

IDENTIFIKASI *MESOSCALE CONVECTIVE COMPLEX* (MCC) PADA KEJADIAN HUJAN SANGAT LEBAT DI LOMBOK BARAT (STUDI KASUS 1 MEI 2021)

JULIANI INTAN SARI^{1*}, MUHAMMAD REZA SAPUTRA¹, YOSAFAT DONNI HARYANTO¹

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

*email: juliani.intan.sari@stmkg.ac.id

Diserahkan: 02/04/2023

Diterima: 02/05/2023

Dipublikasikan: 11/08/2023

Abstrak. *Mesoscale Convective Complex* (MCC) merupakan fenomena penting dan berdampak serius pada keakuratan model numerik operasional. Identifikasi MCC berdasarkan kriteria oleh Maddox (1980) dilakukan untuk mengetahui adanya fenomena MCC saat kejadian hujan sangat lebat pada 1 Mei 2021, yang dapat menjadi penyebab tingginya curah hujan pada kejadian tersebut. Penelitian ini mengambil lokasi di daerah yang terdampak banjir saat kejadian hujan sangat lebat 1 Mei 2021, yaitu di Kabupaten Lombok Barat dengan koordinat area 7° s/d 10° LS dan 114° s/d 117° BT. Data yang digunakan meliputi data satelit Himawari-8 kanal IR dan I2. Pola pertumbuhan awan, diamati dengan menggunakan Colored Enhanced Infrared (EIRc). Nilai CAPE didapatkan dengan mengolah data satelit yang menampilkan kontur nilai CAPE. CAPE yang cukup tinggi menunjukkan kondisi atmosfer yang labil dan dapat turut mendukung perkembangan MCC. Syarat suhu puncak awan terpenuhi mencapai 4 jam sebelum fenomena MCC didefinisikan terjadi. Sementara pada fase pembentukannya, nilai eksentrisitas, luasan selimut awan, serta luasan suhu puncak awan terpenuhi jauh melebihi syarat yang digunakan. MCC melingkupi wilayah Lombok terjadi pada sore hari mulai pukul 10.00 UTC selama 7 jam.

Kata Kunci: Citra Satelit, Hujan Sangat Lebat, Suhu Puncak Awan, CAPE, *Mesoscale Convective Complex*

Abstract. Mesoscale Convective Complex (MCC) is an important phenomenon and has a serious impact on the accuracy of operational numerical models. MCC identification based on criteria by Maddox (1980) was carried out to find out the MCC phenomenon during a very heavy rain event on May 1, 2021, which could be the cause of the high rainfall in the incident. This study took a location in an area affected by flooding during a heavy rain event on May 1, 2021, namely in West Lombok Regency with area coordinates 7° to 10° South Latitude and 114° to 117° East Longitude. The data used includes Himawari-8 satellite IR and I2 channels. Cloud growth patterns were observed using Colored Enhanced Infrared (EIRc). The CAPE value is obtained by processing satellite data that displays the contours of the CAPE value. A fairly high CAPE indicates unstable atmospheric conditions and can contribute to the development of MCC. The cloud top temperature requirement is met for 4 hours before the MCC phenomenon is defined to occur. While in the formation phase, the value of eccentricity, the area of the cloud cover, and the area of the cloud top temperature are met, far exceeding the conditions used. MCC covering the Lombok area occurs in the afternoon starting at 10.00 UTC for 7 hours.

Keywords: Satellite Imagery, Cloud Peak Temperature, Heavy Rain, Mesoscale Convective Complex

1. Pendahuluan

Sistem konvektif skala meso (*mesoscale convective system/MCS*) adalah badai konvektif terbesar yang terbentuk ketika awan yang terjadi sebagai respons terhadap ketidakstabilan konvektif bergabung dan mengatur skala atas menjadi sistem awan tunggal dengan struktur awan cirriform atas yang sangat besar dan curah hujan yang menutupi area hujan yang berdekatan [1]. Rogers (1983), mendefinisikan MCS sebagai fitur cuaca yang menunjukkan pembalikan konvektif lembap yang bersebelahan dengan atau tertanam dalam sirkulasi skala meso yang setidaknya sebagian didorong oleh proses konvektif [2]. Definisi deskriptif luas dari MCS yang mencakup sebagian besar, jika tidak semua, bentuknya adalah sistem awan cumulonimbus yang menghasilkan area curah hujan yang berdekatan 100 km atau lebih dalam setidaknya satu arah [3]. Secara karakteristik, MCS adalah kumpulan badai petir, diatur dalam skala yang lebih besar daripada blok bangunan individualnya (yaitu, sel badai), di mana badai konvektif individu dalam sistem bertindak bersama untuk menghasilkan aliran dan fitur yang memfasilitasi sistem terorganisasi [4].

Kasus khusus dari MCS adalah *mesoscale convective complex (MCC)*, yang didefinisikan oleh Maddox (1980) sebagai MCS yang tahan lama, berbentuk lingkaran, sangat dingin [3]. Sistem terorganisir yang besar dan tahan lama ini terdiri dari kumpulan badai petir yang bersama-sama, sering kali menghasilkan curah hujan yang intens di dalam area curah hujan yang cukup besar dan dapat sangat mempengaruhi hidroklimat suatu wilayah [5]. MCC berbentuk seperti lingkaran, selain itu bentuknya menyerupai lingkaran yang bukan merupakan PKS melainkan agak berbentuk garis *squall* [6].

Xu et al. (2012) menemukan bahwa MCS dipicu pada batas kolom dingin permukaan dan aliran jet tingkat rendah [7]. Sementara Menard dan Fritsch menemukan bahwa MCC yang sangat besar dan intens berkembang di wilayah energi potensial tersedia konvektif tinggi (CAPE), tetapi geser angin vertikal bersifat lemah (jumlah Richardson massal ~ 150), dan adveksi suhu dan vortisitas yang lemah [8]. Kombinasi CAPE tinggi dan geser vertikal lemah di lingkungan pra-MCC kondusif untuk pembentukan cepat *trailing* besar wilayah awan *stratiform* di troposfer tengah dan atas [8]. Sebagian besar pekerjaan pada pengembangan dan evolusi MCC/MCS telah dikonsentrasikan pada sistem yang dapat menghubungkan sebagian besar mekanisme pengorganisasian skala meso dengan adanya batas permukaan yang didorong dan dipertahankan, sebagian, oleh baroklinik skala sinoptik. gelombang yang melintasi wilayah [9].

Maddox (1980) membagi MCC dalam 4 fase, yaitu: fase pembentukan, fase pengembangan, fase matang, dan fase disipasi. Sejumlah badai guntur individual terbentuk pada wilayah dengan kondisi yang menguntungkan untuk terjadi konveksi (pergerakan ke atas yang lemah pada troposfer bawah, lapse rate tidak stabil bersyarat, dan sebagainya) terjadi pada fase pembentukan [10]. Konvergensi udara hangat dan kelembapan di tingkat yang lebih rendah akan semakin mendukung proses konveksi pada fase pengembangan MCC, sementara elemen konvektif terus menopang aktivitas sistem pada fase matangnya. MCC matang mewakili sistem konvektif skala meso yang stabil secara inersia yang hampir seimbang secara geostropik dan skala horizontalnya sebanding dengan atau lebih besar dari λ_R , radius deformasi Rossby [11]. Berhentinya konveksi akan menjadi pertanda terjadinya fase disipasi MCC.

MCC menunjukkan karakteristik luar biasa dari sudut pandang satelit terkait dengan evolusi, perkembangan vertikal, dan strukturnya [12]. Kontribusi MCC dinyatakan sebagai rasio curah hujan MCC terhadap curah hujan total di setiap titik kisi di mana MCC diidentifikasi dengan menggunakan citra satelit inframerah [1]. Maddox (1980) mendefinisikan MCC didasarkan pada karakteristik fisik yang dapat diamati dalam citra

satelit inframerah (IR) yang disempurnakan, dengan kriteria dan ciri seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria MCC yang didefinisikan oleh Maddox (1980) [10]

Kriteria	Ciri-Ciri
Ukuran: A	untuk seluruh selimut awan (A): suhu puncak awan $\leq -32^{\circ}\text{C}$, area $\geq 100\,000\text{ km}^2$
Ukuran: B	untuk interior (B): suhu puncak awan $\leq -52^{\circ}\text{C}$, area $\geq 50.000\text{ km}^2$
Pembentukan	definisi ukuran A dan B terpenuhi
Durasi	definisi ukuran A dan B bertahan setidaknya 6 jam
Batas maksimum	pelindung awan (definisi suhu yang terpenuhi) mencapai ukuran maksimum
Bentuk	eksentrisitas (sumbu minor/sumbu mayor) $\geq 0,7$ pada fase ukuran maksimum
Disipasi	definisi ukuran A dan B tidak lagi terpenuhi

Menurut Rodgers et al (1983), MCC merupakan fenomena penting karena ukurannya yang besar dan durasinya yang lama, interaksi skala meso/skala besar yang penting terjadi, yang berdampak serius pada keakuratan model numerik operasional [2]. Identifikasi MCC berdasarkan kriteria pada Tabel 1. tersebut dilakukan untuk mengetahui adanya fenomena MCC ini saat kejadian hujan sangat lebat pada 1 Mei 2021, yang dapat menjadi penyebab tingginya curah hujan pada kejadian tersebut.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini mengambil lokasi di daerah yang terdampak, yaitu di Kabupaten Lombok Barat dengan koordinat area 7° s/d 10° LS dan 114° s/d 117° BT. Data yang digunakan meliputi data satelit Himawari-8 kanal IR dan I2 tiap satu jam selama 1 Mei 2021 diunduh melalui perangkat lunak FTP Filezilla, serta data curah hujan pada tanggal 1 Mei 2021 dari data pengamatan pada Stasiun Klimatologi Kelas I Lombok Barat.

Pola pertumbuhan awan, diamati dengan menggunakan *Colored Enhanced Infrared* (EIRc) pada SATAID yang juga menunjukkan rentang suhu puncak awan. Jumlah kelengkungan tergantung pada BD-Curve Gray Scale (Tabel. 2) yang digunakan. Nilai CAPE didapatkan dengan mengolah data satelit hingga menampilkan kontur dengan rentang 5 J/kg . Pengolahan data yang dilakukan, meliputi: perhitungan eksentrisitas, suhu inti dan selimut awan, serta luasan inti dan selimut awan yang selanjutnya diidentifikasi dengan kriteria Maddox (1980).

Tabel 2. Suhu peningkatan kurva BD dan nilai skala abu-abu yang sesuai [13]

Rentang Suhu	Kategori
$> +9^{\circ}\text{C}$	Warm Medium Gray
$+9^{\circ}\text{C}$ s/d -30°C	Off White
-30°C s/d -42°C	Dark Gray
-42°C s/d -54°C	Medium Gray
-54°C s/d -64°C	Light Gray
-64°C s/d -70°C	Black
-70°C s/d -76°C	White
-76°C s/d -80°C	Cold Medium Gray
$< -80^{\circ}\text{C}$	Cold Dark Gray

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Curah Hujan

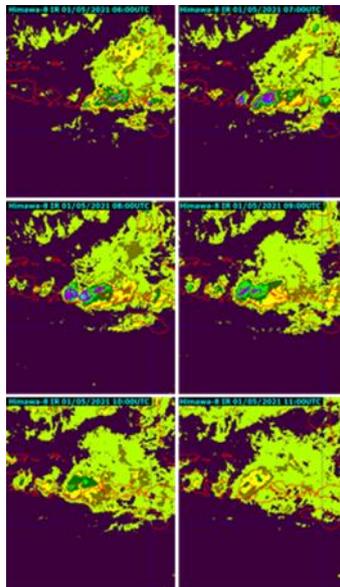
Data curah hujan terukur tiap 3 jam ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Curah hujan terukur tiap 3 jam dari data hasil pengukuran di stasiun

Waktu (UTC)	CH terukur (mm)
00.00	0
01.00	
02.00	
03.00	0
04.00	
05.00	
06.00	0
07.00	
08.00	
09.00	137.5
10.00	
11.00	
12.00	1

3.2 Citra EIRc

Hasil citra satelit Himawari tentang perkembangan dan suhu puncak ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Citra EIRc Satelit Himawari yang menunjukkan perkembangan dan suhu puncak awan tiap-tiap jam pada pukul 06.00 s/d 11.00 UTC

Visualisasi citra satelit dilakukan pada wilayah Lombok menunjukkan perkembangan awan yang mulai terlihat jelas sejak pukul 06.000 UTC di bagian utara Pulau Lombok. Kemudian pukul 07.00 UTC terlihat awan yang cukup padat telah meluas melingkupi wilayah Kabupaten Lombok Barat, terutama pada lokasi kejadian hujan sangat lebat. EIRc menunjukkan suhu puncak awan melalui kurva peningkatan Dvorak dengan serangkaian ketentuan interval suhu. uhu puncak awan pada pukul 06.00 UTC berkisar

pada 9°C s/d -30°C. Selanjutnya, terjadi penurunan suhu puncak awan hingga mencapai sekitar -70°C s/d -75°C mulai pukul 07.00 UTC. Kemudian, pada pukul 10.00 dan 11.00 UTC masih menunjukkan nilai suhu puncak awan yang cukup rendah yaitu mencapai -54°C. Terlihat bahwa nilai suhu puncak awan ini telah memenuhi salah satu kriteria adanya MCC. Nilai suhu puncak awan ini juga dapat menunjukkan bahwa awan konvektif sudah terbentuk mulai pukul 07.00 UTC, di mana suhu puncak awannya sudah mencapai kisaran -70°C s/d -75°C.

3.3 Convective Available Potential Energy (CAFÉ)

Hasil pemantauan CAFÉ ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil CAPE dari Satelit Himawari-8

Waktu (UTC)	Nilai (J/kg)
06.00	1070
07.00	1075
08.00	1075
09.00	1075
10.00	1075
11.00	1075

Pemantauan CAPE secara keseluruhan menunjukkan nilai yang cukup tinggi, bahkan sejak pukul 06.00 UTC, seperti yang ditunjukkan pada Tabel. 4. Nilai CAPE seluruhnya menunjukkan kondisi atmosfer yang labil, dengan potensi konvektif sedang, mendukung terbentuknya awan-awan konvektif. Kondisi ini juga dapat menjadi pendukung berkembangnya MCC. Peningkatan nilai CAPE terjadi pada pukul 07.00 UTC. Selanjutnya, nilai CAPE tidak mengalami perubahan dan tetap pada 1075 J/kg.

3.4 Identifikasi MCC

Hasil perhitungan eksentrisitas luasan inti dan luasan selimut dicantumkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan eksentrisitas luasan inti (km²), dan luasan selimut (km²).

Waktu (UTC)	Eksentrisitas	Luasan Inti	Luasan Selimut
10.00	0,82	58.534,61	201.123,08
11.00	0,76	69.421,44	181.838,25
12.00	0,95	63.753,78	169.428,54
13.10	0,95	69.998,07	157.171,62
14.00	0,97	74.054,14	138.768,96
15.00	0,97	74.882,11	148.320,20
16.00	0,91	66.883,32	119.651,70

Definisi MCC berdasarkan kriteria Maddox (1980) diharuskan memenuhi nilai tertentu. Eksentrisitas yang menentukan bentuk awannya bernilai $\geq 0,7$ pada fase ukuran maksimum, luasan inti awannya $\geq 50.000 \text{ km}^2$, sementara luasan selimut awannya $\geq 100.000 \text{ km}^2$. Hasil menunjukkan bahwa syarat eksentrisitas dan luasan tersebut sudah terpenuhi pada area lokasi penelitian. Selain itu, durasi yang didapat telah melebihi 6 jam (syarat minimal untuk durasi adanya MCC) secara berturut. MCC mulai terukur pada pukul 10.00 UTC (pukul 18.00 WITA) dengan ditunjukkan nilai eksentrisitas dan luasan inti serta selimutnya yang lebih tinggi dari syaratnya. Adapun kondisi suhu puncak awan sudah mencapai nilai terendah sebelum terbentuknya MCC (4 jam sebelum terbentuknya MCC) hingga tahap pembentukan MCC (visualisasi hingga pukul 11.00 UTC), seperti yang ditunjukkan pada citra EIRc. Hal ini dapat menjadi faktor pendukung syarat adanya

MCC. Selain itu, hasil ini juga dapat menunjukkan munculnya MCC yang terjadi pada waktu sore hingga malam hari, berkisar pada waktu terjadinya hujan sangat lebat, di mana selanjutnya hujan masih terjadi, tetapi dalam intensitas yang jauh lebih rendah. Nilai eksentrisitas yang cukup jauh melebihi batas syaratnya pada pukul 10.00 UTC menunjukkan kemungkinan awal tahap pembentukan MCC yang mungkin dimulai sebelum pukul 10.00 UTC. Sehingga, rentang data yang lebih kecil (misalkan setiap 10 menit) dapat memberikan waktu yang lebih spesifik mengenai waktu terbentuknya MCC.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil citra EIRc, dapat disimpulkan bahwa awan konvektif terlihat pada pukul 07.00 UTC. CAPE yang cukup tinggi menunjukkan kondisi atmosfer yang labil dan dapat turut mendukung perkembangan MCC. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa MCC melingkupi wilayah Lombok terjadi pada sore hari saat kejadian hujan sangat lebat di Kabupaten Lombok Barat. Hal ini terlihat dari nilai hasil perhitungan eksentrisitas dan luasan inti serta selimut awan yang melebihi syarat yang didefinisikan oleh Maddox (1980). Syarat suhu puncak awan terpenuhi mencapai 4 jam sebelum fenomena MCC didefinisikan terjadi. Sementara pada fase pembentukannya, nilai eksentrisitas, luasan selimut awan, serta luasan suhu puncak awan terpenuhi jauh melebihi syarat yang digunakan.

Daftar Pustaka

1. Trismidianto, Yulihastin, H. Satyawardhana, J. T. Nugroho, & S. Ishida. (2017). The Contribution of the Mesoscale Convective Complexes (MCCs) to Total Rainfall over Indonesian Maritime Continent, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. Vol. 54.
2. Rodgers, D. M., K. W. Howard, and E. C. Johnston. (1983). Mesoscale Convective Complexes Over The United States during 1982. *Monthly Weather Review*. Vol. 111, pp 2363-2369.
3. Houze, R. A., Jr., 2004: Mesoscale Convective Systems. *Review of Geophysics*. Vol. 42
4. Ashley, W. S. 2003. Distribution of Mesoscale Convective Complex Rainfall in The United States. *Monthly Weather Review*. Vol. 131, pp 3003–3017.
5. Durkee, J. D., Mote, T. L., & Shepherd, J. M. (2009). The Contribution of Mesoscale Convective Complexes to Rainfall across Subtropical South America. *Journal of Climate*. Vol. 22, no.17, pp 4590-4605.
6. Ni'amillah, A., P. Ismail, E. L. Siadari, & I. J. A. Saragih. (2021). Study of Mesoscale Convective Complex (MCC) and its impact over the Makassar Strait (case study: 9 December 2014), IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Vol. 893.
7. Xu, W., Zipser, E.J., Chen, Y.-L., Liu, C., Liou, Y.-C., Lee, W.-C., & Jou, B.J.-D. (2012). An Orography-Associated Extreme Rainfall Event during TiMREX: Initiation, Storm Evolution, and Maintenance. *Monthly Weather Review*. Vol. 140, pp. 2555–2574.
8. Menard, R. D., and J. M. Fritsch. (1989). A Mesoscale Convective Complex-Generated Inertially Stable Warm Core Vortex. *Monthly Weather Review*. Vol 117, pp 1237–1259
9. Blanchard, David O., William R. Cotton, John, M. Brown. (1997). Mesoscale Circulation Growth under Conditions of Weak Inertial Instability. *Monthly Weather Review*. Vol. 126, pp 118-140.

10. Maddox, R. A. (1980). Mesoscale convective complexes. *Bull. Amer. Meteorology Society*. Vol. 61, no.11, pp 1374–1387.
11. Cotton, W. R., M.-S. Lin, R. L. McAnelly, and C. J. Tremback. (1989). A composite model of mesoscale convective complexes. *Monthly Weather Review*. Vol. 117, pp 765-783.
12. Feidas, H. (2017) Satellite-observed features of a mesoscale convective complex over SE Europe. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 38, no. 22, pp 6219-6246.
13. Olander, Timothy & Velden, Christopher. (2004). The Advanced Objective Dvorak Technique (AODT) Continuing the Journey. 26th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology.