Identifikasi Pola Mesoscale Convective Complex Pada Kejadian Hujan Lebat Di Semarang (Studi Kasus: 13 Maret 2024)

Mesoscale Convective Complex Verification on Heavy Rain in Semarang (Case Study: 13 March 2024)

Didik Kurniawan[1]*, Binsar Hakim Aritonang[1], Helena Yaku[1], Imma Redha Nugraheni[1]

[1]Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jalan Meteorologi No. 5 Tanah Tinggi, Tangerang, Tangerang Kota, Banten, Indonesia 15119

Email: *kurniawandidik607@gmail.com; hakimarios01@gmail.com; helenayaku24@gmail.com; imma.redha@stmkg.ac.id

Received: 20nd January 2025; Revised: 24th February 2025; Accepted: 27th February 2025

Abstrak – *Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola Mesoscale Convective Complex (MCC) pada kejadian hujan lebat di Kota Semarang tanggal 13 Maret 2024 menggunakan citra satelit Himawari-9. Analisis dilakukan berdasarkan kriteria Maddox (1980) yang mencakup luasan awan, durasi, dan eksentrisitas sistem konvektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MCC memenuhi kriteria dengan durasi 7 jam, eksentrisitas maksimum 0,9498, serta luas area perisai dan inti masing-masing sebesar 108.228 km² dan 89.128 km². MCC menghasilkan curah hujan intensitas sedang hingga ekstrem, dengan puncak intensitas mencapai 60–70 mm/jam. Aktivitas MCC dimulai di wilayah Semarang dan bergerak ke arah barat daya, menyebabkan potensi bencana hidrometeorologi seperti banjir bandang. Penelitian ini memperkuat pentingnya pemantauan MCC dalam mitigasi bencana hidrometeorologi di Indonesia.*

Kata kunci: MCC; hujan ekstrem; Satelit Himawari-9; sistem konvektif; tutupan awan

Abstract – *This study aims to identify the Mesoscale Convective Complex (MCC) pattern during a heavy rain event in Semarang City on March 13, 2024, using Himawari-9 satellite imagery. The analysis was based on Maddox's (1980) criteria, including cloud coverage, duration, and convective system eccentricity. The results show that MCC met the requirements with a 7-hour duration, a maximum eccentricity of 0.9498, and shield and core areas of 108,228 km² and 89,128 km², respectively. MCC produced moderate to extreme rainfall intensities, peaking at 60–70 mm/h. MCC activity began in Semarang and moved southwestward, posing hydro-meteorological disaster risks such as flash floods. This study emphasizes the importance of MCC monitoring for hydro-meteorological disaster mitigation in Indonesia.*

Key words: *MCC; extreme rain; Himawari-9 Satellite; convection system; cloud cover.*

1. Pendahuluan

Letak geografis Indonesia yang strategis di garis khatulistiwa memberikan manfaat sekaligus tantangan besar dalam menghadapi cuaca ekstrem dan bencana hidrometeorologi. Curah hujan ekstrem, salah satunya, merupakan fenomena alam yang erat kaitannya dengan tingginya aktivitas konvektif di wilayah tropis seperti Indonesia [1, 2]. Aktivitas konvektif tersebut mampu menghasilkan berbagai macam fenomena alam yang bisa sangat merusak. Salah satu sistem yang umum terjadi adalah sistem konvektif *Ordinary Cell Thunderstorm* (OCT). Sistem ini dapat berkembang menjadi sistem badai yang lebih besar, seperti multicell dan supercell *thunderstorm*, yang berpotensi menyebabkan hujan ekstrem [3]. Secara umum, satu siklus OCT memiliki rentang waktu kurang dari 60 menit, namun curah hujan yang dihasilkan dapat mencapai angka yang signifikan, tergantung pada kondisi atmosfer [4]. Dalam beberapa kasus,

beberapa OCT dapat terbentuk secara bersamaan di lokasi yang berdekatan, yang dapat memperpanjang siklus hidup sistem konvektif tersebut [5].

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa Indonesia memiliki banyak jenis sistem konvektif. Salah satunya yaitu *Mesoscale Convective Complex* (MCC) [6, 7]. Maddox (1980) mengklasifikasikan sistem konvektif tersebut berdasarkan luasan dan durasi dari sistem tersebut terbentuk. MCC dapat diidentifikasi sebagai kumpulan dari beberapa OCT dengan panjang lebih dari 100 km yang membentuk pola bulat atau oval dan memiliki siklus hidup yang lebih lama (> 6 jam) [8]. MCC dapat diamati menggunakan citra satelit Himawari 9. Dari citra satelit tersebut akan diamati pola tutupan awan yang terbentuk dalam sistem konvektif dari kejadian MCC. Pola tersebut akan menghasilkan bentuk quasi-circular atau elips dalam rentang suhu tertentu [3].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Maulana (2021), MCC diamati pada daerah yang mengalami bencana hidrometeorologi yang disebabkan oleh tingginya curah hujan [2]. Pada penelitian serupa yang dilakukan oleh Saragih (2019) juga dilatarbelakangi oleh tingginya curah hujan yang terukur [4]. Pada penelitian ini, akan dilakukan pola sistem konvektif yang menyebabkan tingginya curah hujan pada Kota Semarang tanggal 13 Maret 2024. Sistem konvektif yang terbentuk akan dilakukan analisis dan akan ditentukan apakah memenuhi kriteria Maddox (1980) dalam penentuan MCC [1].

2. Landasan Teori

2.1 MCC

Mesoscale Convective Complex adalah kumpulan awan *Cumulonimbus* (Cb) yang terbentuk dalam sistem OCT dan mempunyai kemungkinan untuk dapat berkembang menjadi sistem berskala meso. Sistem tersebut mampu menghasilkan presipitasi di wilayah terbentuknya dengan lintasan sepanjang lebih dari 100 km dalam kurun waktu lebih dari 6 jam [10], [11]. Menurut Schumacher dan Rasmussen (2020), MCC adalah kumpulan thunderstorm yang melibatkan proses *updraft*, pembentukan cold pool, dan angin vertikal yang membantu mengorganisasi konveksi menjadi sebuah sistem yang lebih besar. MCC berkontribusi terhadap curah hujan tahunan, terutama di daerah tropis dan subtropis, serta menyebabkan bencana hidrometeorologi seperti hujan ekstrem, banjir bandang, tornado, dan hujan es [12].

Fenomena MCC berdasarkan analisis citra inframerah dapat diketahui karakteristik fisiknya berdasarkan Tabel 1. [1].

Tabel 1. Karekteristik fisis dari *Mesoscale Convective Complex* (MCC) oleh Maddox (1980).

No	Karakteristik	Keterangan
1	Ukuran	A. Tutupan Awan dengan suhu IR secara kontinu ≤ -32°C harus memiliki luas ≥ 100.000 km² B. Wilayah awan dingin interior dengan suhu ≤ -52°C harus memiliki luas ≥ 50.000 km²
2	Inisiasi	Definisi ukuran A dan B pertama kali terpenuhi.
3	Durasi	Definisi ukuran A dan B harus dipenuhi selama ≥ 6 jam
4	Ektensi maksimum (Matang)	tutupan awan dingin kontinuitas (suhu IR ≤ -32°C) mencapai ukuran maksimum
5	Bentuk	Eksentrisitas (sumbu minor/sumbu mayor) ≥ 0,7 pada saat ukuran maksimum tercapai
6	Terminasi (meluruh)	Definisi ukuran A dan B tidak lagi terpenuhi.

Berdasarkan Tabel 1, ciri fisiknya dari suatu sistem konvektif untuk bisa menjadi MCC yaitu harus memenuhi beberapa syarat meliputi tutupan awan dengan suhu ≤ -32°C yang mencakup *area* ≥ 100.000 km² dan wilayah interior dengan suhu ≤ -52°C seluas ≥ 50.000 km². Sistem ini terbentuk saat kriteria ukuran terpenuhi dan berlangsung selama ≥ 6 jam. Pada puncaknya, MCC memiliki eksentrisitas ≥ 0,7 dan mencapai ukuran maksimum. MCC berakhir ketika kriteria ukuran tersebut tidak lagi terpenuhi [13].

2.2 Satelit HIMAWARI 9

Satelit Himawari-9 adalah satelit meteorologi geostasioner generasi terbaru yang dikembangkan oleh Jepang. Satelit ini dilengkapi sensor optik canggih yang terdiri dari resolusi radiometrik, spektral, dan spasial yang lebih baik dibandingkan dengan satelit geostasioner generasi sebelumnya. Satelit Himawari-9 memiliki kemampuan pengamatan dengan teknologi 16 kanal yang dilengkapi dengan fungsi masing-masing, dengan resolusi spasial mencapai 0,5 km untuk kanal cahaya tampak (*visible*) dan 2 km untuk kanal inframerah [14]. Satelit Himawari-9 mencakup wilayah Asia Timur, Asia Tenggara, Pasifik Barat, dan Indonesia masuk dalam pemantauan satelit ini. Satelit ini menjadi salah satu instrumen penting dalam pemantauan cuaca dan iklim Indonesia, terutama dalam mendeteksi adanya MCC di Indonesia [15].

2.3 Curah hujan

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul di tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Satuan curah hujan dinyatakan dalam milimeter (mm), di mana 1 mm curah hujan berarti dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter [16].

Pada fenomena MCC, curah hujan dapat digunakan sebagai validator terkait dengan aktivitas MCC di Indonesia. Data pengelompokkan intensitas curah hujan diperlihatkan pada Tabel 2. Pada beberapa kejadian MCC yang pernah diamati, sistem ini dapat menghasilkan curah hujan dengan intensitas yang sangat tinggi. MCC dapat menghasilkan curah hujan hingga 40–64 mm/jam dengan area hujan yang dapat mencapai radius 800 km². Hal ini terbukti dari beberapa kejadian MCC yang tercatat, seperti di Bangka Belitung yang menghasilkan curah hujan mencapai 183,9 mm dan di Pontianak dengan intensitas 43,4 mm/jam [17].

Tabel 2. Intensitas curah hujan BMKG (2010).

No.	Jenis Hujan	Intensitas Hujan (mm)	
		1 Jam	24 Jam
1	Hujan Ringan	1 - 5	5 - 20
2	Hujan Sedang	5 - 10	20 - 50
3	Hujan Lebat	10 - 20	50 - 100
4	Hujan Sangat Lebat	20 - 50	100 - 150
5	Hujan Ekstrem	>50	>150

3. Metode

3.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini berfokus pada wilayah Semarang, ibu kota Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Semarang terletak di koordinat sekitar 6°58' LS dan 110°25' BT, dengan topografi yang bervariasi, mencakup daerah pesisir, dataran rendah, dan perbukitan. Kondisi geografis ini menjadikan Semarang rentan terhadap bencana hidrometeorologi, seperti banjir, genangan air, dan tanah longsor, terutama saat curah hujan ekstrem terjadi. Waktu yang dipilih dalam penelitian ini adalah pada tanggal 12-14 Maret 2024, yang dilatarbelakangi oleh tingginya curah hujan yang terjadi. Curah hujan tinggi tersebut menyebabkan bencana banjir yang menggenangi Kota Semarang [18].

3.2 Citra Satelit Himawari-9

Penelitian ini menggunakan data satelit Himawari-9 untuk memverifikasi keberadaan MCC pada kejadian hujan lebat di Semarang tanggal 13 Maret 2024. Data utama yang digunakan berupa citra inframerah (IR) dari satelit Himawari-9 yang diunduh melalui FTP Client dengan aplikasi FileZilla. Data ini diolah menggunakan aplikasi Sataid untuk mengamati suhu puncak awan dan pola pertumbuhan awan konvektif, di mana struktur MCC berdasarkan kriteria pada Tabel 1. Setelah mendapat sistem konvektif yang

terindikasi MCC, kemudian akan dihitung luasan tutupan awan untuk menganalisis fase-fase MCC sesuai Tabel 1 [15].

3.3 Curah hujan

Untuk melakukan analisis terhadap curah hujan di wilayah terindikasi MCC, penelitian ini menggunakan data berbasis satelit dari *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMap) yang memiliki resolusi spasial 0,1° dan resolusi temporal satu jam. Data GSMap diunduh dalam format .nc dan diproses menggunakan perangkat lunak *Grid Analysis and Display System* (GrADS). Hasil visualisasi dari data tersebut dianalisis untuk menentukan distribusi curah hujan selama periode QLCS dengan satuan (mm/jam) kemudian dapat diidentifikasi jenis hujan berdasarkan kriteria intensitas curah hujan oleh BMKG [19].

3.4 Nilai eksentrisitas

Eksentrisitas merupakan suatu parameter yang digunakan menunjukan nilai elongitas sistem konvektif. yang digunakan untuk menilai bentuk dan organisasi sistem awan konvektif. Nilai eksentrisitas (e) dihitung dengan Persamaan (1).

$$e = \sqrt{1 - (\frac{b^2}{a^2})} \tag{1}$$

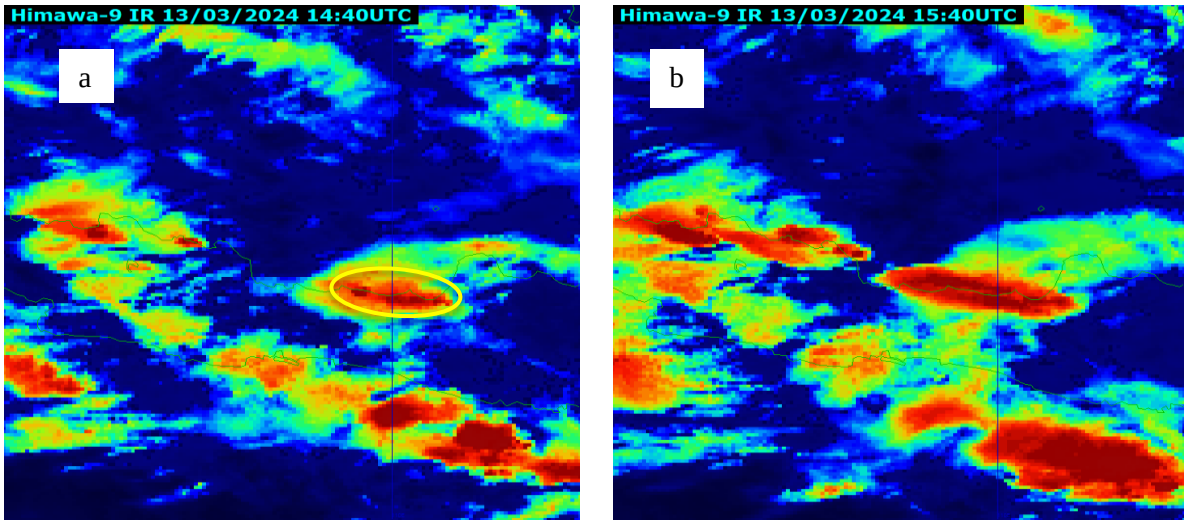
Dimana a merupakan sumbu mayor (panjang elips terpanjang) dan b adalah sumbu minor (panjang elips terpendek). Untuk menentukan MCC nilai eksentritas memiliki nilai minimal e ≥ 0,7 [10].

4. Hasil Dan Pembahasan

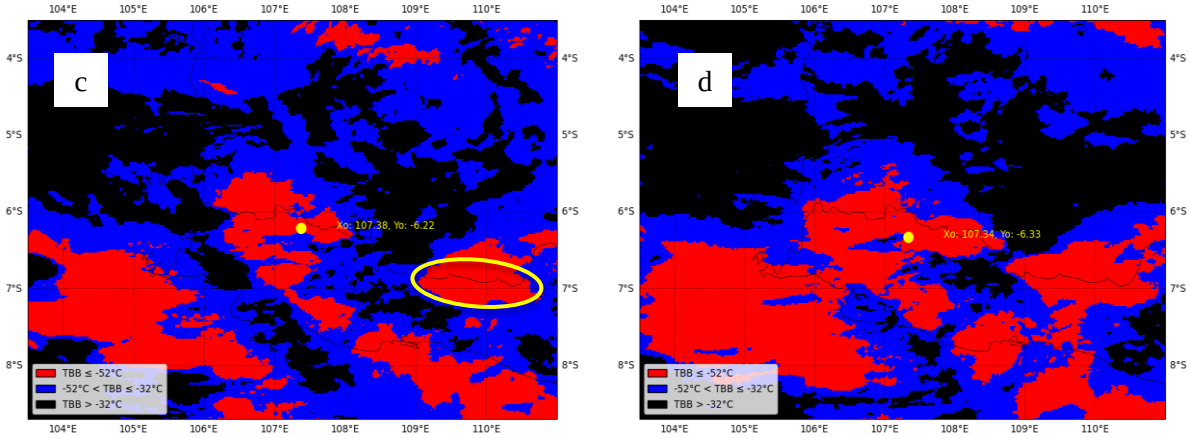
4.1 Citra Satelit Himawari-9

A. Fase inisiasi

Untuk melakukan identifikasi sistem konvektif yang terindikasi sebagai MCC menggunakan citra satelit. Pada jam 14.40 UTC (Gambar 1a) terlihat bahwa beberapa inti konvektif yang terlihat tersusun linear. Pada daerah semarang (lingkaran kuning) terdapat suatu sistem konevktif yang terlihat terpisah dari beberapa sistem yang lain. Pada Gambar 1b dan 1d terlihat bahwa sistem konvektif yang terlihat terpisah pisah mulai berkumpul. Sistem pada daerah Semarang mulai bersatu dengan sistem lain. Pada fase inisiasi awal (Gambar 1a), total luasan area inti dingin yang berpusat pada titik kuning memiliki nilai sebesar 29112 km² dan juga memiliki nilai luasan perisai sebesar 78728 km².



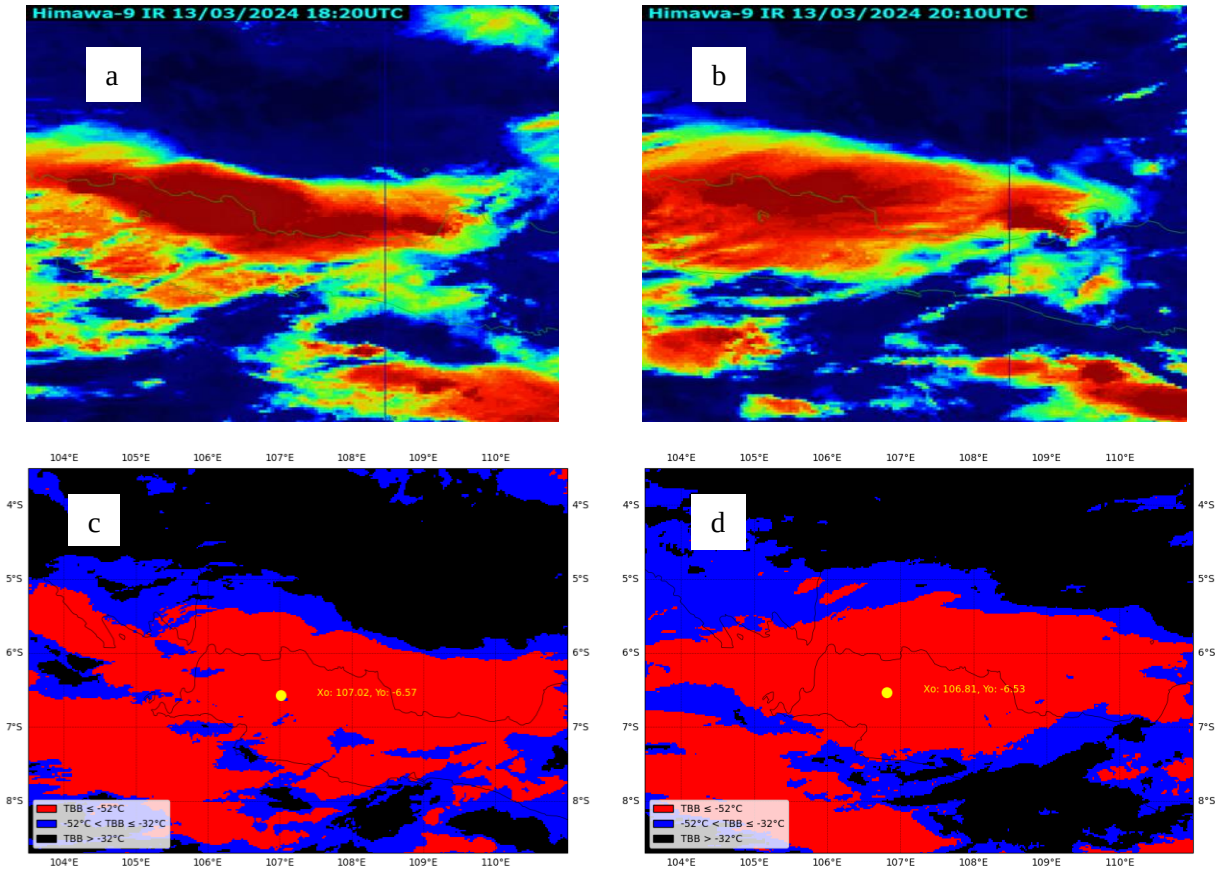
***Gambar* 1.** Citra satellite Himawari-9 kanal IR pada pukul (a) 14.40 UTC dan (b) 15.40 UTC.



Gambar 1. Citra satellite menggunakan *cloud masking* sesuai kategori Maddox (1980) pada pukul (c) 14.40 UTC dan (d) 15.40 UTC.

B. Fase matang

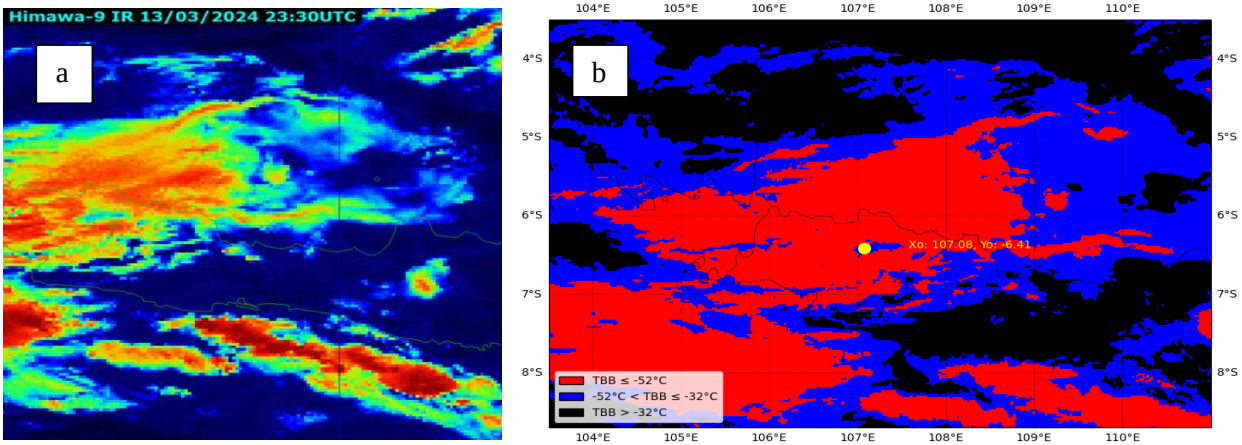
Setelah mengalami fase inisiasi atau pembentukan, sistem konvektif yang diamati terus mengalami pertumbuhan sehingga dapat diamati fase matangnya. Memasuki tahap matang, pola linear sebelumnya yang teramati pada Gambar 1 sudah tidak dapat dilihat lagi, dikarenakan semua sistem konvektif yang ada telah bergabung menjadi 1 sistem. Pada fase ini bentuk dari sistem konvektif yang teramati memiliki bentuk yang hampir mirip elips. Pada Gambar 2a bentuk yang terlihat masih pipih yang kemudian terus tumbuh sampai seperti Gambar 2b. Pada kondisi ini, eksentrisitas yang dimiliki bernilai 0,9498 (Tabel 3).



Gambar 2. Citra satellite Himawari-9 kanal IR pada pukul (a) 18.20 UTC dan (b) 20.10 UTC. Citra satellite menggunakan *Cloud Masking* sesuai kategori Maddox (1980) pada pukul (c) 18.20 UTC dan (d) 20.10 UTC.

C. Fase meluruh

Suatu sistem konvektif pasti akan mengalami peluruhan di setiap akhir fasenya. Pada fase ini, bentuk dari sistem yang diamati sudah mulai acak dan tidak berbentuk seperti elips lagi, pada fase ini nilai eksentrisitas mulai menurun menjadi 0,9180. Nilai eksentrisitas masih tinggi, hal tersebut disebabkan karena pada pukul 23.30 merupakan mulainya sistem konvektif meluruh sehingga masih sedikit terdapat bentuk elips yang bisa dilihat pada Gambar 3a dan 3b. Luasan awan yang terukur sebesar 86712 km² dan 48804 km² pada lapisan perisai.



Gambar 3. (a) Citra *Satellite* Himawari-9 kanal IR Fase Peluruhan pukul 23.30 UTC. (b) Citra *satellite* menggunakan *Cloud Masking* sesuai kategori Maddox (1980) pada pukul 23.30 UTC.

4.2 Curah hujan

Pada pukul 15.00 UTC (Gambar 4a), intensitas hujan di sebagian besar wilayah yang dipantau berada dalam kategori hujan ringan hingga sedang (2–10 mm/jam), dengan beberapa wilayah kecil di Kota Semarang mencapai intensitas 10–16 mm/jam, yang tergolong hujan sedang hingga lebat. Pada pukul 16.00 UTC (Gambar 4b), distribusi hujan meningkat menjadi 10–18 mm/jam, menandakan fase inisiasi awan yang berkembang menuju fase matang seperti terlihat pada citra satelit MCC. Peningkatan signifikan terjadi pada pukul 18.00 UTC, dengan intensitas hujan mencapai 60–70 mm/jam, tergolong dalam kategori hujan ekstrem yang dapat menyebabkan banjir bandang atau genangan air.

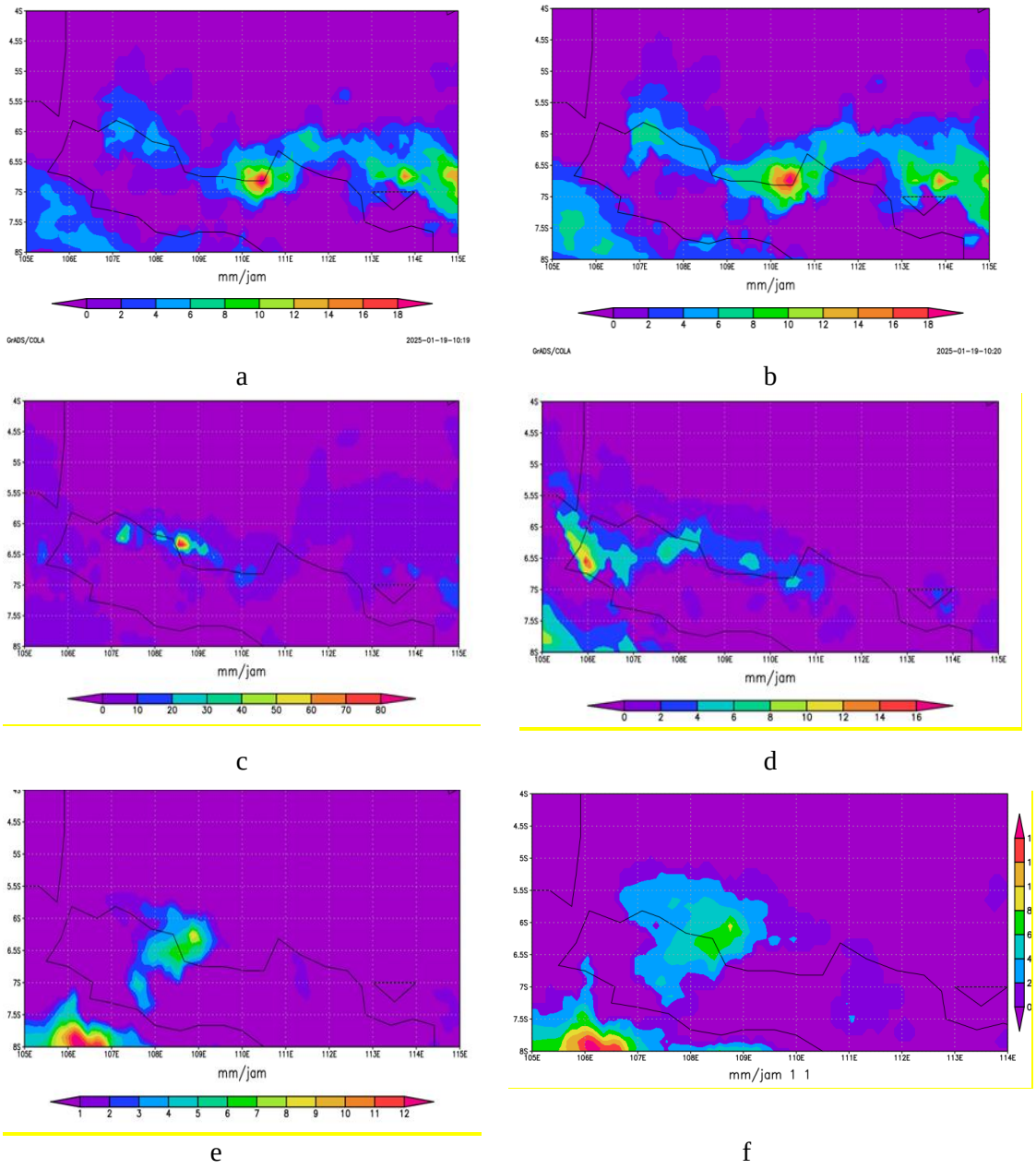
Pada pukul 20.00 UTC (Gambar 4d), intensitas hujan menurun menjadi 15–20 mm/jam, dengan beberapa area kecil mencatat lebih dari 20 mm/jam, tergolong hujan lebat hingga sangat lebat, dengan pergerakan awan hujan mengarah ke barat daya. Fase peluruhan awan terlihat pada pukul berikutnya, dengan intensitas hujan melemah menjadi 4–8 mm/jam, menandai berakhirnya aktivitas sistem konvektif MCC di wilayah tersebut.

4.3 Hasi pengolahan data

Untuk menentukan jenis dari awan konvektif yang diteliti diperlukan untuk mencari *property* dari sitem yang diteliti. Berikut disajikan data yang telah didapat dari penelitian, Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik sistem konvektif berdasarkan Maddox (1980).

No	Waktu Pengamatan	Cloud Shield (≤ 32°C)	Interior Cold Cloud (≤ 50°C)	Nilai Eksentrisitas Cold Cloud	Curah Hujan (mm/jam)
1	14.40 UTC	78728.00 km²	29112.00 km²	0,8323	> 18
2	15.40 UTC	85320.00 km²	46804.00 km²	0,7578	14 - 16
3	18.20 UTC	100040.00 km²	83696.00 km²	0,9817	< 10
4	20.10 UTC	108228.00 km²	89128.00 km²	0,9498	> 4
5	23.30 UTC	86712.00 km²	48804.00 km²	0,9180	< 1



Gambar 4. Komposit curah hujan setiap 1 jam pada pukul: (a) 15.00 UTC, (b) 16.00 UTC, (c) 18.20 UTC, (d) 20.10 UTC, (e) 22.00 UTC, dan (f) 23.00 UTC.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan pola MCC menggunakan citra satelit Himawari-9, ditemukan bahwa pada 13 Maret 2024 terbentuk sistem konvektif yang memenuhi kriteria Maddox (1980) sebagai MCC. Sistem ini berawal dari Laut Jawa di atas Kota Semarang dan berkembang selama 7 jam. Fase puncak terjadi pada pukul 20.10 UTC dengan luas area mencapai 108.228 km² dan luas area inti sebesar 89.128 km² serta nilai eksentrisitas 0.9498. Curah hujan yang dihasilkan pada fase pembentukan MCC mencapai lebih dari 18 mm/jam, dengan intensitas tertinggi pada fase puncak mencapai 60-70 mm/jam. Seiring berkembangnya MCC, intensitas hujan bergerak ke barat daya menuju Jawa Tengah, Jawa Barat, dan DKI Jakarta. Berdasarkan pengamatan pola MCC menggunakan citra satelit Himawari-9, hasil yang didapat yaitu berupa luasan awan, curah hujan dan pola sistem konvektif. Sistem konvektif yang diamati bermula dari daerah laut di atas kota Semarang. Sistem konvektif tersebut terus berkembang dan pada akhirnya meluruh pada jam 23.30 UTC.

Ucapan Terima asih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam projek ini salah satunya pihak STMKG yang telah menyediakan fasilitas pendukung. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Imma Redha Nugraheni yang telah membimbing dengan sabar sehingga penelitian dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

[1] A. Maddox, *Mesoscale Convective Systems: Their Structure and Evolution*. Chicago: Academic Press, 1980.

[2] M. I. S. Maulana, N. I. Wicaksono, and Y. D. Haryanto, "Kajian pengaruh mesoscale convective complex di Pulau Jawa terhadap curah hujan saat kejadian banjir di Kendal pada 26-27 Januari 2019," *Komunikasi Fisika Indonesia*, vol. 18, no. 3, Nov. 2021. [Online]. Available: https://kfi.ejournal.unri.ac.id.

[3] E. Diniyati and Y. D. Haryanto, "Identifikasi fenomena mesoscale convective complex (MCC) di Selat Karimata," *KELUWIH: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 2, pp. 103–111, Aug. 2021, doi: 10.24123/saintek.v2i2.4541.

[4] S. Saragih, "Analisis fenomena MCC dan dampaknya terhadap curah hujan ekstrem di wilayah Sumatera," *Jurnal Meteorologi Tropis*, vol. 7, no. 2, 2019.

[5] J. Houze, *Cloud Dynamics*, 2nd ed. Boston: Academic Press, 2014.

[6] B. Saragih, "Fenomena MCC di wilayah Indonesia berdasarkan citra satelit Himawari," *Jurnal Ilmu Atmosfer Indonesia*, vol. 5, no. 1, 2019.

[7] M. Maulana and S. Saragih, "Kajian curah hujan ekstrem akibat MCC di Jawa Tengah menggunakan data satelit Himawari," *Jurnal Klimatologi Indonesia*, vol. 4, no. 3, 2021.

[8] Y. Maddox, "Mesoscale convective systems classification and analysis," *Weather and Climate Dynamics*, vol. 12, pp. 231–245, 1980.

[9] Maddox, "Large-Scale Meteorological Conditions Associated with Midlatitude, Mesoscale Convective Complexes," *Monthly Weather Review*, vol. 108, pp. 1266–1280, 1980.

[10] Maddox, "Large-Scale Meteorological Conditions Associated with Midlatitude, Mesoscale Convective Complexes," *Monthly Weather Review*, vol. 108, pp. 1266–1280, 1980.

[11] Schumacher and Rasmussen, "Mesoscale Convective Complex Systems," *Weather Dynamics*, vol. 42, 2020.

[12] Y. Maddox, "Mesoscale Convective Systems classification and analysis," *Weather and Climate Dynamics*, vol. 12, pp. 231–245, 1980.

[13] BMKG, "Kriteria Intensitas Hujan," *Laporan Cuaca*, 2010.

[14] Japan Meteorological Agency, "Himawari-9 Overview," *JMA Publication*, 2021.

[15] D. Estri et al., "Identifikasi Fenomena MCC di Indonesia," *KELUWIH*, vol. 2, no. 2, 2021.

[16] BMKG, "Definisi dan Pengukuran Curah Hujan," *Publikasi BMKG*, 2010.

[17] S. Saragih, "Kajian MCC pada Bangka Belitung dan Pontianak," *Jurnal Hidrometeorologi*, vol. 3, no.2, 2020.

[18] J. Houze, *Cloud Dynamics*, 2nd ed. Boston: Academic Press, 2014.

[19] Japan Meteorological Agency, "GSMap Overview," *JMA Data Source*, 2020.