

Analisis Karakteristik Puting Beliung di Kota Bandung Menggunakan Data Radar Cuaca

Ghaisa Afifah¹, Ahmad Fadlan^{1*}

¹ Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3301>

Article Info

Received : August, 12th 2026

Revised : August, 31st 2026

Accepted: September, 11th 2026

Correspondence:

Ahmad Fadlan

Phone: +6282120722436

Abstract: Puting beliung events are local-scale atmospheric phenomena that develop within a short period, making them difficult to observe through surface observations alone. Doppler weather radar provides information on convective cell development and associated wind dynamics. This study analyzes the radar characteristics of a puting beliung event in Bandung City on 4 November 2025 using CMAX, CAPPI reflectivity, CAPPI radial velocity, Severe Weather Index (SWI), and Volume Velocity Processing (VVP). C-band raw radar data from the BMKG Purwakarta weather radar were analyzed before, during, and after the event. Reflectivity increased before the event, reaching approximately 35 dBZ in CMAX and 25 dBZ in the 4-km CAPPI, then decreased afterward. The CAPPI radial velocity showed an outbound velocity of approximately 4 m/s and an inbound velocity of approximately -5 m/s in close proximity, forming a velocity couplet. The SWI showed clustered convergence, while the VVP indicated greater variations in wind direction and speed between vertical layers. These findings show that wind dynamics were not always reflected by reflectivity intensity, emphasizing the importance of multiproduct radar analysis. However, radar observations could not fully capture the growth and formation process of the puting beliung.

Keywords: Puting beliung, weather radar, CMAX, radial velocity, vertical wind shear

Citation: Afifah, G., & Fadlan, A. (2026). Analisis Karakteristik Puting Beliung di Kota Bandung Menggunakan Data Radar Cuaca. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(4), 5767-5774. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3301>

Pendahuluan

Indonesia merupakan wilayah yang rentan terhadap bencana hidrometeorologis, salah satunya angin puting beliung. Fenomena ini merupakan kejadian konvektif berskala lokal yang umumnya terbentuk dari awan Cumulonimbus, berlangsung dalam waktu singkat, dan memiliki kecepatan angin mencapai 34,8 knot atau sekitar 64,4 km/jam (BMKG, 2010). Ukurannya yang relatif kecil, perkembangan yang cepat, dan durasi yang singkat menyebabkan puting beliung sulit diamati hanya melalui pengamatan permukaan. Di Indonesia, kejadian puting beliung umumnya berkaitan dengan proses konvektif di sekitar zona konvergensi dan tidak selalu menunjukkan karakteristik tornado *supercell* (Kiki dkk., 2025a).

Jawa Barat merupakan salah satu wilayah dengan frekuensi kejadian puting beliung yang tinggi di Indonesia. Kompleksitas topografi berupa dataran rendah, perbukitan, dan pegunungan dapat mendukung pembentukan zona konvergensi dan pengangkatan orografis yang memicu pertumbuhan awan konvektif (Hidayat & Ningsih, 2020). Bandung Raya juga merupakan salah satu wilayah yang relatif sering mengalami puting beliung, dengan rata-rata 15-20 kejadian per tahun selama periode 2015-2024 (BPBD Jawa Barat, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pemahaman mengenai karakteristik atmosfer dan pola radar yang menyertai kejadian puting beliung di wilayah Jawa Barat, khususnya Kota Bandung.

Email: ahmad.fadlan@stmkg.ac.id

Radar cuaca Doppler berperan penting dalam analisis puting beliung karena mampu merekam struktur presipitasi dan pergerakan angin dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi, termasuk untuk identifikasi *whirl wind* menggunakan data volumetrik radar Doppler polarisasi tunggal di Indonesia (Ali & Hidayati, 2016). Produk CMAX dan CAPPI dapat digunakan untuk menganalisis perkembangan serta struktur sel konvektif, sedangkan *radial velocity* dapat mengidentifikasi pola aliran menuju dan menjauhi radar yang berkaitan dengan sirkulasi lokal. Produk VVP memberikan informasi profil angin vertikal, sementara SWI dapat digunakan sebagai indikator pendukung cuaca ekstrem (Rauber & Nesbitt, 2018; Putra & Rani, 2019). Namun, karakteristik radar pada kejadian puting beliung di Indonesia beragam dan tidak selalu menunjukkan *signature* klasik seperti reflektivitas tinggi, *hook echo*, *bow echo*, atau *mesocyclone* (Rusmala dkk., 2022). Hal tersebut menunjukkan perlunya interpretasi multiproduk yang mempertimbangkan reflektivitas, kecepatan radial, dan profil angin secara terpadu.

Pada 4 November 2025, angin puting beliung menerjang tiga kecamatan di Kota Bandung, yaitu Cinambo, Ujungberung, dan Cibiru. Berdasarkan laporan Diskominfo Kota Bandung (2025), kejadian tersebut menyebabkan 289 rumah mengalami kerusakan dan sekitar 900 jiwa terdampak, meskipun tidak terdapat korban jiwa. Besarnya dampak yang ditimbulkan menunjukkan pentingnya analisis terhadap karakteristik atmosfer dan pola radar yang menyertai kejadian tersebut.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kejadian angin puting beliung di Kota Bandung pada 4 November 2025 menggunakan produk CMAX, CAPPI reflektivitas, CAPPI *radial velocity*, SWI, dan VVP. Analisis difokuskan pada evolusi reflektivitas, pola *radial velocity*, serta perubahan arah dan kecepatan angin antarlapisan menjelang kejadian. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik radar yang menyertai kejadian puting beliung di Kota Bandung dan mendukung pemahaman mengenai penggunaan interpretasi multiproduk dalam analisis cuaca ekstrem.

Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data radar cuaca C-Band BMKG Purwakarta pada 4 November 2025 di sekitar waktu kejadian angin puting beliung di Kota Bandung. Data radar berupa *raw data* dengan parameter reflektivitas (Z) dan *radial velocity* (V), yang diperoleh dari Subbidang Pengolahan Citra Radar BMKG. Produk radar yang dianalisis meliputi CMAX, CAPPI reflektivitas, CAPPI *radial velocity*, SWI,

dan VVP. Data kejadian diperoleh dari informasi resmi BMKG dan digunakan sebagai acuan dalam menentukan waktu dan lokasi kejadian.

Data *raw radar* berformat *.vol diolah menggunakan Rainbow 5 dan RainDart dengan pola pemindaian *Volume Coverage Pattern* (VCP) 21. Pola VCP menentukan konfigurasi pemindaian volume radar, termasuk sudut elevasi dan karakteristik pengambilan sampel atmosfer pada berbagai ketinggian. Strategi pemindaian volume dapat memengaruhi kerapatan pengamatan, terutama pada lapisan atmosfer bawah yang penting dalam pemantauan konveksi (Kingfield & French, 2022). Analisis dilakukan secara temporal terhadap produk CMAX dan CAPPI reflektivitas untuk melihat perkembangan struktur dan intensitas sel konvektif (Rusmala et al., 2022). CAPPI *radial velocity* digunakan untuk menganalisis pola pergerakan dan sirkulasi angin (Rusmala et al., 2022), sedangkan VVP digunakan untuk memperoleh profil angin sehingga perubahan arah dan kecepatan angin terhadap ketinggian dapat diamati (Tyagi & Das, 2025). Produk SWI digunakan sebagai informasi pendukung dalam mengidentifikasi kondisi cuaca ekstrem (Astiduari et al., 2016). Selanjutnya, seluruh produk dianalisis secara terpadu untuk mengidentifikasi karakteristik atmosfer yang menyertai kejadian angin puting beliung di Kota Bandung pada 4 November 2025.

Penelitian berfokus pada wilayah Kota Bandung, Jawa Barat, pada kejadian angin puting beliung tanggal 4 November 2025. Data radar dianalisis dalam rentang waktu sekitar satu jam dari waktu kejadian untuk melihat perkembangan kondisi atmosfer sebelum, saat, dan setelah kejadian.

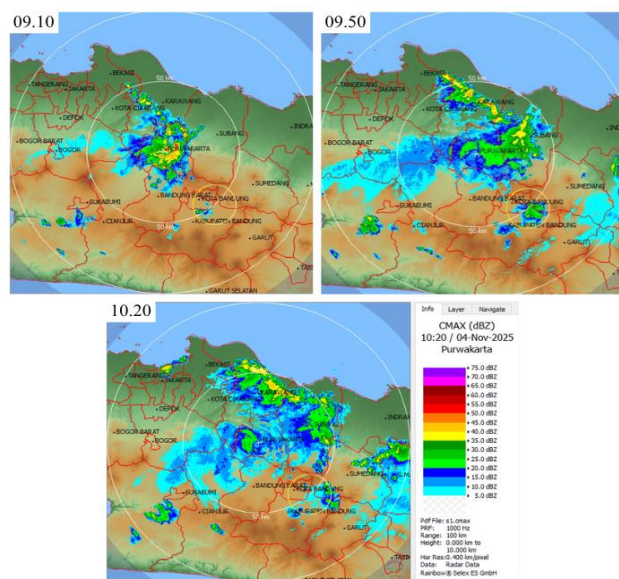
Hasil dan Diskusi

CMAX

Produk CMAX menunjukkan perkembangan sel konvektif yang berasosiasi dengan kejadian angin puting beliung di Kota Bandung pada 4 November 2025. Sebelum kejadian, sel konvektif di sekitar lokasi masih relatif kecil dan tersebar dengan reflektivitas maksimum sekitar 30 dBZ. Menjelang waktu kejadian, area *echo* mengalami perluasan dan reflektivitas meningkat hingga sekitar 35 dBZ pada pukul 09.50 UTC. Setelah kejadian, reflektivitas di sekitar lokasi menurun hingga sekitar 7 dBZ, disertai pergeseran inti *echo* dengan reflektivitas lebih tinggi ke arah timur.

Perubahan tersebut menunjukkan adanya perkembangan dan kemudian pelemahan aktivitas konvektif pada periode pengamatan. Namun, peningkatan reflektivitas sekitar 5 dBZ dalam waktu 40 menit tergolong terbatas dibandingkan dengan perkembangan dinamika angin menunjukkan bahwa intensitas *echo* tidak dapat digunakan sebagai indikator

tunggal untuk mengidentifikasi karakteristik kejadian puting beliung.

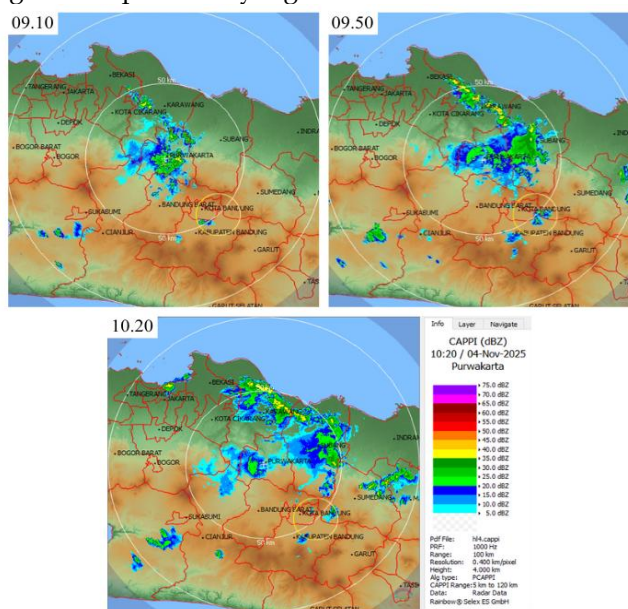


Gambar 1. Citra radar produk CMAX pada kejadian angin puting beliung di Kota Bandung tanggal 4 November 2025, dengan lingkaran kuning sebagai lokasi kejadian

CAPPI Reflektivitas dan *Radial Velocity*

Pada ketinggian 4 km, produk CAPPI reflektivitas memperlihatkan pola yang konsisten dengan CMAX namun dengan intensitas yang relatif rendah. Pada pukul 09.10 UTC, reflektivitas maksimum berada di sekitar 20 dBZ dengan cakupan *echo* yang

terbatas. Menjelang waktu kejadian, reflektivitas meningkat menjadi sekitar 25 dBZ pada pukul 09.50 UTC dan disertai perluasan area *echo*. Setelah kejadian, reflektivitas kembali menurun hingga sekitar 7 dBZ dan inti *echo* bergeser menjauhi lokasi kejadian.



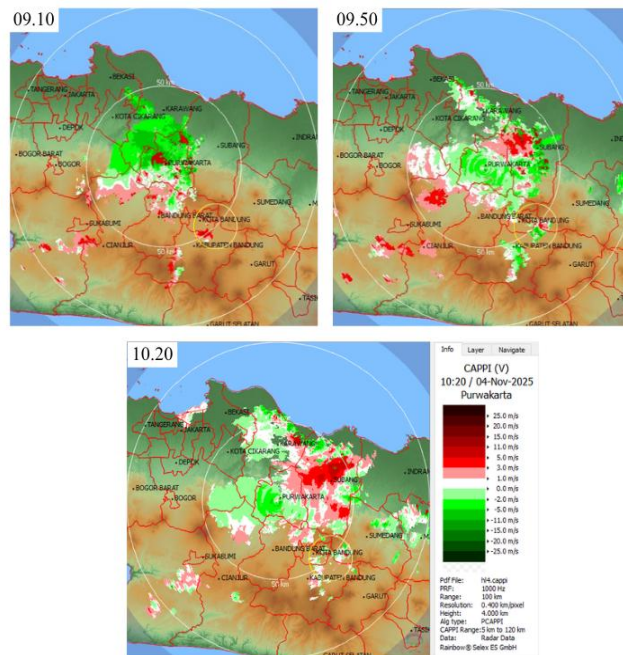
Gambar 2. Citra radar produk CAPPI (dBZ) pada ketinggian 4 km saat kejadian angin puting beliung di Kota Bandung tanggal 4 November 2025. Lingkaran kuning menunjukkan lokasi kejadian.

Berbeda dengan pola reflektivitas, produk CAPPI *radial velocity* memperlihatkan perubahan pola aliran yang lebih jelas menjelang waktu kejadian. Pada pukul 09.10 UTC, wilayah sekitar lokasi didominasi oleh

aliran *outbound* dengan kecepatan sekitar 5 m/s. Pada pukul 09.50 UTC, terlihat pasangan aliran *outbound* sekitar 4 m/s dan *inbound* sekitar -5 m/s yang berdekatan secara spasial. Konfigurasi tersebut

membentuk *velocity couplet* yang mengindikasikan adanya gradien kecepatan radial yang lebih kuat di sekitar lokasi kejadian. Setelah kejadian, pasangan aliran tersebut masih teridentifikasi, tetapi intensitasnya melemah menjadi sekitar 2 m/s pada komponen

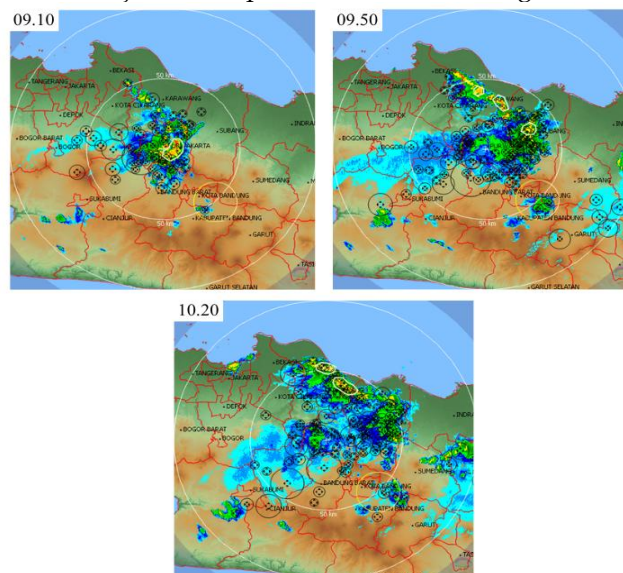
outbound dan -1 m/s pada komponen *inbound*. Pelemahan tersebut berlangsung bersamaan dengan menurunnya reflektivitas sehingga mengindikasikan berkurangnya aktivitas konvektif dan dinamika aliran di sekitar lokasi kejadian.



Gambar 3. Citra radar produk CAPPI (V) pada ketinggian 4 km saat kejadian angin puting beliung di Kota Bandung tanggal 4 November 2025. Lingkaran kuning menunjukkan lokasi kejadian.

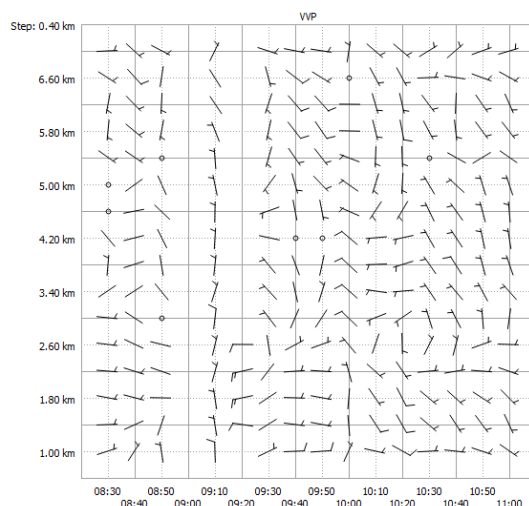
Produk SWI memperlihatkan pola konvergensi di sekitar lokasi selama periode pengamatan. Konvergensi telah teridentifikasi sejak awal periode dan cenderung meningkat mendekati waktu kejadian. Pada periode tersebut juga terdapat area divergensi di sekitar wilayah konvergensi. Setelah kejadian, pola

konvergensi masih teridentifikasi meskipun reflektivitas dan kontras *radial velocity* telah mengalami pelemahan. Kondisi ini menunjukkan bahwa pola aliran permukaan atau lapisan yang direpresentasikan oleh SWI tidak selalu mengalami perubahan secara bersamaan dengan intensitas *echo* radar.



Gambar 4. Citra radar produk CMAX overlay SWI pada ketinggian 4 km saat kejadian angin puting beliung di Kota Bandung tanggal 4 November 2025. Lingkaran kuning menunjukkan lokasi kejadian.

VVP



Gambar 5. Produk VVP pada kejadian angin puting beliung di Kota Bandung tanggal 4 November 2025

Produk VVP memperlihatkan perubahan struktur angin vertikal menjelang waktu kejadian. Pada awal periode pengamatan, arah angin antarlapisan relatif seragam meskipun terdapat beberapa lapisan dengan kekosongan data. Variasi arah dan kecepatan angin mulai meningkat sekitar pukul 09.30 UTC dan semakin terlihat pada pukul 09.40–09.50 UTC. Peningkatan variasi vektor angin antarlapisan tersebut mengindikasikan perubahan struktur angin vertikal yang berasosiasi dengan peningkatan *vertical wind shear*. Kondisi ini berlangsung berdekatan dengan kemunculan *velocity couplet* pada CAPPI *radial velocity*. Setelah kejadian, variasi vektor angin masih teramati pada beberapa ketinggian, tetapi tidak ditemukan pola yang cukup konsisten untuk mengidentifikasi *downdraft* secara jelas.

Sintesis Perkembangan Kejadian

Integrasi seluruh produk radar menunjukkan bahwa perkembangan kejadian berlangsung melalui perubahan karakteristik konvektif dan dinamika angin yang tidak sepenuhnya tercermin oleh perubahan reflektivitas. Menjelang kejadian, CMAX dan CAPPI menunjukkan peningkatan serta perluasan *echo* konvektif. Pada periode yang sama, CAPPI *radial velocity* memperlihatkan kemunculan *velocity couplet*, SWI menunjukkan pengelompokan pola konvergensi, sedangkan VVP memperlihatkan peningkatan variasi arah dan kecepatan angin antarlapisan. Kombinasi tersebut menunjukkan bahwa perkembangan kejadian tidak hanya berkaitan dengan perubahan intensitas presipitasi, tetapi juga melibatkan perubahan struktur dan dinamika aliran atmosfer. Setelah kejadian, reflektivitas, kontras *radial velocity*, dan keteraturan struktur angin secara umum mengalami pelemahan,

meskipun pola konvergensi pada SWI masih teridentifikasi. Perbedaan respons antarproduk tersebut menunjukkan bahwa setiap produk radar merepresentasikan aspek atmosfer yang berbeda sehingga interpretasi kejadian puting beliung lebih tepat dilakukan secara terpadu.

Pembahasan

Temuan utama penelitian ini adalah adanya perbedaan antara perkembangan intensitas reflektivitas dan karakteristik dinamika angin selama kejadian. Pada waktu kejadian, reflektivitas CAPPI berada pada kisaran 25 dBZ dan reflektivitas maksimum CMAX sekitar 35 dBZ, sedangkan CAPPI *radial velocity* memperlihatkan pasangan kecepatan sekitar 4 m/s (*outbound*) dan -5 m/s (*inbound*) yang berdekatan secara spasial. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan intensitas *echo* tidak selalu berlangsung sebanding dengan perubahan struktur aliran di sekitar sel konvektif.

Kemunculan *velocity couplet* yang berdekatan dengan peningkatan Variasi angin vertikal yang ditunjukkan oleh VVP dan pengelompokan pola konvergensi pada SWI mengindikasikan adanya peran dinamika angin dalam perkembangan kejadian. Namun, selisih kecepatan radial pada *velocity couplet* yang teramati, yaitu sekitar 4 m/s pada sisi *outbound* dan -5 m/s pada sisi *inbound* dengan selisih total sekitar 9 m/s, masih berada di bawah ambang yang umumnya digunakan untuk mengidentifikasi *Tornadic Vortex Signature* (TVS) pada radar Doppler. Identifikasi TVS tidak hanya mempertimbangkan besarnya selisih kecepatan, tetapi juga kedekatan spasial pasangan kecepatan, persistensi pola, serta kemunculannya pada beberapa sudut elevasi dan *scan* secara berturut-turut

(Zinnbauer dan Houser, 2026). Jika dibandingkan dengan karakteristik radar pada kejadian puting beliung lainnya di Indonesia (Kiki dkk., 2025a), *velocity couplet* pada kasus ini tergolong lemah. Oleh karena itu, pola kecepatan radial yang teramati lebih tepat dipahami sebagai gradien aliran atau konvergensi berskala meso yang berkaitan dengan sel konvektif, tanpa menunjukkan struktur yang cukup kuat untuk mengonfirmasi keberadaan mesosiklon atau tornado klasik.

Tidak ditemukannya struktur reflektivitas seperti *hook echo* atau *bow echo* juga menunjukkan bahwa identifikasi kejadian puting beliung tidak dapat hanya didasarkan pada bentuk reflektivitas. Hal tersebut menjadi penting karena fenomena puting beliung dapat berkembang pada lingkungan konvektif dengan struktur radar yang tidak selalu memperlihatkan karakteristik klasik. Oleh karena itu, penggunaan beberapa produk radar secara bersamaan memberikan informasi yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan reflektivitas saja.

Interpretasi hasil penelitian ini perlu mempertimbangkan keterbatasan pengamatan radar. Lokasi kejadian berada sekitar 53,5 km dari radar Purwakarta sehingga peningkatan ukuran *radar beam* terhadap jarak dapat mengurangi kemampuan radar dalam merepresentasikan struktur atmosfer berskala kecil (McRoberts & Nielsen-Gammon, 2017). Kondisi topografi di wilayah Bandung juga berpotensi menghasilkan *beam blockage*, terutama pada elevasi rendah. Oleh karena itu, analisis CAPPI dalam penelitian ini difokuskan pada ketinggian 4 km untuk memperoleh representasi struktur atmosfer yang lebih dapat diinterpretasikan.

Selain faktor geometris radar, proses interpolasi dalam pembentukan produk CAPPI dan interval pemindaian volume radar dapat menyebabkan fitur yang berlangsung sangat singkat atau berskala sangat kecil tidak sepenuhnya teridentifikasi. Dengan demikian, *velocity couplet* yang ditemukan dalam penelitian ini diperlakukan sebagai indikasi perubahan gradien kecepatan radial dan tidak digunakan sebagai bukti definitif keberadaan *mesocyclone* maupun *Tornadic Vortex Signature* (Kiki dkk., 2025b).

Kesimpulan

Kejadian angin puting beliung di Kota Bandung pada 4 November 2025 menunjukkan bahwa radar cuaca belum mampu menggambarkan seluruh proses pertumbuhan dan pembentukan puting beliung secara menyeluruh. Meskipun intensitas reflektivitas relatif rendah, dengan maksimum sekitar 35 dBZ pada CMAX dan 25 dBZ pada CAPPI ketinggian 4 km, CAPPI *radial velocity* menunjukkan *velocity couplet* sekitar 4 m/s

(*outbound*) dan -5 m/s (*inbound*) pada waktu kejadian, yang berasosiasi dengan pola konvergensi pada SWI dan peningkatan variasi angin vertikal pada VVP. Temuan tersebut menunjukkan pentingnya analisis multiproduk radar dalam mengidentifikasi perubahan reflektivitas, struktur aliran, dan profil angin yang menyertai kejadian puting beliung. Namun, *velocity couplet* yang teramati belum cukup untuk memastikan keberadaan *mesocyclone* atau *Tornadic Vortex Signature* sehingga diperlukan data dan analisis tambahan untuk mengidentifikasi struktur sirkulasi secara lebih definitif.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) atas penyediaan data radar cuaca C-Band yang digunakan dalam penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam proses pengolahan data, analisis, dan penyusunan penelitian ini.

Referensi

- Ali, A., & Hidayati, S. (2016). Whirl wind detection and identification in Indonesia utilizing single polarization Doppler weather radar volumetric data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, 1221-1227. doi:10.5194/isprsarchives-XLI-B8-1221-2016
- Astiduari, I. G. A. P. P., & Budiarti, M. (2016). Interpretasi potensi curah hujan dari awan konvektif dengan menggunakan radar Doppler dan satelit MTSAT (studi kasus puting beliung di Kabupaten Bangli, Bali tanggal 10 Maret 2015). *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2016*, 873-880.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2010). *Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika tentang prosedur standar operasional pelaksanaan peringatan dini, pelaporan, dan diseminasi informasi cuaca ekstrem* (KEP.009 Tahun 2010). Indonesia: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Jawa Barat. (2024). *Laporan kejadian bencana Provinsi Jawa Barat periode 2015-2024*. Bandung, Indonesia: Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Jawa Barat.
- Diskominfo Kota Bandung. (2025, November 6). *Puting beliung terjang tiga kecamatan, Wali Kota Bandung pastikan bantuan cepat tiba*. Retrieved from Jabarprov.

- Hidayat, R., & Ningsih, N. S. (2020). Karakteristik spasial dan temporal puting beliung di Indonesia periode 2010–2019. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 21(1), 25–34.
- Kiki, K., Koesmaryono, Y., Hidayat, R., Permana, D. S., & Perdinan. (2025a). Puting beliung: Understanding Indonesia's small-scale tornadoes and the path forward—A literature review. *International Journal of Disaster Management*, 8(1), 13–26. doi:10.24815/ijdm.v8i1.42056
- Kiki, Koesmaryono, Y., Hidayat, R., Permana, D. S., & Perdinan, P. (2025b). Comparative analysis of weather radar signatures of Puting Beliung in Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 26(2), 157–170. doi:10.31172/jmg.v26i2.1180
- Kingfield, D. M., & French, M. M. (2022). The influence of WSR-88D intra-volume scanning strategies on thunderstorm observations and warnings in the dual-polarization radar era: 2011–20. *Weather and Forecasting*, 37(2), 283–301. doi:10.1175/WAF-D-21-0127.1
- McRoberts, D. B., & Nielsen-Gammon, J. W. (2017). Detecting beam blockage in radar-based precipitation estimates. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 34(7), 1407–1422. doi:10.1175/JTECH-D-16-0174.1.
- Putra, R. M., & Rani, N. A. (2019). *Sekilas radar cuaca dilengkapi pengolahan data radar cuaca*. Jakarta, Indonesia: Perpustakaan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Rauber, R. M., & Nesbitt, S. W. (2018). *Radar meteorology: A first course*. John Wiley & Sons.
- Rusmala, I., Zikri, R., Rahman, R. N., Ansori, M. I. R., Nugraheni, I. R., & Ali, A. (2022). Identification of small tornado event using weather radar and Himawari-8 products (case study: Puting Beliung event on November 22, 2018 in Jakarta). *Proceedings of the 2nd International Conference on Tropical Meteorology and Atmospheric Science*, 15–20.
- Tyagi, V., & Das, S. (2025). Evaluation of Doppler weather radar derived VVP wind profiles. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 4727–4731. doi:10.1109/IGARSS55030.2025.11243692
- Zinnbauer, J., & Houser, J. L. (2026). An analysis of radar distance in TVS detection and tornado warning efficiency. *Journal of Operational Meteorology*, 14(5), 42–71. doi:10.15191/nwajom.2026.1405