

**ANALISIS KEJADIAN *PULSE STORM*
DI DAERAH BANDUNG SELATAN JAWA BARAT
BERDASARKAN DATA *CAMPAIGN TRANSPORTABLE
X-BAND DOPPLER RADAR (STUDI KASUS: 16 MARET 2017)*
ANALYSIS ON THE PULSE STORM EVENT
IN THE SOUTH BANDUNG WEST JAVA
BASED ON THE TRANSPORTABLE X-BAND DOPPLER RADAR
CAMPAIGN DATA (CASE STUDY: MARCH 16, 2017)**

Ginaldi Ari Nugroho^{1*}, Tiin Sinatra¹, Trismidianto¹

¹ Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

*e-mail: ginaldi.ari@lapan.go.id

Diterima 8 Mei 2018; Direvisi 20 Februari 2019; Disetujui 13 Mei 2019

ABSTRACT

Pulse storm is a term to mention the occurrence of storms that have a short duration with the nature of its weak updraft. The results of the Transportable X-Band Radar campaign were able to capture a pulse storm at a location 25 km southwest from a radar position. Convective core with echo value > 50 dBZ is detected at 4 km altitude but has a weak updraft so that it dissipated in the next 40 minutes. This convective activity is also showed by convective index value as well as TBB value from Himawari satellite data in those area. The microburst effect showed from the surface wind shear that expand along + 6.6 km with the edge of the area experiencing high wind with maximum speed from combined shear showed up to 14.5 m/s. This microburst category is dry microburst based on the increase in precipitation value from AWS surface data.

Keywords: *Pulse storm, microburst, Transportable X-Band Radar, wind shear*

ABSTRAK

Pulse storm adalah istilah untuk menyebutkan kejadian badai yang memiliki durasi yang singkat dengan sifat *updraft*-nya yang lemah. Hasil *campaign Transportable X-Band Radar* mampu menangkap adanya *pulse storm* di lokasi sebelah barat daya 25 km dari posisi radar. Inti konvektif dengan nilai *echo* > 50 dBZ terdeteksi di ketinggian 4 km, tetapi memiliki *updraft* yang lemah sehingga terdissipasi setelah 40 menit. Aktivitas konvektif ini didukung nilai indeks konvektif serta TBB dari data satelit Himawari di daerah tersebut. Efek *microburst* terlihat dari data *wind shear* permukaan sepanjang + 6,6 km dengan daerah pinggir dari luasan tersebut mengalami *high wind* dengan kecepatan maksimum *combined shear* mencapai 14,5 m/s. Kategori *microburst* yang terdeteksi adalah *dry microburst* yang terlihat dari adanya kenaikan nilai curah hujan dari data AWS permukaan.

Kata kunci: *Pulse storm, microburst, Transportable X-Band Radar, wind shear*

1 PENDAHULUAN

Pulse storm adalah istilah untuk menyebutkan kejadian badai yang memiliki durasi yang singkat. Badai ini memiliki durasi yang singkat karena memiliki sifat *updraft* yang lemah. Terminologi dari *pulse storm* pada awalnya digunakan untuk mendeskripsikan anomali dari badai disertai guntur (*thunderstorm*) dengan massa udara yang kuat disertai oleh aktivitas konvektif yang kompleks. Namun, terkadang penggunaan *pulse storm* juga digunakan untuk mendeskripsikan badai yang tidak berbahaya, badai yang hanya memiliki satu sel dengan durasi singkat (Cerniglia dan Snyder, 2002; Miller dan Petrolito, 2008).

Terdapat beberapa tulisan yang menyarankan untuk memisahkan terminologi *pulse thunderstorm* dari *weakly forced thunderstorm* yang dapat menyebabkan cuaca buruk (*severe weather*). Sementara *weakly forced thunderstorm* adalah badai yang terbentuk dalam skala *homogen* (lokal) dengan gerak dinamis ke atas yang rendah (Miller dan Mote, 2016).

Jika dibandingkan dengan tipe badai lainnya, *pulse storm* lebih bersifat sederhana dalam hal aktivitas konvektif. Aktivitas aliran ke atas relatif rendah secara gradual sepanjang aktivitas presipitasi di dalam inti badai dan akhirnya presipitasi akan mencapai permukaan disertai *downdraft* (Fukao dan Hamazu, 2014).

Pulse storm pada umumnya memiliki durasi yang singkat, yakni sekitar tiga puluh menit hingga satu jam dengan aktivitas konvektif lokal. *Pulse storm* biasanya terjadi menjelang sore hari pada kondisi massa udara memiliki nilai temperatur serta kelembapan yang tinggi. Siklus *pulse storm* memiliki tiga tahap, yakni tahap *cumulus*, *mature*, dan disipasi (Byres dan Braham, 1949).

Efek berbahaya dari *pulse storm* ini adalah pada saat proses disipasi badai. Saat *pulse storm* mulai meluruh

atau terdisipasi akan menyebabkan adanya *microburst*. *Microburst* adalah fenomena ketika terdapat *downburst* disertai dengan *outburst* serta angin kencang yang menyebar hingga 4 km atau kurang, tetapi dapat menghasilkan angin hingga mencapai 75 m/s (Fujita, 1985). *Pulse storm* juga memiliki potensi kejadian petir yang tinggi (Ashley dan Gilson, 2009).

Pembagian *microburst* terdiri dari dua kategori, yakni *dry microburst* dan *wet microburst*. *Dry microburst* adalah *microburst* yang disertai dengan sedikit hujan atau bahkan tanpa hujan dari *onset* hingga puncak angin kencang. Kejadian ini biasanya disertai dengan virga dari awan-awan *altocumulus* atau awan menengah, yaitu memiliki dasar awan yang tinggi dan puncak awan yang rendah. Sementara *wet microburst* adalah *microburst* yang disertai oleh hujan antara *onset* hingga puncak angin kencang. *Microburst* ini biasanya dihasilkan dari presipitasi yang intens dari suatu badai (Rodi *et al.*, 1983; Wolfson, 1983; Wakimoto, 1985).

Pengamatan aliran *downburst* dari suatu *microburst* menggunakan radar Doppler dapat dilakukan dengan menganalisis gradien data dari kecepatan Doppler pada sudut elevasi rendah (Uyeda dan Zrnić, 1986). Jika terdapat kecepatan Doppler yang divergensi mencapai 10 m/s dalam jarak 4 km, maka dapat ditandai sebagai *microburst* (Wilson *et al.*, 1984). Wolfson *et al.* (1994) membuat peringatan operasional adanya *microburst* di komunitas penerbangan dengan menggunakan nilai ambang kecepatan 15 m/s atau lebih cepat dalam jarak horizontal 4 km.

LAPAN *Transportable X-Band Doppler Radar* adalah radar Doppler yang dipasang pada kendaraan bus roda empat untuk melakukan pengamatan cuaca di lokasi yang berbeda. LAPAN *Transportable Radar* telah

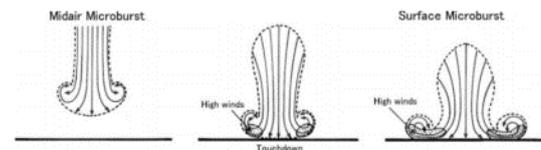
melakukan observasi di beberapa daerah di pulau Jawa Indonesia terkait penelitian atmosfer (Sinatra *et al.*, 2014).

Pada kajian ini akan dibahas tentang hasil observasi radar di daerah Bandung, terutama hasil observasi tanggal 16 Maret 2017 dimana terdapat hasil deteksi *echo* yang muncul dan berakhir secara tiba-tiba yang diduga sebagai *pulse storm*.

2 DATA DAN METODOLOGI

Untuk mengetahui apakah *echo* tersebut merupakan *pulse storm*, maka terlebih dahulu dilakukan analisis hasil deteksi berdasarkan ciri-ciri dari suatu *pulse storm*. Ciri dari *pulse storm* yaitu memiliki satu sel konvektif dengan tiga tahapan siklus yakni *cumulus*, *mature*, dan disipasi (Cerniglia dan Snyder, 2002; Byres dan Braham, 1949).

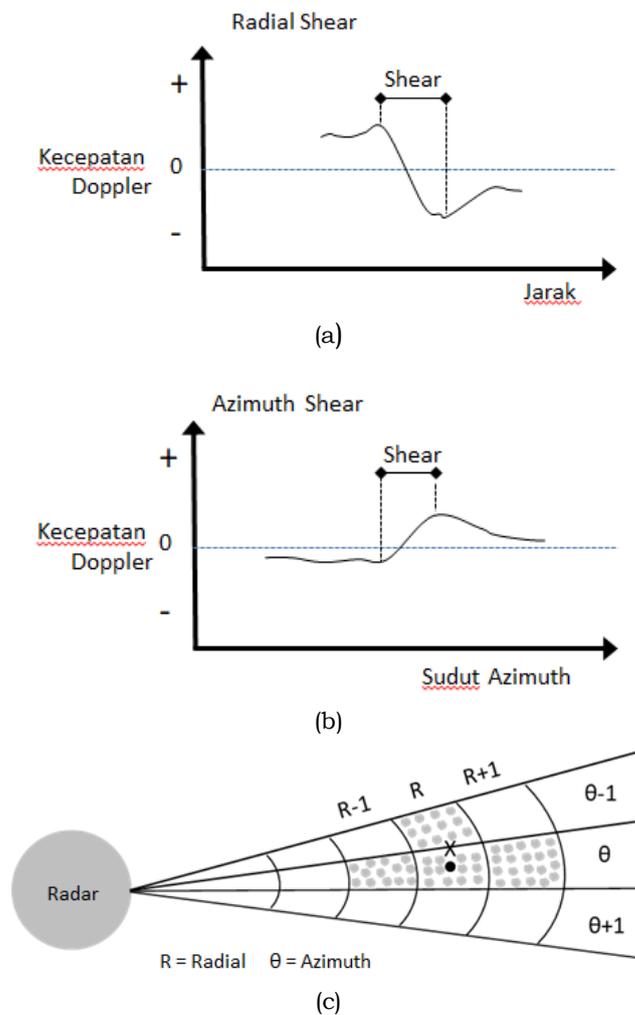
Pada proses disipasi terdapat *downburst* disertai dengan *outburst* dan angin kencang. Proses ini berlangsung dalam durasi yang singkat dan biasanya terjadi menjelang sore hari (Miller dan Mote, 2016; Miller dan Petrolito, 2008; Byres dan Braham, 1949). Klasifikasi *downburst* berdasarkan luasan area dikategorikan menjadi dua, yakni *macroburst* (lebih dari 4 km) dan *microburst* (kurang dari atau sama dengan 4 km). Tahapan *microburst* diilustrasikan pada Gambar 2-1, yaitu terdapat tiga kondisi yakni *midair microburst*, *touchdown*, dan *surface microburst* dimana angin kencang mencapai kurang dari atau sama dengan area 4 km (Fukao dan Hamazu, 2014).



Gambar 2-1: Tahap *microburst* (Fujita, 1985)

Deteksi radar dengan pancaran secara *volume scan* mampu mendeteksi proses siklus tersebut ditambah dengan irisan di area tertentu atau *vertical cross section* untuk analisis lebih detail. Untuk penentuan jenis *downburst* dapat dilihat dari data perubahan kecepatan Doppler terhadap ketinggian yang dalam hal ini adalah *wind shear* pada beberapa komponen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-2.

Indikasi *wind shear* terlihat dari adanya perubahan signifikan kecepatan Doppler untuk komponen radial (*radial wind shear-RDS*) pada Gambar 2-2a dan azimuth (*azimuth wind shear-AZS*) pada Gambar 2-2b (Fukao dan Hamazu, 2014). Tanda plus/minus pada kecepatan Doppler merupakan orientasi pergerakan objek mendekati (-) atau menjauhi (+) posisi radar. Komponen radial dan azimuth diilustrasikan pada Gambar 2-2c. Metode *combined shear* (CS) merupakan kombinasi dari RDS dan AZS yang ditunjukkan dengan area bulatan abu-abu pada Gambar 2-2c, digunakan untuk melihat *wind shear* kuat yang tidak terdeteksi baik dari komponen radial maupun azimuth (Herald dan Drozd, 1999).



Gambar 2-2: Komponen *wind shear*, (a) radial, (b) *azimuth shear*, (c) *combined shear* (Fukao dan Hamazu, 2014; Herald dan Drozd, 1999).

2.1 Lokasi dan Data

Dalam kajian ini digunakan data radar sebagai data utama, serta data AWS dan data satelit Himawari-8 sebagai data pendukung.



Gambar 2-3: Lokasi Radar dan AWS.

Lokasi *Transportable X-Band Radar* berada di lokasi gardu induk listrik Rancakasumba Majalaya, sebelah tenggara dari kota Bandung, pada

koordinat $7,0351^{\circ}$ LS dan $107,7691^{\circ}$ BT seperti ditunjukkan pada Gambar 2-3. Lokasi AWS yang terdekat dengan kejadian *pulse storm* berada di daerah Soreang pada koordinat $7,0194^{\circ}$ LS dan $107,5269^{\circ}$ BT. Area yang diperkirakan lokasi terjadinya *pulse storm* (lingkaran putus-putus warna merah) berjarak 25 km pada azimuth 264° dari lokasi *Transportable Radar*. Area ini berada di sekitar daerah antara Soreang dan Banjaran.

Data yang digunakan adalah data dari hasil observasi tanggal 16 Maret 2017 pada pukul 15.40 WIB hingga 16.20 WIB. Data *Transportable X-Band Radar* digunakan untuk melihat profil vertikal, data spasial,

serta proses dari *pulse storm*. Data permukaan dari AWS digunakan untuk verifikasi kondisi di permukaan saat kejadian *pulse storm*. Data Himawari-8 digunakan untuk melihat aktivitas konveksi saat *pulse storm*.

2.2 Standardisasi Data

Pada radar X-Band jumlah elevasi *scan* adalah 20 tingkat elevasi dengan tinggi maksimum 15 km dari permukaan. Perbedaan antar elevasi *scan* tidak linier untuk mendapatkan waktu sampling *volume scan* yang optimal. Lebar pulsa pancaran radar menggunakan tipe *medium pulse* (0,3 μ m) dengan resolusi 250 x 250 meter serta resolusi temporal 10 menit.

Produk utama dari radar Doppler adalah *power echo* atau reflektivitas (Z) dalam dBZ, kecepatan radial (V) dalam m/s, serta distribusi kecepatan Doppler (W) dalam m/s. Turunan produk data yang digunakan untuk analisis kondisi *pulse storm* adalah data *Constant Altitude Plan Position Indicator* (CAPPI) dari reflektivitas (CAPPI Z), dari kecepatan radial (CAPPI V), dan dari distribusi kecepatan Doppler (CAPPI W), *vertical section* (VSECT) dari Z dan V, serta *radial shear* (RDS) dan *azimuth shear* (AZS).

Data Z, V, dan W diperoleh dengan menggunakan data yang sudah terkoreksi *clutter* secara *Discrete Fourier Transform* (DFT) *Dual Slope Interpolation*, serta filter *noise background* berdasarkan dari *Signal to Noise Ratio* (SNR) sinyal yang belum terfilter. Data RDS dan AZS menggunakan data elevasi terendah (0–0,8°) untuk mendapatkan nilai *wind shear* di atas dekat permukaan tanah.

Data AZS dan RDS yang terfilter pada elevasi rendah dapat digunakan untuk mendeteksi divergensi dan konvergensi angin. Data dengan nilai positif mengindikasikan divergensi, sementara nilai negatif mengindikasikan konvergensi (GAMIC, 2014).

2.3 Metode Penelitian

Produk utama dan turunan dari radar digunakan untuk menganalisis *pulse storm*. Data CAPPI Z di 10 level ketinggian digunakan untuk melihat posisi awal (*echo base*) dan posisi atas (*echo top*) dari awan konvektif. Nilai ambang batas yang digunakan untuk menentukan *echo base* dan *echo top* adalah 18 dBZ (Lakshmanan et al., 2012).

Nilai dBZ dari data CAPPI Z mewakili presipitasi (intensitas hujan) yang terdeteksi, dimana skala 5-75 dBZ mewakili tiap kategori intensitas hujan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2-1.

TABEL 2-1: KATEGORI INTENSITAS HUJAN BERDASARKAN DATA REFLEKTIVITAS RADAR (HTTPS://WWW.BMKG.GO.ID/CUACA/CITRA-RADAR.BMKG)

Z (dBZ)	Intensitas hujan (mm/jam)	Kategori
30 s/d 38	1 s/d 5	Hujan ringan
38 s/d 48	5 s/d 10	Hujan sedang
48 s/d 58	10 s/d 20	Hujan deras
> 58	> 20	Hujan sangat deras

Data CAPPI W digunakan untuk melihat intensitas fluktuasi kecepatan Doppler pada saat diduga terjadi *microburst*. Data RDS digunakan untuk melihat aktivitas divergensi, sementara data VSECT dari Z digunakan untuk analisis irisan vertikal *pulse storm* dan melihat lokasi inti konvektif serta proses disipasi (GAMIC, 2014).

Metode 2D *combined shear* berdasarkan data RDS dan AZS (Persamaan 1) digunakan untuk mendeteksi *wind shear* yang memiliki skala area yang luas (minimum diameter 2 km) berdasarkan hasil Herald dan Drozd (1999).

$$\text{Combined shear} = \sqrt{RDS^2 + AZS^2} \quad (1)$$

Metode *combined shear* juga telah diterapkan pada deteksi badai hujan disertai angin kencang di daerah Bandung (Nugroho *et al.*, 2018).

Untuk mengetahui tingkat aktivitas konveksi di tiap titik grid pengamatan, digunakan suatu parameter indeks konvektif (I_k) yang diperoleh dari hubungan antara *brightness temperature* atau *black body temperature* (T_{BB}) rata-rata, temperatur atmosfer pada level ketinggian 400 hPa (T_{400}), dan temperatur atmosfer pada level ketinggian tropopause (T_{TR}) (Murakami, 1983).

Nilai ambang (*threshold*) T_{BB} ditentukan untuk memisahkan antara temperatur permukaan dengan awan-awan konvektif tinggi. Nilai ambang ini menurut Chen dan Houze (1997) dapat menggambarkan variasi diurnal aktivitas konvektif. Merujuk pada Adler dan Negri (1988) di dalam Trismidianto *et al.* (2016), nilai ambang 253 K sebagai T_{BB} paling panas untuk menentukan awan yang diduga menghasilkan hujan. Nilai 253 K ini secara umum dapat disamakan sebagai temperatur atmosfer pada level ketinggian sekitar 400 hPa. Nilai I_k menunjukkan suatu indeks awan-awan konveksi yang puncak awannya mencapai level ketinggian di atas 400 hPa.

Persamaan untuk menghitung parameter indeks konvektif berdasarkan data T_{BB} sebagai berikut :

$$I_k = 253 - T_{BB} ; \tag{2}$$

untuk $T_{BB} < 253$ K, dan

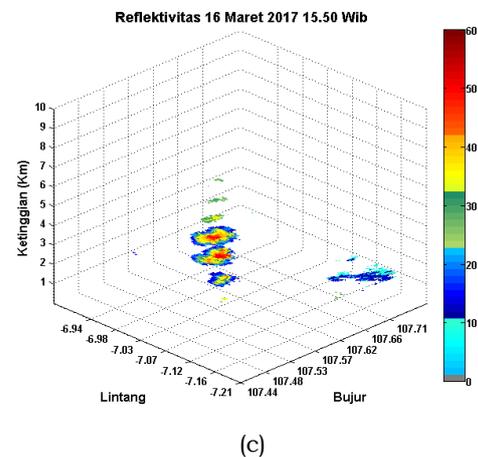
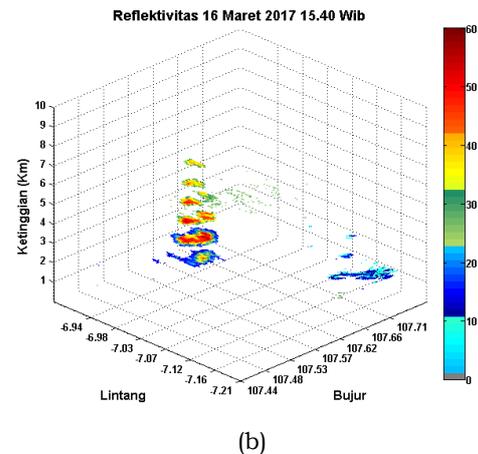
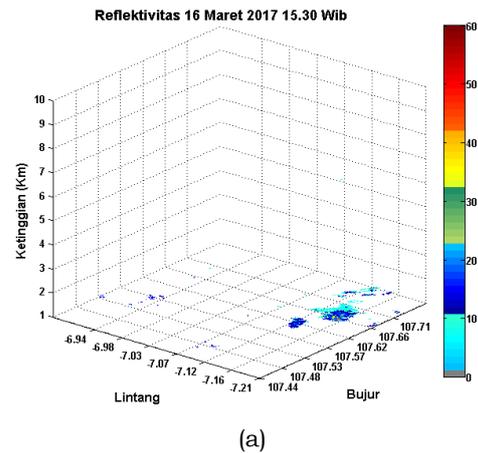
$$I_k = 0 ; \tag{3}$$

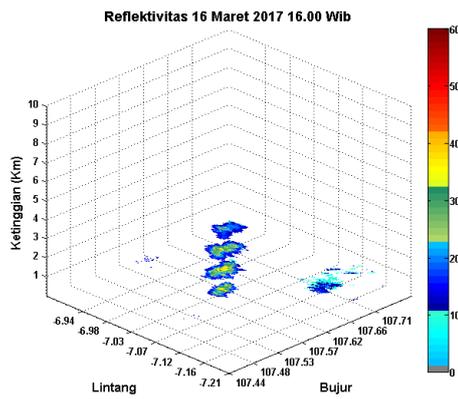
untuk $T_{BB} \geq 253$ K.

T_{BB} diperoleh dari data satelit Himawari dengan kanal IR 1 yang memiliki panjang gelombang 10,4 μm .

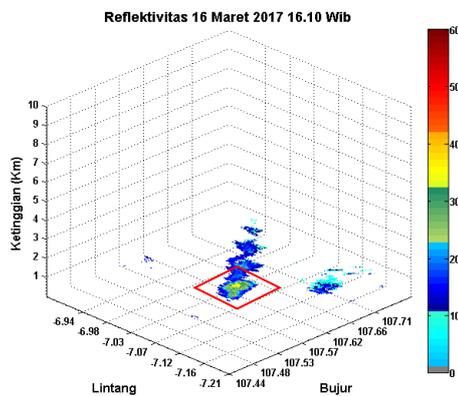
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3-1 merupakan hasil data CAPPI Z di level ketinggian 1 hingga 10 km. Tahap awal, yakni proses *cumulus* mulai terdeteksi pada pukul 15.40 WIB. Pada periode ini struktur vertikal *echo* sudah terbentuk. *Echo* terdeteksi memiliki *echo base* dan *echo top* berturut-turut pada 3 dan 7 km.





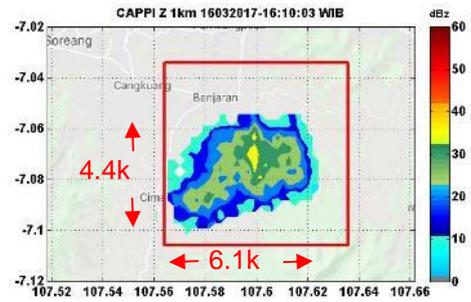
(d)



(e)

Gambar 3-1: CAPPI Z 1-10km, (a) 15.30 WIB, (b) 15.40 WIB, (c) 15.50 WIB, (d) 16.00 WIB, (e) 16.10 WIB.

Echo base turun menjadi 2 km pada pukul 15.50 WIB. *Echo base* turun kembali menjadi 1 km diikuti dengan *echo top* menjadi 6 km pada pukul 16.00 WIB. Periode ini masuk dalam tahap *mature*. Periode selanjutnya memasuki tahap disipasi, yaitu *echo top* turun menjadi 4 km sementara *echo base* berada di 1 km pada pukul 16.10 WIB. Selanjutnya, *echo* mulai meluruh dan menghilang setelah pukul 16.20 WIB. Lama waktu dari proses *cumulus* hingga disipasi adalah 30 menit. Proses disipasi yang terjadi termasuk dalam kategori *microburst* dimana *outburst* yang terdeteksi (ditandai dengan kotak merah pada Gambar 3-1e) memiliki area sebaran lebih dari diameter 4 km.

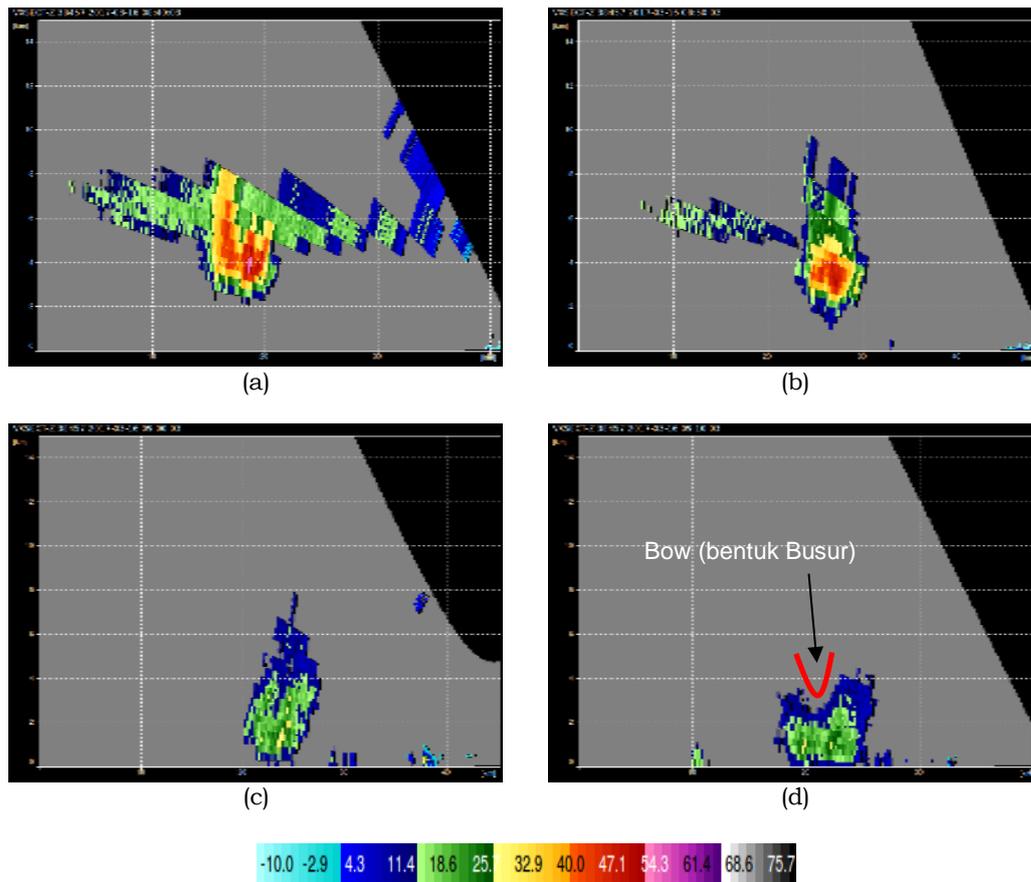


Gambar 3-2: CAPPI Z 1km 16.10 WIB.

Sebaran *outburst* lebih detail ditampilkan pada Gambar 3-2. Luasan area *outburst* di periode tersebut memiliki dimensi horizontal 6,1 km x 4,4 km. Dimensi ini dihitung dari jumlah data horizontal sumbu x dan y yang selanjutnya dikalikan dengan resolusi spasial radar. Nilai reflektivitas di area tersebut terdeteksi di rentang 30-40 dBZ yang dikategorikan sebagai hujan ringan.

Data profil Z dengan VSECT (Gambar 3-3) memperlihatkan hasil yang lebih detail, yakni pada proses *cumulus* pukul 15.40 WIB terdapat adanya aktivitas konvektif dengan satu inti sel konvektif (dBZ > 50 dBZ) di ketinggian 4 km. Keberadaan inti sel tersebut tidak berlangsung lama dan meluruh di 10 menit berikutnya (pukul 15.50 WIB). Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas konvektif tidak terlalu kuat. Hal ini juga didukung dari maksimum ketinggian *echo top* yang tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan hasil observasi lainnya di daerah tropis (Anggoro dan Pramujo, 2018).

Proses disipasi terlihat dari data VSECT Z pada pukul 16.00 hingga 16.10 WIB. Proses disipasi yang menghasilkan *microburst* diawali dengan adanya *midair microburst* yang terlihat pada data VSECT pada pukul 16.00 WIB. *Surface microburst* terjadi 10 menit berikutnya, adanya *echo* berbentuk busur (Gambar 3-1e) pada area di ketinggian 3 km mengindikasikan adanya aliran ke bawah yang kuat pada bagian tengah dari *echo*.

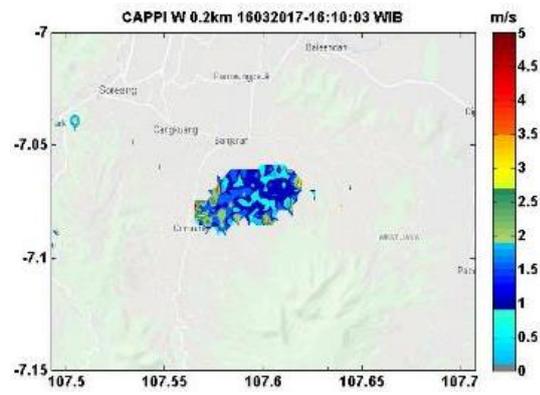


Gambar 3-3: Profil VSECT data Z, (a) 15.40 WIB, (b) 15.50 WIB, (c) 16.00 WIB, (d) 16.10 WIB.

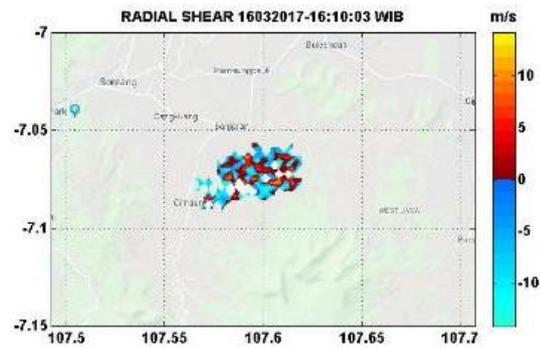
Terjadinya *surface microburst* diperkuat dengan data RDS, AZS, dan CAPPI W (Gambar 3-4a - 3-4c). Berdasarkan data CAPPI W 0,2 km yang ditunjukkan pada Gambar 3-4a, terlihat tingginya intensitas fluktuasi perubahan kecepatan angin, khususnya di area pinggir barat daya dari *microburst*.

Hasil data RDS dan AZS pada pukul 16.10 WIB (Gambar 3-4b dan 3-4c) memperlihatkan dominasi nilai positif di tengah area *wind shear* yang

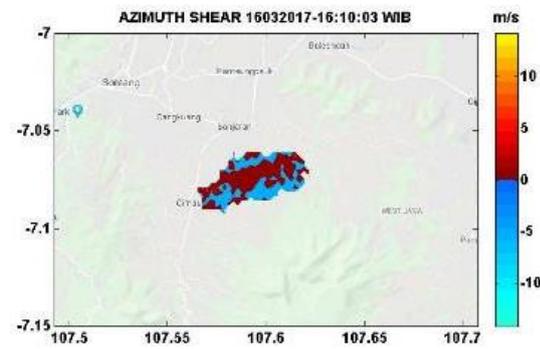
mengindikasikan lebih banyak aktivitas angin divergen dibanding angin konvergen walaupun kecepatan *wind shear* tidak mencapai 15 m/s. Jika dilihat dari hasil nilai CS berdasarkan kombinasi RDS dan AZS, nilai *wind shear* dengan kecepatan tertinggi berada di lokasi yang hampir sama (area pinggir barat daya dari *microburst*) dengan nilai maksimum mencapai 14,5 m/s.



(a)



(b)



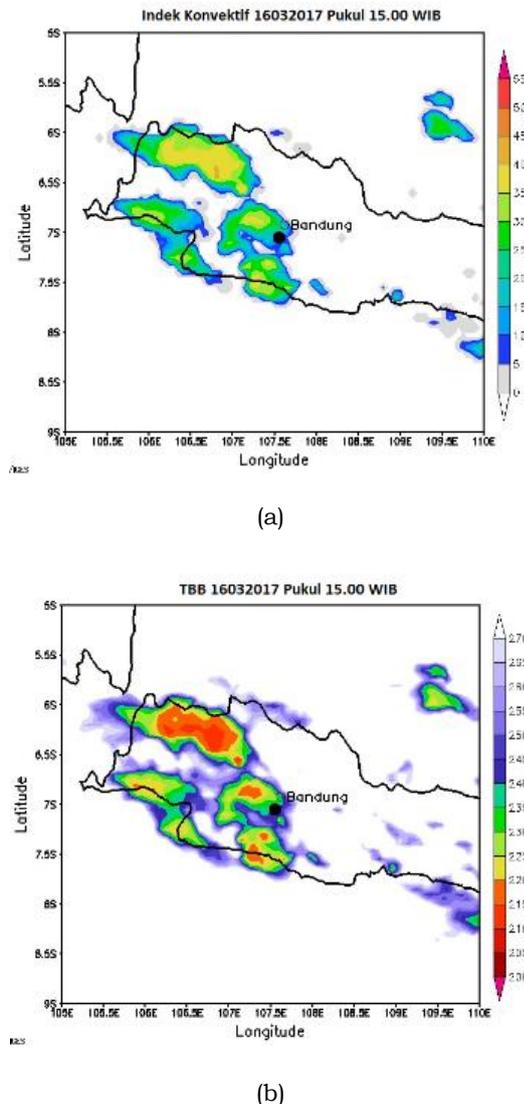
(c)



(d)

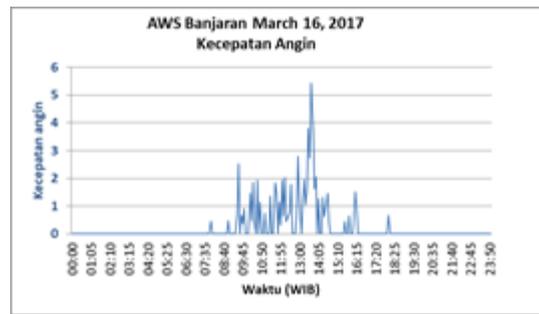
Gambar 3-4: Data *wind shear* pukul 16.10 WIB, (a) AZS, (b) RDS, (c) CAPPI W 0,2 km, (d) CS.

Aktivitas konvektif ini didukung oleh data satelit Himawari kanal IR 1 (Gambar 3-5). Tanda bulat hitam menunjukkan lokasi *pulse storm*. Di sini terlihat adanya aktivitas konvektif berdasarkan indeks konvektif yang bernilai 25-30 serta T_{BB} yang bernilai 230-235 K.



Gambar 3-5: Data satelit Himawari, (a) Indeks konvektif, (b) T_{BB}

Data AWS di permukaan ditunjukkan pada Gambar 3-6. Terlihat adanya kenaikan kecepatan angin 1,5 m/s. Nilai kecepatan angin yang hanya dalam kategori sedang kemungkinan disebabkan jarak AWS yang masih jauh dengan lokasi terjadinya *pulse storm* (9 km).



Gambar 3-6: Data AWS

Jika melihat dari deskripsi mengenai *pulse storm* (Miller dan Mote, 2016) terlihat bahwa hasil deteksi radar memenuhi kriteria untuk diidentifikasi sebagai *pulse storm*. Berdasarkan analisis data CAPPI Z dan VSECT Z, tahapan *cumulus* berada pada rentang waktu pukul 15.30 WIB hingga 15.40 WIB dengan ketinggian dari 3 km hingga 7 km. Tahap *mature* pada rentang 15.40 WIB hingga 15.50 WIB dengan *echo top* mencapai hingga 9 km. Tahap disipasi berlangsung setelahnya selama 20 menit. Tahap disipasi juga disertai oleh *microburst* berdasarkan analisis data RDS, AZS, CAPPI W, serta CS.

4 KESIMPULAN

Hasil data *Transportable X-Band Radar* menangkap adanya *echo* presipitasi dengan durasi yang sangat singkat. Proses presipitasi yang diduga merupakan *pulse storm* terjadi di lokasi sebelah barat daya 25 km dari posisi radar. Dugaan *echo* tersebut adalah *pulse storm* diindikasikan dari beberapa ciri yakni tahapan proses, jumlah inti sel konvektif, periode berlangsungnya, karakteristik *downburst*, serta data pendukung indeks konvektif dan T_{BB} satelit Himawari. Tahapan proses *echo* terdiri dari tiga tahap yakni *cumulus* pada pukul 15.40 WIB, *mature* pada 15.50 WIB, dan disipasi pada 16.00 hingga 16.10 WIB. Lama waktu proses *echo* termasuk singkat hanya 30 menit. Selama proses hanya terdeteksi satu inti sel konvektif yang bernilai lebih dari 50 dbz. Saat disipasi terdeteksi

adanya *downburst* dengan kategori *microburst*. Tahapan *microburst* diawali oleh *midair microburst* pada pukul 16.00 WIB, dan *surface microburst* pada pukul 16.10 WIB. Kondisi angin divergensi terdeteksi berdasarkan *wind shear* pada saat *surface microburst* dengan kecepatan maksimum mencapai 14,5 m/s. Area *microburst* memiliki dimensi horizontal 6,1 km x 4,4 km dengan diameter sebaran area lebih dari 4 km. *Microburst* tersebut dikategorikan sebagai *dry microburst* karena disertai hujan dengan kategori ringan. Nilai T_{BB} (230-235 K) maupun indeks konvektif (25-30) berdasarkan data Himawari menunjukkan adanya kondisi yang mendukung aktivitas konvektif di daerah lokasi *pulse storm*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf PLN Gardu Induk (GI) Rancakasumba serta seluruh staf Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN yang telah membantu dalam *campaign Transportable Radar*.

DAFTAR RUJUKAN

- Adler, R. F. dan A. J. Negri, 1988. *A Satellite Infrared Technique to Estimate Tropical Convective and Stratiform Rainfall*, J. Appl. Meteor., 27, 30-51.
- Anggoro, M.D. dan B. Pramujo, 2018. *Study of Convective Cloud Lifetime and Movement using Radar Image and ECMWF model*, Int. Jour. Advance Science Engineering Information Technology, 8, ISSN: 2088-5334.
- Ashley, W. S. dan C. W. Gilson, 2009. *A Reassessment of U.S. Lightning Mortality*, Bull. American Meteor. Soc., 90, 1501-1518.
- Byers, H. R. dan R. R. Braham, 1949. *The Thunderstorm: Report of the Thunderstorm Project*, US Government Printing Office, 287 pp.
- Cerniglia, C. S. dan W. R. Snyder, 2002. *Development of Warning Criteria for Severe Pulse Thunderstorms in the Northeastern United States using the WSR-88D*, National Weather Service. Eastern Region Technical Attachment No. 2002-391 03, 14 pp.
- Chen, S. S. dan R. A. Houze, Jr., 1997. *Diurnal Variation and Life-Cycle of Deep Convective Systems over the Tropical Pacific Warm Pool*, Q. J. R. Met. Soc., 123, 357-388.
- Fukao, S. dan K. Hamazu, 2014. *Radar for Meteorological and Atmospheric Observation*, Springer.
- Fujita, T.T, 1985. *The downburst: Microburst and Macrobust*, University of Chicago, SMRP Res. Rep. 210, 122 pp.
- GAMIC, 2014. *Meteor Product Description Manual*, GAMIC mbH, Edition 2 Rev 25.
- Herald, P. dan K. Drozd, 2001. *Use of Spectrum Width and Combined Shear in Tornado Detection*, NOAA NWS Central Region Applied Research Paper, 24-06.
- Lakshmanan, V., K. Hondl, C. K. Potvin, dan D. Preignitz, 2013. *An Improved Method for Estimating Radar Echo-Top Height*, American Meteorological Society, 28, 481-488.
- Miller, D. dan A. Petrolito, 2008. *Anticipating Pulse Severe Thunderstorms 428 using the WSR-88D All-tiWIBs Display*. National Weather Service. Eastern Region Technical Attachment No. 2008-02, 11pp.
- Miller, P. dan T. Mote, 2016. *Standardizing the Definition of a "Pulse" Thunderstorm*, Bull. Amer. Meteor. Soc. doi:10.1175/BAMS-D-16-0064.1.
- Murakami, M., 1983. *Analysis of the Deep Convective Activity over the Western Pacific and Southeast Asia. Part I: Diurnal Variation*, J. Meteor. Soc. Japan, 61, 60-75.
- Nugroho, G A., T. Sinatra, dan N.J. Trilaksono, 2018. *Post Processing and Analysis using 2D Combined Shear Method on X-Band Transportable Weather Radar during Strong Wind in Bandung West Java*, International Symposium on Earth Hazard and Disaster Mitigation (ISEDMD) 2017, AIP Conference Proceedings.

- Rodi, A.R., K.L. Elmore, dan W.P. Mahoney, 1983. *Aircraft and Doppler Air Motion Comparisons in a JAWS Microburst*, 21st Conference on Radar Meteorology (preprints), Edmonton, Boston: American Meteorological Society, 624–629.
- Sinatra T., Noersomadi, G.A. Nugroho, dan N.J. Trilaksono, 2014. *Characterizing the Diurnal Cycle of Convective Activity over the South of West Java using Doppler X-Band Radar Observation*, The 4th international symposium for sustainable humanosphere (ISSH)-a forum of the humanosphere science school (HSS), 22 Desember 2014.
- Trismidianto, T.W. Hadi, S.Ishida, Q. Moteki, A.Manda, dan S.Iizuka, 2016. *Development Processes of Oceanic Convective Systems Inducing the Heavy Rainfall over the Western Coast of Sumatra on 28 October 2007*, SOLA, 12, 6–11.
- Uyeda, H., dan D.S. Zrnić, 1986. *Automatic Detection of Gust Fronts*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 3, 36–50.
- Wakimoto, R.M, 1985. *Forecasting Dry Microburst Activity over the High Plains*, Monthly Weather Review, 113, 1131–1143.
- Wilson, J. W., R. D. Roberts, C. Kessinger, dan J.McCarthy, 1984. *Microburst Wind Structure and Evaluation of Doppler Radar for Airport Wind Shear Detection*, J. Climate Appl. Meteor., 23, 898–915.
- Wolfson, M. M, 1983. *Doppler Radar Observations of an Oklahoma Downburst*, In 21st Conference on radar meteorology (preprints), 590–595. Edmonton: American Meteorological Society.
- Wolfson, M. M., R. L. Delanoy, B. E. Forman, R. G.Hallowell, M. L. Pawlak, dan P. D. Smith, 1994. *Automated Microburst Wind-Shear Prediction*, Linc. Lab J., 7, 399–426.