

## Analisis Kondisi Atmosfer, Indeks Labilitas, dan Citra Satelit Saat Kejadian Puting Beliung di Pontianak Kalimantan Barat (Studi Kasus 17 Juli 2020)

Rino Wijatmiko Saragih<sup>1✉</sup>, Arizka Sri Asmita<sup>2</sup>, Andika Rahmawaty Widayana<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Program Stasiun Meteorologi Majene, Majene, Sulawesi Barat, Indonesia

<sup>3</sup>PStasiun Meteorologi Komodo Manggarai Barat, Manggarai Barat, NTT, Indonesia

### Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima:  
1 November 2020

Disetujui:  
23 Desember 2020

Dipublikasikan:  
28 Desember 2020

Keywords:  
*Tornado, Satellite  
Image, Radiosonde.*

### ABSTRAK

Puting beliung yang terjadi di Pontianak, Kalimantan Barat pada tanggal 17 Juli 2020 menyebabkan ratusan rumah rusak dan juga beberapa gedung sekolah. Penulisan ini menggunakan metode penelitian deskriptif analitis. Data yang digunakan yaitu data pengamatan udara permukaan, data udara atas radiosonde, serta data citra satelit. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kejadian puting beliung ini diakibatkan oleh perubahan kondisi udara permukaan seperti penurunan suhu udara sebesar 6.6°C, kenaikan tekanan udara sebesar 1.8 hPa serta peningkatan kecepatan angin mencapai 10 knot. Pada beberapa indeks seperti indeks LI menunjukkan nilai labilitas cukup tinggi yaitu -3.1 dan indeks KI bernilai 3.35. Indeks TT pada hari kejadian menunjukkan nilai yang lebih besar daripada dua hari sebelumnya yaitu 45.2 °C. Indeks labilitas lain yaitu SWEAT yang cukup tinggi yaitu 207.8 mendukung terjadinya tornado dan sistem *thunderstorm*. Indeks CAPE sebesar 1002.4 J/kg menunjukkan adanya potensi energi yang cukup dalam proses konveksi. Hasil data citra satelit menunjukkan pola tutupan awan konvektif mencapai -79 °C yang berada di daerah Pontianak dan terdapat pola awan berbentuk V yang sangat mendukung terjadinya puting beliung saat itu.

### ABSTRACT

*A tornado that occurred in Pontianak, West Kalimantan on July 17, 2020, damaged hundreds of houses as well as several school buildings. This paper using a descriptive analytical research method. The data used are surface observation data, data on radiosonde, and satellite image data. The data analysis show that the occurrence of tornadoes is caused by changes in surface air conditions such as a decrease in air temperature of 6.6 °C, an increase in air pressure of 1.8 hPa, and an increase in wind speed of up to 10 knots. In several indices such as the LI index which shows a fairly high lability value, namely -3.1 and KI index which is 33.5. TT index on the day of the incident shows a value greater than the two previous days, namely 45.2 °C. Another lability index is SWEAT index value which is quite high, namely 207.8 which supports the occurrence of tornadoes and thunderstorm systems. CAPE index is 1002.4 J / kg, indicates that there is sufficient energy potential in the convection process. The results of satellite imagery data show a convective up to -79 °C in the Pontianak area and there is a V-shaped cloud pattern which strongly supports the occurrence of tornadoes at that time.*

## PENDAHULUAN

Berdasarkan laporan berita Kompas dan liputan6, kejadian puting beliung yang terjadi di wilayah Pontianak, Kalimantan Barat hari Jumat tanggal 17 Juli 2020 malam hari menyebabkan setidaknya 300 rumah dan sekolah rusak (Ridlo, 2020; Cipta, 2020). Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2010), fenomena angin puting beliung adalah angin kencang yang berputar yang keluar dari awan Cumulonimbus dengan kecepatan lebih dari 34.8 knots atau 64.4 Km/jam dan terjadi dalam waktu yang singkat. Fenomena puting beliung tersebut membuat banyaknya bangunan yang terdampak menjadi rusak. Kerusakan bangunan yang cukup banyak ini juga bisa disebabkan oleh klas kerentanan yang rendah pada setiap bangunan menyebabkan banyaknya bangunan yang rusak akibat puting beliung (Putra, 2015).

Analisis kejadian puting beliung telah dilakukan oleh beberapa penelitian. Pada penelitian Rachmi (Rachmi & Hermansyah, 2016) telah melakukan analisis untuk angin puting beliung / *waterspout* yang terjadi di wilayah Tarakan. Dalam kajian penelitian tersebut menunjukkan kondisi atmosfer pada saat sebelum, saat dan sesudah kejadian tersebut berlangsung. Terjadinya peningkatan suhu udara satu jam sebelum kejadian berlangsung dan juga terjadi kenaikan rata – rata tekanan udara pada saat kejadian puting beliung berlangsung. Angin puting beliung yang terjadi di Tarakan tersebut sifatnya sangat lokal, tidak merata dan datang dalam waktu yang cukup singkat, akan tetapi kejadian ini masih dapat dilakukan analisisnya. Dalam memprakiraan kejadian cuaca buruk seperti fenomena puting beliung dapat digunakan data hasil pengamatan sounding dari hasil pengamatan Radiosonde. Radiosonde merupakan alat elektronik yang digunakan untuk mengamati parameter cuaca yang terdiri dari unsur parameter meteorologi. Radiosonde ini juga dilengkapi dengan *transmitter dan receiver*. *Transmitter* ini dilengkapi dengan sensor pengukur cuaca lapisan atas yang diterbangkan dengan bantuan balon udara yang diisi dengan gas hidrogen. Hasil pengamatan radiosonde ini juga tidak hanya dapat menentukan akan terjadinya puting beliung atau tidak, tetapi peralatan ini juga berguna untuk melakukan analisis kondisi cuaca buruk pada suatu wilayah (Mannu, 2014). Analisis kejadian puting beliung sebelumnya juga telah dilakukan pada wilayah Pontianak (Silitonga dkk., 2017) juga menggunakan data indeks labitas dan juga data hasil pengamatan synoptik stasiun meteorologi terdekat. Penelitian tersebut menunjukkan kondisi atmosfer yang berbeda dibandingkan penelitian sebelumnya oleh Rachmi (Rachmi & Hermansyah, 2016). Kondisi atmosfer pada saat kejadian puting beliung terdapat penurunan suhu udara saat sebelum kejadian tersebut berlangsung. Hal tersebut juga diikuti dengan kenaikan tekanan udara pada saat kejadian. Hasil pengamatan radiosonde memiliki kesamaan yaitu menunjukkan terdapat kondisi lapisan udara yang cukup labil. Selain melihat kondisi atmosfer dan labilitas udara serta pengamatan data citra satelit kejadian angin puting beliung juga dapat dideteksi menggunakan radar Cuaca *Doppler C-band*(CDR), seperti pada kejadian di wilayah siborong-borong (Darmawan & Matondang, 2013), selain itu radar ini juga dapat mendeteksi pergerakan debu abu gunung vulkanik (Irwandi dkk., 2019).

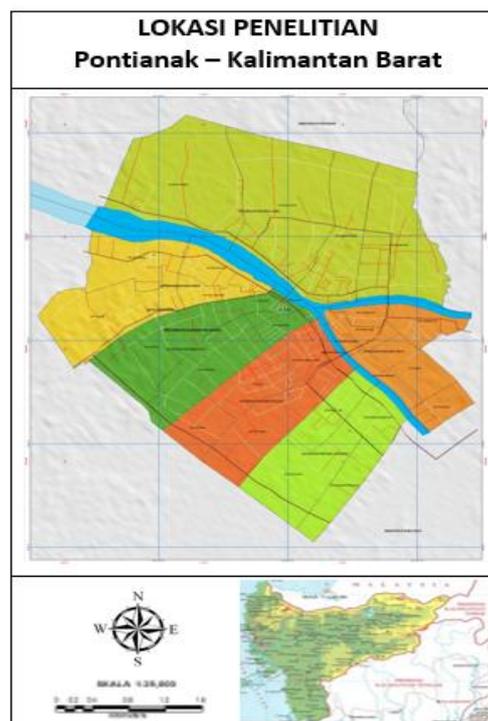
Penulisan ini bertujuan untuk melakukan identifikasi terhadap fenomena angin puting beliung yang terjadi di Pontianak pada tanggal 17 Juli 2020 dan untuk menunjukkan apakah terdapat perbedaan yang terjadi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya menggunakan data pengamatan udara permukaan synoptik. Dilakukan perbandingan data pengamatan udara permukaan synoptik berupa suhu, tekanan udara dan kecepatan angin dua hari sebelum kejadian dan saat kejadian. Hal tersebut bertujuan untuk melihat perbedaan nilai yang cukup signifikan sebagai tanda terjadinya puting beliung. Selanjutnya melihat hasil pengamatan udara atas radiosonde dari stasiun meteorologi Pontianak. Hasil pengamatan ini yang akan menentukan nilai-nilai labilitas kondisi atmosfer lapisan atas untuk menentukan potensi terjadinya puting beliung. Dalam tulisan Wilson dan Scoggins (Wilson dan Scoggins, 1976) menyatakan bahwa bahwa seorang ahli cuaca harus memperhatikan indeks ketidakstabilan udara untuk memahami pola cuaca konvektif. Jika udaranya

tidak stabil, maka kecenderungan udaranya akan cukup lembab. Sebaliknya jika udara dalam kondisi stabil, kecenderungan udaranya tidak terlalu lembab. Rumus yang digunakan oleh Wilson dikenal dengan *SWEAT Index (Severe Weather Threat)* (Wilson dan Scoggins, 1976). Penelitian Yudistira (Yudistira dkk., 2019) juga melihat indeks labilitas udara dalam penelitian menganalisis landspout di Sumenep Jawa Timur. Hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa kondisi labilitas atmosfer berdasarkan analisa udara bagian atas menunjukkan bahwa labilitas tersebut akan memicu terjadinya beliung.

Hasil pengamatan citra satelit juga dilakukan, pengamatan ini bertujuan untuk melihat tutupan awan dilokasi penelitian pada saat kejadian puting beliung. Hasil olahan data citra satelit dari BMKG ini dengan menggunakan data aplikasi SATAID (*Sattelite Animation and Interactive Diagnosis*) (Harsa dkk., 2011) yang dapat menampilkan data dari hasil citra satelit pada kanal *Infra Red (IR)*, yang selanjutnya dilakukan interpretasi kualitatif untuk menentukan posisi dan suhu awan dari citra satelit saat terjadinya bencana puting beliung. Beberapa hasil pengamatan tersebut diharapkan dapat menentukan penyebab terjadinya puting beliung di wilayah Pontianak pada tanggal 17 Juli 2020.

## METODE

Lokasi penelitian yang dikaji adalah wilayah Kota Pontianak yang merupakan ibukota Provinsi Kalimantan Barat. Kota Pontianak terletak di lintasan garis khatulistiwa, tepatnya antara  $0^{\circ}02'24''$  LU -  $0^{\circ}01'37''$  LS dan  $109^{\circ}16'25''$  BT -  $109^{\circ}23'04''$  BT seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

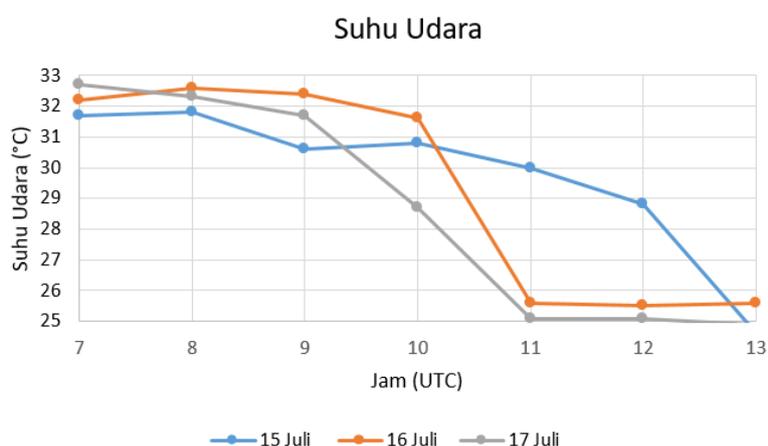
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan udara permukaan (sinoptik) tanggal 15 Juli 2020 sampai 17 Juli 2020 pada pukul 07.00 UTC – 13.00 UTC meliputi data pengamatan suhu udara permukaan, tekanan udara permukaan serta kecepatan angin. Selanjutnya data yang digunakan adalah data pengamatan udara atas (radiosonde) yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Supadio Pontianak, serta data citra satelit Himawari-8 yang diperoleh dari BMKG (sumber: ftp://202.90.199.115).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini bersifat deskriptif analisis yaitu mengumpulkan informasi terkait suatu kejadian untuk mengetahui penyebab terjadinya fenomena tersebut. Teknik pengolahan data yang dilakukan yaitu mengolah data pengamatan udara permukaan pada dua hari sebelum terjadi puting beliung bertujuan untuk melihat perbedaan kondisi udara permukaan sebelum dan sesaat terjadi puting beliung. Teknik pengolahan data selanjutnya dilakukan adalah pengamatan udara atas radiosonde dari Stasiun Meteorologi Supadio Pontianak dengan Microsoft Excel dan menggunakan aplikasi RAOBs (Nurrohman & Tjasyono, 2016) untuk mencari indeks *Lifting Index* (LI), *K Index* (KI), *Total Totals Index* (TT), *Severe Weather Threat* (SWEAT), dan *Convective Available Potential Energy* (CAPE) untuk mengetahui kondisi atmosfer. Kondisi atmosfer ini akan memperlihatkan hasil berupa indeks labilitas udara yang mendukung terjadinya cuaca buruk seperti puting beliung (Zakir dkk., 2010). Tahap akhir yaitu melakukan interpretasi data satelit Himawari-8 kanal IR dengan resolusi spasial 2 km dan resolusi temporal 10 menit yang diolah menggunakan aplikasi Satellite Animation and Interactive Diagnosis (SATAID) (Harsa dkk., 2011) versi GMSLPD dengan fitur analisis *tropical cyclone* untuk memperoleh gambaran pertumbuhan awan konvektif yang menyebabkan terjadinya puting beliung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Pengamatan Udara Permukaan

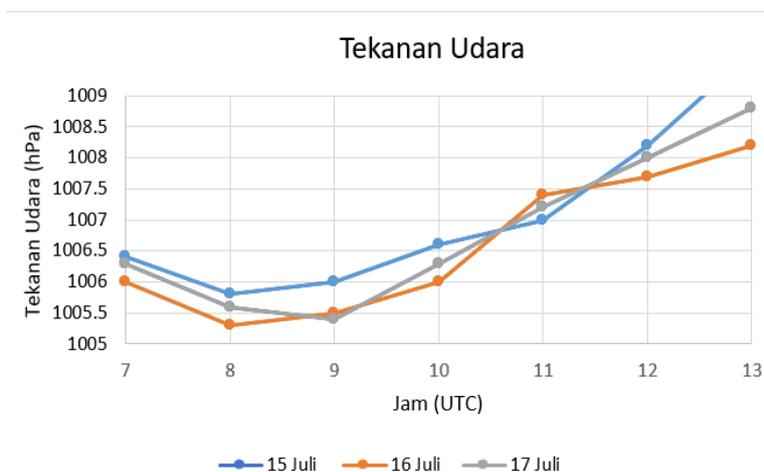
Berdasarkan data pengamatan suhu udara pada hari kejadian puting beliung tanggal 17 Juli 2020 seperti ditunjukkan pada Gambar 2 mengindikasikan adanya penurunan suhu yang signifikan pada pukul 09.00 hingga 11.00 UTC, dengan penurunan sebesar  $6.6^{\circ}\text{C}$ . Hal ini mengindikasikan adanya pembentukan awan konvektif yang terlihat dari data citra satelit. Tutupan awan konvektif ini berpotensi menghasilkan hujan dan cuaca buruk lainnya sehingga menghalangi radiasi matahari ke permukaan bumi dan menyebabkan penurunan suhu udara. Sementara, kondisi suhu udara dua hari sebelum terjadi kejadian puting beliung menunjukkan pola yang normal dan tidak ada penurunan yang signifikan.



Gambar 2. Data suhu udara, 15-17 Juli 2020

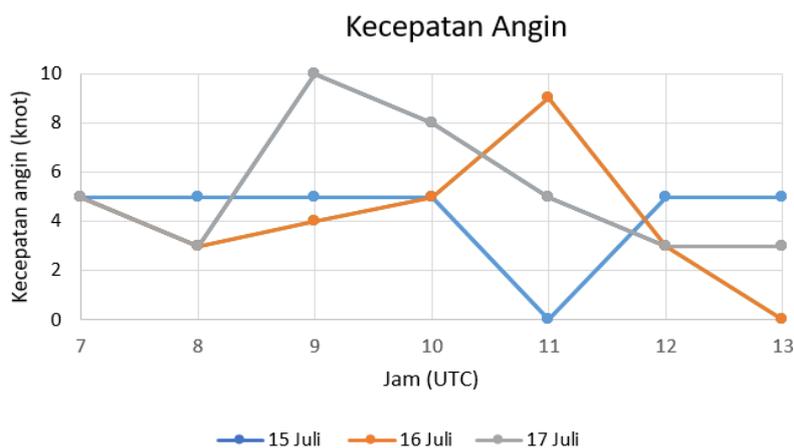
Berdasarkan data tekanan udara pada hari kejadian puting beliung tanggal 17 Juli 2020 yang ditunjukkan oleh Gambar 3 menunjukkan adanya kenaikan tekanan udara pada pukul 09.00 hingga 11.00 UTC sebesar 1.8 hPa, serta dua hari sebelum kejadian juga terlihat adanya kenaikan tekanan udara. Hal ini menunjukkan perbedaan dengan kajian sebelumnya (Utama dkk., 2018) dimana tekanan udara cenderung menurun saat kejadian puting beliung berlangsung. Tekanan udara yang rendah dapat membuat massa udara berkumpul di lokasi yang dilalui. Kenaikan nilai tekanan udara ini diakibatkan oleh penurunan suhu udara, dimana nilai suhu udara berbanding terbalik dengan

nilai tekanan. Penurunan suhu udara ini diakibatkan oleh tutupan awan pada saat kejadian puting beliung.



Gambar 3. Data tekanan udara, 15-17 Juli 2020

Berdasarkan data kecepatan angin pada tanggal 17 Juli 2020 yang ditunjukkan oleh Gambar 4 terlihat adanya kecepatan angin maksimum sebesar 10 knot (20 km/jam) pada pukul 09.00 UTC ( $\pm$  satu setengah jam) sebelum kejadian puting beliung berlangsung. Kecepatan ini meningkat sebesar 7 knot (14 km/jam) dari pukul 08.00 UTC, yang menunjukkan salah satu karakteristik puting beliung, dimana akan terjadi angin kencang sebelum terjadinya puting beliung. Setelah itu terlihat adanya penurunan kecepatan angin seiring dengan berakhirnya fenomena tersebut. Hal ini berbeda dengan data kecepatan angin dua hari sebelum kejadian, dimana tidak terlihat adanya perubahan kecepatan angin yang signifikan.



Gambar 4. Data kecepatan angin, 15-17 Juli 2020

### Analisis Pengamatan Udara Atas Radiosonde

Berdasarkan hasil analisis labilitas udara menggunakan indeks labilitas pada dua hari sebelum kejadian dan pada hari kejadian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. menunjukkan adanya peningkatan nilai indeks labilitas pada beberapa indeks seperti Lifting Index (LI) yang menunjukkan nilai labilitas cukup tinggi pada hari kejadian yaitu -3.1 yang berarti kemungkinan besar badai guntur dan kilat muncul. Nilai ini memiliki perbedaan dengan penulisan Rachmi (Rachmi & Hermansyah, 2016) sebelumnya yaitu -7.6 dan penulisan Silitonga (Silitonga dkk., 2017) sebelumnya yang memiliki nilai -4.3. Ambang nilai batas dalam penulisan ini telah memperlihatkan kondisi atmosfer yang labil (Zakir dkk., 2010). Kemudian berdasarkan *K Index* (KI) yang digunakan untuk identifikasi potensi timbulnya awan badai guntur (Wirjohamidjojo & Swarinoto, 2013) menunjukkan nilai KI yang lebih besar pada hari kejadian daripada hari sebelumnya yang menunjukkan potensi timbulnya awan badai guntur mencapai 80%. *Total Totals Index* (TT) pada hari kejadian menunjukkan nilai yang lebih besar daripada dua hari sebelumnya yaitu 45.2 °C, sedangkan indeks TT hari sebelumnya adalah 41 °C dan 42.6 °C. Nilai *Total Totals Index* (TT) ini memiliki sedikit perbedaan dalam penelitian Silitonga (Silitonga dkk., 2017) sebelumnya yang memiliki nilai *Total Totals Index* sebesar 46.3 °C, tetapi nilai ini tetap dapat berpengaruh dalam pembentukan kondisi labilitas atmosfer. Nilai *Total Totals Index* (TT) yang lebih besar ini dapat diartikan bahwa pada hari kejadian terjadi konvektif kuat dan terdapat potensi kejadian petir lokal (Zakir dkk., 2010).

Analisis indeks SWEAT dan CAPE

Tabel 1. Nilai indeks LI, KI, dan TT tanggal 15, 16, 17 Juli 2020

Tanggal	Jam	LI	KI	TT
15	00	0.36	33.5	42.6
16	00	-0.93	32.2	41
17	00	-3.1	33.5	45.2

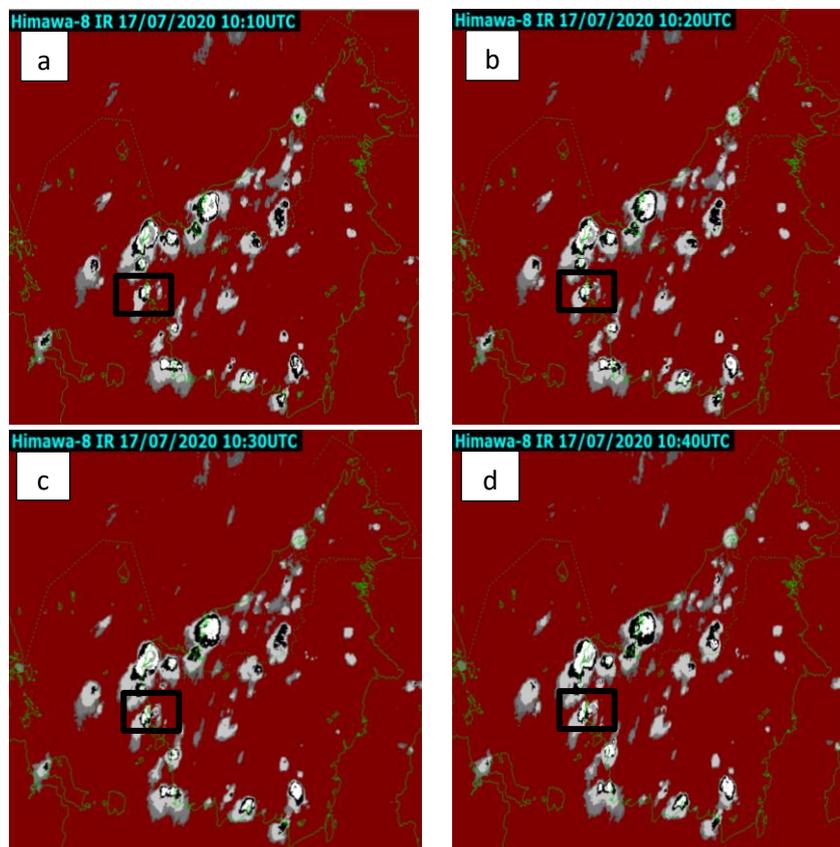
Nilai indeks *Severe Weather Threat* (SWEAT) pada Tabel 2. digunakan untuk memprediksi tornado dan sistem *thunderstorm* atau menandai keadaan atmosfer yang memungkinkan terjadinya kondisi cuaca buruk (Wirjohamidjojo & Swarinoto, 2013). Nilai indeks SWEAT berdasarkan tabel di atas tidak menunjukkan adanya proses konveksi tetapi nilai pada hari kejadian lebih tinggi daripada dua hari sebelum kejadian. Kemudian indeks *Convective Available Potential Energy* (CAPE) yang cukup tinggi pada hari kejadian yaitu 1002.4 J/kg. Rentang nilai CAPE antar 1000 - 2500 menunjukkan adanya potensi energi yang cukup dalam proses konveksi yang dapat menyebabkan intensitas badai sedang (Zakir dkk., 2010).

Tabel 2. Nilai indeks SWEAT dan CAPE tanggal 15, 16, 17 Juli 2020

Tanggal	Jam	SWEAT	CAPE
15	00	173.8	34
16	00	171.8	218
17	00	207.8	1002.4

### Analisis Interpretasi Citra Satelit Menggunakan Aplikasi SATAID

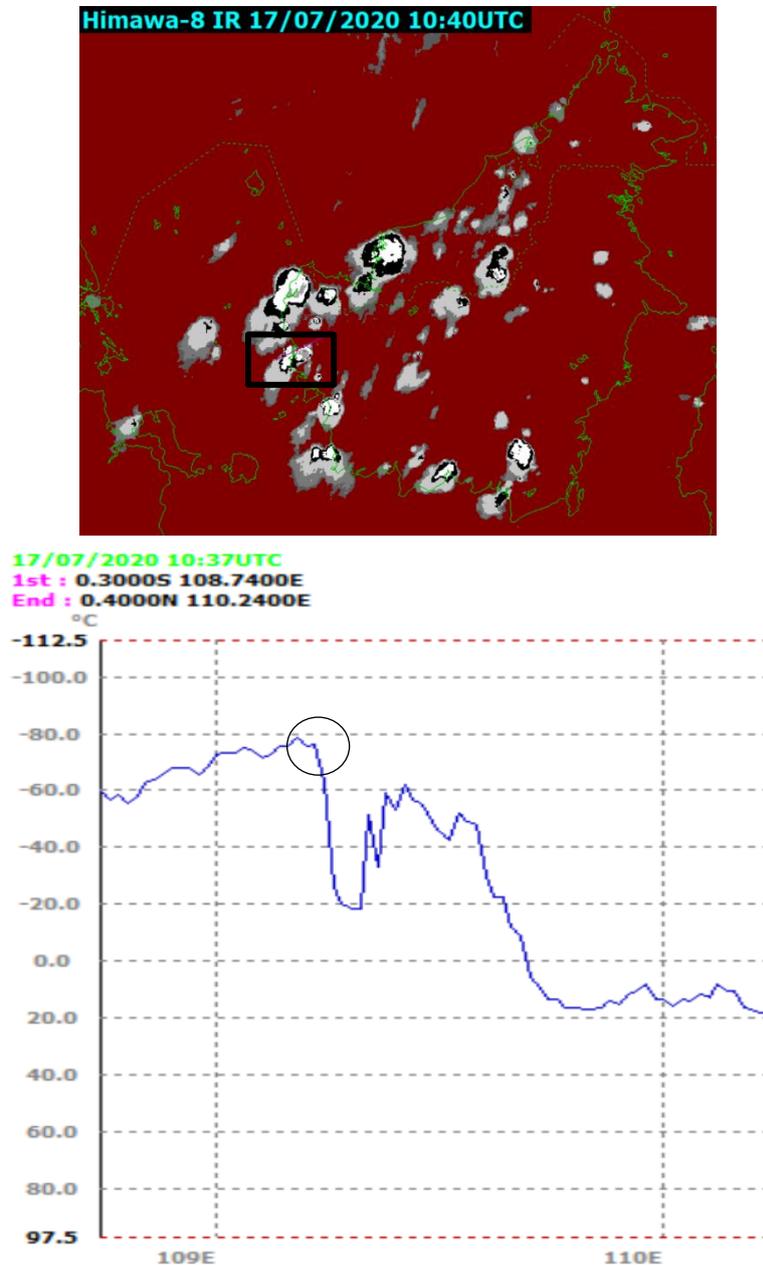
Berdasarkan data citra satelit tanggal 17 Juli 2020 yang diolah menggunakan aplikasi SATAID versi GMSLPD yang memiliki fitur analisa untuk *tropical cyclone* terlihat adanya pertumbuhan awan konvektif kuat yang berpotensi menimbulkan terjadinya puting beliung di daerah Pontianak pada pukul 10.40 UTC. Puting beliung dengan durasi singkat yang menghancurkan ratusan rumah dan sekolah ini dapat dilihat pada pola tutupan awan yang terlihat pada Gambar 5 yang ditandai dengan adanya pola bulatan berwarna hitam yang mengelilingi warna putih. Pada Gambar 5.a. mulai terlihat adanya awan yang membentuk pola bulatan namun masih dalam skala kecil dan lokasinya di bawah Kota Pontianak. Kemudian pada Gambar 5.b. terlihat pola tutupan awan yang membentuk bulatan hitam mulai membentuk skala yang lebih besar. Lalu pada Gambar 5.c. terlihat pola tutupan awan yang semakin mendekati daerah Pontianak. Gambar 5.d. menunjukkan adanya pola tutupan awan berbentuk lingkaran hitam yang berada di daerah Pontianak yang mengindikasikan adanya kejadian puting beliung. Hal ini sesuai dengan penelitian (Harsa dkk., 2011) yang menyatakan kondisi awan dingin dengan pola lingkaran hitam dikelilingi warna putih berpotensi menimbulkan puting beliung.



Gambar 5. a. Pola tutupan awan berdasarkan citra satelit pada pukul 10.10 UTC  
 b. Pola tutupan awan berdasarkan citra satelit pada pukul 10.20 UTC  
 c. Pola tutupan awan berdasarkan citra satelit pada pukul 10.30 UTC  
 d. Pola tutupan awan berdasarkan citra satelit pada pukul 10.40 UTC

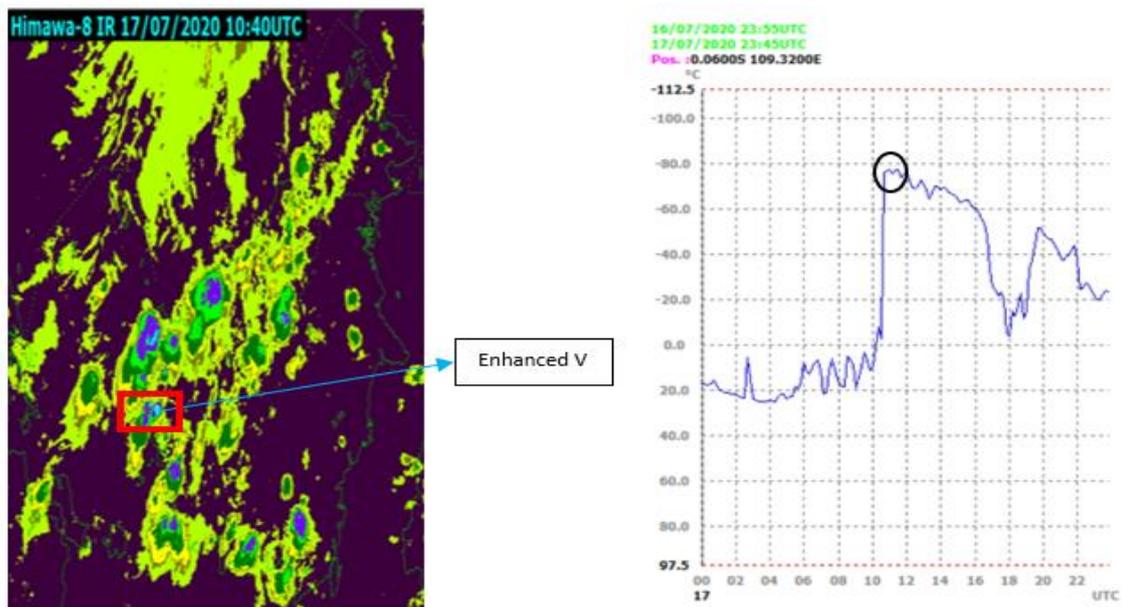
Gambar 6.a. menunjukkan kondisi tutupan awan saat terjadinya puting beliung di Kota Pontianak yaitu pada pukul 10.40 UTC. Suhu puncak awan yang ditunjukkan oleh kotak hitam pada Gambar 6.a. saat kejadian puting beliung 17 Juli 2020 ditampilkan pada Gambar 6.b. Pada gambar terlihat adanya penurunan suhu puncak awan yang mencapai  $-79^{\circ}\text{C}$ . Suhu yang sangat

rendah ini mengindikasikan adanya pembentukan awan konvektif kuat (Cumulonimbus) yang berpotensi menimbulkan kejadian puting beliung, dimana suhu puncak awan Cumulonimbus pada fase matang berkisar antara  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Janwar & Munandar, 2016).



Gambar 6. a. Kondisi tutupan awan saat kejadian puting beliung 17 Juli 2020 10.40 UTC  
 b. Data suhu puncak awan pada kotak hitam Gambar 6.a.

Kejadian puting beliung yang terjadi pada tanggal 17 Juli 2020 pukul 10.40 UTC dapat dilihat berdasarkan pola tutupan awan konvektif yang terdapat di daerah Pontianak ditunjukkan oleh Gambar 7. Selain itu, pola awan yang berbentuk V dengan suhu sangat rendah yaitu mencapai  $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$  yang ditunjukkan oleh Gambar 7.b. juga mengindikasikan adanya puting beliung di wilayah tersebut. Hal ini sesuai dengan penelitian (Silitonga dkk., 2017) yang menyatakan bahwa kondisi enhanced V pada tutupan awan menandakan adanya potensi cuaca buruk seperti puting beliung.



Gambar 7. a. Kondisi enhanced V pada tutupan awan saat kejadian puting beliung 17 Juli 2020 10.40 UTC  
 b. Data suhu puncak awan pada kotak merah

## SIMPULAN

Kejadian puting beliung pada 17 Juli 2020 pukul 10.40 UTC di daerah Pontianak yang disebabkan adanya penurunan suhu signifikan antara pukul 09.00 UTC dan 11.00 UTC yang menunjukkan adanya proses pendinginan permukaan dan pembentukan awan konvektif yang menimbulkan kejadian puting beliung. Peningkatan kecepatan angin permukaan sebesar 14 knot sebelum kejadian dan penurunan kecepatan angin setelah kejadian puting beliung juga menjadi pemicu terjadinya fenomena alam ini. Kondisi atmosfer yang labil saat kejadian ditunjukkan oleh hasil pengamatan udara atas radiosonde dimana nilai *Lifting Index* (LI) -3.1, untuk nilai *K Index* (KI) yaitu 33.5, dan nilai *Total Index* (TT) yaitu 45.2 °C, serta nilai *Convective Available Potential Energy* (CAPE) yaitu 1002.8 J/kg kondisi ini sangat mendukung terjadinya puting beliung (Zakir dkk., 2010), tetapi nilai *Severe Weather Threat* (SWEAT) yaitu sebesar 207.8 kurang mendukung untuk proses terjadinya puting beliung. Proses konveksi kuat dan terdapat peluang terjadinya *thunderstorm* sangat mendukung terjadinya puting beliung. Data citra satelit menunjukkan pola tutupan awan konvektif dengan suhu sangat rendah yaitu mencapai -79 °C yang berada di daerah Pontianak dan terdapat pola awan berbentuk V yang sangat mendukung terjadinya puting beliung.

## REFERENSI

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2010). *Prosedur Standar Operasi Pelaksanaan Peringatan Dini Pelaporan dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrim*. 1–16.
- Cipta, H., 2020, 300 Rumah di Pontianak Rusak Diterjang Angin Puting Beliung, <https://pontianak.kompas.com/read/2020/07/18/15502291/300-rumah-di-pontianak-rusak-diterjang-angin-puting-beliung>, di akses 10 Oktober 2020
- Darmawan, Y., & Matondang, C. A. (2013). Sensitivitas Radar Cuaca Doppler C-Band (Cdr) Terhadap Kejadian Angin Puting Beliung Di Kecamatan Siborongborong Tanggal 29 Januari 2013. *Prosiding Workshop Radar Dan Satelit Cuaca, I*(Dec 2013).
- 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), 197–205.
- Irwandi, I., Ihamsyah, Y., Permana, D. S., Haloho, M. P., Prasetyo, B., & Dana, I. N. (2019). Application of C-band Doppler Weather Radar (CDR) for Detecting Volcanic Ash Dispersion of Sinabung Eruption 19 February 2018. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 273(1).
- Janwar, M., & Munandar, M. A. (2016). Identifikasi Karakteristik Awan Cumulonimbus dengan menggunakan Satelit (Studi Kasus Puting Beliung Juanda, Sidoarjo 04 Februari 2016). In *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* (Issue September). Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Mannu, D. M. A. (2014). Analisa Kondisi Cuaca pada Saat Terjadinya Kecelakaan Pesawat di Pantai Un, Tual. In *Jurnal Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Nurrohman, faqih, & Tjasyono, B. (2016). Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat Di Wilayah Makassar (Studi Kasus Bulan Desember 2013 – 2014). *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 3(2), 18–24.
- Putra, K. P. B. (2015). Analisis Kerentanan Bangunan terhadap Bencana Angin Puting Beliung di Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen. In *Publikasi Ilmiah*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rachmi, A. putri, & Hermansyah, M. (2016). Deskripsi Parameter Cuaca dan Stabilitas Udara Terkait Kejadian Waterspout Tarakan (Studi Kasus 26 Agustus 2015). *Prosiding Seminar Hari Meteorologi Dunia 2016*, 345–350.
- Ridlo, M., 2020, Puting Beliung Menerjang Pontianak Ratusan Rumah Rusak , <https://www.liputan6.com/regional/read/4309685/puting-beliung-menerjang-pontianak-ratusan-rumah-rusak>, diakses 10 Oktober 2020
- Silitonga, A. K., Saragin, I. J. A., & Saragih, R. W. (2017). *Deskripsi Parameter Cuaca Dan Stabilitas Udara Terkait Kejadian Angin Puting Beliung Pontianak (Studi Kasus 30 Agustus 2016)*. VI, SNF2017-EPA-23-SNF2017-EPA-30.
- Utama, I. N. W. W., Palguna, D., Mahubessy, R., Aditya, P., & Winarso, P. A. (2018). Kajian Kondisi Atmosfer Saat Kejadian Puting Beliung Di Yogyakarta (Studi Kasus 24 April 2018). *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)*, 3(April), 141.
- Wilson, G and Scoggins, J. (1976). *Atmospheric Structure And Variability In Areas Of Convective Storms Determined From 3-H Rawinsonde Data*. Texas A & M University, United States.
- Wirjohamidjojo, S., & Swarinoto, Y. S. (2013). *Meteorologi Sinoptik: Analisis dan Penaksiran Hasil Analisis Cuaca Sinoptik* (1st ed.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Yudistira, R. D., Mahubessy, R., Krisnawan, G. D., Wisnawa, G. G., Tirtanegara, I. M. K., Fadlan, A., & Wardoyo, E. (2019). Utilization of surface meteorological data, Himawari-8 satellite data, and radar data to analyze landspout in Sumenep, East Java, Indonesia (case study of 20 November 2017). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 374(1).
- Zakir, A., W. Sulistya, dan M.K. Khotimah, 2010, Perspektif Operasional Cuaca Tropis, Puslitbang BMKG, Jakarta.