

# Identifikasi Karakteristik *Mesoscale Convective Complex* (MCC) di Selat Makassar

Rino Wijatmiko Saragih<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Stasiun Meteorologi Karel Sadsuitubun, Maluku Tenggara, Maluku 97651

<sup>2</sup>Program Studi Fisika, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Makassar, 90222

\*Korespondensi penulis : rinosaragih14@gmail.com

(Received: 09-09-2021, Revised: 29-10-2021, Accepted: 12-11-2021)

**Abstract.** *Convective clouds in the form of cloud cover that are quite large and meet the characteristics of the Mesoscale Convective Complex (MCC) have occurred in the Makassar Strait area. This mesoscale convective cloud cover has a fairly long duration, is semicircular in shape, and has a large cloud cover pattern. MCC also results in an increase in wind speed and wave height in the area traversed. This MCC processing uses Himawari-8 infrared satellite image data with an algorithm that has been built and based on the characteristics of MCC in Indonesia. Characteristics in the form of area, duration, and eccentricity value of the MCC are displayed in the processed results of this paper. The results of this study show the position of the MCC, the movement of the MCC, and also the consequences of the MCC cloud cluster. The duration of the MCC that occurred in the Makassar Strait was recorded for 8 hours and the location of the occurrence in the ocean. The final result of this analysis produces latitude and longitude coordinates, as well as cloud pixel area and eccentricity values. Verification is done by taking BMKG satellite image data to confirm the presence of MCC clouds.*

**Keywords:** *clouds, MCC, eccentricity, satellite image.*

**Abstrak.** Awan Konvektif berupa tutupan awan yang cukup besar dan memenuhi karakteristik *Mesoscale Convective Complex* (MCC) telah terjadi di wilayah Selat Makassar. Tutupan awan konvektif skala meso ini memiliki ciri durasi yang cukup panjang, bentuk semi melingkar dan memiliki pola tutupan awan yang besar. MCC ini juga mengakibatkan adanya peningkatan kecepatan angin dan ketinggian gelombang pada wilayah yang dilalui. Pengolahan MCC ini menggunakan data citra satelit Himawari-8 kanal inframerah dengan algoritma yang telah dibangun dan berdasarkan karakteristik MCC yang ada di Indonesia. Karakteristik berupa luasan, durasi dan nilai eksentrisitas dari MCC ditampilkan dalam hasil olahan penulisan ini. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan posisi dari MCC, pergerakan dari MCC dan juga akibat yang ditimbulkan dari kluster awan MCC. Tercatat durasi MCC yang terjadi di Selat Makassar selama 8 jam dan memiliki lokasi terjadinya di lautan. Hasil akhir dari analisis ini menghasilkan koordinat lintang dan bujur, serta luasan piksel awan dan juga nilai eksentrisitas. Verifikasi dilakukan dengan mengambil data gambar citra satelit BMKG untuk mengkonformasi keberadaan awan MCC.

**Kata kunci:** awan, MCC, eksentrisitas, citra satelit.

## PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia yang terbentang dari lintang geografis 07° 20' Lintang Utara sampai 14° Lintang Selatan dan 92° Bujur Timur sampai 141° Bujur Timur merupakan negara kepulauan yang dominan wilayah perairan lebih luas dari pada wilayah daratan. Indonesia yang berada di antara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik membuat Indonesia memiliki karakteristik cuaca dan iklim yang tersendiri. Posisi Indonesia ini membuat Indonesia dipengaruhi oleh dua musim monsun, yaitu Monsun Timur Laut terjadi pada bulan Desember sampai dengan Maret dan Monsun Barat Daya terjadi pada bulan Juni sampai dengan September [1]. Salah satu penyebab terjadinya hujan adalah adanya pembentukan awan konvektif di wilayah tersebut. *Mesoscale Convective Complex* (MCC) yang

merupakan salah satu bagian sistem awan *Mesoscale Convective System* (MCS). Penelitian MCC ini awalnya di temukan oleh Maddox pada tahun 1980 [2], dengan karakteristik yang memiliki tutupan awan yang menyerupai suatu lingkaran dan serta memiliki durasi selama kurang lebih enam jam. Hasil Kajian Miller dan Fritsch [3] juga menemukan hal yang sama untuk wilayah yang berbeda yaitu MCC yang memiliki luasan tutupan awan yang cukup luas menyerupai lingkaran. Terdapat beberapa peneliti di Indonesia yang juga membahas MCC dan mengkaikatkan dengan fenomena yang global seperti penelitian MCC selama periode *Madden-Julian Oscillation* (MJO) [4]. Trismidianto [5] melakukan penelitian menunjukkan bahwa periode MCC pada Periode El Niño-Southern Oscillation (ENSO) membuat kemunculan MCC juga sering terjadi khususnya pada bulan Desember, Januari dan Februari. Dalam penelitian Ismanto [6] Sistem awan ini biasanya dominan memiliki masa hidup 12.2 jam. MCC juga menyebabkan terjadinya hujan lebat di daerah yang dilaluinya seperti di wilayah Tual Maluku pada tanggal 18 Januari 2019 [7] dan MCC yang terjadi di Bangka Belitung pada tanggal 16 Februari 2016 [8].

Pada Penulisan ini akan dikaji fenomena MCC yang terjadi di Selat Makassar pada tanggal 4 September 2021. Terjadinya MCC ini berada di lautan sehingga tidak terlalu berdampak pada penambahan curah hujan di wilayah daratan yang ada disekitar awan MCC tersebut. Tulisan ini bertujuan mengidentifikasi dan mengkonfirmasi sistem awan MCC yang terpantau di Selat Makassar pada tanggal 4 September 2021 menggunakan data citra satelit Himawari-8 kanal inframerah. Selanjutnya data tersebut dilakukan pengolahan menggunakan *software image processing* MATLAB dan algoritma yang didasarkan pada karakteristik MCC Maddox [2] dan disesuaikan dengan karakteristik wilayah Indonesia [6]. Setelah itu dilakukan verifikasi berupa data gambar citra satelit Hiwari-8 yang bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada saat kejadian MCC terjadi.

## METODOLOGI

### Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra satelit Himawari-8 yang bersumber dari <http://www.data.jma.go.id> dalam format (.pgm) dan format (.dat). Pengolahan data mengikuti pola olahan data pad penelitian yang ada sebelumnya [2], [6], [7], [9], [10]. Data verifikasi gambar tutup awan pada saat terjadi MCC bersumber dari website bmkg yaitu <http://www.satelit.bmkg.go.id>.

### Metode

Tahapan awal yang dilakukan adalah data satelit yang telah diunduh merupakan data gambar *graymap* dengan skala warna 0-225 (putih-hitam). Data ini dikonversi dengan data kalibrasi (.dat) menjadi data suhu dalam kelvin dan disimpan dalam bentuk format (.DAT) agar dapat diolah dengan MATLAB.

Menentukan selimut awan (SA) dengan kriteria nilai suhu puncak awan  $\leq 241^{\circ}\text{K}$  dan  $\leq 217^{\circ}\text{K}$  sebagai inti awan (IA). Tiap grid yang memenuhi nilai diganti dengan "1" dan yang tidak diganti dengan angka "0" (merubah data satelit menjadi data biner). Mencari luasan area yang memenuhi syarat suhu dan piksel, area yang memiliki luasan Selimut Awan (SA)  $\geq 100.000\text{km}^2$  sekitar 3305 piksel dan luasan IA  $\geq 50.000\text{km}^2$  sekitar 1652 piksel. Untuk mencari titik pusat dapat dilakukan dengan rumus Cavalho dan Jones [11] yang dikutip dari Ismanto [6].

$$X_0 = \frac{\sum_1^N X_i}{N}, Y_0 = \frac{\sum_1^N Y_i}{N} \quad (1)$$

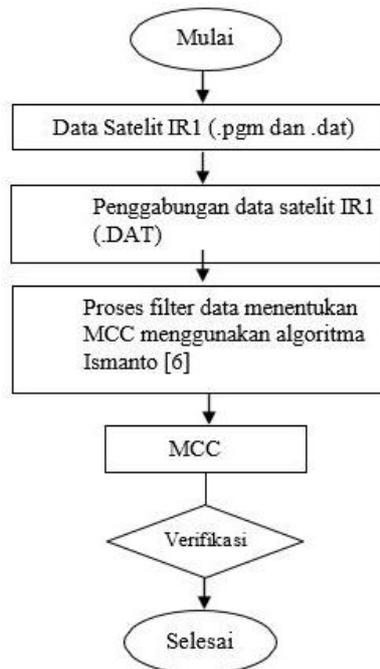
Keterangan

$X_i$  = piksel ke-i pada sumbu X

$Y_i$  = piksel ke-i pada sumbu Y

$X_0$  dan  $Y_0$  = pusat/center  
 $N$  = luasan area/total piksel.

Menentukan MCC berdasarkan nilai keeksentrikan menggunakan *threshold* metode Machado [2] dengan nilai  $\geq 0.7$  dan menambahkan dengan metode Ellips Fitting dengan batas  $\leq 0,8$  untuk menangkap kluster awan yang memiliki bentuk relatif miring [6]. Metode ini dipilih dan berguna karena merupakan salah satu karakteristik kluster awan MCC sendiri yaitu memiliki bentuk semu melingkar dan *threshold* ini termasuk dalam pengolahan dalam menentukan karakteristik kluster awan MCC tersebut. Setelah terpenuhi semua kriteria selanjutnya dilakukan identifikasi dengan berdasarkan lama hidup sistem awan yang aktif paling sedikit 6 jam.



GAMBAR 1. Bagan alur penelitian.

Metode Verifikasi dilakukan dengan cara mengunduh data gambar citra satelit Himawari-8 pada saat kejadian MCC, yaitu pada saat awal mula terpenuhi kriteria MCC, masa puncak ukuran MCC, hingga masa punah MCC yang terjadi di Selat Makassar. Bagan alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Output Data Olahan Identifikasi Mesoscale Convective Complex (MCC).

Kejadian MCC yang terjadi pada wilayah Selat Makassar pada tanggal 4 September 2021 telah memenuhi sebagai kriteria MCC di mulai pada pukul 16.00 UTC atau pada pukul 23.00 WIB dini hari, hasil olahan data memperlihatkan nilai eksentrisitas sebesar 0,578 pada inti awan dan nilai eksentrisitas pada selimut awan sebesar 0,841. Kluster awan masa pembentukan awal ini memiliki nilai piksel untuk ukuran inti awan sebesar 1686 atau sekitar 51.000 Km<sup>2</sup> dan piksel untuk selimut awan sebesar 4120 atau sekitar 124.000 Km<sup>2</sup>. Kluster awan MCC mengalami perkembangan ukuran pada pukul 17.00 UTC atau pukul 00.00 WIB, terlihat pada ukuran piksel inti awan sebesar 2259 atau sekitar 68.447 Km<sup>2</sup> dan ukuran untuk piksel selimut awan sebesar 4243 atau sekitar 128.562 Km<sup>2</sup>. Kluster awan tersebut memiliki nilai eksentrisitas pada inti awan sebesar 0.514 dan nilai eksentrisitas pada selimut awan sebesar 0.879. Pertumbuhan kluster awan MCC terus memiliki masa pertumbuhan awan yang cukup besar dan luas hingga mencapai puncak masa pertumbuhan pada pukul 20.00 UTC atau pukul 03.00 WIB.

Pada puncak pertumbuhan kluster awan MCC pukul 20.00 UTC memiliki ukuran piksel inti awan sebesar 4118 atau sebesar 124.775 Km<sup>2</sup> dan ukuran selimut awan sebesar 7811 atau sebesar 23.673 Km<sup>2</sup>. Kluster awan ini juga memiliki nilai eksentrisitas sebesar 0,622 pada inti awan dan 0,866 pada selimut awan. Kluster awan MCC mulai memiliki ukuran yang cenderung menurun pada pukul 21.00 UTC, terlihat bahwa ukuran piksel inti awan sebesar 3178 atau sebesar 96.293 Km<sup>2</sup> dan untuk ukuran piksel selimut awan sebesar 6600 atau sebesar 199.980 Km<sup>2</sup>. Penurunan nilai eksentrisitas / kelonjongan inti awan 0,445 dan nilai eksentrisitas selimut awan 0,94.

Kluster awan MCC memasuki masa punah pada pukul 23.00 UTC atau pukul 06.00 WIB. Hal tersebut merupakan syarat kluster awan yang terpenuhi untuk MCC, terlihat nilai 2176 piksel atau sebesar 65.932 Km<sup>2</sup> untuk inti awan dan nilai piksel untuk selimut awan sebesar 6874 atau sebesar 208.282 Km<sup>2</sup>. Nilai Eksentrisitas pada inti awan sebesar 0,976 dan pada selimut awan 0,928, nilai ini masih memenuhi sebagai syarat untuk kategori MCC. Hasil olahan keluaran data *software image processing* MATLAB terlihat pada tabel 1.

**TABEL 1.** Output pengolahan data satelit menggunakan *image processing software* dan algoritma yang disesuaikan dengan karakteristik MCC.

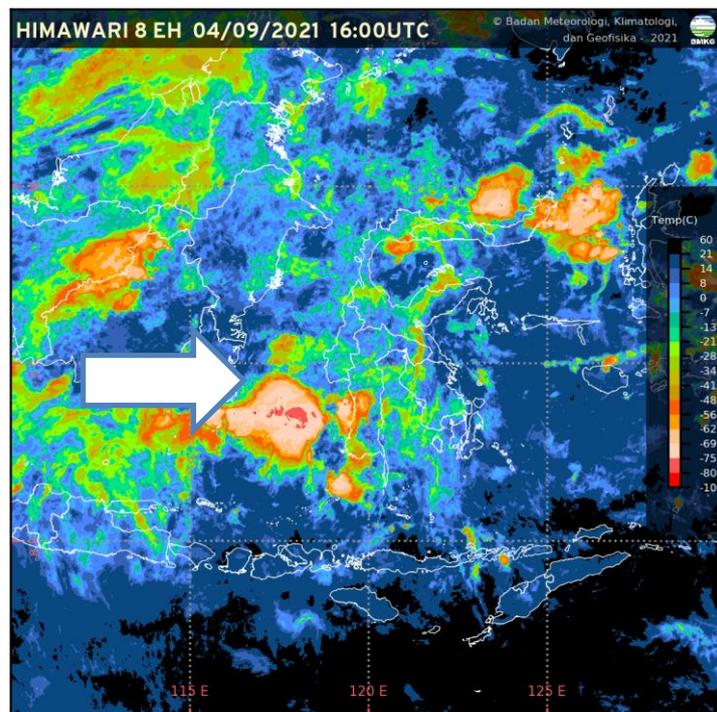
Bulan	Tanggal	Jam	Pusat Awan				Selimut Awan			
			Eksentrisitas	Piksel	Bujur	Lintang	Piksel	Bujur	Lintang	Eksentrisitas
9	4	2	0,7838	1771	98,366	3,401	3482	97,850	3,069	0,8409
9	4	5	0,9940	1740	113,700	8,021	7388	114,906	8,188	0,9571
9	4	6	0,9973	2281	113,454	8,147	6930	114,145	7,917	0,9369
9	4	7	0,9593	2027	113,260	8,335	7677	113,890	7,941	0,8496
9	4	8	0,9318	1897	112,856	8,513	8580	113,522	7,985	0,8291
9	4	10	0,7189	2084	95,077	13,689	12495	94,634	13,153	0,9741
9	4	14	0,9898	1992	110,553	10,121	5316	109,740	9,978	0,9056
9	4	14	0,8983	3629	131,809	10,811	8256	132,252	10,450	0,7752
9	4	15	0,9251	4134	131,517	10,443	8889	131,792	10,393	0,8970
9	4	16	0,7460	1981	99,393	-3,332	3332	98,879	-3,647	0,8145
9	4	16	0,5777	1686	117,254	-4,512	4120	117,165	-4,773	0,8312
9	4	16	0,9469	4949	131,363	10,238	8956	131,414	10,245	0,8558
9	4	17	0,8365	2685	98,975	-3,465	4133	98,661	-3,713	0,8771
9	4	17	0,5144	2259	117,261	-4,590	4243	116,652	-4,639	0,8787
9	4	17	0,8006	6041	131,069	10,136	10465	131,124	9,866	0,7428
9	4	18	0,8233	3310	98,797	-3,606	4989	98,501	-3,684	0,8817
9	4	18	0,5889	2464	117,119	-4,657	5186	116,229	-4,643	0,8481
9	4	18	0,7727	5964	130,911	9,965	11651	130,945	9,766	0,6061
9	4	19	0,9423	7544	93,458	12,502	13750	93,874	12,260	0,8459
9	4	19	0,7187	3804	98,556	-3,693	6836	97,661	-3,892	0,8807
9	4	19	0,7304	2520	116,883	-4,710	5621	116,569	-4,929	0,7996
9	4	19	0,9636	6122	130,978	9,719	12443	130,740	9,714	0,6799
9	4	20	0,9528	8158	93,548	12,338	14608	93,762	12,156	0,8625
9	4	20	0,6615	4118	98,355	-3,805	7811	97,391	-4,066	0,8855
9	4	20	0,8944	2549	116,818	-4,993	6340	116,272	-5,034	0,7951
9	4	20	0,9883	3323	130,550	8,462	13725	130,743	9,812	0,9125
9	4	21	0,9810	8640	93,597	12,263	15236	93,684	12,039	0,8635
9	4	21	0,6708	4326	98,121	-3,883	8664	97,117	-4,110	0,9054
9	4	21	0,4448	3178	115,636	-5,146	6600	115,551	-5,130	0,9393
9	4	21	0,9765	1783	130,413	-2,271	5139	130,377	-2,326	0,9354
9	4	22	0,9567	8743	94,012	12,311	15522	93,713	11,993	0,8946
9	4	22	0,5203	4084	98,076	-4,059	9222	97,000	-4,129	0,9159
9	4	22	0,9649	2127	116,339	-5,292	6623	114,836	-5,202	0,9133
9	4	22	0,8835	3207	130,828	11,015	11978	130,914	9,781	0,8633
9	4	23	0,9912	7999	93,936	12,174	15867	93,796	12,084	0,9162
9	4	23	0,4671	4465	97,951	-4,228	10155	96,924	-4,277	0,9123
9	4	23	0,9759	2176	115,961	-5,449	6874	114,401	-5,322	0,9270
9	4	23	0,9933	2739	131,042	10,851	14005	130,262	9,883	0,7109

Total durasi MCC pada wilayah Selat Makassar selama 8 jam, hal ini berbeda dengan penelitian yang ada di wilayah China sebesar memiliki durasi hidup sampai 11 jam [12]

dan memiliki kesesuaian dengan hasil penelitian MCC oleh Blamey dan Reason yang menemukan penelitian MCC di wilayah Afrika Selatan dengan durasi 6 – 9 Jam [13]. Menurut penelitian Blamey dan Reason [13] MCC dominan terjadi pada sore hari, dan mencapai fase maksimum tengah malam. Sistem MCC dalam penulisan tersebut cenderung ditemukan di lokasi sepanjang garis pantai timur Afrika, karena adanya gelombang gravitasi yang didorong juga oleh pemanasan diurnal di atas dataran tinggi. Pola diurnal MCC pada penelitian ini terdapat kesesuaian dengan penelitian bahwa MCC yang terjadi di Benua Maritim Indonesia sebagian besar terjadi malam hingga dini hari [6]. Sedangkan dalam penelitian dalam wilayah Subtropis Amerika durasi rata – rata MCC 14 jam [14]. Penelitian MCC pada wilayah Tual [7] juga memiliki durasi MCC yang cukup panjang yaitu 13 jam, hal tersebut diakibatkan karena posisi Tual merupakan wilayah yang dikelilingi oleh lautan sehingga kemungkinan pembentukan awan konvektif sangat cepat dan memiliki durasi yang cukup lama.

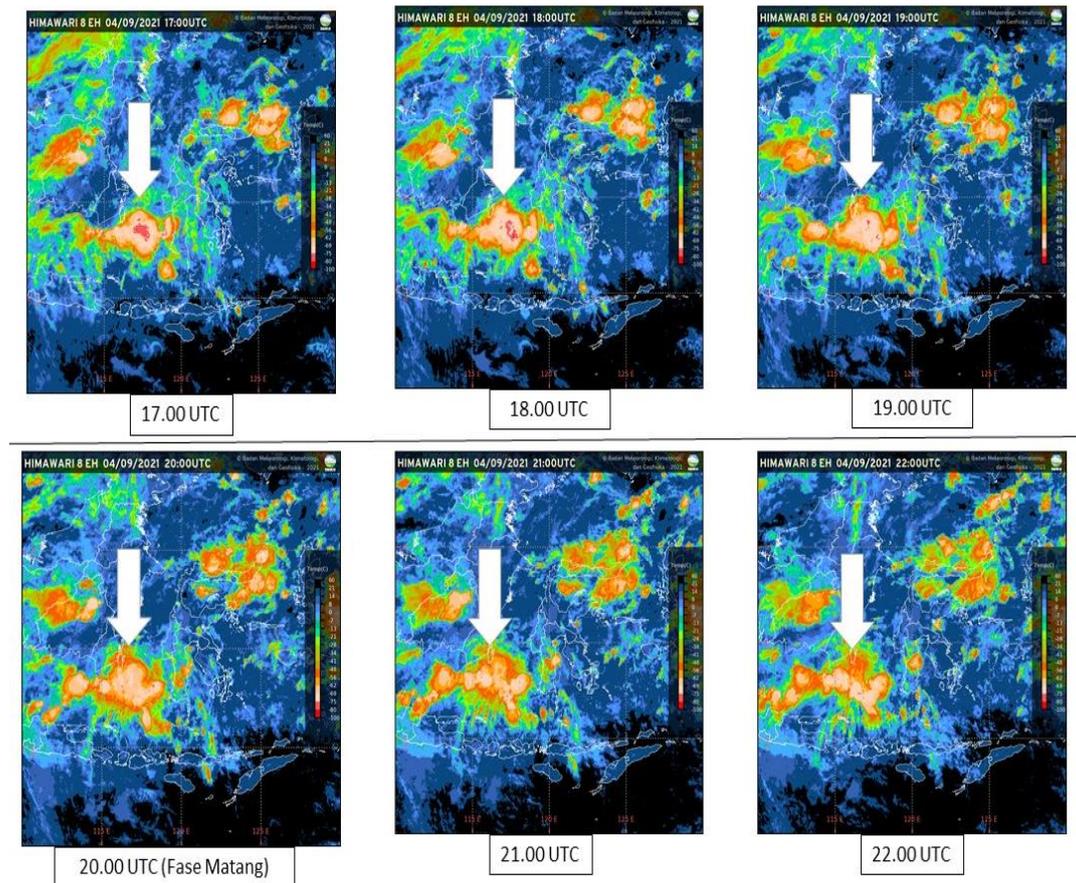
### Hasil Verifikasi Menggunakan Data Gambar Citra Satelit

Hasil olahan data data *software image processing* yang menentukan posisi dari MCC dilakukan verifikasi berupa data gambar citra satelit Hiwari-8 yang bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Gambar citra satelit tersebut berguna untuk mengkonfirmasi posisi, bentuk dan luasan awan MCC yang terjadi di selat makassar.



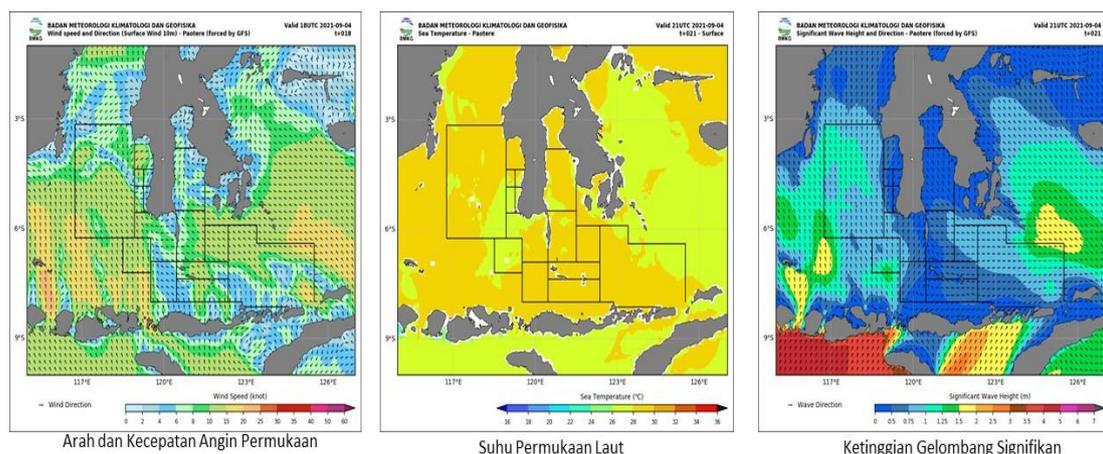
GAMBAR 2. Posisi awal pertumbuhan awan MCC pada pukul 16.00 UTC.

Gambar 2 merupakan fase awal pertumbuhan awan MCC terlihat terdapat tutupan awal disekitar barat kota Makassar. Tutupan awan yang dideteksi sebagai MCC ini memiliki luasan tutupan awan yang cukup luas. Kluster awan ini memiliki bentuk sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Housze [15]. Fase tiap pertumbuhan kluster awan MCC ini dapat dilihat pada gambar 3. Dimana pada fase matang pukul 20.00 UTC terdapat tutupan awan yang cukup luas, dan MCC mulai menjauhi selat Makassar menuju ke Laut Jawa. Kluster awan MCC pada pukul 22.00 UTC mulai memiliki bentuk yang tidak lonjong akibat kluster awan yang sudah mulai berpisah. Hasil tampilan gambar citra satelit proses pertumbuhan kluster awan MCC dapat dilihat pada gambar 3.



**GAMBAR 3.** Proses pergerakan dan pertumbuhan awan MCC pada pukul 17.00 UTC , fase matang 20.00 UTC dan mulai memasuki fase penuh pada pukul 22.00 UTC.

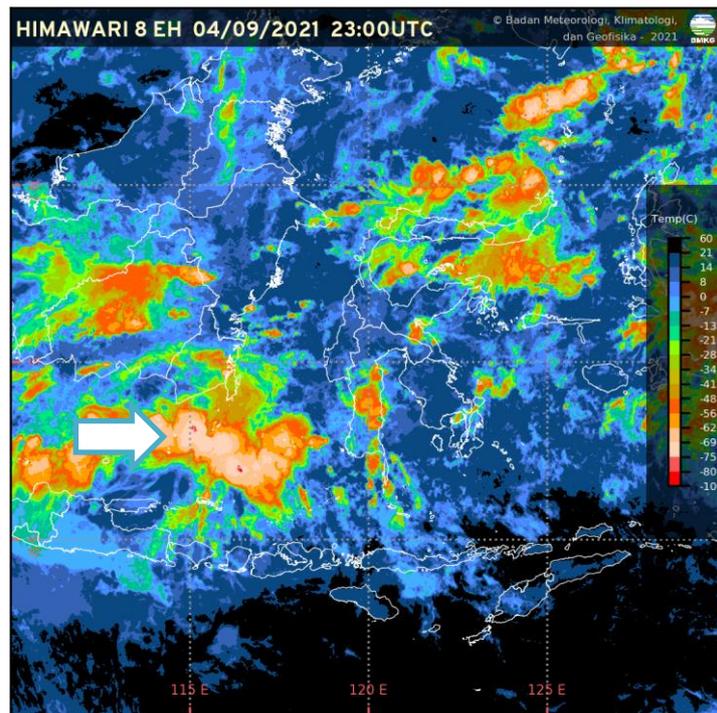
Dari gambar 3 tutupan awan yang luas ini menyebabkan beberapa luasan daerah khususnya lautan yang tertutup oleh awan MCC yang merupakan jenis awan konvektif. Pembentukan awan konvektif ini biasanya diakibatkan oleh adanya pemanasan suhu permukaan laut, suhu permukaan laut yang hangat ini mengakibatkan adanya tekanan rendah disekitar wilayah tersebut.



**GAMBAR 4.** Arah dan kecepatan angin permukaan, suhu permukaan laut dan ketinggian gelombang signifikan pada pukul 21.00 UTC (Sumber : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere).

Keberadaan awan MCC di laut ini juga menyebabkan adanya peningkatan kecepatan angin. Kecepatan angin pada gambar 4 terlihat keluaran hasil pemodelan BMKG sebesar 10 – 15 knot atau sekitar 20 – 30 km/jam dan juga terdapat konvergensi angin atau pertemuan angin. Data hasil keluaran pemodelan BMKG ini, tidak dilakukan data hasil perbandingan

pengamatan langsung dilokasi terjadinya MCC. Hal ini akibat dari posisi lokasi MCC sendiri berada di lautan, dan keterbatasan data verifikasi pengamatan langsung yang tidak tersedia sehingga dipergunakan data pemodelan pada lokasi terjadinya MCC tersebut. Pertemuan angin ini yang membuat pembentukan awan konvektif dapat muncul di sekitar wilayah tersebut. Pertemuan angin dari utara dan selatan mengakibatkan adanya pertemuan angin disekitar lokasi MCC. Suhu permukaan laut juga menunjukkan adanya suhu yang cukup hangat yaitu sekitar 30°C. Ketinggian gelombang pada wilayah yang dilalui kluster awan MCC mencapai 1.5 hingga 2 meter. Hal ini memperlihatkan bahwa selain meningkatkan intensitas curah hujan pada wilayah yang dilalui MCC [7], [8] MCC juga dapat meningkatkan kecepatan angin dan ketinggian gelombang pada wilayah yang dilalui oleh kluster awan MCC.



GAMBAR 5. MCC mulai memasuki fase punah.

Setelah memasuki fase puncak MCC pada pukul 20.00 UTC, kluster awan MCC memasuki fase punah / meluruh. Terlihat pada gambar 5 kluster awan mulai menyebar dan menjauhi Selat Makassar menuju Laut Jawa. Peluruhan awan MCC ini bisa diakibatkan karena daya pembentukan konvektif pada awan tersebut mulai melemah dan juga bisa dipengaruhi oleh tiupan angin lapisan atas pada wilayah tersebut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil olahan data citra satelit kanal inframerah dan juga berdasarkan algoritma yang disesuaikan dengan karakteristik MCC dengan menggunakan *software image processing* MATLAB maka dapat disimpulkan bahwa kluster tutupan awan yang terjadi di Selat Makassar merupakan awan jenis MCC. Identifikasi MCC ini perlu dilakukan untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan dari kemunculan MCC tersebut. Dampak langsung dari MCC ini umumnya dapat meningkatkan intensitas curah hujan pada wilayah yang dilalui, namun karena MCC dalam penulisan ini teridentifikasi pada wilayah lautan sehingga dilakukan pemodelan berupa dampak yang diakibatkan oleh kemunculan kluster awan MCC. Kluster awan MCC pada tanggal 4 September 2021 di wilayah ini memiliki durasi hidup 8 jam, di mulai dari pukul 16.00 UTC dan memasuki fase matang pada pukul 20.00 UTC serta memasuki fase punah pada pukul 23.00 UTC. Hasil verifikasi dari gambar citra satelit BMKG juga memperlihatkan ukuran, bentuk dan lokasi MCC yang ada sesuai

dengan keluaran olahan algoritma MCC. Dari hasil pemodelan yang dilakukan, memperlihatkan kluster awan MCC ini juga menyebabkan terjadinya peningkatan kecepatan angin yang menyebabkan angin permukaan 10 Meter pada model keluaran BMKG bertiup dengan kecepatan 10 – 15 knot atau sekitar 20 – 30 km/jam. Penulisan ini memiliki keterbatasan data hasil pengamatan langsung didaerah yang dilalui MCC sehingga hanya menggunakan hasil keluaran permodelan yang ada. Hasil keluaran pemodelan memperlihatkan keberadaan awan MCC ini juga menyebabkan ketinggian gelombang maksimum yang meningkat menjadi 1.5 – 2 Meter, hasil keluaran model ini belum dilakukan perbandingan dengan data ketinggian gelombang secara langsung di lokasi tersebut karena keterbatasan tersedianya data pengamatan gelombang secara langsung. Keberadaan MCC yang ada ini dapat menjadi acuan dasar dari akibat atau efek yang disebabkan oleh adanya kluster awan MCC yang cukup bahaya yaitu peningkatan kecepatan angin dan juga ketinggian gelombang, tidak hanya peningkatan curah hujan. Saran untuk penulisan selanjutnya yaitu diperlukan data hasil pengamatan langsung di lokasi terjadinya MCC, sehingga dapat dilakukan perbandingan antara data hasil keluaran model dengan data hasil pengamatan langsung pada lokasi yang terdampak dari kemunculan MCC.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Prawoto, N. Azizah, and M. Taufik, “Tinjauan Kasus Banjir Di Kepulauan Riau Akhir Januari 2011,” *Buletin Meteorologi, Klimatologi, Kualitas Udara, Geofisika, dan Lingkungan*, vol. 2, no. 2, pp. 116–122, 2011.
- [2] R. A. Maddox, “Madox,” in *Mesoscale Convective Complexes*, 1980, pp. 1374–1387.
- [3] J. M. Miller, D., dan Fritsch, “Mesoscale Convective Complexes in Western Pacific Region.” Pennsylvania, p. 2978 2992, 1991.
- [4] A. Muhlis and A. Mulsandi, “DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL MESOSCALE CONVECTIVE COMPLEX (MCC) DI INDONESIA SELAMA PERIODE MJO MENGGUNAKAN CITRA SATELIT,” 2017. [Online]. Available: [www.bom.gov.au](http://www.bom.gov.au)
- [5] Trismidianto and H. Satyawardhana, “Mesoscale Convective Complexes (MCCs) over the Indonesian Maritime Continent during the ENSO events,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, May 2018, vol. 149, no. 1. doi: 10.1088/1755-1315/149/1/012025.
- [6] H. Ismanto, “KARAKTERISTIK KOMPLEKS KONVEKTIF SKALA MESO DI BENUA MARITIM,” 2011.
- [7] R. W. Saragih, “Identifikasi Karakteristik Mesoscale Convective Complex (MCC) di Wilayah Tual: Studi Kasus Hujan Lebat 18 Januari 2019,” *POSITRON*, vol. 9, no. 1, p. 27, May 2019, doi: 10.26418/positron.v9i1.32747.
- [8] R. W. Saragih, A. H. Hestiwi, F. N. I. Sari, and P. A. Winarso, “Identification of Mesoscale Convective Complex (MCC) over Bangka Belitung Area,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Aug. 2019, vol. 303, no. 1. doi: 10.1088/1755-1315/303/1/012017.
- [9] J. D. Durkee, T. L. Mote, and J. M. Shepherd, “The contribution of mesoscale convective complexes to rainfall across subtropical South America,” *Journal of Climate*, vol. 22, no. 17, pp. 4590–4605, 2009, doi: 10.1175/2009JCLI2858.1.
- [10] Trismidianto, “Characteristics of the oceanic MCC, continental MCC, and coastal MCC over the Indonesian maritime continent,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 149, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/149/1/012024.
- [11] L. M. v. Carvalho and C. Jones, “A Satellite Method to Identify Structural Properties of Mesoscale Convective Systems Based on the Maximum Spatial Correlation Tracking Technique (MASCOTTE),” *Journal of Applied Meteorology*, vol. 40, no.

- 10, pp. 1683–1701, 2002, doi: 10.1175/1520-0450(2001)040<1683:asmtis>2.0.co;2.
- [12] X. Yang, J. Fei, X. Huang, X. Cheng, L. M. V. Carvalho, and H. He, “Characteristics of mesoscale convective systems over China and its vicinity using geostationary satellite FY2,” *Journal of Climate*, vol. 28, no. 12, pp. 4890–4907, 2015, doi: 10.1175/JCLI-D-14-00491.1.
- [13] R. C. Blamey and C. J. C. Reason, “Mesoscale convective complexes over Southern Africa,” *Journal of Climate*, vol. 25, no. 2, pp. 753–766, 2012, doi: 10.1175/JCLI-D-10-05013.1.
- [14] J. D. Durkee and T. L. Mote, “A climatology of warm-season mesoscale convective complexes in subtropical South America,” *International Journal of Climatology*, vol. 30, no. 3, pp. 418–431, 2010, doi: 10.1002/joc.1893.
- [15] Jr. R. Houze, “Mesoscale Organization of Springtime Rainstorms in Oklahoma.”