

KAJIAN *CONVECTIVE AVAILABLE POTENTIAL ENERGY* (CAPE) SAAT KEJADIAN HUJAN SANGAT LEBAT (STUDI KASUS: BANJIR JAKARTA, 22-23 FEBRUARI 2020)

ESTRI DINIYATI^{1*}, RIZALDO RADITYA PRATAMA², NUR HABIB MUZAKI³, ADITYA MULYA⁴,
DHIYAUL QALBI SYOFYAN⁵

^{1,2,3,4}*Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)
Jl. Perhubungan 1 No. 5 Komplek BMKG Pondok Betung Bintaro, Pondok Aren,
Tangerang Selatan 15221, Banten, Telp.(021) 73691621*

⁵*Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)
Jln Raya Bukit medan km 17, Pagadih, Palupuh, Kabupaten Agam 26151, Sumatera Barat*

Abstrak. Hujan lebat yang mengguyur sejak malam hingga dini hari pada tanggal 22-23 Februari 2020 di DKI Jakarta menyebabkan ratusan rumah dan beberapa ruas jalan tergenang banjir. Adanya belokan angin memperbesar potensi pembentukan awan konvektif. Terpantau dari citra satelit Himawari-8, bahwa terdapat awan *Cumulonimbus* (Cb) yang tumbuh disekitar wilayah Serang, Banten yang kemudian menyatu dengan awan Cb di wilayah DKI Jakarta. Dalam fisika awan, terdapat energi yang tersedia dalam parsel udara dan berpengaruh terhadap proses pembentukan awan yang disebut sebagai *Convective Available Potential Energy* (CAPE). Data dalam penelitian ini, diambil dari data reanalisis *Copernicus* ECMWF untuk CAPE kemudian diolah dengan aplikasi GrADS dan didukung dengan data citra satelit Himawari-8 untuk mengetahui fase dan jenis awan. Penelitian bertujuan untuk mengkaji besar nilai CAPE saat hujan lebat agar dapat mengetahui potensi bencana banjir di wilayah DKI Jakarta. Hasil menunjukkan bahwa di wilayah Serang pada pukul 14.00 UTC memiliki nilai CAPE 2000 J/kg hingga >2200 J/kg dan wilayah DKI Jakarta memiliki nilai CAPE sebesar 1000-1400 J/kg, kemudian pukul 15.00 UTC mulai terbentuk awan Cb diatas kedua wilayah tersebut. Kesimpulan yang diperoleh yaitu semakin besar CAPE maka semakin besar potensi pembentukan awan dan semakin banyak presipitasi yang dihasilkan.

Kata kunci: CAPE, *Cumulonimbus*, Hujan Lebat, Satelit Himawari-8, Data *Copernicus* ECMWF

Abstract. Heavy rains that flushed from night to dawn on February 22-23, 2020 in DKI Jakarta caused hundreds of houses and several roads to be flooded. The presence of wind bends increases the potential of convective cloud formation. Monitored from Himawari-8 satellite, there are *Cumulonimbus* (Cb) clouds grow around Serang, Banten which then merges with the Cb cloud in the DKI Jakarta. In cloud physics, there is energy available in air parcels and affects the cloud formation process known as *Convective Available Potential Energy* (CAPE). The data were taken from *Copernicus* ECMWF reanalysis data for CAPE and then processed with GrADS application and supported by Himawari-8 satellite data to determine the phase and type of cloud. The research aims to assess the value of CAPE during heavy rains in order to know the potential flood disasters in the DKI Jakarta. The results show that in the Serang at 14.00 UTC has CAPE value of 2000 J/kg to >2200 J/kg and the DKI Jakarta has CAPE value of 1000-1400 J/kg, then at 15 UTC Cb cloud began form above that two regions. The conclusion is that the greater the CAPE, the greater the potential for cloud formation and the more precipitation produced.

Keywords: CAPE, *Cumulonimbus*, Heavy Rain, Himawari-8 Satellite, *Copernicus* ECMWF Data

1. Pendahuluan

Hujan lebat sering dikaitkan dengan cuaca ekstrem yang disebabkan oleh adanya pembentukan awan konvektif seperti awan *Cumulonimbus* (Cb). Pembentukan awan konvektif menghasilkan panas laten di lapisan troposfer yang dapat menyebabkan gangguan disekitarnya sehingga atmosfer menjadi tidak stabil [1]. Panas laten kondensasi yang diterima di wilayah Indonesia yaitu sekitar 2450 J/kg menyebabkan pembentukan awan konvektif lebih besar daripada jenis awan lainnya [2]. Dalam fisika awan, terdapat energi yang tersedia dalam parsel udara dan berpengaruh terhadap proses pembentukan awan. Energi ini disebut sebagai *Convective Available Potential Energy* (CAPE) yang merupakan jumlah energi dari suatu parsel udara untuk dapat terangkat pada jarak tertentu secara vertikal di dalam atmosfer [3].

*email: estri.diniyati@gmail.com

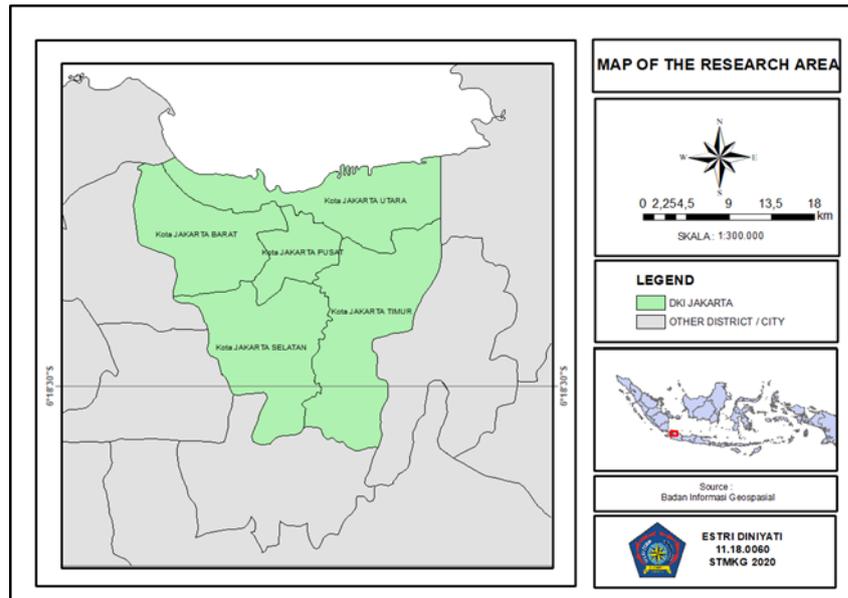
CAPE dapat digunakan untuk mengidentifikasi ketidakstabilan di atmosfer. Semakin besar nilai CAPE maka semakin besar potensi pembentukan awan dan semakin banyak presipitasi yang dihasilkan sehingga curah hujan juga mengalami peningkatan. Peningkatan curah hujan umumnya menyebabkan peristiwa banjir di suatu wilayah. Salah satunya seperti peristiwa hujan yang sangat lebat pada tanggal 22-23 Februari 2020 di wilayah DKI Jakarta. Curah hujan yang ekstrem di wilayah DKI Jakarta menjadi salah satu penyebab terjadinya bencana banjir [4]. Menurut BMKG, curah hujan dianggap ekstrem apabila telah dikategorikan dalam curah hujan lebat (5-10 mm/jam atau 20-50 mm/ hari) dan curah hujan sangat lebat (>20 mm/jam atau >100 mm/hari) [5]. Hujan yang mengguyur DKI Jakarta sejak malam hingga dini hari ini menyebabkan ratusan rumah dan beberapa ruas jalan tergenang.

Penelitian mengenai CAPE telah banyak dilakukan di Indonesia dalam menganalisis indeks stabilitas atmosfer saat terjadi fenomena cuaca ekstrem. Diantaranya yaitu penelitian di wilayah Bogor pada saat hujan lebat tanggal 9-11 November 2018 menunjukkan bahwa terdapat perbandingan lurus antara peningkatan curah hujan dengan variasi indeks stabilitas atmosfer, serta adanya pertumbuhan awan cb pada saat kejadian hujan lebat [1]. Penelitian penentuan ambang batas CAPE di Stasiun Meteorologi Juanda pada periode 2010-2014 menunjukkan pada bulan DJF (Desember, Januari, Februari) awan Cb mulai muncul pada interval nilai CAPE < 691 J/kg dan cukup baik apabila diterapkan di wilayah Jakarta, Surabaya dan Ambon [6]. Kemudian pada penelitian di wilayah Padang, menunjukkan adanya belokan angin dan peningkatan suhu muka laut yang mengakibatkan ketidak stabilan atmosfer sehingga memicu pembentukan awan konvektif [7]. Selanjutnya, terdapat penelitian pada saat hujan di Jakarta tahun 2013-2016 dimana pada kesimpulan diperoleh nilai CAPE bernilai lebih dari 470 J/kg pada saat kejadian hujan lebat dari malam hingga pagi hari [3]. Selain itu, juga terdapat penelitian saat hujan lebat yang menyebabkan banjir di DKI Jakarta pada tanggal 21 Februari 2017. Hasil menunjukkan nilai CAPE sebesar 1229 J/kg, hal ini mengindikasikan potensi energi yang cukup besar untuk pertumbuhan awan konvektif di wilayah DKI Jakarta [8].

Pada penelitian ini, penulis menggunakan data reanalisis dari *Copernicus* ECMWF yang kemudian diolah menjadi peta dengan aplikasi *The Grid Analysis and Display System* (GrADS) dan didukung dengan data dari satelit Himawari-8. Tujuan penulis melakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar nilai CAPE saat peristiwa hujan lebat agar dapat mengetahui potensi bencana banjir untuk kedepannya, khususnya di wilayah DKI Jakarta. Selain itu, dari penelitian ini juga dapat membuktikan hubungan antara CAPE dengan pembentukan awan konvektif Cb.

2. Metode Penelitian

Wilayah penelitian berlokasi di DKI Jakarta (Gambar 1) dengan koordinat antara $5^{\circ}19' 12'' - 6^{\circ}23' 54''$ Lintang Selatan (LS) dan $106^{\circ}22' 42'' - 106^{\circ}58' 18''$ Bujur Timur (BT). Wilayah DKI Jakarta berbatasan dengan Laut Jawa disebelah Utara serta berbatasan dengan Provinsi Jawa Barat di sebelah Selatan dan Timur. Sedangkan di sebelah Barat, DKI Jakarta berbatasan dengan Provinsi Banten.



Gambar 1. Peta wilayah penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

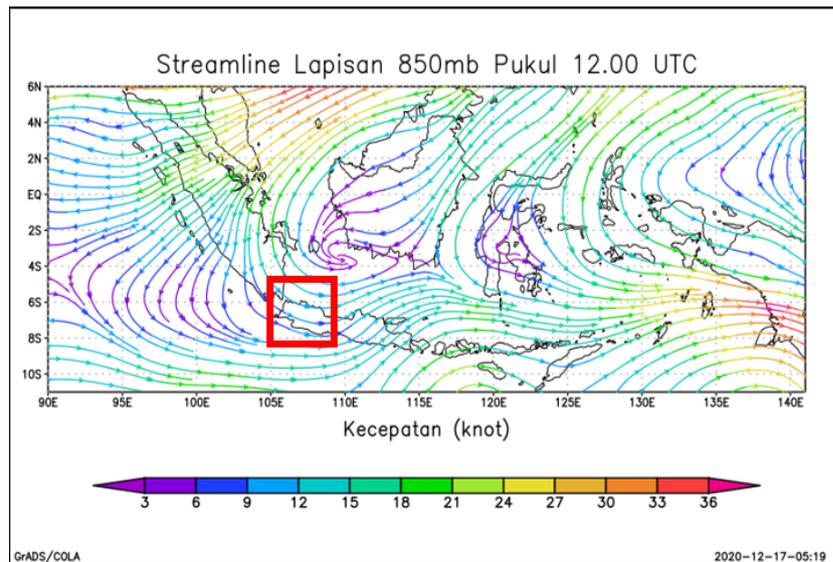
- 1) Data CAPE pada tanggal 22-23 Februari 2020 pukul 09.00-17.00 UTC yang diunduh pada website Copernicus ECMWF (<https://cds.climate.copernicus.eu/>)
- 2) Data citra Satelit Himawari-8 pada pukul 12.00 UTC hingga 23.50 UTC pada tanggal 22 Februari 2020
- 3) Data curah hujan dari ARG di beberapa titik kota DKI Jakarta meliputi wilayah Kelapa Gading (Jakarta Utara), Manggarai (Jakarta Selatan), Pulomas (Jakarta Timur), Tomang (Jakarta Barat) dan Kemayoran (Jakarta Pusat) yang diambil dari AWS Center – BMKG.

Data CAPE diolah dengan menggunakan aplikasi *The Grid Analysis and Display System* (GrADS) menjadi peta agar dapat mengetahui nilai CAPE pada wilayah penelitian. Kemudian data satelit Himawari-8 diolah dengan metode RGB *24-Hour Microphysics* untuk mengetahui jenis tutupan awan konvektif di wilayah DKI Jakarta. Sedangkan data curah hujan diolah dengan *Microsoft Excel* agar dapat diperoleh grafik curah hujan per jam sehingga dapat memverifikasi jumlah curah hujan di DKI Jakarta.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. *Streamline*

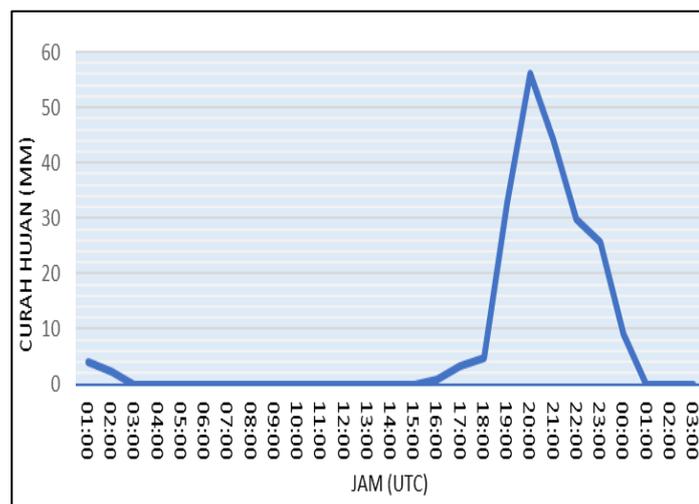
Berdasarkan peta *streamline* (Gambar 2), terlihat bahwa pukul 12.00 UTC sebelum kejadian hujan lebat terdapat belokan angin diatas wilayah DKI Jakarta. Belokan angin ini menyebabkan peningkatan potensi pembentukan awan konvektif pada daerah tersebut.



Gambar 2. Peta *streamline* Indonesia pukul 12.00 UTC

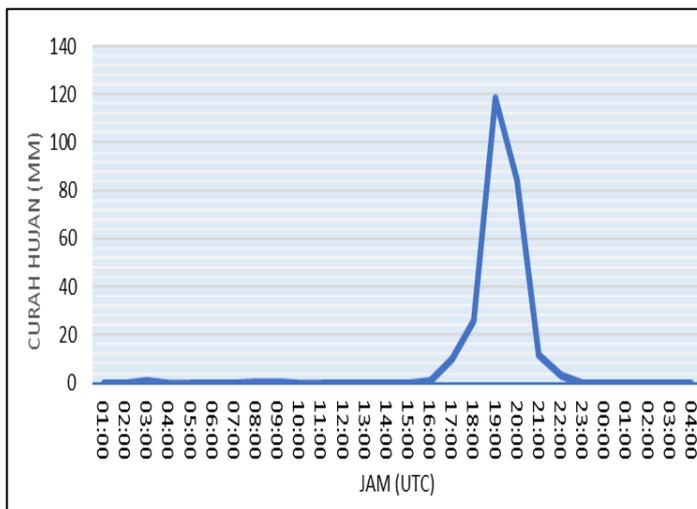
3.2. Intensitas Curah Hujan

Berdasarkan grafik pada Gambar 3, pada pukul 01.00 UTC hingga 02.00 UTC terjadi hujan dengan intensitas 4 mm/jam dan 2,4 mm/jam. Kemudian curah hujan selanjutnya mulai terjadi pada pukul 15.00 UTC hingga 01.00 UTC keesokan harinya. Puncak curah hujan di Jakarta Utara mencapai 56 mm/jam pada pukul 20.00 UTC.



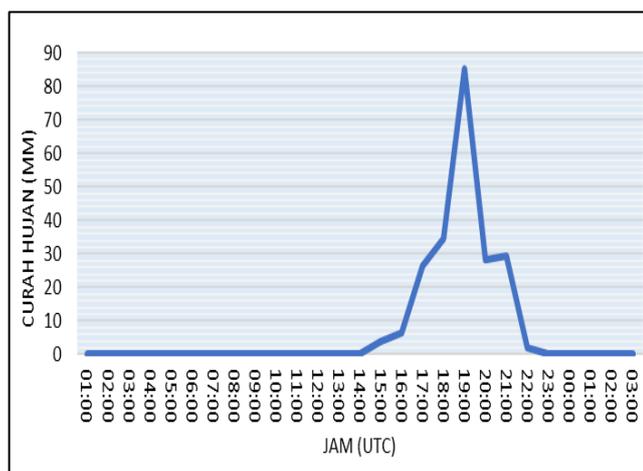
Gambar 3. Grafik curah hujan di Jakarta Utara

Pada grafik curah hujan di Jakarta Selatan (Gambar 4), terjadi hujan dengan intensitas ringan pada pukul 03.00 UTC sebesar 0,8 mm/jam kemudian hujan berhenti dan pada pukul 08.00 UTC hingga 09.00 UTC terjadi hujan kembali dengan intensitas 0,2 mm/jam dan 0,6 mm/jam. Hujan kembali terjadi pada pukul 16.00 UTC hingga 23.00 UTC dengan curah hujan maksimum terjadi pada pukul 19.00 UTC dengan intensitas curah hujan sebesar 118,4 mm/jam.



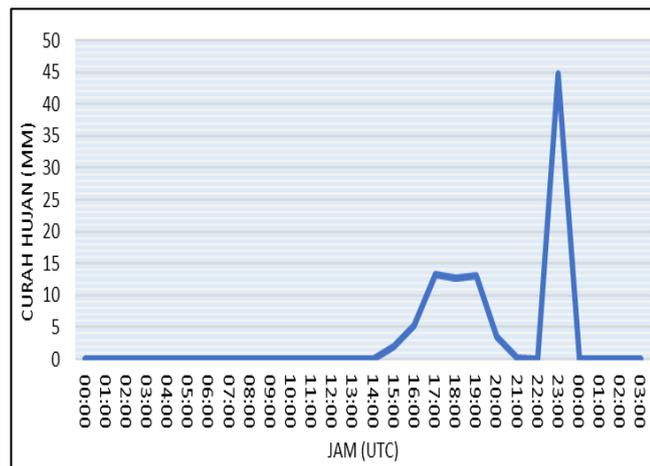
Gambar 4. Grafik curah hujan di Jakarta Selatan

Berdasarkan grafik curah hujan di Jakarta Timur (Gambar 5), terjadi hujan singkat pada pukul 04.00 UTC sebesar 0,2 mm/jam. Kemudian hujan terjadi kembali pada pukul 14.00 UTC hingga 22.00 UTC dengan puncak curah hujan terjadi pada pukul 19.00 UTC dengan intensitas sebesar 85,2 mm/jam.



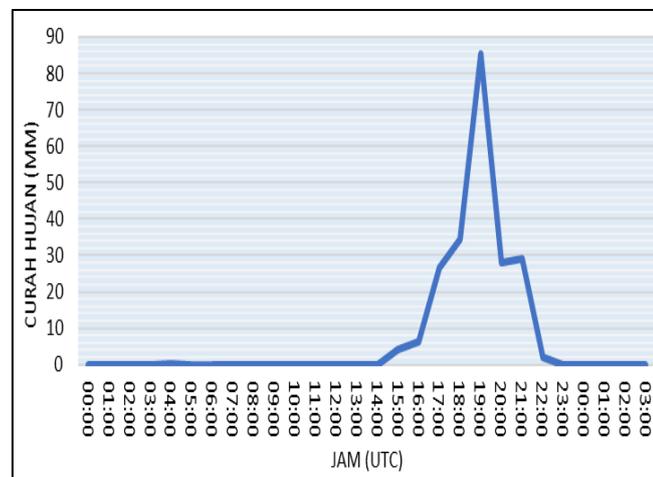
Gambar 5. Grafik curah hujan di Jakarta Timur

Berdasarkan grafik (Gambar 6), di wilayah Jakarta Barat curah hujan terjadi mulai pukul 15.00 UTC kemudian pada pukul 22.00 UTC hujan berhenti sejenak. Selanjutnya, dilanjutkan dengan puncak curah hujan pada pukul 23.00 UTC dengan intensitas mencapai 44,8 mm/jam.



Gambar 6. Grafik curah hujan di Jakarta Barat

Pada grafik Gambar 7, di wilayah Jakarta Pusat hujan dimulai pada pukul 14.00 UTC hingga pukul 22.00 UTC. Dimana puncak hujan terjadi pada pukul 19.00 UTC dengan intensitas sebesar 52,2 mm/jam.



Gambar 7. Grafik curah hujan di Jakarta Pusat

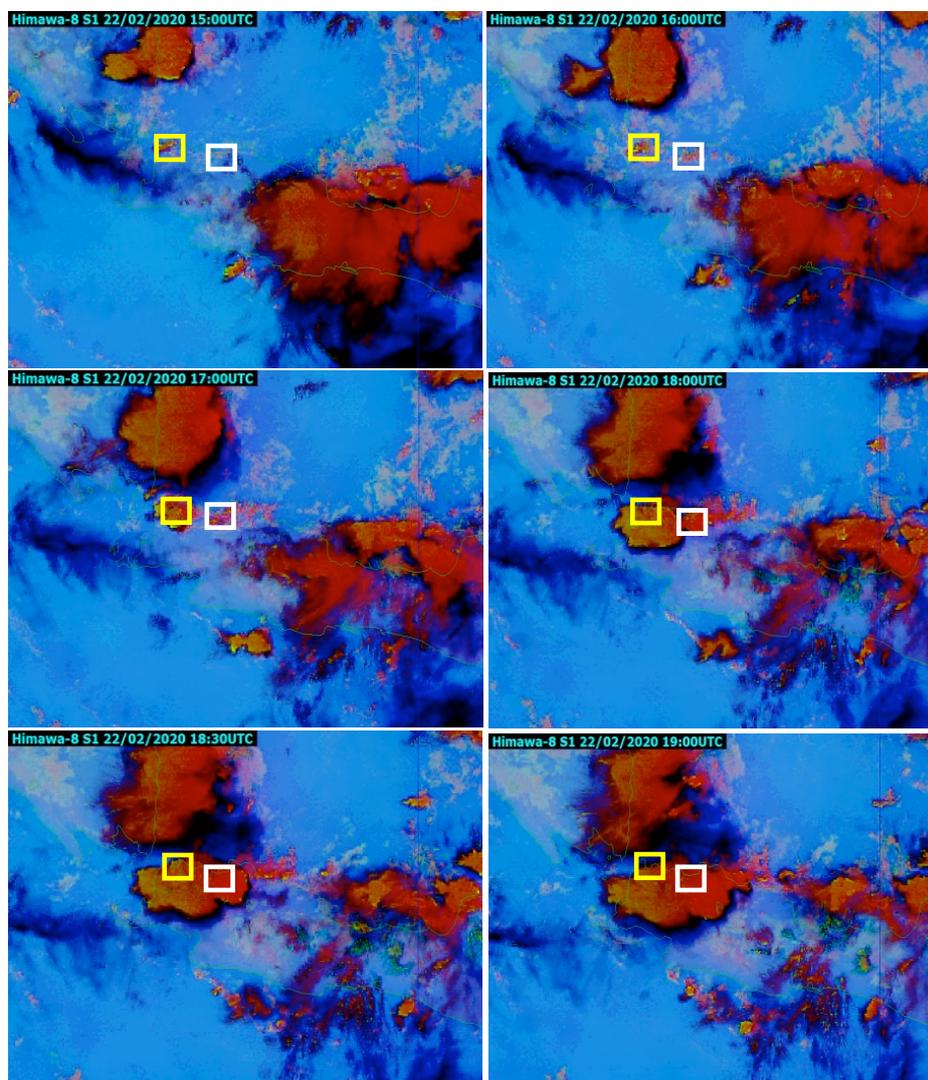
Secara keseluruhan, berdasarkan grafik curah hujan di seluruh titik kota DKI Jakarta, hujan dimulai pada pukul 14.00 UTC (21.00 WIB) di wilayah Jakarta Timur, Jakarta Barat dan Jakarta Pusat. Sedangkan Jakarta Selatan dan Jakarta Utara, hujan mulai terjadi pada pukul 16.00 UTC. Hujan mulai berhenti pada pukul 23.00 UTC (06.00 WIB) ke esokan harinya pada tanggal 23 Februari 2020 di wilayah Jakarta Timur, Jakarta Selatan dan Jakarta Pusat, sedangkan Jakarta Barat hujan berhenti pukul 00.00 UTC (07.00 WIB) kemudian Jakarta Utara pukul 01.00 UTC (08.00 WIB). Intensitas puncak hujan berkisar dari 44,8-118,4 mm/jam, dengan intensitas tertinggi di wilayah Jakarta Selatan terjadi antara pukul 19.00 UTC (03.00 WIB).

3.3. Satelit Himawari-8

3.3.1. Metode Teknik 24-Hours Microphysics RGB

Berdasarkan citra satelit Himawari-8 (Gambar 8) yang diolah dengan teknik RGB 24-Hours Microphysics, terdapat awan Cb yang mulai tumbuh pada pukul 15.00 UTC di sekitar wilayah Serang, Banten dan di wilayah DKI Jakarta. Awan Cb ini ditandai dengan warna coklat tua untuk awan tebal yang mengandung es dan coklat muda untuk awan tebal yang mengandung air [9].

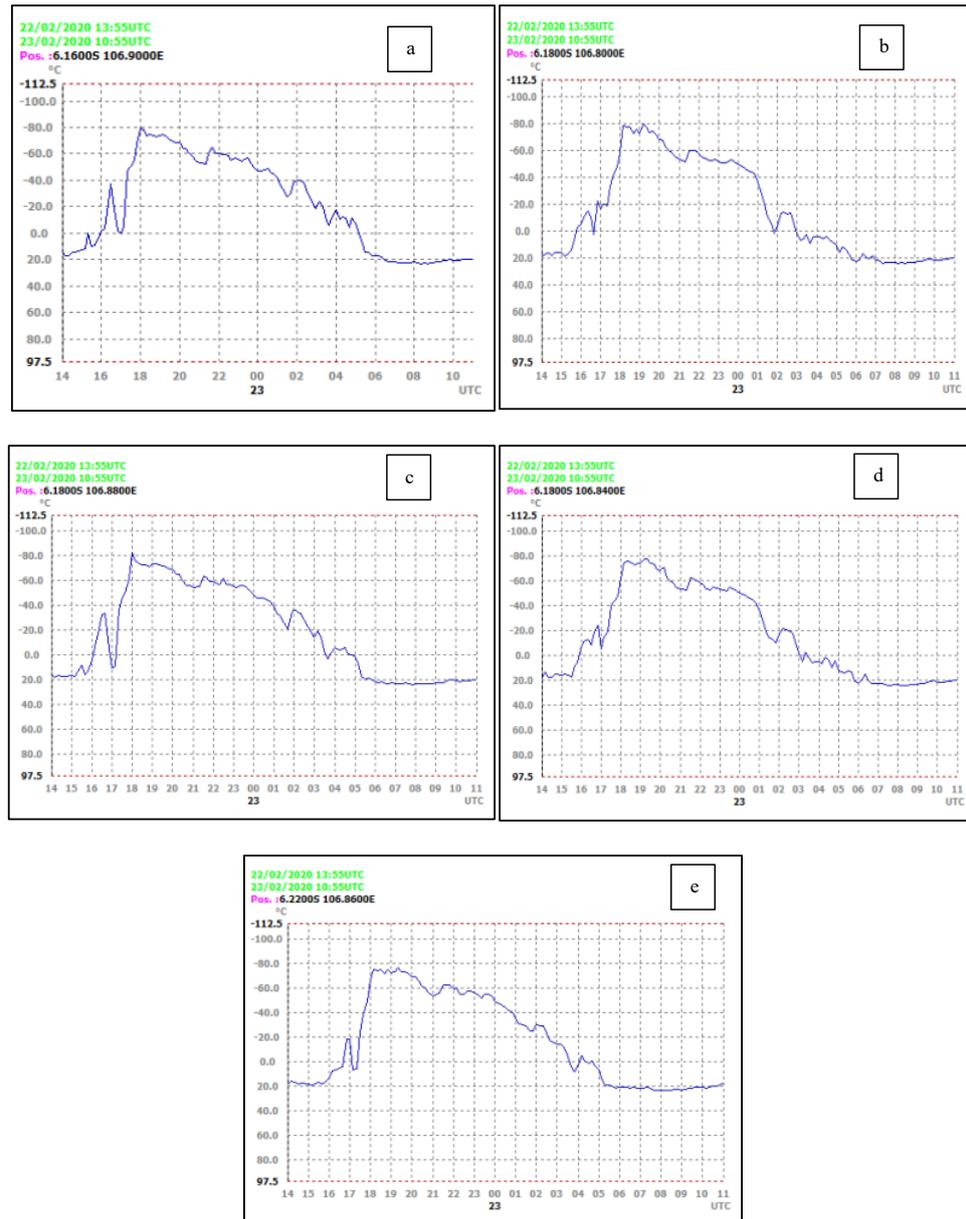
Pada pukul 18.00 UTC, awan yang terdapat pada kedua lokasi tersebut menyatu menjadi awan dengan cakupan yang luas. Awan yang berada di atas Serang dan DKI Jakarta merupakan percampuran antara awan yang tebal mengandung es dengan awan tebal yang mengandung air. Awan ini merupakan jenis awan tinggi dengan suhu puncak yang sangat dingin.



Gambar 8. Pertumbuhan awan Cumulonimbus di Wilayah Serang (Kotak Kuning) dan DKI Jakarta (Kotak Putih)

3.3.2. Grafik *Time Series*

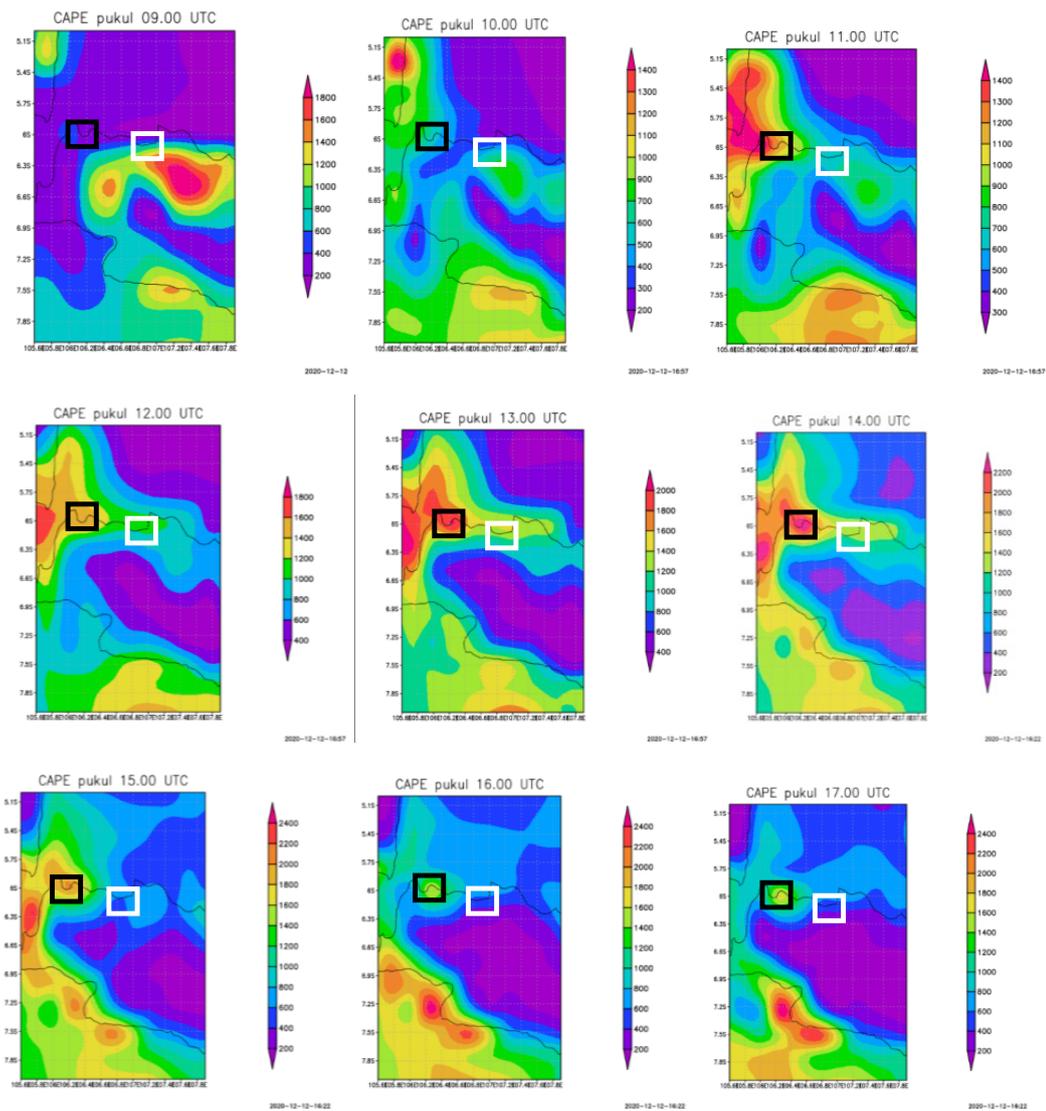
Berdasarkan grafik (Gambar 9), untuk seluruh titik kota wilayah DKI Jakarta fase pertumbuhan awan dimulai pada pukul 15.00 UTC. Kemudian pada sekitar pukul 18.00 UTC, awan mengalami fase matang dengan suhu puncak awan mencapai -80°C (193 K). Fase matang ini bertahan hingga sekitar pukul 20.00 UTC, kemudian mulai meluruh pada pukul 21.00 UTC dan suhu puncak awan dibawah *freezing level* pada pukul 03.00 UTC hingga 05.00 UTC.



Gambar 9. Grafik time series di seluruh titik Wilayah DKI Jakarta (a) Jakarta Utara (b) Jakarta Barat (c) Jakarta Timur (d) Jakarta Pusat (e) Jakarta Selatan

3.4. CAPE (*Convective Available Potential Energy*)

Berdasarkan peta pada Gambar 10, nilai CAPE mulai mengalami kenaikan pada pukul 10.00 UTC di wilayah Serang dan DKI Jakarta. Nilai CAPE dikategorikan lemah apabila <1000 J/kg kemudian dikategorikan moderat apabila berkisar antara $1000-2500$ J/kg serta nilai CAPE dikategorikan kuat apabila nilai CAPE >2500 J/kg [7]. Pada pukul 14.00 UTC, nilai CAPE di wilayah Serang mencapai >2200 J/kg yang menandakan ketidakstabilan moderat-kuat sedangkan di wilayah DKI Jakarta mencapai $1200-1400$ J/kg yang menandakan ketidakstabilan moderat. Selanjutnya pada pukul 15.00-17.00 UTC, nilai CAPE menurun di kedua wilayah, dengan wilayah Serang memiliki nilai sekitar $1400-1600$ J/kg dan wilayah DKI Jakarta memiliki nilai sekitar $200-600$ J/kg. Hal ini menandakan bahwa atmosfer mulai berubah menjadi stabil setelah pembentukan awan, dimana dibuktikan dengan adanya pelemahan ketidakstabilan atmosfer di wilayah Serang menjadi moderat sedangkan di wilayah DKI Jakarta menjadi lemah.



Gambar 10. Peta nilai CAPE di Wilayah Serang (Kotak Hitam) dan DKI Jakarta (Kotak Putih)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, diperoleh :

1. Hujan lebat di wilayah DKI Jakarta disebabkan karena adanya belokan angin yang menyebabkan kondisi atmosfer tidak stabil sehingga memperbesar potensi terbentuknya awan konvektif.
2. Berdasarkan *time series* citra satelit Himawari-8, terdapat awan *cumulonimbus* yang mulai tumbuh pada tanggal 22 Februari 2020 pukul 15.00 UTC (22.00 WIB). Awan mulai meluruh pukul 20.00 UTC (03.00 WIB) hingga 01.00 UTC (08.00 WIB) keesokan harinya tanggal 23 Februari 2020.
3. Berdasarkan Teknik *24-Hours Microphysics*, terlihat bahwa terdapat awan *cumulonimbus* yang mengandung es dan air di wilayah Serang, Banten dan DKI Jakarta. Kedua awan tersebut menyatu sehingga membuat intensitas hujan semakin lebat dan durasi waktu hujan semakin lama.
4. Berdasarkan pengukuran curah hujan dengan ARG di wilayah DKI Jakarta, hujan mulai berdurasi sekitar pukul 14.00-16.00 UTC dan mulai berhenti sekitar pukul 23.00-01.00 UTC. Curah hujan tertinggi mencapai 118,4 mm/jam sehingga dapat dikategorikan sebagai curah sangat lebat (>20mm/jam) yang tercatat pada ARG Manggarai, Jakarta Selatan.

5. Nilai CAPE yang menunjukkan ketidakstabilan moderat-kuat (>2200 J/kg dan 1200-1400 J/kg), mengindikasikan bahwa terdapat potensi energi yang cukup besar dalam proses pertumbuhan awan *cumulonimbus*. Awan *cumulonimbus* ini membawa curah hujan yang sangat lebat (mencapai 118,4 mm/jam) yang menyebabkan bencana banjir di DKI Jakarta.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Agung Hari Saputra, S.Tr., M.Chet sebagai dosen mata kuliah fisika awan serta Bapak Aditya Mulya, S.ST, M.Si sebagai dosen mata kuliah praktik satelit cuaca yang telah memberikan ilmu kepada penulis sehingga dapat melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] L. N. Fu'adah, A. D. P. Ariyanto, H. H. Samsuri, dan I. R. Nugraheni, Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Wilayah Bogor, Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya, vol. 3, 2018, p. 163.
- [2] K. Sulton, W. Laksita, Analisis Hujan Lebat Dengan Menggunakan Data Citra Satelit Di Kabupaten Banjarnegara (Studi Kasus 18 Juni 2016), Jurnal Material dan Energi Indonesia, vol. 08 no.1, 2018, 29–35.
- [3] K. Husna, M. A. Munandar, Analisis Nilai Convective Available Potential Energy (CAPE) Selama Tahun 2013-2016 Terhadap Hujan di Jakarta, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang, vol. 1, 2017, 30–33.
- [4] Kiki, S. Wirahma, Analisis Hujan Lebat Tanggal 27 September 2017 Di DKI Jakarta, Jurnal Sains Teknologi Modifikasi Cuaca, vol. 18 no.2, 2017, p. 51.
- [5] V. A. Rizkiafama, T. K. Dzikiro, dan A. Safril, Pemanfaatan Data Satelit Himawari-8 Serta Data Curah Hujan Dan Hari Hujan Bulanan Dalam Analisis Kejadian Banjir Kota Padang, 9 September 2017 Dan 26 September 2018, Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya, vol. 3, 2018, p. 264.
- [6] R. M. Putra, A. Zakir, C. A. D. Permata, L. F. Aiqiu, dan A. N. Azzahra, Penentuan Batas Ambang CAPE dan K Indeks Terhadap Prediksi Awan Cumulonimbus dan Badai Guntur di Surabaya Periode 2010-2014, Prosiding Seminar Hari Meteorologi Dunia 2016, 2016, pp. 96–108.
- [7] R. Hadiansyah, A. L. Indranata, A. K. Silitonga, dan P. A. Winarso, Kajian Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Hujan Ekstrem di Padang Sumatera Barat (Studi Kasus Tanggal 14 Februari 2018), Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya, vol. 3, 2019, p. 246.
- [8] P. Ismail, M. A. Munandar, Analisis Kondisi Atmosfer Pada Fenomena Hujan Sangat Lebat di Jakarta (Studi Kasus 21 Februari 2017), Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya, 2017, 196–202.
- [9] JMA, Himawari 24-Hours Microphysics RGB Quick Guide. http://www.jma.go.jp/jma/satellite/VLab/RGB_QG.html. 10 January 2021.