



## Analisis Peristiwa Angin Kencang dengan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Bangkalan, 17 Oktober 2021)

Fikri Asfahanif\*, Sayful Amri

Prodi Klimatologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Indonesia

### Article Info

#### Article History

Submitted 2022-01-31

Revised 2022-05-17

Accepted 2022-07-31

#### Keywords

Strong winds, Convective, Himawari-8, RGB, Satellite

### Abstrak

Angin kencang di atas 25 knots dapat menyebabkan kerusakan, misalnya infrastruktur dan tumbang pohon. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dinamika atmosfer saat kejadian angin kencang di wilayah Bangkalan, Madura tanggal 17 Oktober 2021. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif terhadap variabel cuaca dan citra satelit Himawari-8 menggunakan aplikasi Sataid. Hasil dari penelitian ini menunjukkan terjadinya pembentukan awan-awan konvektif di atas Pulau Madura bagian Timur yang bergerak menuju wilayah Bangkalan di Pulau Madura bagian Barat dengan suhu puncak awan mencapai  $-58^{\circ}\text{C}$ . Pada tanggal 17 Oktober 2021, wilayah Madura berada dalam periode transisi, terlihat dari angin dominannya masih dipengaruhi oleh monsun Australia dan mulai menguatnya monsun Asia. Hal ini memicu terbentuknya shearline di wilayah Madura dan sekitarnya. Selain itu, suhu permukaan laut di sekitar wilayah Madura cukup panas, sehingga meningkatkan penguapan dan memicu labilitas udara yang kuat. Kondisi ini memicu terbentuknya awan konvektif yang menyebabkan terjadinya angin kencang di wilayah tersebut.

### Abstract

Strong winds above 25 knots can cause damage, for example, infrastructure and fallen trees. This study aims to determine the dynamics of the atmosphere during strong winds in the Bangkalan, Madura October 17, 2021. The method used was a descriptive analysis of weather variables and satellite imagery of Himawari-8 using the Sataid application. The results indicate the formation of convective clouds over the eastern part of Madura that moves towards the Bangkalan area on the western part of Madura, cloud peak temperatures reaching  $-58^{\circ}\text{C}$ . On October 17, 2021, the Madura region is in a transition period, as can be seen from the dominant winds that are still influenced by the Australian monsoon also the Asian monsoon is starting to strengthen. The monsoon triggers the formation of a shearline in Madura and surrounding areas. Furthermore, the sea surface temperature around the Madura area is quite hot, thereby increasing evaporation and triggering strong air lability. This condition triggers the formation of convective clouds that cause strong winds.

\* Address: Jl. Perhubungan I no 5,  
Pondok Betung, Tangerang Selatan, Banten 15221  
E-mail: fikri.asfahanif@stmkg.ac.id

## PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia termasuk dalam wilayah yang dilalui oleh *Ring of Fire*, sehingga menyebabkan wilayah Indonesia menjadi rawan bencana Geo-hidrometeorologi. Kondisi geografis dari lokasi bujur dan letak lintangnya yang menjadi faktor pendukung terjadinya bencana di Indonesia dengan iklim tropis Nurjani et al., (2013). Pengertian bencana menurut undang-undang No. 24 tahun 2007 adalah suatu urutan peristiwa yang sifatnya mengancam dan mengganggu kehidupan manusia yang diakibatkan dari faktor non alam atau faktor alam yang menimbulkan korban jiwa, kerusakan alam, kehilangan harta benda, dan psikologis. Salah satu contoh dari bencana geo-hidrometeorologi adalah angin kencang atau angin puting beliung atau angin ribut. Angin ini disebut sebagai bencana karena kecepatannya dapat menyebabkan daya rusak terhadap benda-benda yang ada di sekitarnya, misalnya kerusakan bangunan rumah, fasilitas umum dan infrastruktur serta mengakibatkan tumbang pohon.

Angin dikatakan kencang dan merusak masuk pada skala 6 dengan kecepatan 10,8-13,8 m/s dalam skala Beaufort. Berdasarkan Perka BMKG No. Kep.009/2010 disebutkan bahwa kecepatan angin di atas 45 km/jam atau 25 knots termasuk ke dalam angin kencang. Menurut Marselina et al., (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa suhu, kelembaban, kecepatan angin, arah angin, dan curah hujan dengan akurasi prediksi 83,3% merupakan faktor yang paling berpengaruh secara signifikan terhadap terjadinya angin kencang dan angin topan. Disamping itu, kondisi cuaca seperti hujan, arah dan kecepatan angin, suhu serta tekanan permukaan di suatu wilayah dipengaruhi oleh siklon tropis Ulhaq, (2022).

Pembentukan awan *Comulunimbus* (Cb) berpengaruh pada kejadian angin ribut. Menurut Mughozali et al., (2017) menyatakan bahwa kumpulan awan konvektif tebal dan meluas (*Comulunimbus*) merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya angin kencang. Kondisi awan *Comulunimbus* (Cb) dapat menyebabkan guruh, petir, hujan batu es, hujan deras serta angin kencang. Menurut Nugroho, (2018) mengungkapkan bahwa awan cumulus yang besar atau disebut awan *Comulunimbus* (Cb) dapat menyebabkan hujan dengan angin kencang bahkan petir. Selain itu, awan konvektif yang tebal merupakan hasil dari updraft kuat hingga dapat menimbulkan tornado Rosenfeld et al., (2008). Menurut Saragih et al., (2017) dan Efendi, (2020) menyatakan bahwa jenis awan konvektif *Comulunimbus* (Cb) memiliki warna gelap, hitam pekat dan seperti bunga kol yang bergumpal serta terdiri dari gabungan beberapa sel badai. Kondisi suhu permukaan laut (SPL) termasuk menjadi faktor pendukung terbentuknya awan konvektif. Peristiwa siklon tropis penuh dan badai petir mendominasi kejadian angin kencang di banyak tempat di bumi Zhang et al., (2018).

Menurut Ismail et al. (2017) menyatakan bahwa daerah tropis terutama wilayah Indonesia memiliki intensitas penerimaan cahaya matahari yang intensif, sehingga dapat menyebabkan suhu permukaan laut di daerah Indonesia lebih hangat dibanding dengan wilayah lain. Hal ini dapat memicu pertumbuhan awan-awan konvektif. Penggunaan citra satelit seiring dengan perkembangan teknologi dapat memberikan penggambaran yang jelas terhadap pembentukan awan konvektif dan kondisi angin dalam peristiwa angin kencang. Menurut Hastuti et al., (2017) mengatakan bahwa pengamatan cuaca dengan satelit berperan sebagai alat yang fundamental. Penggambaran

radius siklon tropis dari masing-masing angin maksimum dan medan angin permukaan dua dimensi berasal dari data inframerah dengan teknik berbasis satelit (Mueller et al., 2006).

Penggunaan analisis meteorologis dari beberapa indikator seperti fenomena cuaca global, regional dan lokal menjadi aspek dominan. Secara umum, faktor dominan adalah pengaruh lokal dari kejadian angin kencang Widodo, (2017). Berdasarkan data yang telah dihimpun, bahwa telah terjadi bencana cuaca ekstrem, yaitu angin kencang di daerah Bangkalan, Madura pada siang hari pukul 11.30 WIB dalam laman *Okezonenews.com*. Bencana ini mengakibatkan kerusakan 25 rumah warga dan beberapa rumah toko namun tidak ada korban jiwa. Kerugian jelas pada kerusakan bangunan atau infrastruktur Tim Okezone, (2021).

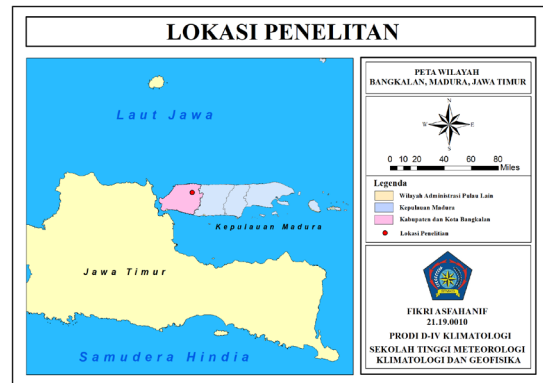
Berdasarkan uraian sebelumnya, maka perlu dilakukan analisis dinamika atmosfer, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk meningkatkan akurasi peringatan dini cuaca ekstrim, terutama angin kencang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses pergerakan, pembentukan awan konvektif, perubahan suhu puncak awan terhadap keadaan atmosfer berdasarkan data citra satelit Himawari-8/9 pada tanggal 17 Oktober 2021. Selain itu, analisis SPL, angin 925 mb, dan labilitas udara juga dilakukan untuk mengetahui dinamika atmosfer pada saat kejadian angin kencang tersebut.

## METODE

### Lokasi Penelitian

Pulau Madura termasuk dalam Provinsi Jawa Timur, Indonesia yang salah satu bagian wilayahnya yaitu Kabupaten Bangkalan. Ibu kota Kabupaten Bangkalan adalah Bangkalan. Letak Bangkalan berada di ujung barat Pulau Madura; berbatasan dengan Laut Jawa di utara. Bangkalan berada di ketinggian 2 hingga 100 mdpl, dengan

wilayah dominan berupa dataran rendah dengan luas wilayah berupa daratan seluas 1.260,14 km<sup>2</sup>. Secara astronomis terletak di titik 60 51' – 70 11' LS dan antara 1120 40'-1130 08' BT (BPS, 2020).



Gambar 1. Peta Bangkalan Madura

### Data dan Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data *reanalysis* berupa angin zonal (u) dan angin meridional (v) pada ketinggian 925 mb untuk melihat *streamline* angin serta data SPL yang diperoleh dari <https://www.cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form>, serta indeks monsoon AUSMI (*Australian Monsoon Index*) dan WNPMI (*Western North Pacific Moosoon Index*) yang diperoleh dari <http://web.meteo.bmkg.go.id/id/pengamatan/indeks-monsoon>.

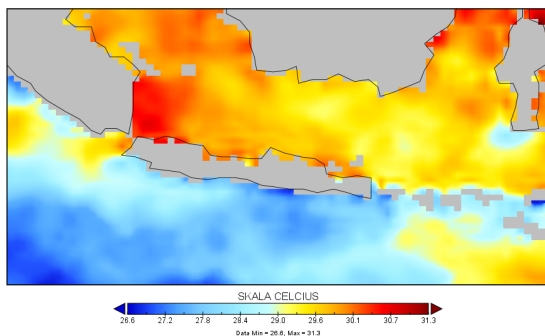
Selain itu, data kecepatan angin  $\geq 10$  knot diperoleh dari data observasi harian stasiun BMKG Juanda Surabaya serta data *radiosonde* yang diwakili oleh stasiun Juanda Surabaya yang diperoleh dari <http://www.weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> untuk mengetahui kondisi labilitas atmosfer dari permukaan hingga lapisan atas di wilayah Madura dan sekitarnya.

Analisis data citra satelit Himawari-8 yang digunakan diperoleh dari kanal IR dan kanal S4. Data citra satelit Himawari-8 menggunakan metode *multi-spektral* RGB (Merah Hijau Biru) berdasarkan modul RGB *Day Cloud Phase Distinction* dan RGB *Day Convevtive Storms* yang diperoleh dari *Japan Meteorogical Agency* (JMA). Menurut Paski et al., (2017) menyatakan bahwa penggunaan citra satelit RGB diperoleh dari gabungan beberapa kanal untuk menghasilkan gambar yang lebih jelas dibandingkan satu kanal. Penggunaan aplikasi SATAID bertujuan untuk menampilkan citra atau gambar dari data binary satelit Harsa et al., (2011). Data satelit Himawari-8 yang diambil pada pukul 04.00 UTC hingga 05.00 UTC selama satu hari yaitu pada tanggal 17 Oktober 2021.

Teknik RGB Day Cloud Phase Distinction digunakan untuk mengamati fase awan dan suhu puncak awan siang hari dan RGB Day Convective Storms digunakan untuk mengamati kondisi badai pada siang hari. Adapun perangkat yang digunakan untuk pengolahan data-data tersebut antara lain digunakan software SATAID, software panoply, software GrADS, Microsoft excel dan Microsoft Word.

**HASIL PEMBAHASAN**

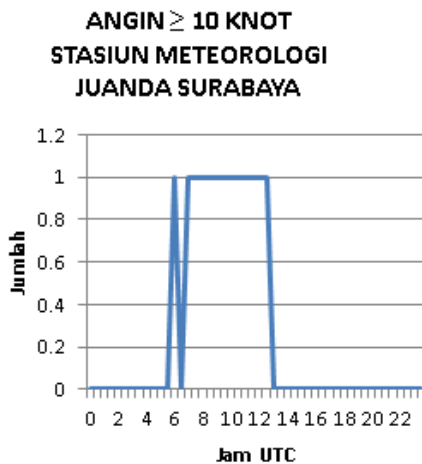
**Analisis Suhu Permukaan Laut (SPL)**



**Gambar 2.** SST pukul 04 UTC 17 Oktober 2021

Gambar 2 menunjukkan bahwa SPL di Laut Jawa terutama di Selat Madura relatif hangat yaitu berkisar antara 29,0°C hingga 30,1°C. Kondisi ini dapat memicu penguapan yang besar di wilayah tersebut, sehingga meningkatkan potensi terbentuknya awan-awan konvektif di wilayah Madura dan sekitarnya.

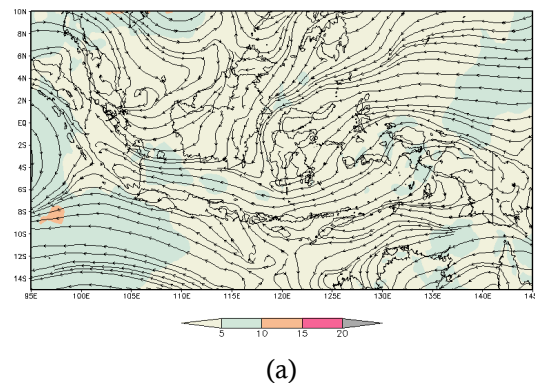
**Analisis Kecepatan Angin**



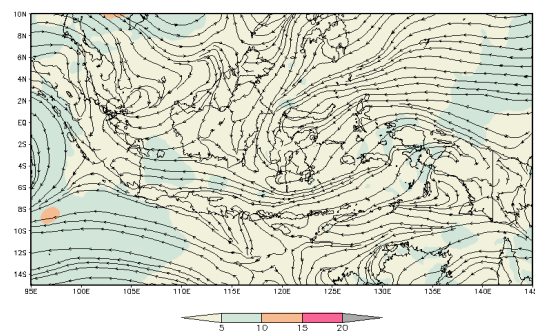
**Gambar 3.** Angin Maksimum 17 Oktober 2021  
 Gambar 3 menunjukkan grafik kejadian

angin kecepatan  $\geq 10$  knot yang terjadi di Stasiun Juanda Surabaya. Hasilnya tercatat pada pukul 04-06 UTC yang terjadi sebanyak satu kali. Selanjutnya, pada pukul 6.30 UTC hingga 13 UTC terdapat angin kecepatan  $\geq 10$  knot terjadi secara konstan. Hal ini menguatkan adanya potensi kejadian angin kencang yang terjadi di wilayah Bangkalan, Madura yang berada dekat dengan Stasiun Juanda Surabaya yang terjadi pada pukul 04.30 UTC. Perbedaan ini terjadi akibat kejadian angin kencang yang terjadi hanya pada skala lokal, dimana angin bergerak kuat ke arah Barat, sejalan dengan data analisis streamline angin. Hal ini menjadi bukti terjadinya potensi kejadian angin kencang di wilayah Bangkalan Madura.

**Analisis Streamline Angin 925 mb**



(a)

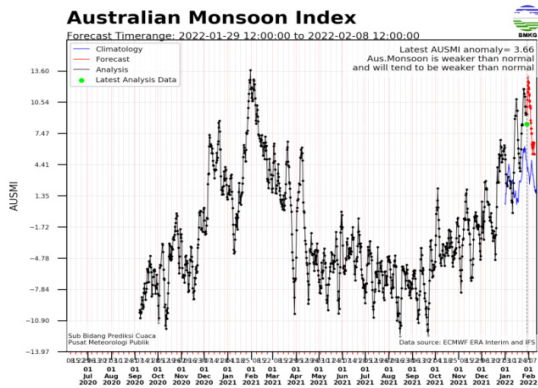


(b)

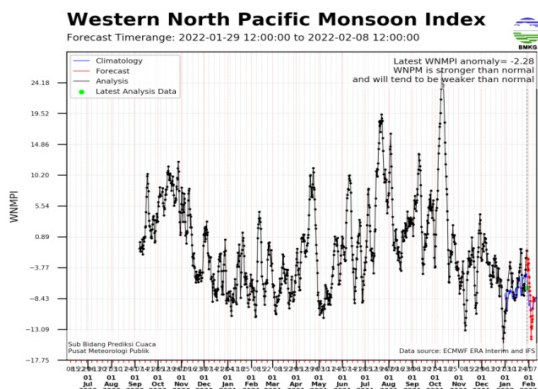
**Gambar 4.** Streamline Angin 925 mb 04.00 UTC (a) dan 05.00 UTC (b)

Gambar 4 menunjukkan bahwa wilayah Madura berada dalam periode transisi, terlihat dari angin dominannya masih dipengaruhi oleh monsun Australia (Gambar 5) dan mulai menguatnya monsun Asia (Gambar 6). Kondisi ini memicu terbentuknya *shearline* di wilayah Madura dan sekitarnya, sehingga mendukung potensi terbentuknya awan konvektif yang menyebabkan

terjadinya angin kencang.

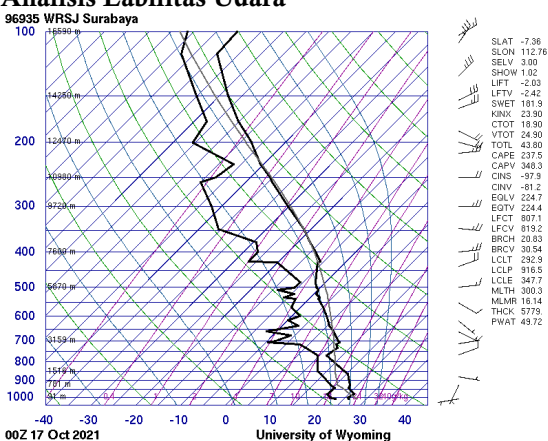


Gambar 5. Indeks Monsoon AUSMI (<https://web.meteo.bmkg.go.id/id/pengamatan/indeks-monsoon>)



Gambar 6. Indeks Monsoon WNPMI (<https://web.meteo.bmkg.go.id/id/pengamatan/indeks-monsoon>)

**Analisis Labilitas Udara**



Gambar 7. Upper Air Sounding 17 Okt 2021

Berdasarkan hasil pantauan data *upper air sounding* atau balon udara pengamatan di stasiun pengamatan Meteorologi Juanda Surabaya (Gambar 5) diperlihatkan bahwa nilai LIFT

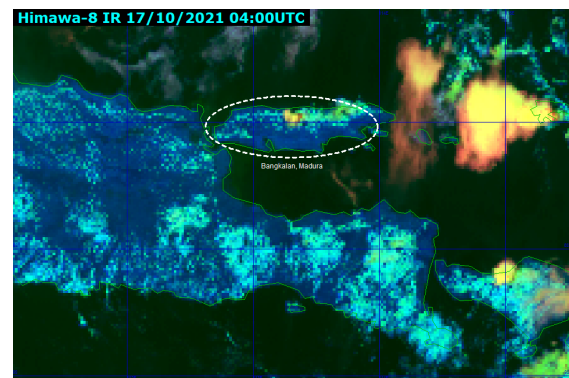
-2.03<sup>0</sup>C yang merupakan tanda adanya liabilitas udara dengan *thunderstorm*. Selanjutnya, nilai CAPE sebesar 237.5 J/kg yang berpotensi sebagai tanda cuaca buruk. Selain itu, nilai SWET sebesar 181.9 <sup>0</sup>C dan nilai KINX sebesar 23.90 <sup>0</sup>C yang menandakan adanya potensi kejadian badai.

**Analisis Lokal**

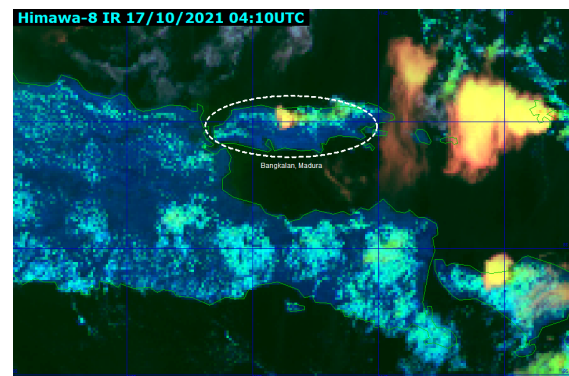
**1. Analisis Citra Satelit**

**1.1. RGB Day Cloud Phase Distinction**

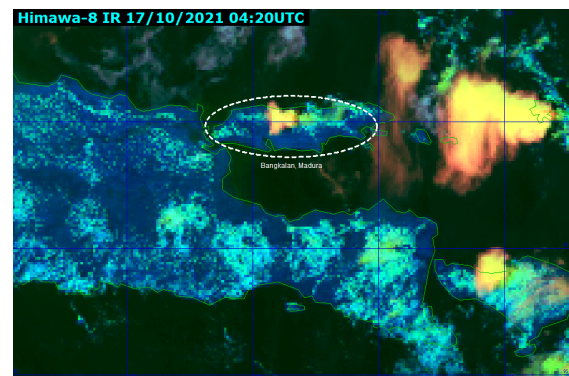
**1.1.1 Fase Pembentukan**



Gambar 8. Himawari-8 Fase Awan 04.00 UTC



Gambar 9. Himawari-8 Fase Awan 04.10 UTC

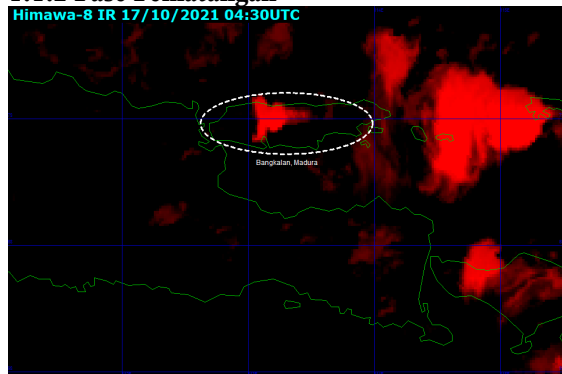


Gambar 10. Himawari-8 Fase Awan 04.20 UTC

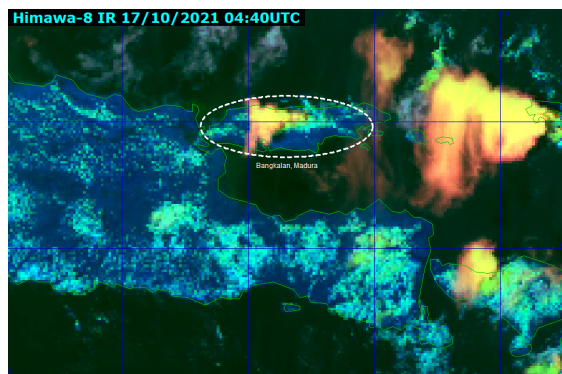
Berdasarkan data hasil pantauan citra sate-

lit Himawari-8 menggunakan teknik multi spektral RGB *Day Cloud Phase Distinction* pada tanggal 17 Oktober 2010 pukul 04.00 UTC untuk fase awan siang hari (Gambar 8) menunjukkan adanya kumpulan awan-awan konvektif yang masih kecil atau bibit-bibit awan yang mulai terbentuk di wilayah Madura (oval). Hal ini ditandai dengan warna kuning. Pukul 04.10 UTC (Gambar 9) terlihat awan konvektif berwarna kuning sudah terbentuk. Selanjutnya, pada pukul 04.20 UTC (Gambar 10) kumpulan awan-awan konvektif mulai menebal di wilayah Madura.

**1.1.2 Fase Pematangan**



**Gambar 11.** Himawari-8 Fase Awan 04.30 UTC



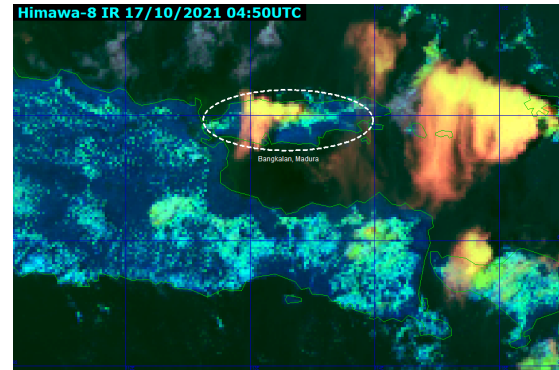
**Gambar 12.** Himawari-8 Fase Awan 04.40 UTC

Selanjutnya pada pukul 04.30 UTC dan 04.40 UTC (Gambar 11 dan 12) memasuki fase pematangan dan terlihat fase awan-awan konvektif mulai mendekati wilayah Bangkalan, Madura. Hal ini sesuai dengan berita terjadinya angin kencang tersebut pada pukul 11.30 WIB atau 04.30 UTC.

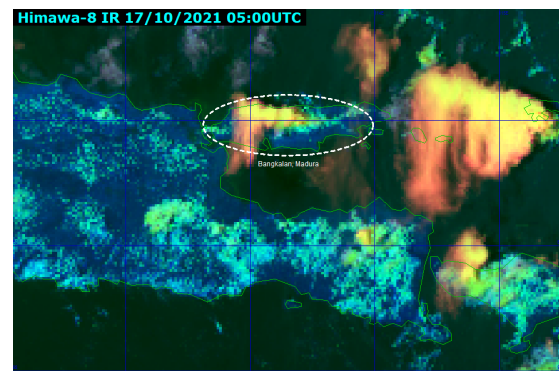
**1.1.3 Fase Disipasi**

Pada fase peluruhan awan terlihat pada pukul 04.50 UTC dan 05.00 UTC (Gambar 13 dan 14), kumpulan awan konvektif tersebut memasuki sudah mulai menyebar dengan warna yang memudar di wilayah Bangkalan, Madura.

Berdasarkan citra satelit RGB fase awan konvektif siang hari, terlihat bahwa awan-awan konvektif mulai meluruh di wilayah Bangkalan pada pukul 04.50 UTC atau 11.50 WIB.



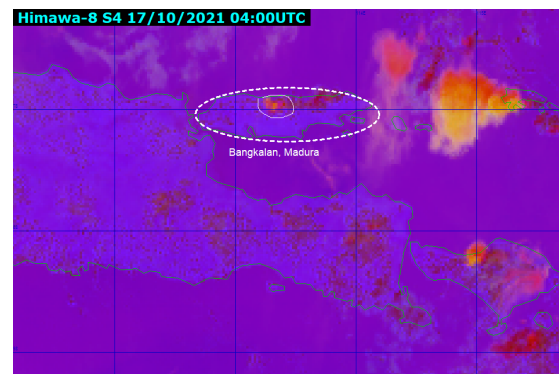
**Gambar 13.** Himawari-8 Fase Awan 04.50 UTC



**Gambar 14.** Himawari-8 Fase Awan 05.00 UTC

**1.2. RGB Day Convective Storms**

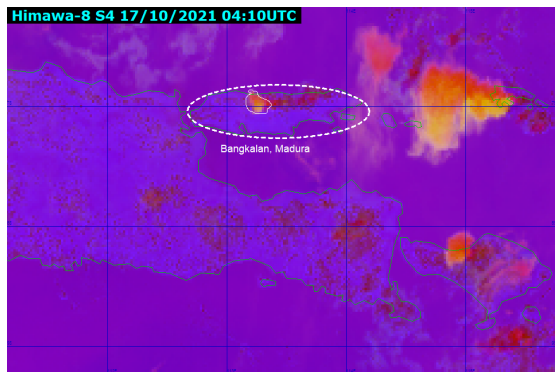
**1.2.1 Fase Pembentukan**



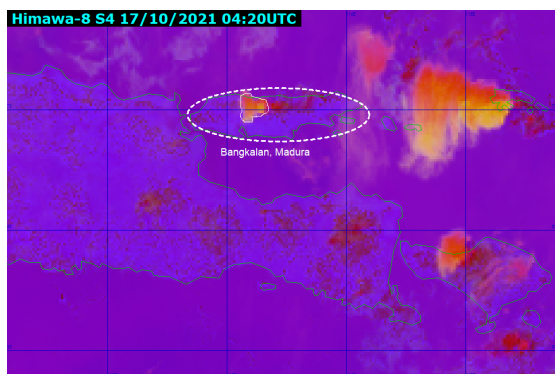
**Gambar 15.** Hima-8 Day Convective Storms 04.00 UTC

Berdasarkan data hasil pantauan citra satelit Himawari-8 menggunakan teknik multi spektral RGB *Day Convective Storms* pada tanggal 17 Oktober 2010 di wilayah Bangkalan, Madura dapat dilihat pukul 04.00 UTC untuk fase awan siang hari (Gambar 15) menunjukkan adanya

kumpulan awan-awan konvektif yang masih kecil atau bibit-bibit awan yang mulai terbentuk di wilayah Madura (oval). Hal ini ditandai dengan warna kuning serta warna kemerahan di wilayah Timur Pulau Madura. Selanjutnya, pada pukul 04.10 UTC hingga 04.20 UTC menunjukkan pantauan bibit badai yang mulai membesar bergerak ke arah Barat Pulau Madura (gambar 16 dan 17). Hal ini menunjukkan pergerakan badai dalam interval waktu 10 menit sangat cepat artinya angin yang terjadi sangatlah kuat.

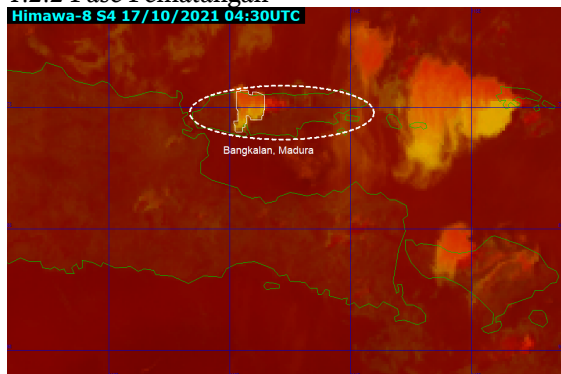


**Gambar 16.** Hima-8 Day Convective Storms 04.10 UTC

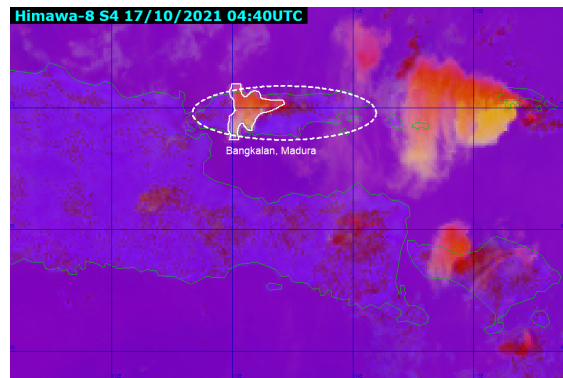


**Gambar 17.** Hima-8 Day Convective Storms 04.20 UTC

### 1.2.2 Fase Pematangan



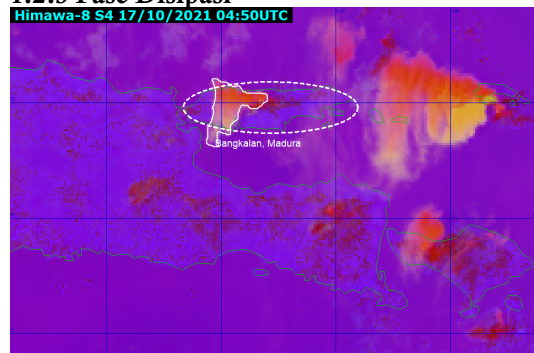
**Gambar 18.** Hima-8 Day Convective Storms 04.30 UTC



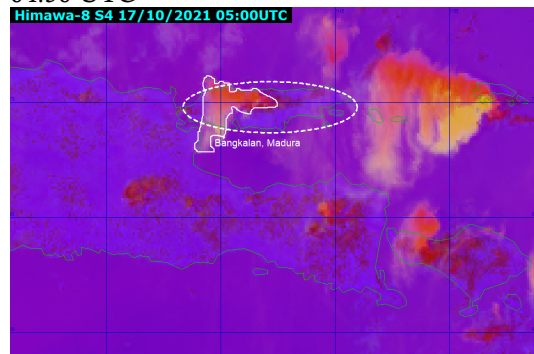
**Gambar 19.** Hima-8 Day Convective Storms 04.40 UTC

Fase pematangan awan-awan konvektif terlihat menebal saat puncak kejadian yang dilaporkan pada pukul 04.30 UTC hingga 04.40 UTC (Gambar 18 dan 19) yang ditandai dengan bentuk oval pada wilayah Bangkalan, Madura. Hal ini memicu adanya potensi aktivitas badai di wilayah Bangkalan, Madura yang bergerak ke arah Barat.

### 1.2.3 Fase Disipasi



**Gambar 20.** Hima-8 Day Convective Storms 04.50 UTC

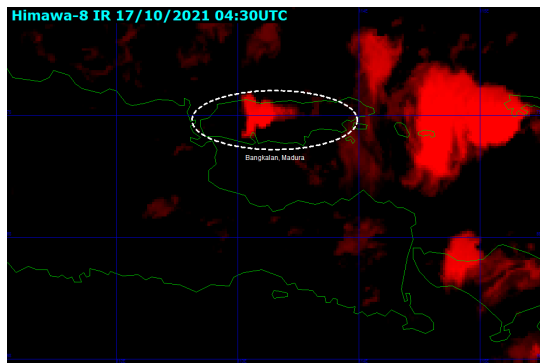
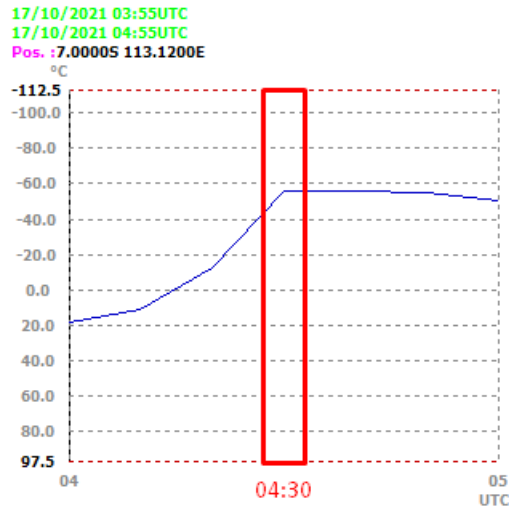


**Gambar 21.** Hima-8 Day Convective Storms 05.00 UTC

Selanjutnya, pada pukul 04.40 hingga pukul 05.00 UTC (Gambar 20 dan 21) awan-awan konvektif menyebar dan meluruh di wilayah Bangkalan, Madura. Hal ini menyebabkan po-

tensi aktivitas badai semakin meluas di wilayah Bangkalan, Madura yang ditandai dengan RGB warna merah kekuningan atau oren.

Analisis Suhu Puncak Awan



**Gambar 22.** Suhu Puncak Awan Jam 04.00-05.00 UTC

Gambar 22 menunjukkan hasil pantauan kondisi suhu puncak awan berdasarkan data satelit Himawari-8 dari kumpulan awan-awan konvektif yang berada di sekitar wilayah Bangkalan, Madura. Berdasarkan hasil tersebut, pada pukul 04.30 UTC (titik tengah dari pemantauan pukul 04 UTC hingga 05 UTC) merupakan puncak dari suhu puncak awan dengan nilai mendekati  $-60^{\circ}\text{C}$ . Hal ini juga mendukung adanya posisi awan-awan konvektif dengan partikel es yang besar yang tersebar di wilayah Bangkalan, Madura hingga menyebabkan cuaca ekstrem angin kencang di wilayah tersebut dapat terjadi.

**SIMPULAN**

Pada tanggal 17 Oktober 2021, wilayah Madura berada dalam periode transisi, terlihat dari angin dominannya masih dipengaruhi oleh monsun Australia dan mulai menguatnya mon-

sun Asia. Hal ini memicu terbentuknya *shearline* di wilayah Madura dan sekitarnya. Selain itu, suhu permukaan laut di sekitar wilayah Madura cukup panas, sehingga meningkatkan penguapan dan memicu labilitas udara yang kuat. Kondisi ini memicu terbentuknya awan konvektif tebal yang suhu puncaknya mencapai  $-58^{\circ}\text{C}$ . Awan konvektif tersebut yang memicu terjadinya angin kencang di wilayah tersebut.

**DAFTAR PUSTAKA**

Al Mughozali, S., Firdianto, P. U., & Irawan, A. M. (2017). Analisis Hujan Lebat dan Angin Kencang di Wilayah Banjarnegara Study Kasus Rabu 8 November 2017. *Unnes Physics Journal*, 6(1), 65-69.

Anonim. (2007). Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana. Jakarta: Lembaran NKRI Nomor 66.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geoisika. (2010). Peraturan Kepala Badan Meteorologi Klimatologi dan Geoisika Nomor 009 Tahun 2010 Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrim.

BPS, (2020). Kabupaten Bangkalan Dalam Angka *Bangkalan Regency in Figures 2020*. Bangkalan: BPS Kabupaten Bangkalan.

Efendi, A. N., & Kuncorojati, S. (2020). Analisis Hujan Dan Angin Kencang Di Melawi Menggunakan Data Radar Dan Satelit Cuaca (Studi Kasus Tanggal 29 Desember 2018). *Jurnal Widya Climago*, 2(1).

Harsa, H., Linarka, U. A., Kurniawan, R., & Noviati, S. (2011). Pemanfaatan SATAID untuk analisa banjir dan angin puting beliung: studi kasus jakarta dan Yogyakarta. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(2).

Hastuti, M. I., & Mulsandi, A. (2017). Pemantauan Sebaran Awan Konvektif Menggunakan Metode Cloud Convective Overlays dan Red Green Blue Convective Storms pada Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Hujan Ekstrim Bima 21 Desember 2016). In Seminar Nasional Pengindraan Jauh ke-4 Tahun (pp. 477-483).

Ismail, P., Hidayat, N. M., & Siadari, E. L. (2017). Analisis Siklon Tropis Nock-Ten Berbasis Data Satelit Himawari. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 4(3), 16-23.

Marselina, D. S., & Widodo, E. (2015). Analisis statistika terhadap penyebab angin kencang dan puting beliung di Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2011-2014. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 6(2), 65-80.

Mueller, K. J., DeMaria, M., Knaff, J., Kossin, J. P., & Vonder Haar, T. H. (2006). Objective estimation of tropical cyclone wind structure from infrared satellite data. *Weather and forecasting*,



- 21(6), 990-1005.
- Nugroho, A. D., & Fadlan, A. (2018). Analisis Kejadian Hujan Es Berdasarkan Kondisi Atmosfer dan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Magelang, 24 Januari 2018). *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 2(2), 80-87.
- Nurjani, E., Rahayu, A., & Rachmawati, F. (2013). Kajian bencana angin ribut di Indonesia periode 1990-2011: upaya mitigasi bencana. *Geo Media: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 11(2).
- Okezone, Tim. (2021). Angin Kencang Rusak 25 Rumah Warga di Bangkalan, Tidak Ada Korban Jiwa. Diakses dari <https://news.okezone.com/read/2021/10/20/519/2488980/angin-kencang-rusak-25-rumah-warga-di-bangkalan-tidak-ada-korban-jiwa>. Pada tanggal 27 Oktober 2021, pukul 20:00 WIB.
- Paski, J. A. I., Sepriando, A., & Pertiwi, D. A. S. (2017). Pemanfaatan Teknik RGB Pada Citra Satelit Himawari-8 Untuk Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Banjir Lampung 20-21 Februari 2017. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 4(3), 8-15.
- Rosenfeld, D., Woodley, W. L., Lerner, A., Kelman, G., & Lindsey, D. T. (2008). Satellite detection of severe convective storms by their retrieved vertical profiles of cloud particle effective radius and thermodynamic phase. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D4).
- Saragih, I. J. A., Kristianto, A., Silitonga, A. K., & Paski, J. A. I. (2017). Kajian Dinamika Atmosfer saat Kejadian Hujan Lebat di Wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara Menggunakan Model WRF-ARW dan Citra Satelit Himawari-8. *Unnes Physics Journal*, 6(1), 25-30.
- Ulhaq, N. D., & Haryanto, Y. D. (2022). Analisis kondisi cuaca saat terjadi Siklon Tropis Paddy di wilayah Pulau Jawa (studi kasus: 22-24 November 2021). *Jurnal Penelitian Sains*, 24(1), 7-17.
- Widodo, J. (2019). Analisis Kejadian Angin Kencang Di Desa Situgede Bogor Barat Tanggal 28 Maret 2017. In *Seminar Nasional Geomatika* (Vol. 3, pp. 1157-1166).
- Zhang, S., Solari, G., Yang, Q., & Repetto, M. P. (2018). Extreme wind speed distribution in a mixed wind climate. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 176, 239-253.
- <https://www.cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form> Pada tanggal 10 September 2021 pukul 16:20 WIB.
- <http://weather.uwyo.edu/upperair/images/2021101700.96935.skewt.parc>. Pada tanggal 5 September 2021 pukul 19:00 WIB.
- [http://bappeda.bangkalankab.go.id/uploads/kabupaten\\_bangkalan\\_dalam\\_angka\\_2020.pdf](http://bappeda.bangkalankab.go.id/uploads/kabupaten_bangkalan_dalam_angka_2020.pdf) Pada tanggal 16 September 2021 pukul 21:00 WIB.