

TINJAUAN METEOROLOGIS PADA FENOMENA HUJAN LEBAT PENYEBAB BANJIR (STUDI KASUS: CILACAP, 16-17 NOVEMBER 2020 DAN KENDAL, 19 NOVEMBER 2020)

SUWIGNYO PRASETYO*, M. IKKO SAFRILDA MAULANA, ACHMAD ZAKIR

Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jalan Perhubungan I No. 5, Meteorology Cluster Area, Pondok Betung, Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan 15221, Banten, Telp. (021)73691621

Abstrak. Banjir akibat hujan lebat dengan durasi yang lama terjadi di Cilacap (16-17 November 2020) menyebabkan beberapa kecamatan terendam. Hal serupa juga terjadi di Kecamatan Boja, Kendal (19 November 2020). Namun, banjir yang dihasilkan adalah banjir bandang akibat luapan Sungai Blorong sehingga menyebabkan dua orang tewas akibat terseret arus banjir. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian mengenai dinamika atmosfer di wilayah tersebut untuk mengetahui penyebabnya dalam fokus kajian meteorologi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya fenomena tersebut beserta dinamika atmosfer yang menyertainya. Hasil analisis dinamika atmosfer dengan menggunakan parameter vortisitas, divergensi, dan *vertical transport* pada lapisan signifikan menunjukkan proses konvektif yang kuat dan didukung keadaan fenomena global La Nina sehingga potensi terjadi hujan lebat sangat intens. Analisis skala lokal dengan indeks stabilitas udara di kedua wilayah studi menunjukkan kondisi atmosfer yang sangat labil. Analisis citra satelit menunjukkan pada kedua wilayah Cilacap dan Kendal terdapat fase awan tebal yang menghasilkan hujan lebat ditandai dengan suhu puncak awan masing -76°C dan -80°C.

Kata kunci: hujan lebat, banjir, dinamika atmosfer, analisis cuaca

Abstract. Floods caused by the heavy rain with long duration was occurred in Cilacap (16-17 November 2020) led several submerged sub-districts. The same situation was happened in Boja District, Kendal (19 November 2020). However, the flash flood that conducted due to overflowing of Blorong River, causing two people because of being swept away by the flood currents. Therefore, it is necessary to conduct a study of the dynamics of the atmosphere in the region to determine the causes in the focus of meteorological studies. This research was conducted to determine the causes of this phenomenon. The results of the atmospheric dynamics observed using values of vorticity, divergence, and vertical transport at the significant layer indicates a strong convective process and reinforced by the condition of global phenomenon, La Nina strong phase so that the potential for intense heavy rain occurred. Local scale analysis using atmospheric stability index in the both regions show the atmosphere is very unstable. Analysis of the satellite image data show that the both regions, Cilacap and Kendal, there is thick cloud that produces heavy rain, which is indicated by the top cloud temperature of -76°C and -80°C respectively.

Keywords: heavy rain, flood, atmospheric dynamics, weather analysis

1. Pendahuluan

Fenomena bencana banjir seringkali menyebabkan dampak yang merusak dan dalam beberapa kasus bisa sampai merenggut korban jiwa. Menurut [1], bencana banjir disebabkan oleh ketidakseimbangan antara aliran masuk (*inflow*) intensitas hujan (debit volume air hujan) yang lebih besar dari pada aliran keluar (*outflow*), evapotranspirasi, infiltrasi, dan limpasan, terutama jika drainase (saluran air) dan daerah resapan tidak berfungsi dengan baik. Dalam artikel yang sama, dijelaskan bahwa penyebab utama bencana alam banjir di Indonesia adalah sistem cuaca ekstrem basah yang disebabkan oleh hujan konveksional, konvergensi, pengaruh siklon tropis, dan fenomena La Nina.

*Email : prasetyosuwignyo@gmail.com

Banjir akibat hujan lebat dengan durasi yang lama terjadi di Cilacap (16-17 November 2020) menyebabkan beberapa kecamatan terendam [2]. Hal serupa juga terjadi di Kecamatan Boja, Kendal. Namun, banjir yang dihasilkan adalah banjir bandang akibat luapan sungai Blorong sehingga menyebabkan dua orang tewas akibat terseret arus banjir [3]. Oleh karena itu, perlu

dilakukan kajian mengenai dinamika atmosfer di wilayah tersebut untuk mengetahui penyebabnya dalam fokus kajian meteorologi. Kajian mengenai topik ini telah banyak dilakukan [4]–[10]. Hasil penelitian merupakan tinjauan dari parameter meteorologi yang diharapkan dapat dijadikan dasar pertimbangan untuk meneliti di wilayah lain yang mempunyai topografi yang berbeda-beda.

2. Data dan Metode Penelitian

Dua studi kasus yang dikaji dalam penelitian ini terjadi pada waktu dan tempat yang berbeda. Di Cilacap, pada koordinat -7.484682 LS dan 108.783398 BT yang merepresentasikan Kecamatan Sidareja. Sedangkan di Kendal, pada koordinat -7.114446 LS dan 110.271307 BT (distanceto.com) yang merepresentasikan Kecamatan Boja (Gambar 1). Rentang waktu pengamatan fenomena berada pada bulan November 2020 tanggal 16, 17 dan 19. Dalam mengkaji fenomena yang terjadi di atmosfer, diperlukan analisis secara fisis serta berdasarkan skala ruang dan waktu, sesuai dengan fenomena yang terjadi. Analisis dibagi menjadi tiga skala, yaitu analisis skala global, skala regional atau skala sinoptik, dan skala lokal. Citra satelit Himawari-8 digunakan untuk mengidentifikasi fase pertumbuhan awan pada area yang dikaji.



Gambar 1. Wilayah penelitian.

Data yang dipakai dalam analisis skala global yaitu SOI (*Southern Oscillation Index*) untuk menganalisis fenomena ENSO (*El Nino Southern Oscillation*), DMI (*Dipole Mode Index*) untuk menganalisis fenomena IOD (*Indian Ocean Dipole*), serta OLR (*Outgoing Longwave Radiation*) dan *Real-time Multivariate MJO* (RMM 1 dan 2) untuk menganalisis fenomena MJO (*Madden Julian Oscillation*). Analisis skala regional menggunakan data *streamline* dan kelembaban udara. Analisis skala lokal memanfaatkan data observasi permukaan yang diperoleh dari peralatan AWS (*Automatic Weather System*). Data AWS berasal dari observasi AWS Sidareja, Cilacap dan AWS Patean, Kendal. Unsur data pengamatan observasi terdiri dari parameter curah hujan, suhu udara, dan kelembaban udara. Untuk melengkapi analisis, digunakan juga hasil pemodelan numerik ERA5 ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) untuk mengetahui

dinamika atmosfer menggunakan parameter vortisitas, divergensi, dan kecepatan vertikal (*vertical velocity*). Untuk mengidentifikasi kondisi stabilitas atmosfer, digunakan data *sounding* dari hasil observasi radiosonde Stasiun Meteorologi Cilacap (Cilacap, 16-17 November 2020) dan data pemodelan GSM (*Global Spectral Model*) dari JMA (*Japan Meteorological Agency*) yang terintegrasi dengan data citra satelit. Data citra satelit Himawari-8 yang digunakan adalah kanal inframerah/IR1/B13 (10.4 μ m) dan citra *RGB 24-hours Microphysics*. Kanal inframerah digunakan untuk mengidentifikasi suhu puncak awan, sedangkan citra *RGB24-hours Microphysics* digunakan untuk mengidentifikasi awan tebal (*Cumulonimbus*) dengan suhu puncak awan yang dingin [11].

Data yang digunakan dalam penelitian ini tertera pada Tabel 1. File berekstensi *.csv diolah menggunakan *software* pengolah angka. File berekstensi *.nc diolah menggunakan *software* GrADS (*Grid Analysis and Display System*). File berekstensi *.Z diolah menggunakan *software* SATAID (*Satellite Animation and Interactive Diagnosis*), yang merupakan *software* khusus pengolah data satelit Himawari-8 oleh JMA. Data diolah menggunakan *software* tersebut sehingga menghasilkan keluaran dalam bentuk grafik temporal maupun peta spasial yang kemudian dianalisis secara deskriptif.

Tabel 1. Rincian data yang digunakan

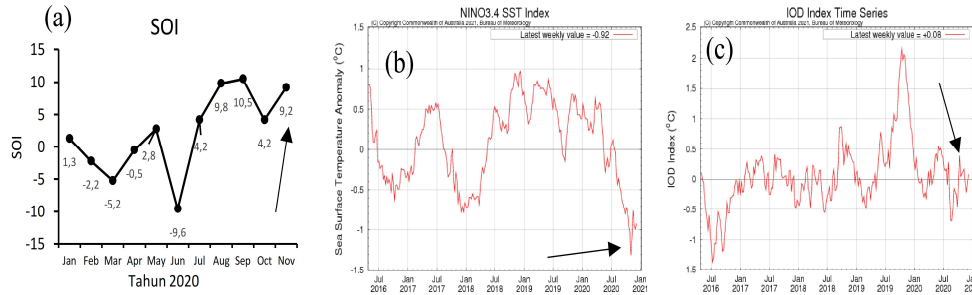
Data	Sumber	Ekstensi file
Southern Oscillation Index (SOI)	http://www.bom.gov.au/climate/enso/indices.shtml	*.png
Dipole Mode Index (DMI)	http://www.bom.gov.au/climate/enso/indices.shtml	*.png
Suhu permukaan laut	https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form	*.nc
Monitoring MJO	http://www.bom.gov.au/climate/enso/#tabs=Tropics&tropics=History&mjo-monitoring=MJO-phase	*.png dan *.gif
Observasi udara permukaan (AWS)	http://202.90.198.206/aws/dashboard	*.csv
Streamline, RH, divergensi, vortisitas, dan <i>vertical velocity</i>	https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=form	*.nc
Sounding radiosonde	http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html	*.gif
Citra satelit Himawari-8	Server khusus milik Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika	*.Z dan *.nc

3. Hasil dan Pembahasan

ENSO, IODM, dan MJO

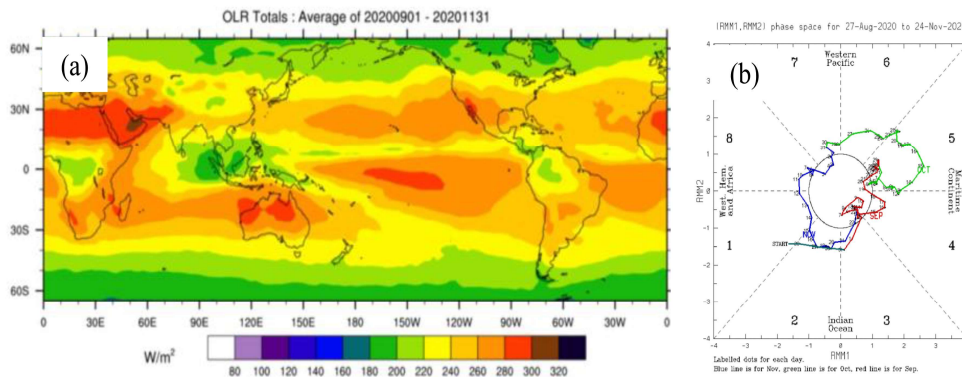
Fenomena ENSO dapat diketahui aktivitasnya dengan menggunakan parameter SOI dan Indeks Nino 3.4. SOI merupakan nilai indeks yang menunjukkan adanya anomali perbedaan tekanan udara permukaan antara Tahiti di kepulauan Polinesia-Perancis, dengan tekanan udara permukaan di Darwin, Australia [12]. Dalam kondisi normal, rentang nilai SOI berkisar antara -7 hingga +7. Nilai SOI teramati pada Gambar 2.a bernilai lebih dari +7 dari bulan Agustus 2020. Meskipun pada bulan Oktober mengalami penurunan hingga +4,3, namun pada bulan November nilai SOI

kembali meningkat hingga menyentuh angka +9,2. Kondisi ini menunjukkan bahwa secara umum Sirkulasi Walker berada di wilayah Indonesia dan memberikan potensi adanya pergerakan udara secara vertikal. Anomali suhu muka laut di Samudra Pasifik yang tertera pada grafik Indeks Nino 3,4 di Gambar 2.b menunjukkan nilai negatif secara kontinu, hal ini menunjukkan bahwa indikasi adanya fenomena La Nina yang memberi isyarat uap air akan lebih banyak di wilayah Indonesia.



Gambar 2. Grafik (a) SOI, (b) Indeks Nino 3.4, dan (c) Indeks IOD

Selain fenomena ENSO, kondisi cuaca di sebagian besar wilayah Indonesia (khususnya sebelah barat) juga dipengaruhi oleh variabilitas iklim Samudra Hindia. IOD merupakan salah satu fenomena variabilitas iklim yang terjadi di Samudra Hindia akibat interaksi antara laut dan atmosfer di Samudera Hindia yang ditetapkan berdasarkan selisih suhu permukaan laut di perairan sebelah timur Benua Afrika dan di perairan Samudera Hindia sebelah barat Pulau Sumatera [13], [14]. DMI yang merupakan nilai selisih suhu tersebut teramati pada Gambar 2.c berkisar normal berada pada rentang kurang dari -0.5 dan 0.5. Nilai ini menunjukkan bahwa fenomena IOD berada pada fase netral, artinya tidak ada penambahan uap air ke wilayah Jawa yang disebabkan oleh fenomena IOD.



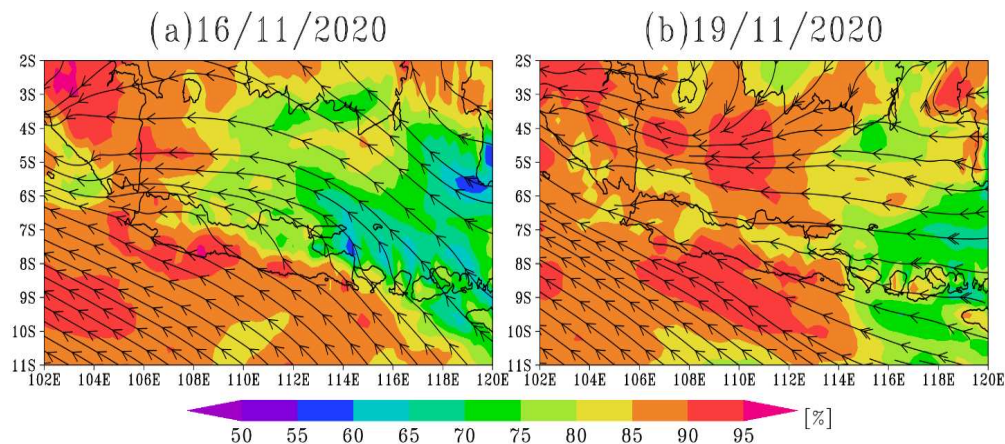
Gambar 3. Monitoring MJO menggunakan (a) OLR serta (b) RMM1 dan RMM2 (kanan)

MJO merupakan model osilasi dominan dari variabilitas di daerah tropik yang ditandai dengan propagasi ke arah timur dari daerah tropis yang mengalami peningkatan tekanan, terutama di Samudra Hindia dan Pasifik. Anomali curah hujan sering terjadi di Samudera Hindia yang kemudian merambat ke arah timur melewati Benua Maritim Indonesia hingga sampai kawasan perairan tropis hangat, tepatnya di Pasifik barat dan tengah. Pergerakan MJO ke arah timur bersama angin baratan (*westerly wind*) sepanjang ekuator selalu diikuti dengan konveksi awan kumululus tebal yang menyebabkan area hujan dengan intensitas tinggi sepanjang penjalarnya [15]–[17]. Fenomena MJO dapat diidentifikasi menggunakan OLR dan RMM Index [18]. OLR digunakan untuk mengidentifikasi area yang terdapat awan konvektif penyebab hujan, sedangkan RMM Index yang terdiri dari RMM 1 dan RMM 2 merupakan metode matematis yang dikombinasikan untuk mengidentifikasi awan dan pergerakan aliran udara pada lapisan 850 mb

dan 200 mb [4]. Pada Gambar 3.a, OLR pada wilayah Pulau Jawa bernilai lebih dari 200 W/m^2 . Sementara itu pada Gambar 3.b, RMM Indeks menunjukkan bahwa pada tanggal 16 dan 19 November 2020 (garis berwarna biru) fase MJO kuat berada pada wilayah 2 (Samudra Hindia). Kedua indikator, yaitu OLR dan RMM Index menunjukkan bahwa fenomena MJO tidak berpengaruh terhadap terjadinya hujan lebat penyebab banjir di Cilacap maupun di Kendal. Dengan demikian, fenomena MJO tidak mempengaruhi pembentukan awan hujan di Cilacap dan di Kendal.

Streamline dan kelembaban udara

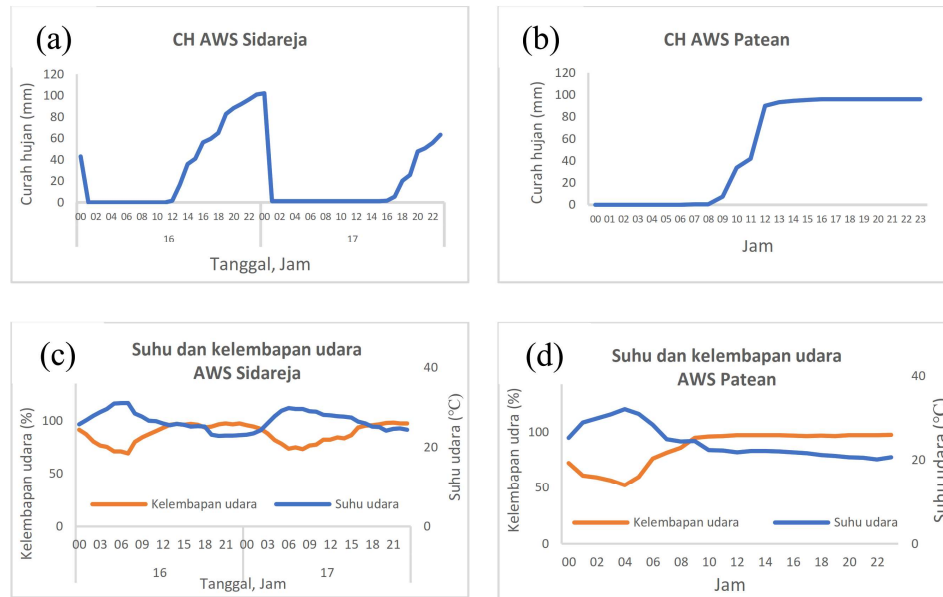
Peta *streamline* merupakan peta spasial yang merepresentasikan pergerakan aliran udara dari tempat bertekanan tinggi menuju tempat bertekanan rendah pada skala sinoptik (regional). Analisis pada skala sinoptik bertujuan untuk mengidentifikasi sistem cuaca pada rentang waktu yang spesifik dan dalam skala yang luas [4]-[5]. Gambar 4 memperlihatkan rata-rata aliran udara lapisan 925 mb berasal dari arah tenggara, membawa kandungan uap air yang cukup tinggi berkisar lebih dari 80-100%. Hal ini menunjukkan tingginya kandungan uap air sebagai pembentuk awan hujan cukup intensif, sehingga sangat berpotensi terjadi hujan lebat yang dapat menimbulkan banjir.



Gambar 4 Overlay rata-rata RH dengan *streamline* lapisan 925 mb tanggal (a) 16 November 2020 dan (b) 19 November 2020

Observasi udara permukaan

Data observasi udara permukaan pada Gambar 5 digunakan untuk mengidentifikasi kondisi atmosfer khususnya pada lapisan permukaan selama terjadinya hujan lebat. Pada kasus pertama yang terjadi di Kabupaten Cilacap, grafik curah hujan mulai naik dari pukul 12.00 UTC hingga mencapai puncaknya pada pukul 00.00 UTC (101,2 mm). Pola suhu antara pukul 00.00 - 03.00 menunjukkan adanya perbedaan lebih dari 4°C, hal ini menunjukkan adanya proses konvektif yang kuat. Pada kasus kedua yang terjadi di Kabupaten Kendal, grafik curah hujan mulai naik dari pukul 08.00 UTC hingga mencapai puncaknya pada pukul 12.00 UTC (93,2 mm). Sama halnya dengan Cilacap, untuk daerah Kendal juga terdapat perbedaan suhu udara antara pukul 00.00-03.00 UTC yaitu lebih dari 4°, yang kemudian secara gradual menurun. Besaran kelembaban udara pada dua daerah tersebut mempunyai nilai yang cukup tinggi diatas 80%. Dengan demikian di wilayah Cilacap dan Kendal mulai siang hingga sore hari menunjukkan adanya akitivitas konveksi yang kuat, sehingga berpotensi terjadinya awan hujan lebat dengan durasi yang cukup lama.



Gambar 5. Data observasi udara permukaan dari AWS. Curah hujan (a) AWS Sidareja dan (b) AWS Patean, serta suhu dan kelembapan udara (c) AWS Sidareja dan (d) AWS Patean.

Indeks stabilitas atmosfer

Indeks stabilitas atmosfer yang berasal dari observasi radiosonde Stasiun Meteorologi Cilacap dan pemodelan GSM-JMA digunakan untuk menganalisis aktivitas konvektif. Indeks stabilitas atmosfer yang digunakan adalah LI (*Lifted Index*), K Index, dan CAPE (*Convective Available Potential Energy*). Kriteria stabilitas atmosfer ditentukan berdasarkan nilai ambang batas yang digunakan pada penelitian [9]. Sifat kestabilan atmosfer diidentifikasi dari nilai LI, aktivitas konvektif diidentifikasi dari nilai CAPE, dan potensi terjadinya badai guntur diidentifikasi dari nilai KI. Nilai indeks stabilitas atmosfer beserta keterangannya tertera pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut.

Tabel 2. Indeks stabilitas udara di wilayah Cilacap

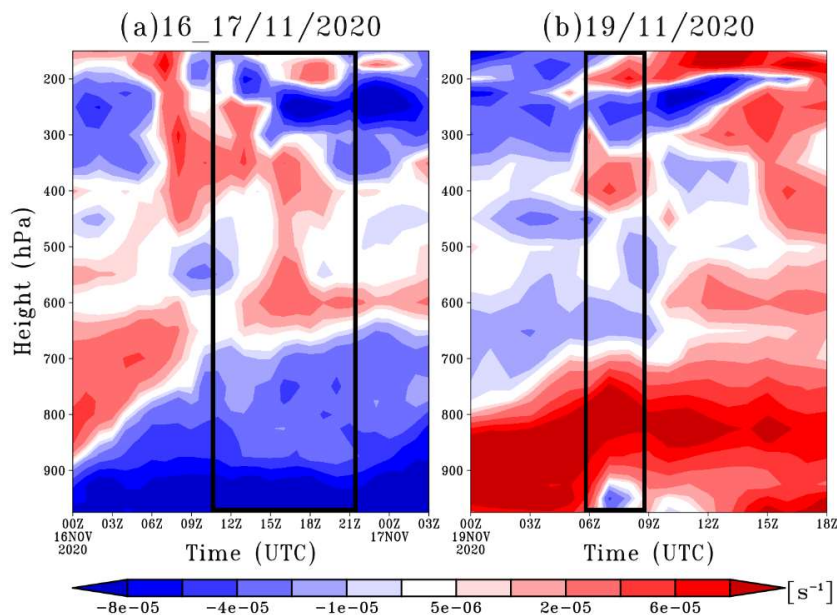
Lokasi	Waktu	LI	KI	CAPE (J/kg)	Keterangan
Cilacap 16-17/11/2020	00 UTC	23,55	-55,9	0,0	Atmosfer bersifat stabil sehingga tidak memungkinkan terjadinya aktivitas konvektif dan tidak ada potensi terjadinya badai guntur
	12 UTC	-6,70	35,0	3381	Atmosfer sangat tidak stabil dan aktivitas konvektif sangat kuat sehingga berpotensi terjadi badai guntur sebesar 60-80%
	00 UTC 17/11/2020	-3,74	37,8	1192	Atmosfer tidak stabil dengan aktivitas konvektif pada level sedang, namun potensi terjadinya badai guntur sebesar 80-90%.

Tabel 3. Indeks stabilitas udara di wilayah Kendal

Lokasi	Waktu	LI	KI	CAPE (J/kg)	Keterangan
Kendal 19/11/2020	00 UTC	-2,40	30,0	498	Atmosfer tidak stabil pada level ringan dengan aktivitas konvektif yang cenderung lemah, potensi terjadinya badai guntur 40-60%.
	12 UTC	-3,30	32,9	1021	Atmosfer tidak stabil dengan aktivitas konvektif pada level sedang, potensi terjadinya badai guntur sebesar 60-80%.

Analisis Vortisitas, Divergensi, dan Vertical Velocity

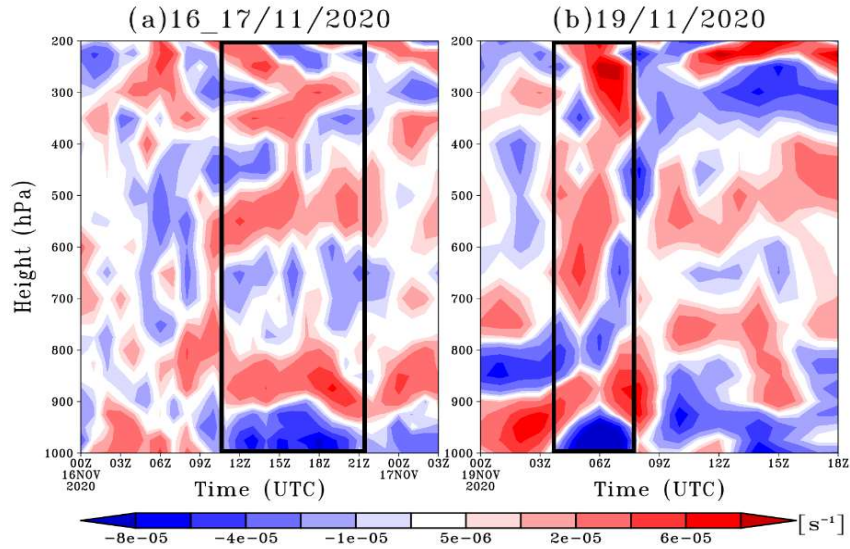
Parameter vortisitas digunakan untuk mengidentifikasi arah pergerakan rotasi aliran udara dalam skala lokal. Di belahan bumi selatan, nilai vortisitas negatif (-) menunjukkan massa udara berputar secara siklonik dan berkumpul atau berkonvergen, sedangkan nilai vortisitas positif (+) menunjukkan massa udara berputar secara antisikloik dan menyebar atau berdivergen. Aktifitas konvergensi berkaitan dengan pembentukan awan-awan konvektif. Pada Gambar 6.a, vortisitas bernilai negatif (-0,00012.s⁻¹ – (-0,0001.s⁻¹)) selama tanggal 16 sampai 17 (03.00 UTC). Hal ini sama dengan kasus kedua pada Gambar 6.b, dimana vortisitas juga bernilai negatif (-0,00006.s⁻¹ – (-0,00003.s⁻¹).



Gambar 6. Vortisitas di (a) Cilacap 16-17/11/2020 dan di (b) Kendal 19/11/2020 (kanan)

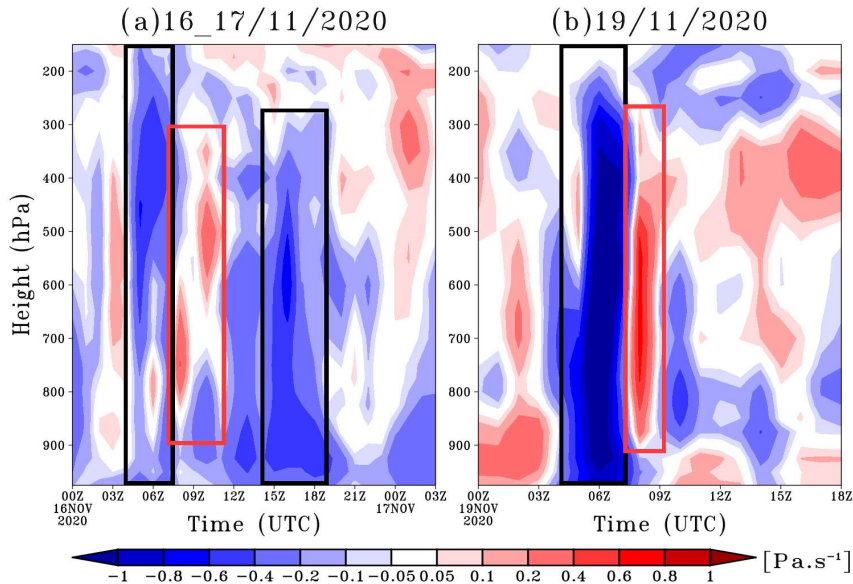
Pada Gambar 7, divergensi pada lapisan bawah bernilai negatif untuk kedua studi kasus. Pada kasus pertama (Gambar 7.a), nilai divergensi negatif berada pada rentang waktu 12.00 sampai 20.00 UTC (-0,00008.s⁻¹-(-0,00005.s⁻¹)). Pada kasus kedua (Gambar 7.b), nilai divergensi negatif berada pada rentang waktu 04.00 sampai 08.00 UTC (0,00015.s⁻¹-(-0,00006.s⁻¹)). Sementara itu, nilai divergensi positif berada pada lapisan 200 mb dalam rentang waktu 05.00 sampai 07.00 UTC; 12.00 sampai 13.00 UTC (kasus pertama) dan 05.00 sampai 08.00 UTC (kasus kedua). Hal tersebut menunjukkan bahwa pada kedua daerah tersebut adanya divergensi negatif yang artinya adanya pelemahan kecepatan angin menuju konvergensi yang mendukung aktivitas konvektif kuat

ketika nilai divergensi negatif pada lapisan bawah yang diiringi dengan nilai divergensi positif pada lapisan atas.



Gambar 7. Divergensi di (a) Cilacap 16-17/11/2020 dan (b) di Kendal 19/11/2020

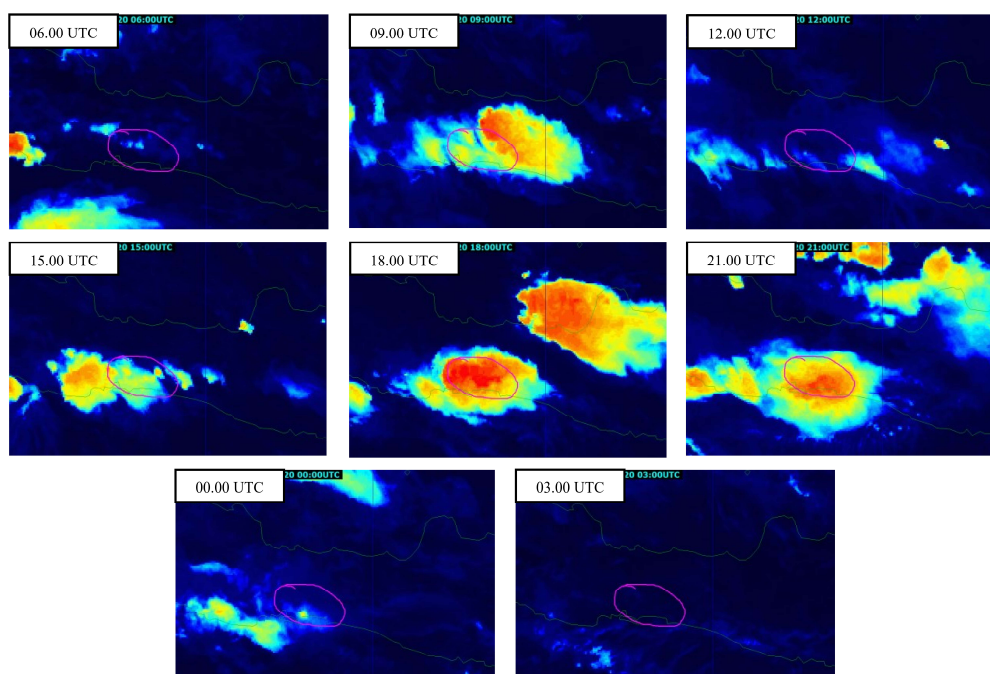
Parameter *vertical velocity* tertera pada Gambar 8. Pada kasus pertama (Gambar 8.a), pergerakan udara ke atas kuat yang ditunjukkan oleh gradasi warna biru bernilai $-0,7 Pa/s$ – $(-0,5 Pa/s)$ terjadi dua kali yaitu pada rentang waktu 05.00 sampai 07.00 UTC, dan 15.00 sampai 17.00 UTC. Sementara itu pada kasus kedua (Gambar 8.b), pergerakan udara ke atas kuat dengan nilai $-1,2 Pa/s$ – $(-0,6 Pa/s)$ terjadi pada rentang waktu 05.00 sampai 07.00 UTC. Nilai *vertical velocity* negatif menunjukkan bahwa terjadi pembentukan awan konvektif yang intensif.



Gambar 8. Vertical velocity di (a) Cilacap 16-17/11/2020 dan (b) di Kendal 19/11/2020

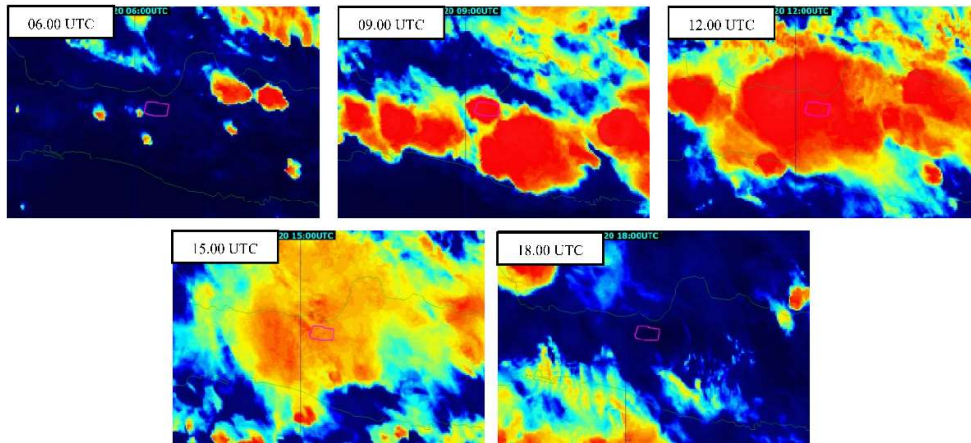
Citra satelit Himawari-8

Citra satelit Himawari-8 kanal IR1 tertera pada Gambar 9 dan 10. Berdasarkan analisis dinamika atmosfer, aktifitas konvektif dimulai pada pukul 05.00 UTC. Hal tersebut sesuai dengan pertumbuhan awan pada pukul 06.00 UTC yang terlihat pada lingkaran berwarna merah muda. Pada kasus pertama (Gambar 9), awan mulai membesar pada pukul 09.00 UTC, namun punah pada pukul 12.00 UTC. Kemudian pada pukul 15.00 UTC, terlihat pertumbuhan awan kembali dimulai dengan fase matang terjadi pada pukul 18.00 UTC. Fase disipasi/lenyap terjadi pada pukul 21.00 UTC dan awan benar-benar menghilang pada pukul 03.00 UTC (17 November). Pada kasus kedua (Gambar 10), pertumbuhan awan konvektif dimulai pada pukul 06.00 UTC yang kemudian dengan cepat membesar hingga menutupi hampir seluruh wilayah Jawa Tengah termasuk Kabupaten Kendal. Fase matang awan terjadi pada pukul 12.00 UTC. Kemudian pada pukul 15.00 UTC, awan telah memasuki fase disipasi yang kemudian benar-benar lenyap pada pukul 18.00 UTC.



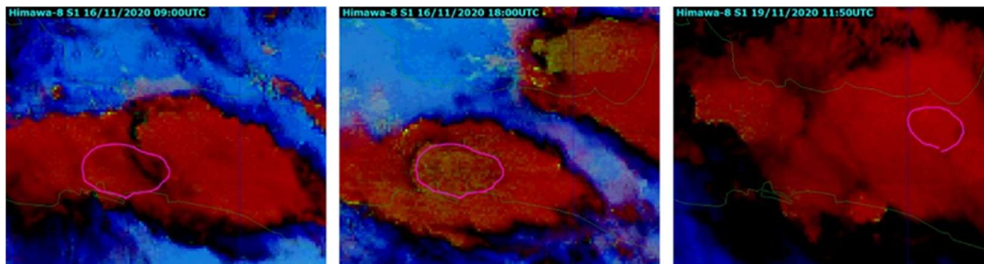
Gambar 9. Citra satelit kanal Inframerah, 16-17 November 2020. Lingkaran berwarna merah muda adalah wilayah Kabupaten Cilacap

Untuk memperkuat identifikasi awan konvektif yang tebal dengan suhu puncak awan yang dingin, maka digunakan citra RGB (*Red Green Blue*) *24-hour Microphysics*. Citra ini merupakan hasil komposit tiga kanal yaitu B13 ($10,4 \mu\text{m}$), B11 ($8,6 \mu\text{m}$), dan B15 ($12,4 \mu\text{m}$). Warna merah dan hijau diperoleh dengan metode *split window* memanfaatkan selisih nilai *Brightness Temperature* kanal B13 dengan kanal B15 dan kanal B11 dengan kanal B13. Sedangkan warna biru diperoleh dari kanal B13 yang di-*reverse*. Warna yang dihasilkan menunjukkan jenis awan yang berguna untuk mengidentifikasi awan tebal dengan suhu puncak awan yang sangat dingin atau dalam hal ini adalah awan Cumulonimbus.



Gambar 10. Citra satelit kanal Inframerah, 19 November 2020. Lingkaran berwarna merah muda adalah wilayah Kabupaten Kendal

Interpretasi warna secara lebih jelas tertera pada Tabel 4 [11]. Tertera pada Gambar 11, ketiga gambar menunjukkan fase matang dari perkembangan awan pada kedua kasus dengan tutupan awan tebal dan sangat dingin. Citra RGB ini menguatkan identifikasi sebelumnya yang hanya menggunakan kanal IR1/B13. Berdasarkan analisis citra satelit, dapat disimpulkan bahwa fenomena hujan lebat penyebab banjir bandang di kedua studi kasus disebabkan oleh awan tebal dengan suhu puncak awan sangat dingin, atau dalam hal ini merupakan awan *Cumulonimbus* (Cb).



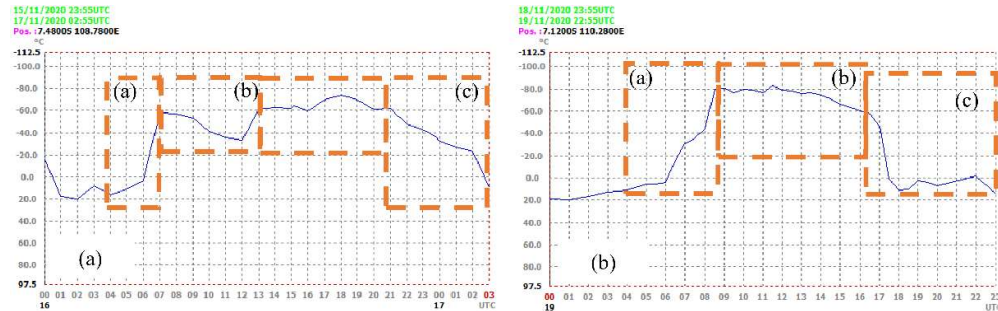
Gambar 11. Citra satelit RGB 24-hour Microphysics. Tanggal 16 pukul 09 UTC (kiri), 18 UTC (kanan), dan tanggal 19 pukul 12 UTC.

Tabel 4. Interpretasi citra RGB 24-hour Microphysics [11]

Color	Interpretation	RGB Value	HTML
	Thick, high and cold ice clouds	147,0,0	#930000
	Thick water clouds	157,99,40	#9D6328
	Clouds with small particles	32,180,125	#20B47D
	Thin cirrus clouds	0,0,0	#000000
	Dust (Yellow sand)	255,0,146	#FF0092
	Sands with quartz mineral	207,239,239	#CFEFEF

Pertumbuhan awan juga dapat diidentifikasi berdasarkan *time series* suhu puncak awan pada Gambar 12. Fase pengembangan ditunjukkan dengan grafik naik ke atas akibat dari suhu puncak awan yang berubah secara signifikan. Fase matang ditunjukkan dengan grafik yang berada pada posisi atas dengan fluktuasi yang cenderung konstan. Kemudian fase purnah

ditunjukkan dengan grafik turun akibat dari suhu puncak awan-awan yang kembali meningkat dan berangsur-angsur menghangat seiring dengan lenyapnya awan tersebut.



Gambar 12. Time series suhu puncak awan di Cilacap 16-17 November (a) dan Kendal 19 November (b). Huruf didalam kotak menunjukkan fase hidup awan, dimana (a) fase tumbuh / pengembangan, (b) fase matang, dan (c) fase purnah.

4. Kesimpulan

Fenomena hujan lebat penyebab banjir yang terjadi pada kedua studi kasus disebabkan oleh faktor yang sama. Secara global bertepatan dengan terjadinya fenomena La Nina. Kandungan uap air yang tinggi di atmosfer memudahkan potensi pembentukan awan-awan konvektif dan atmosfer yang bersifat labil mendukung proses pertumbuhan awan konvektif. Faktor vortisitas, divergensi, dan *vertical velocity* menunjukkan nilai negatif atau terjadi proses pengangkatan udara secara vertikal secara masif sehingga peluang terjadi hujan lebat atau hujan ekstrem cukup tinggi. Distribusi awan hujan terlihat merata di sekitar Cilacap dan Kendal pada saat kejadian dengan masa hidup awan dimulai pada pukul 06.00 UTC yang berakhir pada pukul 03.00 UTC (hari berikutnya) untuk kasus Cilacap dan pukul 18.00 UTC untuk kasus Kendal. Suhu puncak awan di wilayah Cilacap dan Kendal mencapai -76°C dan -80°C yang menunjukkan adanya awan *Cumulonimbus* sehingga memicu terjadinya hujan lebat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis (SP) mengucapkan terima kasih kepada Dosen Mata Kuliah Satelit Cuaca STMKG, Novvria Sagita, S.Si., M.Si, yang telah memberikan ilmu terkait dengan satelit cuaca berikut dengan cara pengolahan dan analisisnya. Penulis (SP, MISM, dan AZ) juga mengucapkan terima kasih kepada reviewer (Anonim) dan editor (Dr. Annisa Aprilia, S.Si., M.Si.) yang telah memberikan koreksi, saran, dan layout editing sehingga artikel ini layak untuk dipublikasi.

Daftar Pustaka

- [1] B. Tjasyono HK, I. Juaeni, and S. W. B. Harijono, "Proses Meteorologis Bencana Banjir Di Indonesia," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 8, no. 2, pp. 1–13, 2007, doi: 10.31172/jmg.v8i2.12.
- [2] Eviyanti, "Cilacap Banjir Bandang, Ribuan Rumah di 5 Kecamatan Terdampak Banjir dan Tanah Longsor," *Portal Purwokerto*, 2020. <https://portalpurwokerto.pikiran-rakyat.com/banyumas-raya/pr-115972632/cilacap-banjir-bandang-ribuan-rumah-di-5-kecamatan-terdampak-banjir-dan-tanah-longsor?page=2>.
- [3] S. Priyatin, "Banjir Bandang Terjang Boja Kendal, 2 Orang Tewas Terseret Air," *Kompas*, 2020. <https://regional.kompas.com/read/2020/11/20/13170151/banjir-bandang-terjang-boja-kendal-2-orang-tewas-terseret-air>.
- [4] P. and E. L. S. Ismail, "Atmospheric conditions analysis of the heavy rain phenomenon in

- Biak (case study 4-5 December 2014),” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 795, no. 1, pp. 1–8, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- [5] S. Al Mughozali, P. U. Firdianto, and A. M. Irawan, “Analisis Hujan Lebat dan Angin Kencang di Wilayah Banjarnegara Study Kasus Rabu 8 November 2017,” *Unnes Phys. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 65–69, 2017.
- [6] I. J. A. Saragih, A. Kristianto, A. K. Silitonga, and J. A. I. Paski, “Kajian Dinamika Atmosfer saat Kejadian Hujan Lebat di Wilayah Pesisir Timur,” *Unnes Phys. J.*, vol. 6, no. 5, pp. 25–30, 2017, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj%0AKajian>.
- [7] A. H. Al Habib, Y. W. Pradana, D. Pangestu, P. A. Winarso, and J. Sujana, “Kajian Pertumbuhan Awan Hujan Pada Saat Banjir Bandang Berbasis Citra Satelit Dan Citra Radar (Studi Kasus : Padang, 2 November 2018),” *J. Meteorol. Klimatologi dan Geofis.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2019, doi: 10.36754/jmkg.v6i2.117.
- [8] E. Monica, A. Sulistio, C. Fanly, and J. Tambengi, “Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat Wilayah Jakarta dan Sekitarnya (Studi Kasus : Jakarta Tanggal 07 April 2019) Analysis of Atmospheric Conditions during Heavy Rainfall Event in Jakarta and Surrounding Area (Case Study : Jakarta 07 Apri,” *Pros. Sinas Inderaja 2019*, no. April, pp. 247–254, 2019, [Online]. Available: [http://sinasinderaja.lapan.go.id/files/sinasja2019/prosiding/28_Analisis Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat Wilayah Jakarta dan Sekitarnya.pdf](http://sinasinderaja.lapan.go.id/files/sinasja2019/prosiding/28_Analisis%20Kondisi%20Atmosfer%20Saat%20Kejadian%20Hujan%20Lebat%20Wilayah%20Jakarta%20dan%20Sekitarnya.pdf).
- [9] A. R. Putri and A. Kristianto, “Identification of atmospheric dynamic condition during heavy rainfall in Banjarnegara Indonesia using WRF-ARW model: Case 18 June 2016,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1434, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1434/1/012005.
- [10] S. Prasetyo, I. Rumahorbo, U. Hidayat, and N. Sagita, “Analisis Kondisi Atmosfer Pada Kejadian Hujan Es (Studi Kasus: Bogor, 23 September 2020),” in *Prosiding Seminar Nasional Kahuripan I Tahun 2020*, 2020, no. Seminar Nasional Kahuripan (SNapan) 2020, pp. 295–300, [Online]. Available: <https://conference.kahuripan.ac.id/index.php/SNapan/article/view/70>.
- [11] A. Shimizu, “Introduction to Himawari-8 RGB composite imagery,” *Meteorol. Satell. Cent. Tech. NOTE*, no. 65, p. 42, 2020, [Online]. Available: <https://www.data.jma.go.jp/mscweb/technotes/msctechrep65-1.pdf>.
- [12] U. Haryanto, “Keterkaitan fase Indeks Osilasi Selatan (SOI) terhadap curah hujan di Das Citarum,” *MT - Agric. IPB (Bogor Agric. Univ.*, 1998, [Online]. Available: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/4016>.
- [13] N. H. Saji, B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran, and T. Yamagata, “A dipole mode in the tropical Indian Ocean,” *Nature*, vol. 401, no. 6751, pp. 360–363, 1999, doi: 10.1038/43854.
- [14] S. W. B. Harijono, “Analisis Dinamika Atmosfer di Bagian Utara Ekuator Sumatera pada Saat Peristiwa El-Nino dan Dipole Mode Positif Terjadi Bersamaan,” *J. Sains Dirgant.*, vol. 5, no. 2, pp. 130–148, 2008, [Online]. Available: http://jurnal.lapan.go.id/index.php/jurnal_sains/article/view/341.
- [15] R. A. Madden and P. R. Julian, “Detection of a 40–50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific,” *J. Atmos. Sci.*, vol. 28, no. 5, pp. 702–708, doi: 10.1175/1520-0469(1971)028<0702:DOADOI>2.0.CO;2.
- [16] L. Evana, S. Effendy, and E. Hermawan, “Pengembangan Model Prediksi Madden Julian Oscillation (MJO) Berbasis Pada Hasil Analisis Data Real Time Multivariate Mjo (RMM1 dan RMM2),” *Agromet*, vol. 22, Dec. 2008, doi: 10.29244/j.agromet.22.2.144-159.
- [17] R. Windayati and D. Surinati, “Fenomena Madden Julian Oscillation,” *Oseana*, vol. XLI, no. 3, pp. 35–43, 2016.
- [18] M. C. Wheeler and H. H. Hendon, “An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction,” *Mon. Weather Rev.*, vol. 132, no. 8, pp. 1917–1932, 2004, doi: 10.1175/1520-0493(2004)132<1917:AARMMI>2.0.CO;2.