

ANALISIS DETEKSI HUJAN BERBASIS JARINGAN RADAR X-BAND DI BANDUNG DAN SEKITARNYA

Tiin Sinatra dan Ginaldi Ari Nugroho
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer – LAPAN
tiin.sinatra@lapan.go.id, ginaldi.lapan@gmail.com

ABSTRACT. *Two x band radars have been installed in Pasteur, Bandung (SANTANU 1) and Tanjung Sari, Sumedang (SANTANU 2) with 2 minute temporal resolution, a rang resolution of 240 m, and a sampling resolution of 0,276° in the azimuthal direction. The intending of installing SANTANU is to form an x-band radar network. The purpose of this research is to test the radar network to observe the condition and data quality of the rainfall object detected. The rain which are in the location of both SANTANU's area are the object of this study. Comparison of reflectivity field from the SANTANU network with the product from LAPAN transportable x-band radar was did to confirm the object. Study showed that the result data from SANTANU 1 and SANTANU 2 have a good result detecting the rainfall. Shape analysed method was used for getting the conformity of the area between SANTANU 1 and SANTANU 2 which is 0.9. The precipitation that could not covered by each of this SANTANU, could be complement by others. SANTANU 2 was poorly detecting rain over the north of Lembang, but SANTANU 1 complement it. SANTANU 2 was better in detecting heavy rain because it has more power than SANTANU 1. However, SANTANU were well detected for the kind of rainfall that had long term duration of rainfall, but not with short term duration with lower intensity of rainfall.*

Keywords : SANTANU, radar network, x-band, rainfall.

ABSTRAK. *Dua buah radar x-band telah dipasang di daerah Pasteur, Bandung (SANTANU 1) dan Tanjung Sari, Sumedang (SANTANU 2) dengan resolusi temporal 2 menit, jarak spasial 240 m, dan resolusi pengambilan sampel 0,276° dalam arah azimut. Tujuan dari pemasangan SANTANU ini adalah untuk membentuk jaringan radar berbasis radar x-band. Penelitian ini bertujuan untuk menguji jaringan radar tersebut dalam mengamati kondisi dan kualitas objek hujan yang terdeteksi. Objek yang dipelajari adalah hujan yang berlokasi di daerah irisan kedua SANTANU. Perbandingan reflektivitas hasil pantauan SANTANU dengan LAPAN transportable x-band radar dilakukan untuk mengonfirmasi objek hujan. Studi ini menunjukkan bahwa hasil pantauan SANTANU 1 dan SANTANU 2 baik dalam mendeteksi hujan. Dengan menerapkan metode shape analysis diperoleh kesesuaian luas objek antara SANTANU 1 dan SANTANU 2 sebesar 0,9. Presipitasi yang tidak terdeteksi oleh salah satu SANTANU, dapat diatasi oleh SANTANU yang lain. SANTANU 2 kurang baik dalam mendeteksi objek hujan di wilayah utara Lembang, tetapi hal ini dapat dilengkapi dengan hasil pantauan SANTANU 1. Kemampuan SANTANU 2 dalam mendeteksi hujan lebat lebih baik dibandingkan dengan SANTANU 1. Hal ini terjadi karena SANTANU 2 memiliki power yang lebih besar. Meskipun demikian, secara umum SANTANU dapat mendeteksi hujan dengan baik untuk kondisi hujan dengan durasi yang lama, tetapi masih lemah untuk mendeteksi hujan sesaat dengan intensitas ringan.*

Kata kunci : SANTANU, jaringan radar, x-band, hujan,

1. PENDAHULUAN

Kejadian hujan dengan durasi yang lama, hujan lebat maupun ekstrem dapat menyebabkan kerusakan yang serius karena dapat menimbulkan terjadinya banjir dan memicu longsor. Agar dapat melakukan antisipasi dan memprakirakan kejadian tersebut, maka dibutuhkan informasi yang detail mengenai hujan tersebut. Informasi curah hujan yang mempunyai resolusi temporal dan spasial yang tinggi sangat diperlukan, terutama bagi daerah terdampak.

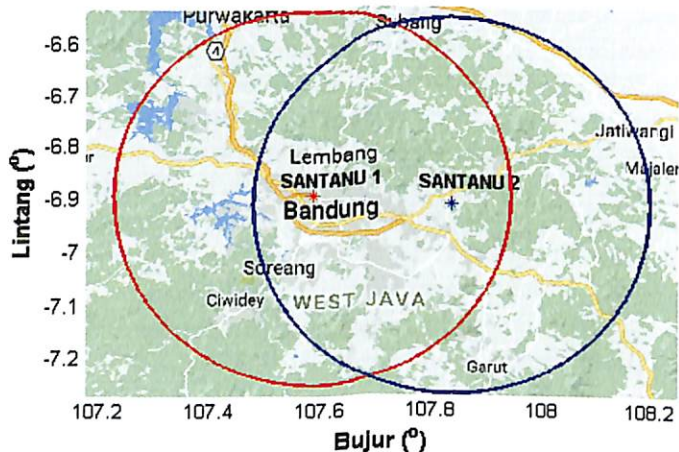
Kemajuan teknologi penginderaan jauh berusaha mengisi kelemahan dari pengukuran secara insitu. Telah diketahui bahwa pengukuran presipitasi dengan automatic weather station (AWS) maupun penakar hujan memiliki keterbatasan karena sebarannya yang tidak merata (sparse). Keberadaan radar hadir sebagai pelengkap instrumentasi yang telah ada untuk memperoleh informasi presipitasi dengan resolusi spasial maupun temporal yang tinggi. Pemanfaatan radar X-band untuk pemantauan hujan akhir-akhir ini semakin banyak digunakan sebagai alternatif maupun melengkapi radar S dan C band (Lengfeld, dkk. 2013; Trabal, dkk. 2013). Selain itu, radar X band memiliki keunggulan dibandingkan 2 radar tersebut karena mampu menghasilkan data dengan resolusi spasial yang lebih baik, dimensi yang lebih kompak, dan lebih sensitif terhadap presipitasi.

PSTA LAPAN mulai membangun Sistem Pemantauan Hujan (SANTANU) berbasis radar sejak tahun 2012. Nama SANTANU sendiri lahir pada tahun 2016 yang sebelumnya bernama Sistem Pemantauan Hujan Spasial (SPHS). Di akhir tahun 2016 SANTANU 2 dipasang di Balai Pengamat Atmosfer (BPA) Sumedang guna membentuk jaringan radar berbasis radar x-band. Telah dilakukan penelitian untuk menganalisis kinerja sistem SANTANU (Nugroho dkk., 2012; Nugroho dan Awaludin (2013; Nugroho dkk., 2015) yang bertujuan untuk meningkatkan performa deteksi presipitasi. Hasil deteksi presipitasi berdasarkan data SANTANU pada beberapa fenomena seperti hujan lebat (Nugroho, G.A dkk., 2014; Nugroho dan Awaludin, 2015), kejadian hujan es (Nugroho, dkk., 2016), dan kondisi hujan saat tanah longsor (Nugroho, dkk., 2015) telah dijabarkan untuk memperlihatkan potensi pemanfaatan sistem SANTANU dalam berbagai aplikasi.

Bandung adalah wilayah dengan topografi yang unik yang berbentuk cekungan. Bandung berada pada ketinggian sekitar 800 m di atas permukaan laut (dpl) dan dikelilingi oleh pegunungan yang memiliki ketinggian di atas 1500 m dpl. Dengan topografi Bandung yang demikian, maka menjadi tantangan tersendiri agar dapat memperoleh hasil pengamatan yang maksimal dengan meminimalkan ground clutter. Tujuan penelitian ini ingin menguji jaringan radar di Bandung sehingga dapat digunakan sebagai instrumen yang baik dalam mengamati hujan secara spasial dan dengan adanya jaringan (network) dapat meningkatkan kualitas dari objek hujan yang diamati. Berdasarkan data observasi permukaan dari tahun 1981-2010 diketahui bahwa akumulasi puncak bulanan curah hujan di Bandung terjadi pada bulan Maret dan November (Suryantoro, 2014). Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada kejadian hujan bulan Maret hingga awal bulan Mei 2017. Pengamatan dengan *transportable radar x-band* juga dilakukan sebagai data pembandingan terhadap SANTANU yang sedang dikembangkan.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data hasil pemantauan dua radar x-band, yaitu SANTANU 1 yang berlokasi di PSTA LAPAN Bandung (107,58°BT; 6,89°LS) dan SANTANU 2 di BPAA LAPAN Sumedang (107,83°BT; 6,91°LS). Peta posisi SANTANU 1 dan 2 serta luas daerah pantauan dan irisan dari kedua radar diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi SANTANU 1 dan SANTANU 2. Lingkaran merah dan biru menunjukkan cakupan dari masing-masing radar.

Secara umum, SANTANU 1 dan 2 memiliki spesifikasi yang sama, baik dari segi resolusi spasial maupun temporalnya. Adapun hal yang membedakan keduanya adalah pada power dan panjang antenna. Spesifikasi lebih jelas dari kedua SANTANU ditunjukkan pada Tabel 1. Data yang digunakan adalah data hasil pengamatan SANTANU pada bulan Maret-Mei 2017.

Table 1. Spesifikasi SANTANU 1 dan 2.

PARAMETER	SANTANU 1	SANTANU 2
Frekuensi operasi	9410 MHz + 30 Mhz (X – Band)	9410 MHz + 30 Mhz (X – Band)
Jangkauan deteksi	44 km (maks. 80 km)	44 km (maks. 80 km)
Resolusi spasial	240x240 meter	240x240 meter
Resolusi temporal	2 menit	2 menit
Peak power	4 kW	6 kW
Polarisasi	Horizontal	Horizontal
Input tegangan	10.8 – 41.6 Volt (55 Watt)	10.8 – 41.6 Volt (61 Watt)
Berat (antena dan pedestal)	20 kg	22 Kg
Panjang antenna	100 cm	120 cm

Data AWS maupun data hasil pengamatan radar cuaca digunakan sebagai data pendukung. Data AWS yang digunakan adalah AWS yang berlokasi di Majalaya (107,757° BT; 7,05° LS). Area ini dipilih karena berada dalam jangkauan kedua radar. Selain itu, *transportable radar* yang digunakan ini juga beroperasi pada frekuensi x-band, tetapi memiliki jangkauan yang lebih luas dibandingkan dengan SANTANU. Adapun spesifikasi *transportable radar x-band* tertulis pada Tabel 2. Data AWS dan *transportable radar* digunakan untuk memvalidasi hasil deteksi SANTANU.

Tabel 2. Spesifikasi *transportable radar*

Spesifikasi	Keterangan
Frekuensi kerja	9410 + 30 MHz
Jangkauan deteksi	100 km (radius)
Power	500 watt (<i>average</i>) , < 2000 watt (maksimum)
Tegangan	230 VAC
Antenna Gain	37.2 - 40.9 dB
Polarisasi	Polarisasi tunggal
Tinggi antena	6 meter dari permukaan

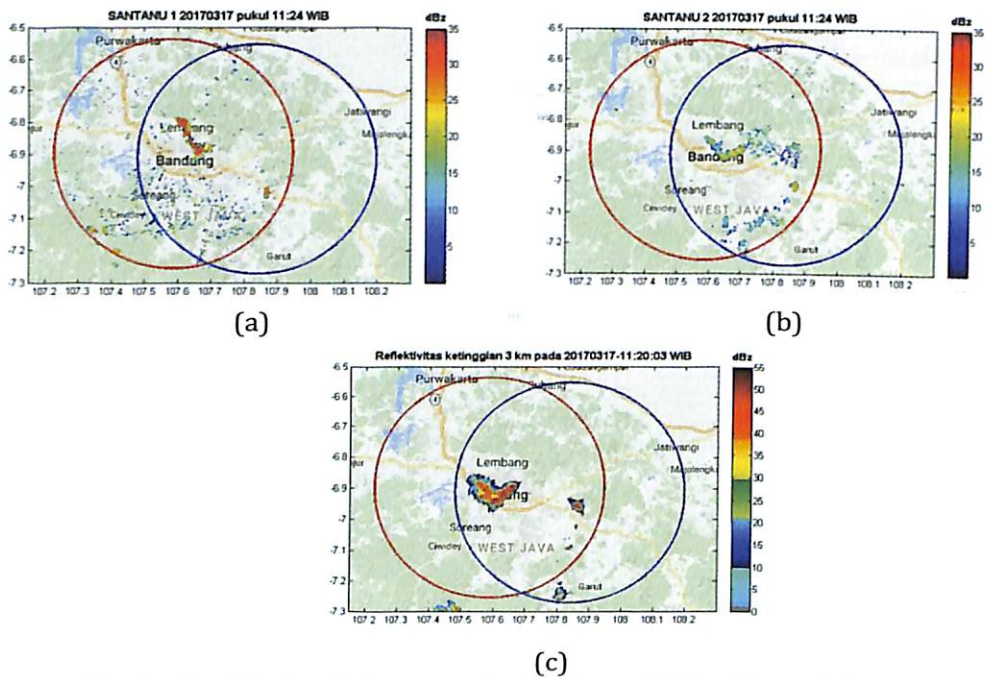
Komparasi terhadap hasil deteksi objek hujan dari kedua SANTANU juga dilakukan untuk melihat bagaimana performa dari masing-masing radar. Metode *shape analysis* (Wang, dkk., 2014) digunakan untuk menghitung luasan objek hujan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

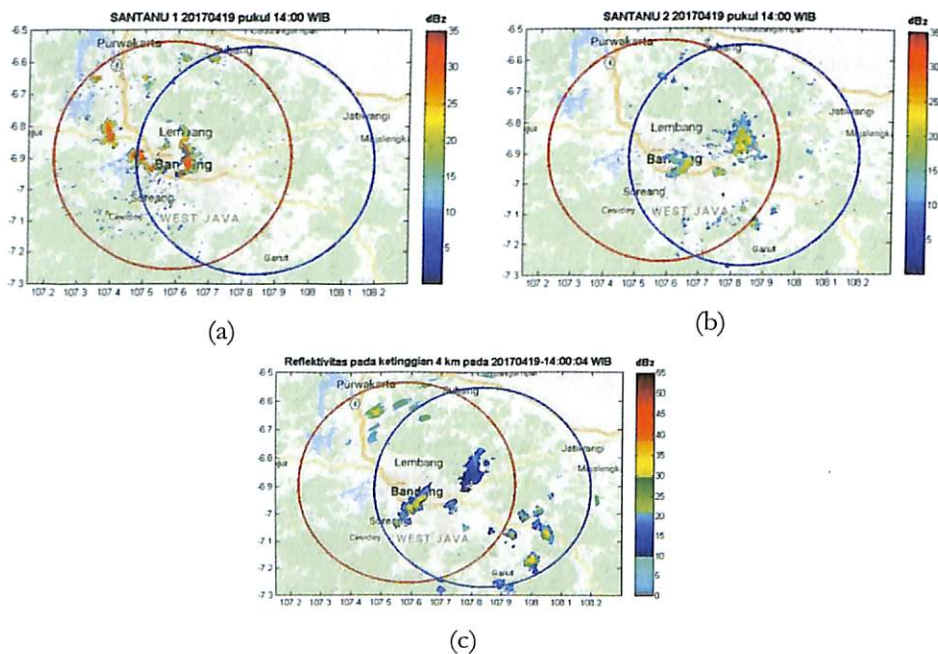
Dari 3 bulan pengamatan (Maret-Mei 2017) dipilih kejadian hujan yang berada pada daerah irisan kedua SANTANU. Selama periode tersebut, terjadi beberapa kali hujan lebat dan ada yang disertai dengan hujan es. Beberapa diantaranya berlangsung pada tanggal 17 Maret, 23 Maret, 19 April, dan 3 Mei. Gambar 2-4 memperlihatkan beberapa hasil deteksi dari SANTANU dan mobile radar saat terdapat objek pada daerah irisan.

Pada tanggal 17 Maret 2017 sekitar pukul 11:50 WIB, reportasi di lapangan melaporkan telah terjadi hujan ekstrem (hujan es) di wilayah Bandung. Gambar 2 memperlihatkan hasil pantauan SANTANU pada pukul 11:24 WIB. Bentuk v (v shape) dari hujan tanggal 17 Maret 2017 terdeteksi oleh SANTANU 2, dan terdeteksi juga oleh radar *transportable* LAPAN. Bentuk v ini mengindikasikan adanya updraft kuat (Hoffman dan Markman, 2001).

Berdasarkan data SANTANU 2, hujan mulai terlihat pada pukul 10:52 WIB di sekitar koordinat 107,63° BT, -6,89°LS. Dari hasil pantauan SANTANU 1, awal hujan terjadi pada koordinat 107,66°BT, -6,87°LS pada pukul 10:58 WIB. Sementara dari *transportable radar* berada pada sekitar koordinat 107,6°BT, -6,9°LS pada pukul 10:50 WIB.



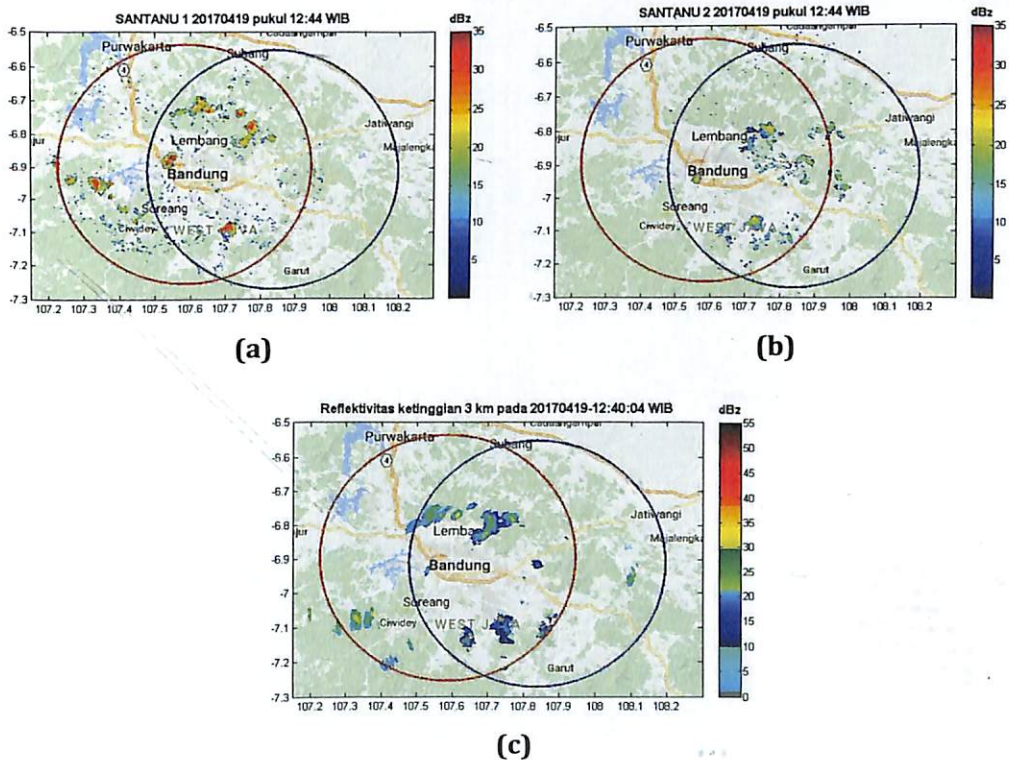
Gambar 2. Kejadian hujan tanggal 17 Maret 2017 sekitar pukul 11.20 berdasarkan pantauan (a) SANTANU 1, (b) SANTANU 2, dan (c) transportable radar.



Gambar 3. Kejadian hujan tanggal 19 April 2017 sekitar pukul 14:00 berdasarkan pantauan (a) SANTANU 1, (b) SANTANU 2, dan (c) transportable radar.

Kejadian hujan lebat tanggal 19 April 2017 pukul 14:00 WIB juga terdeteksi oleh SANTANU 1 maupun 2 (Gambar 3). Klarifikasi dari pantauan *transportable radar* membenarkan adanya objek tersebut yang berada di sebelah tenggara kota Bandung dengan luasan memanjang ke selatan sepanjang 12 km.

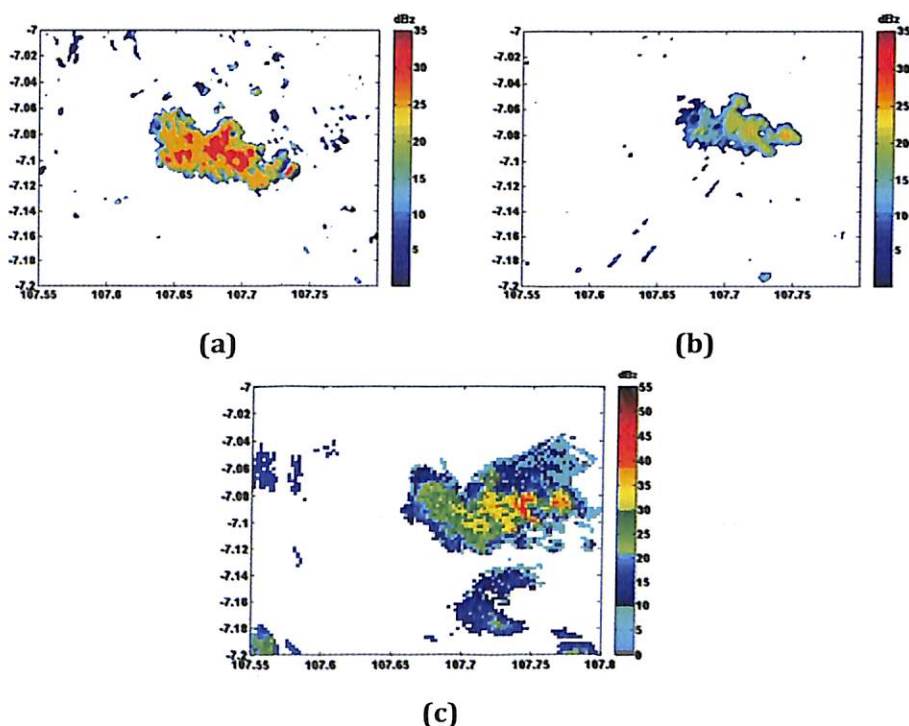
Dari dua kejadian hujan lebat yang disertai hujan es di atas (17 Maret dan 19 April 2017), terlihat bahwa SANTANU 2 dapat mendeteksi hujan lebih baik dibandingkan dengan SANTANU 1 meskipun objek hujan lebih dekat jaraknya terhadap SANTANU 1. Hal ini terlihat dari bentuk objek hujan yang lebih menyerupai dengan objek hasil deteksi *transportable radar*. Kondisi ini diduga disebabkan adanya perbedaan power radar SANTANU 1 dan SANTANU 2 (SANTANU 2 memiliki power yang lebih besar). Lokasi objek hujan yang terlalu dekat juga berpengaruh dalam hal attenuasi, dimana SANTANU 1 lebih kuat teratenuasi dan mempengaruhi hasil data dibandingkan dengan SANTANU 2.



Gambar 4. Objek hujan pada 19 April 2017 pukul 12.44 berdasarkan pantauan (a) SANTANU 1, (b) SANTANU 2, dan (c) *transportable radar*.

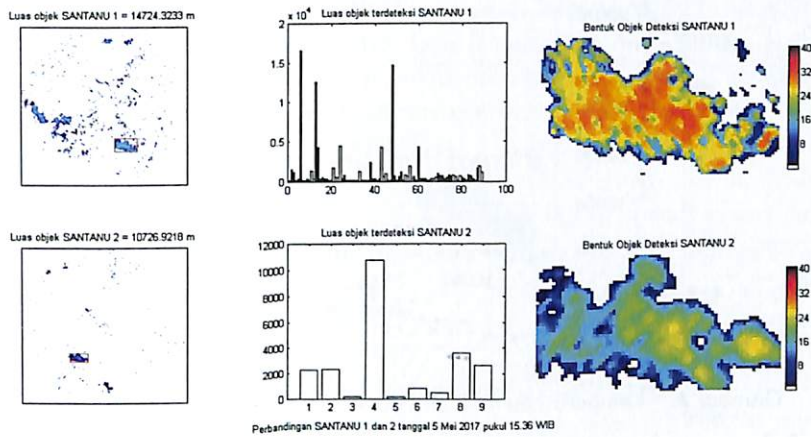
Pada sekitar pukul 12.40 terdeteksi adanya hujan di utara dan selatan Bandung (Gambar 4). SANTANU 1 mampu mendeteksi hujan yang terjadi di utara Lembang, tetapi SANTANU 2 tidak dapat mendeteksi objek tersebut. Objek hujan di sebelah timur dan selatan Bandung dapat terdeteksi oleh kedua SANTANU.

Kasus lain, yaitu tanggal 3 Mei 2017. Pada tanggal tersebut terdapat objek hujan di daerah Bandung Selatan yang ditunjukkan Gambar 5. Bentuk objek secara umum hampir serupa dari dua SANTANU. Hasil dari pantauan *transportable radar* juga menunjukkan bahwa pada daerah tersebut terdapat hujan. Namun, terdapat perbedaan dalam hal lokasi objek. Objek yang terdeteksi dari *transportable radar* lebih luas dibandingkan dengan SANTANU. Hal ini terjadi karena *transportable radar* lebih sensitif (memiliki power yang lebih besar) dibandingkan dengan SANTANU. *Transportable radar* mampu mendeteksi awan hujan yang ukuran partikelnya lebih kecil daripada hujan. Di sisi lain, SANTANU mampu mendeteksi partikel hujan, tetapi tidak dapat mendeteksi awan hujan. Jika membandingkan kedua SANTANU, ukuran objek hasil deteksi SANTANU 1 lebih besar dibanding SANTANU 2. Selain itu, lokasi deteksi SANTANU 2 kurang presisi jika dibandingkan dengan lokasi deteksi SANTANU 1.

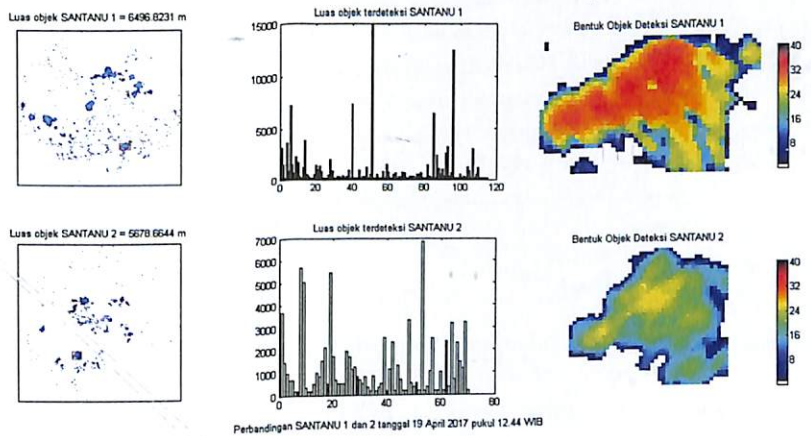


Gambar 5. Objek hujan pada 3 Mei 2017 pukul 15:36 WIB yang terdeteksi oleh (a) SANTANU 1, (b) SANTANU 2, (c) *transportable radar*.

Berikutnya adalah melihat dari luasan objek deteksi. Dengan menggunakan metode *shape analysis (image processing)* pada objek yang berada di irisan cakupan SANTANU 1 dan 2 didapat hasil analisis bentuk dan luasan area (Gambar 5). Data yang digunakan adalah pada tanggal 16-17 Maret, 19 dan 23 April, serta 3 Mei 2017 (gambar tidak ditampilkan semua). Data ini dipilih karena memiliki frekuensi kejadian hujan lebih tinggi dibanding di hari lainnya. Metode ini akan memilih objek yang mirip yang selanjutnya ditandai (boks merah), dikalkulasi luas area, serta ditampilkan dalam bentuk jarak dekat (*zoom*).



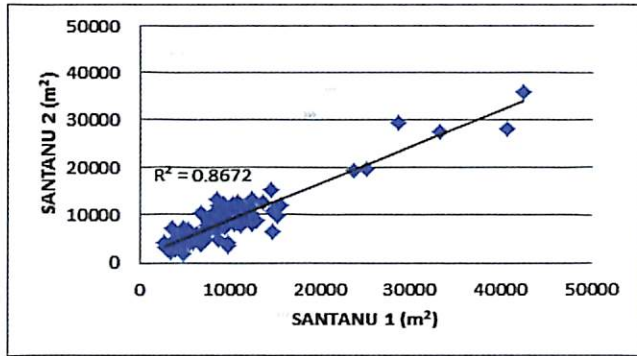
(a)



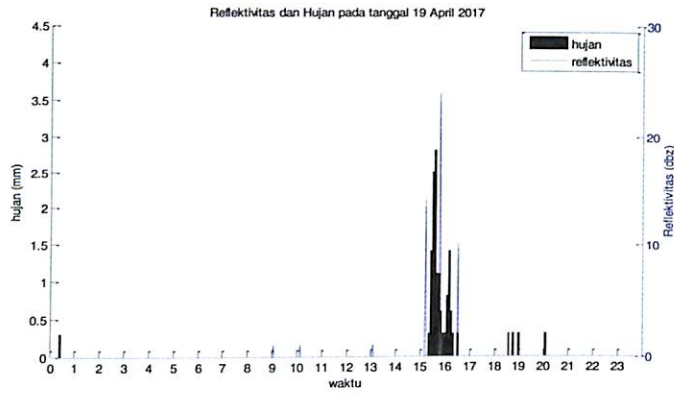
(b)

Gambar 6. Hasil analisa bentuk identifikasi objek dengan luas area terbesar dari pantauan SANTANU 1 dan 2 pada (a) 3 Mei 2017 dan (b) 19 April 2017.

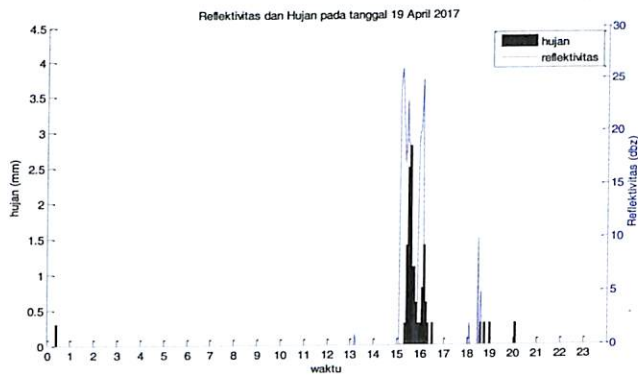
Dari hasil analisis bentuk berdasarkan visualisasi pada area yang ditandai jarak dekat (zoom) yang ditunjukkan oleh Gambar 6, terlihat secara visual bahwa tidak ada objek yang memiliki luasan yang sama persis, tetapi secara keseluruhan bentuk deteksi SANTANU 1 menyerupai bentuk deteksi SANTANU 2 pada saat kondisi tidak teratenuasi. Gambar 7 adalah grafik perbandingan estimasi luasan area yang telah ditandai. Jumlah sampel area yang digunakan adalah 122 sampel pada 5 hari kejadian hujan. Terlihat bahwa terdapat nilai korelasi positif ($r = 0.93$) antara estimasi luas area SANTANU 1 dan SANTANU 2. Nilai ini menunjukkan hasil deteksi luas area SANTANU 1 hampir sama dengan SANTANU 2 pada daerah irisan.



Gambar 7. Komparasi estimasi luas area hujan hasil deteksi SANTANU 1 dan 2.



(a)



(b)

Gambar 8. Plot data hasil deteksi (a) SANTANU 1 dan (b) SANTANU 2 dengan AWS Majalaya 19 April 2017.

Selain perbandingan dengan *transportable radar*, dilakukan uji performa SANTANU

dengan data AWS. Gambar 8 menunjukkan contoh hasil deteksi SANTANU 1 dan SANTANU 2 pada tanggal 19 April 2017. Dari pemantauan AWS terlihat terjadi hujan sekitar pukul 15:20 WIB. SANTANU 1 dapat mendeteksi hujan tersebut, tetapi tidak bisa mendeteksi untuk hujan ringan saat tengah malam (pukul 00.25) dan malam hari (sekitar pukul 18.25 dan 20.05). Di sisi lain, SANTANU 2 mampu mendeteksi hujan pada sore dan malam hari (pukul 18.25), walaupun terdapat jeda 10-15 menit. SANTANU mendeteksi lebih awal dibandingkan dengan data AWS. Hal ini terjadi karena radar tidak mengukur hujan secara langsung, berbeda halnya dengan AWS. Respon SANTANU 2 lebih baik dalam mendeteksi hujan ringan (< 5 mm/jam) dibanding SANTANU 1. Namun, SANTANU memiliki hasil deteksi yang lebih baik saat kondisi hujan lebat atau dalam durasi yang lama.

Dari berbagai hasil data yang diperoleh dan berbagai pengujian secara umum kedua SANTANU baik dalam mendeteksi hujan ringan hingga ekstrem (kondisi saat terjadi hujan es). Ada objek yang mampu terdeteksi oleh SANTANU 2, tetapi terdeteksi baik oleh SANTANU 1, pun sebaliknya. Faktor jarak objek dari radar maupun intensitas hujan mempengaruhi kemampuan radar. Dari hasil-hasil observasi, nilai reflektivitas objek yang terpantau SANTANU 1 lebih tinggi dibandingkan SANTANU 2. Hal ini terjadi karena power SANTANU 2 lebih besar dibandingkan dengan power SANTANU 1. Studi ini menunjukkan bahwa adanya jaringan radar dapat saling melengkapi informasi hujan di sekitar Bandung. Peningkatan akurasi lokasi terjadinya hujan juga perlu dilakukan agar hasil deteksi SANTANU 1 dan 2 saling berkesesuaian dan komplemen.

4. KESIMPULAN

Pemantauan dengan menggunakan jaringan radar SANTANU mulai dilakukan pada tahun 2017. Hasil pengamatan selama 3 bulan menunjukkan bahwa SANTANU 1 dan SANTANU 2 pada daerah irisan dapat mendeteksi hujan dengan lebih baik khususnya pada saat hujan lebat dalam durasi yang lama. Jaringan radar SANTANU 1 dan SANTANU 2 saling melengkapi satu sama lain berdasarkan data referensi *transportable radar*. Kemampuan SANTANU 2 lebih baik dalam hal deteksi bentuk objek serta deteksi kejadian hujan ringan dibanding SANTANU 1. Kesesuaian luasan objek yang terdeteksi oleh keduanya memiliki korelasi sebesar 0,9 untuk objek yang tidak teratenuasi. Studi ini menunjukkan bahwa dengan adanya jaringan radar dapat memberikan informasi hujan lebih baik dibandingkan dengan radar tunggal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pegawai Balai Pengamatan Atmosfer dan Antariksa (BPAA) Sumedang, LAPAN atas kerja samanya dalam mengoperasikan SANTANU 2. Terima kasih juga penulis haturkan kepada WCPL ITB untuk informasi data hujan.

DAFTAR RUJUKAN

- Hoffman, R.R. dan A.B. Markman (2001). Remote sensing imagery). Human factors. CRC Press LLC, ISBN). 1-56670-413-8.
- Lengfeld, K., M. Clemens, H. Münster, dan F. Ament (2013). PATTERN). Advantages of high-resolution weather radar networks. Proceedings of American Meteorology Society 36th Conference on Radar Meteorology. Breckenridge, CO USA, 16-20 September 2013.
- Lengfeld, K., M. Clemens, H. Münster, dan F. Ament (2014). Performance of high-resolution X-band weather radar networks-the PATTERN example. Atmos. Meas. Tech., 7, 4151-4166.
- Nugroho, G. A., A. Awaludin, dan S.A. Rahayu (2012). Metode reduksi noise internal sinyal echo radar presipitasi dengan low pass filter, Prosiding Nasional SNSAA 2012, ISBN 978-979-1458-64-1.
- Nugroho, G. A. dan A. Awaludin (2013). Mapping method development using digital image processing to calibrate rainfall radar image. Prosiding Internasional 17th SIPTEKGAN, ISBN 978-979-1458-74-0.
- Nugroho, G.A., A. Awaludin, dan S.A. Rahayu (2014). Hasil pengamatan scanner hujan dan AWS pada kejadian hujan tanggal 2-3 Maret 2014 di daerah Bandung dan sekitarnya. Buku Variabilitas Cuaca dan Iklim di Indonesia, ISBN 978-979-1458-81-8.
- Nugroho, G. A., M. M. Munir, dan Khairurrijal (2015). A computer-based marine automatic radar for rain detection. Applied Mechanics and Materials, 771, 9-12.
- Nugroho, G. A., H. Satyawardhana, E. Yulihastin, dan Halimurrahman. (2015). Precipitation event analysis using image processing based on the rainfall detection radar (RDR) observation on March 9 2014 during landslide event in west java, Jurnal Teknologi Indonesia. 39, No.2.
- Nugroho, G. A. dan A. Awaludin (2015). Analisis distribusi dan pertumbuhan area hujan hasil observasi RDH (Radar Deteksi Hujan) pada tanggal 19 Februari 2014 di daerah bandung dan sekitarnya berdasarkan metode pengolahan citra. Buku Pengembangan Teknologi Atmosfer dan Pemanfaatannya, ISBN). 978-979-2458-92-4.
- Nugroho, G. A., T. Sinatra, A. Awaludin, dan D. Handiana (2016). Hail detection by a low cost local weather radar operated for disaster early warning system. Prosiding Internasional Indonesia Japan Join Scientific Symposium (IJJSS) (20-24 November 2016, ISSN). 978-4-901404-15-0, 33-39.
- Suryantoro, A. (2014). Analisis sifat hujan di wilayah Bandung dan sekitarnya berbasis observasi permukaan dan Satelit TRMM. Prosiding Seminar Nasional Fisika Terapan IV, ISSN). 2407-2281.
- Trabal, J.M., J. Colom-Ustariz, S. Cruz-Pol, G.A. Pablos-Vega, dan D.J. Mc Laughlin (2013). Remote Sensing of Weather Hazards Using a Low-Cost and Minimal Infrastructure Off-the-Grid Weather Radar Network, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 51, 2541-2555.
- Wang, P., A. F. Smeaton, L. Songyang, E. O'Connor, Y. Ling, N. E. O'Connor, Short-term rainfall nowcasting). using rainfall radar imaging [Online]. Available from <http://www.thehealthwell.info/node/623395> [diakses]. 12th Agustus 2014]