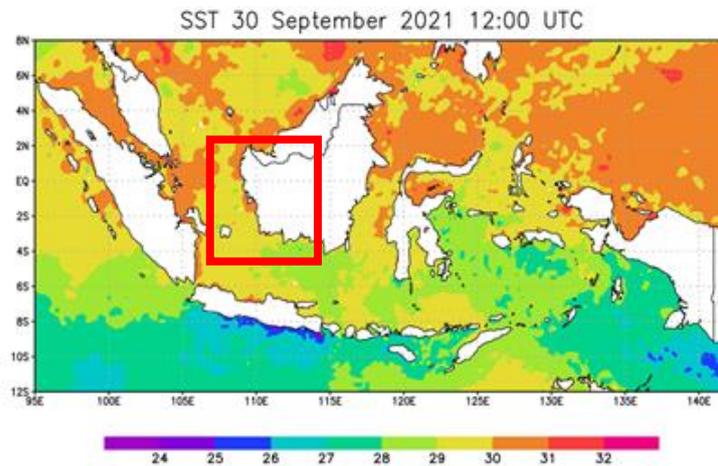
Gambar 4. Fase MJO (Sumber: Bureau of Meteorology (BoM) Australia, 2021)

Suhu Permukaan Laut

Berdasarkan Gambar 5, anomali suhu permukaan laut di Indonesia pada 30 September 2021 pukul 12 UTC bernilai 0°C hingga 1.4°C . Gambar 6 menunjukkan suhu permukaan laut di Indonesia bernilai 25°C hingga 31°C . Pada wilayah yang ditandai dengan kotak merah menunjukkan anomali sebesar 0.4°C hingga 1.4°C dan suhu permukaan laut sebesar 28°C hingga 31°C . Nilai anomali suhu permukaan laut yang positif dan kondisi suhu permukaan laut yang hangat di Indonesia dapat menyebabkan terjadinya peningkatan penguapan di perairan sehingga mendukung terbentuknya awan-awan konvektif.



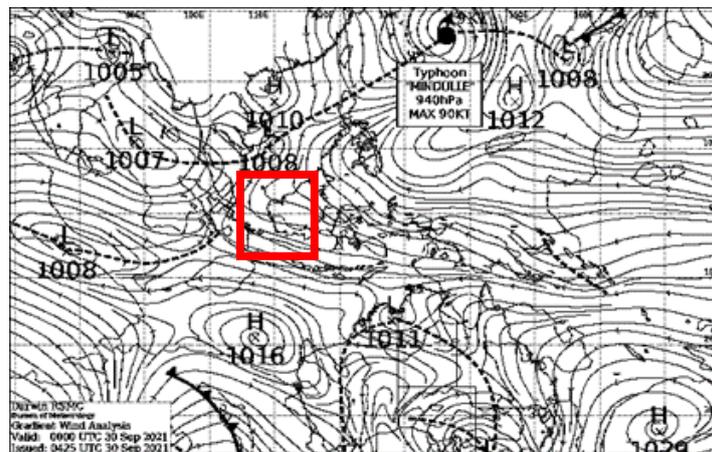
Gambar 5. Anomali Suhu Permukaan Laut di Indonesia (Sumber: Copernicus ECMWF, 2021)



Gambar 6. Suhu Permukaan Laut di Indonesia (Sumber: Copernicus ECMWF, 2021)

Streamline Angin

Berdasarkan Gambar 7, pada wilayah Sintang angin bergerak dari tenggara ke barat laut sehingga terjadi daerah belokan angin (*shearline*). Adanya *shearline* menunjukkan perubahan arah dan kecepatan angin yang tiba-tiba sehingga terjadi penumpukan massa udara yang dapat menyebabkan terjadinya cuaca ekstrem (Auliya & Mulya, 2022). Kondisi tersebut dapat mendorong pembentukan awan-awan konvektif.



Gambar 7. Peta *Streamline* pada Lapisan 925 mb (Sumber: Bureau of Meteorology (BoM) Australia, 2021)

Analisis Skala Lokal

Kondisi Sinoptik

Berdasarkan Tabel 1, akumulasi curah hujan pada tanggal 30 September 2021 sebesar 139.5 mm/hari sehingga menunjukkan terjadinya hujan dengan intensitas lebat. Hujan ringan mulai terjadi pada pukul 03 UTC dengan curah hujan sebesar 2.5 mm dan disertai kelembapan yang tinggi. Kemudian terjadi penurunan curah hujan dan kelembapan relatif pada pukul 06 UTC hingga 09 UTC.

Selanjutnya, mulai terjadi peningkatan signifikan kelembapan relatif pada pukul 12 UTC hingga 15 UTC yang menandakan tingkat kebasahan atmosfer sangat tinggi yang mengakibatkan kondisi atmosfer mengandung banyak uap air saat pembentukan sistem konvektif pada malam hari dan terus berlanjut saat hujan terjadi. Curah hujan pada pukul 18

UTC dan 21 UTC mengalami peningkatan sehingga mencapai > 20 mm/jam dan dikategorikan sebagai hujan sangat lebat.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Sinoptik Tanggal 30 September 2021 pukul 00 UTC Hingga 1 Oktober 2021 Pukul 00 UTC

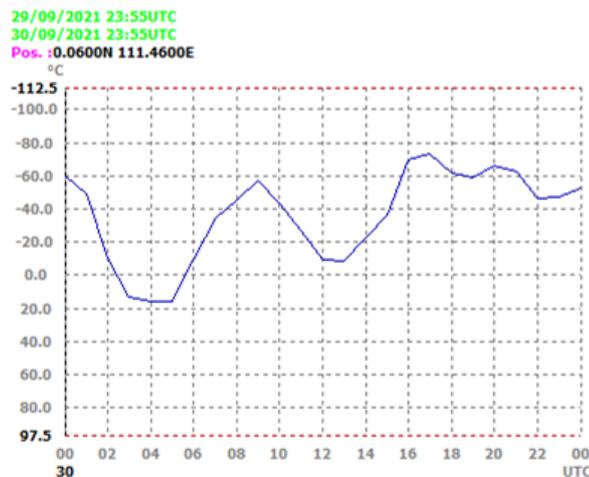
Waktu (UTC)	Curah Hujan (mm)	Kelembapan Relatif (%)
00:00	3	99
03:00	2.5	90
06:00	0	67
09:00	0	69
12:00	0	90
15:00	0	97
18:00	38.3	99
21:00	78.4	100
00:00	20.3	98

(Sumber: Hasil Pengamatan, 2021)

Analisis Satelit Himawari-8

Time Series

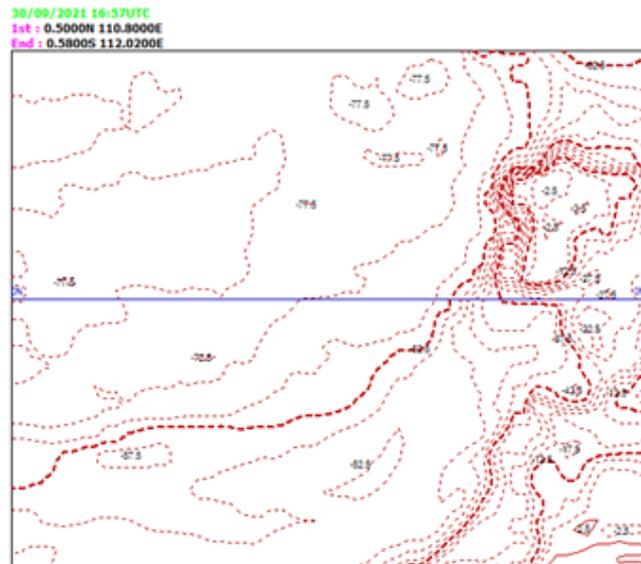
Berdasarkan grafik pada Gambar 8, menunjukkan fluktuasi suhu puncak awan di Sintang pada tanggal 30 September 2021. Terlihat suhu puncak awan saat hujan lebat terjadi sebesar -77.5°C. Pada pukul 03 UTC hingga 09 UTC awan mengalami fase pertumbuhan di mana terjadi penurunan suhu dari 14°C hingga -55.9°C. Pada pukul 10 UTC hingga 13 UTC terjadi peningkatan suhu dari -43.1°C hingga -7.6°C. Awan mengalami fase matang pada pukul 14 UTC hingga 17 UTC, lalu awan mengalami fase peluruhan yang ditandai dengan terjadinya peningkatan suhu secara bertahap pada pukul 21 UTC hingga 23 UTC.



Gambar 8. Grafik Time Series Suhu Puncak Awan di Sintang 30 September 2021 Contour
(Sumber: Stasiun Meteorologi Susilo, 2021)

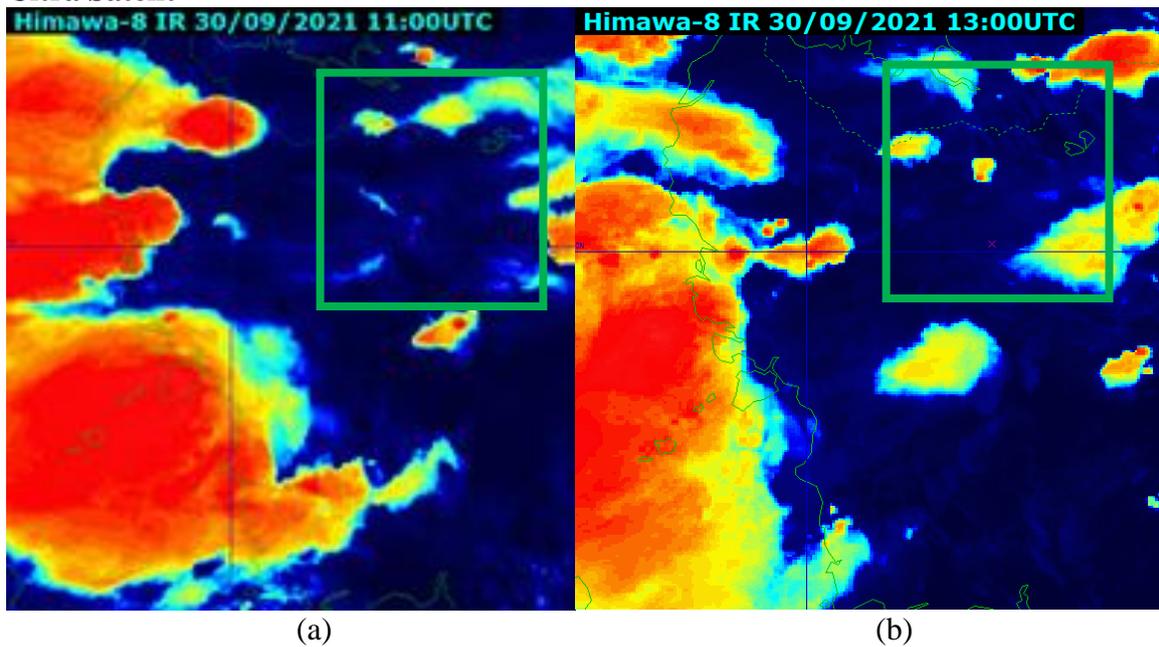
Hasil kontur suhu puncak awan pada Gambar 9 menunjukkan pada wilayah penelitian memiliki suhu yang lebih rendah senilai -77.5°C daripada wilayah sekitarnya. Terlihat bahwa suhu puncak awan di sekitar wilayah penelitian berkisar antara -2°C hingga -50°C. Kondisi

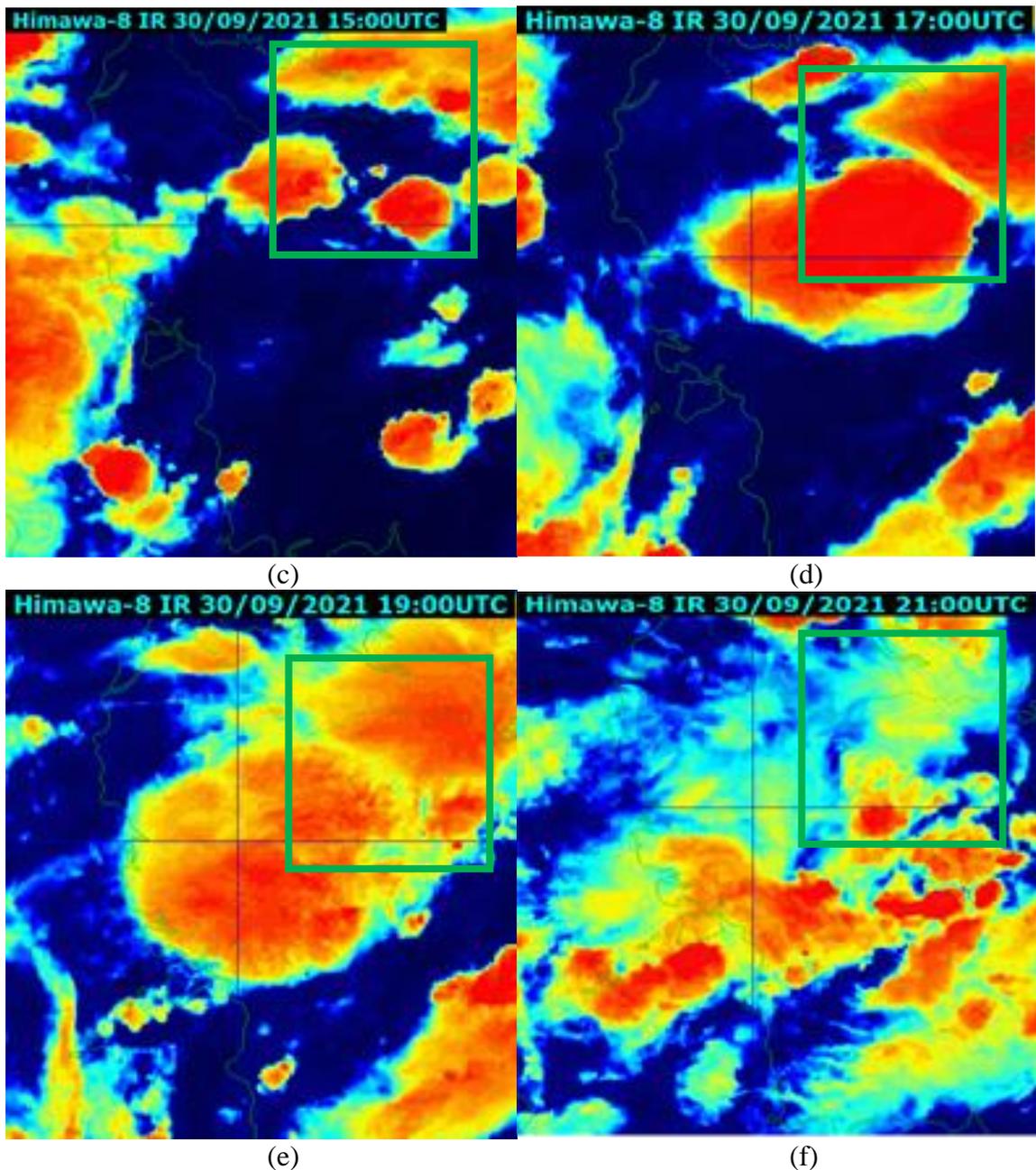
ini menandakan bahwa wilayah tersebut berada dalam kondisi atmosfer yang labil sehingga mendorong proses pertumbuhan awan konvektif yang dapat menghasilkan hujan.



Gambar 9. Kontur Suhu Puncak Awan Di Sintang 30 September 2021 pukul 17 UTC (Sumber: Sub Bidang Pusat Pengelolaan Citra Satelit BMKG, 2021)

Citra Satelit





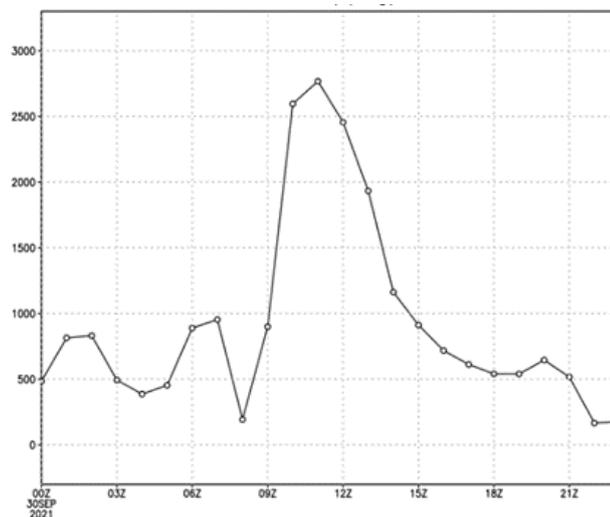
Gambar 10. Citra Satelit Himawari-8 di wilayah Sintang tanggal 30 September 2021 pada pukul (a) 11.00 UTC, (b) 13.00 UTC, (c) 15.00 UTC, (d) 17.00 UTC, (e) 19.00 UTC, dan (f) 21.00 UTC (Sumber: Sub Bidang Pusat Pengelolaan Citra Satelit BMKG)

Tahap pertumbuhan awan-awan konvektif terdiri dari fase tumbuh, matang hingga punah (Rumahorbo, Hidayat, Prasetyo, & Mulya, 2020). Pada fase matang hingga punah biasanya terjadi hujan yang berasal dari awan cumulonimbus. Pada Gambar 10 menampilkan tahapan hidup awan-awan konvektif, pada pukul 11.00-13.00 UTC (Gambar 10a dan Gambar 10b) menunjukkan awan-awan konvektif mulai tumbuh di sekitar wilayah Sintang, pada pukul 15.00-17.00 UTC (Gambar 10c dan Gambar 10d) awan-awan tersebut memasuki fase matang dan mulai punah pada pukul 19.00-21.00 UTC (Gambar 10e dan Gambar 10f).

Analisis Stabilitas Atmosfer

Convective Available Potential Energy (CAPE)

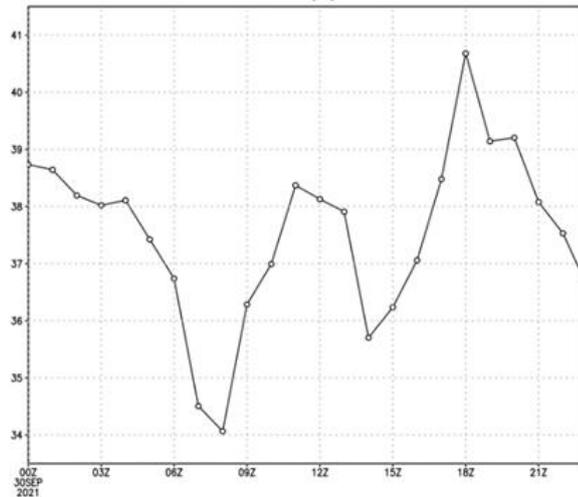
CAPE merupakan indeks stabilitas atmosfer yang diperoleh dari pengangkatan energi parcel udara secara vertikal (Husna & Munandar, 2017). Nilai CAPE < 1000 J/kg dikategorikan memiliki konvektif lemah, 1000-2500 J/kg dikategorikan konvektif sedang, dan > 2500 J/kg dikategorikan konvektif sedang dan berpotensi tornado. Pada Gambar 11, mulai pukul 00.00-07.00 UTC nilai CAPE mengalami fluktuasi berkisar antara 500-950 J/kg, dan CAPE mencapai nilai maksimum pada pukul 11.00 UTC sebesar 2800 J/kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa sebelum terjadi hujan pukul 12.00 UTC, nilai CAPE menandakan ketidakstabilan atmosfer lemah dan meningkat maksimum sehingga menghasilkan konvektif yang kuat dimana dapat menyebabkan hujan lebat terjadi. Kemudian pada pukul 12.00-23.00 UTC, CAPE mulai menurun secara teratur yang menandakan atmosfer berubah stabil setelah konvektif terbentuk.



Gambar 11. Grafik CAPE di Sintang 30 September 2021 (Sumber: Copernicus ECMWF, 2021)

K Index (KI)

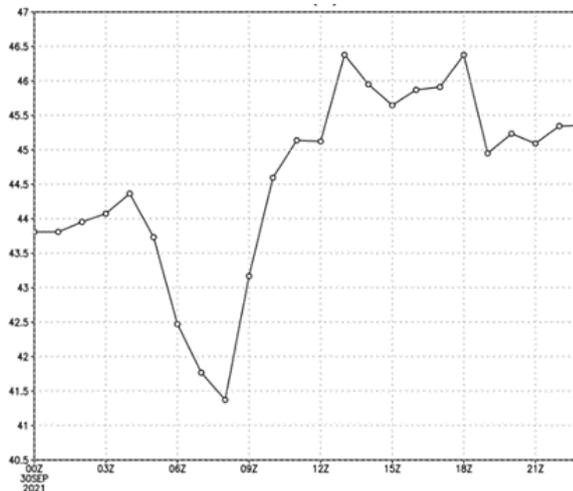
KI digunakan untuk mengukur kemungkinan terjadi *thunderstorm* yang diperoleh dari perhitungan suhu pada lapisan 850, 700, dan 500 mb serta suhu titik embun pada lapisan 850 dan 700 mb. Berdasarkan Gambar 12, nilai KI sebelum hujan lebat terjadi yaitu pada pukul 00.00-13.00 UTC mengalami fluktuasi yang sangat signifikan berkisar antara 34.2-38.7 K. Saat hujan lebat terjadi, nilai KI mulai meningkat dan mencapai maksimum sebesar 40.6 K pada pukul 18.00 UTC. Hal ini berarti bahwa adanya konveksi yang kuat dan kemungkinan terjadi *thunderstorm* sebesar 100%.



Gambar 12 Grafik KI di Sintang 30 September 2021 (Sumber: Copernicus ECMWF, 2021)

Total Totals Index (TTI)

TTI merupakan indeks stabilitas atmosfer yang menunjukkan indikasi terjadinya *thunderstorm* dan tingkat keparahannya yang diperoleh dari perhitungan gradian vertikal suhu dan kelembapan. Berdasarkan Gambar 13, pada pukul 00.00-09.00 UTC ketika sebelum terjadi hujan cenderung fluktuatif dengan nilai berkisar antara 41.4-44.6 K yang menunjukkan aktivitas *thunderstorm* yang signifikan tidak mungkin terjadi. Saat hujan lebat nilai TTI mulai meningkat dan mencapai maksimum sebesar 46.4 K pada pukul 13.00 dan 18 UTC. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya kemungkinan *moderate thunderstorm* yang menimbulkan terjadinya cuaca buruk di Sintang.



Gambar 13. Grafik TTI di Sintang 30 September 2021 (Sumber: Copernicus ECMWF, 2021)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kondisi atmosfer di wilayah Sintang, Kalimantan Barat mengenai peristiwa hujan lebat pada tanggal 30 September 2021 hingga mengakibatkan banjir, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Dari hasil analisis skala global, indeks NINO 3.4 dan IOD menjadi faktor yang mendukung dalam pertumbuhan awan-awan konvektif di wilayah Sintang.

2. Dari hasil analisis skala regional, MJO yang aktif, permukaan laut yang hangat sehingga mendorong terjadi penguapan, dan adanya konvergensi dapat memicu awan-awan konvektif untuk tumbuh.
3. Dari hasil analisis skala lokal, nilai RH yang tinggi menunjukkan banyaknya kandungan uap air, curah hujan yang tinggi, suhu puncak awan yang sangat rendah, dan kondisi atmosfer yang tidak stabil menunjukkan bahwa benar adanya terdapat aktivitas konvektif sehingga terjadi hujan yang lebat.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada STMKG dan BMKG yang telah menyediakan fasilitas pembelajaran maupun data kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan jurnal penelitian ini.

Referensi

- Auliya, M. N. dan Mulya, A. 2022. Identifikasi Hail Berdasarkan Analisis Faktor Cuaca dan Pemanfaatan Teknik RGB serta SWA pada Citra Satelit Himawari 8 (Studi Kasus Kejadian Hujan Es di Kabupaten Malang pada 2 Maret 2021), *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol.23, no. 1 pp 39-51.
- BMKG. 2010. *Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrim*. Peraturan KBMG No. KEP. 009 Tahun 2010.
- BMKG. 2021. *Buletin Meteorologi Oktober 2021*. Stasiun Meteorologi Susilo Sintang.
- BPS. 2021. *Kabupaten Sintang Dalam Angka 2021*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sintang.
- Husna, K. dan Munandar, M. A. 2017. *Analisis Nilai Convective Available Potential Energy (CAPE) Selama Tahun 2013-20116 Terhadap Hujan di Jakarta*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Vol. 1 Semarang. <http://dx.doi.org/10.36499/psnst.v1i1.1823>.
- Kusumawardani, N., dan Azani, A. A. 2022. Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Kota Bitung: (Studi Kasus Tahun 2020-2021). *Jurnal Widya Climago*, Vol. 4, no.1, pp 29-36.
- Prasetyo, S., Abdilah, S., Nugraheni, I. R., dan Sagita, N. 2022. Studi Awan Konvektif Penyebab Hujan Es Menggunakan Radar Cuaca Doppler Single Polarization di Bogor (23 September 2020). *Jurnal Aplikasi Meteorologi*, Vol. 1, no. 1, pp 32-42.
- Putri, D. 2020. Kajian Kondisi Atmosfer dan Rekonstruksi Hujan Pada Kejadian Banjir di Lamandau Menggunakan Radar Cuaca Doppler C-Band. *Jurnal Fisika*, Vol. 10, no. 2, pp 50-61.
- Rumahorbo, I., Hidayat, U., Prasetyo, S., dan Mulya, A. 2020. *Analisis Kondisi Atmosfer Pada Kejadian Hujan Lebat Penyebab Banjir Deli Serdang (Studi Kasus : 18 Juni 2020)*. Prosiding Seminar Nasional Kahuripan I, pp 144-148. Universitas Kabupaten Kediri.