

ANALISIS PARAMETER RADAR DUAL POLARISASI PADA KEJADIAN HUJAN TANGGAL 14 FEBRUARI 2016 DI WILAYAH DKI JAKARTA

Analysis of Dual Polarization Radar Parameter in the Rain Event of 14 February 2016 in Jakarta Area

Rini Mariana Sibarani^{1)*}, Ari Nugroho²⁾, Samba Wirahma³⁾

^{1,2,3)} Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Gedung Ir. Mohammad Soebagio, GEOSTECH (820), Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang Selatan

*E-mail : rini.mariana@bppt.go.id

Intisari

Radar Dual Polarisasi digunakan pada kegiatan Intensive Observation Periode (IOP) yang dilaksanakan pada tanggal 18 Januari - 16 Februari 2016 di Puspiptek Serpong. Berdasarkan data hujan dari satelit TRMM tanggal 14 Februari 2016 terpantau kejadian hujan di wilayah Jakarta Timur dan Jakarta Selatan dengan intensitas 30–40 mm/h pada siang hingga sore hari. Kejadian hujan ini menyebabkan adanya genangan di beberapa titik di wilayah tersebut. Jika dilihat dari parameter keluaran radar, pada saat terjadi hujan maka nilai untuk setiap parameter sebagai berikut; untuk parameter rain terukur sebesar 20–30 mm/h. Parameter reflektivitas (Z_h) berkisar 25–35 dBz yang menunjukkan bahwa hujan yang terjadi adalah hujan dengan sifat moderate, parameter Zdr berkisar 2–2,5 menunjukkan ukuran butir droplet hujan (D) > 2 mm, parameter beda perambatan fase (ϕ_{dp}) berkisar 200–250 dan nilai beda spesifik fase (K_{dp}) berkisar 0.4–2 yang membuktikan bahwa konsentrasi droplet hujan di wilayah tersebut cukup tinggi, serta nilai parameter koefisien korelasi (ρ_{hv}) sebesar 0.85–1 yang menandakan bahwa partikel yang tertangkap radar adalah partikel hidrometeorologi. Parameter terakhir, kecepatan (V) bernilai positif 0–10 m/s yang menandakan partikel bergerak menjauhi radar dengan kecepatan yang tidak terlalu besar.

Kata Kunci : Furuno, Dual Polarisasi, Reflektivitas, Rain, Konsentrasi Droplet.

Abstract

Dual Polarization Radar is used on Intensive Observation Period (IOP) activities that was held on Januari 18 – Februari 16, 2016 at Puspiptek Serpong. Based on TRMM satellite data on February 14 2016, rainfall event is observed in East Jakarta and South Jakarta with the intensity of 30–40 mm/h in the afternoon. This rainfall caused inundation at some point in the region. When viewed from the radar output parameter during rain, the values for each parameter as follows; Rain ranges from 20–30 mm/h. Reflectivity (Z_h) ranges from 25–35 DBZ which showed that the rain occurred was the rain with moderate nature, ZDR ranges from 2–2.5 indicates the grain size droplet of rain (D) > 2 mm, different propagation phase (ϕ_{dp}) ranges from 200–250 and the specific value of the phase difference (KDP) ranges from 0.4–2, which proves that the droplet concentration of precipitation in the region is quite high, and the value of the correlation coefficient (ρ_{hv}) of 0.85–1 indicating that the particles which is captured by radar are hydrometeorology particles. Last parameter, velocity (V) is positive 0–10 m/s which indicates that the particles moves away from the radar at a not too large pace.

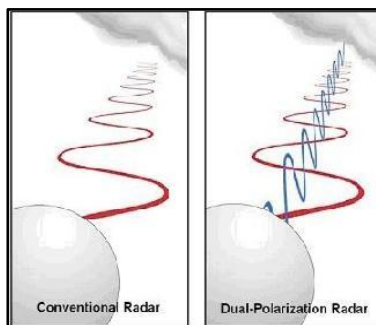
Keywords : Furuno, Dual Polarization, Reflectivity, Rain, Droplet Concentration.

1. PENDAHULUAN

Radar Furuno merupakan radar cuaca yang dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi partikel-partikel yang tersedia di atmosfer. Di dalam sistem kerjanya radar ini memanfaatkan sifat gelombang elektromagnetik, yaitu polarisasi. Polarisasi merupakan peristiwa penyerapan arah bidang getar dari gelombang yang mana semula arah getar gelombang tersebut kesegala arah

akan diubah menjadi satu arah getar gelombang. Radar konvensional hanya akan menangkap gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu partikel di udara dalam satu arah, yaitu arah horisontal (Z_h), lain halnya dengan radar Furuno yang memanfaatkan prinsip dual polarisasi, dimana dalam kerjanya radar ini akan menerima pancaran gelombang elektromagnetik dari suatu partikel dalam dua arah, yaitu vertikal dan horisontal.

Perbedaan ini menyebabkan radar dual polarisasi dapat mengukur lebih banyak parameter cuaca dibandingkan radar konvensional. Radar konvensional hanya dapat mengukur 3 parameter cuaca, yaitu : *Reflektivitas* (Z_h), *kecepatan* (V) dan *spektral width* (W). Sedangkan radar dual polarisasi dapat mengukur 8 parameter cuaca, yaitu; *Reflektivitas* (Z_h), *Perbedaan reflektivitas* (Z_{DR}), *Rain(R)*, *Kecepatan(v)*, *perbedaan spesifik fase* (Kdp), *Koefisien korelasi* (ρ_{hv}), *spektral width* (W), dan *perbedaan perambatan fase* (ϕ_{dp}) (Kumjian, 2013).



Gambar 1. Perbedaan polarisasi gelombang elektromagnetik pada radar konvensional dan radar dual polarisasi (Marsili, 2010).

Radar Furuno dual polarisasi dengan tipe X-band Doppler WR-2100 merupakan radar pulse-doppler yang mampu mendeteksi gerakan tetesan hujan, menghitung intensitas curah hujan serta dapat memperkirakan jenisnya (hujan, salju, hujan es dan lainnya).

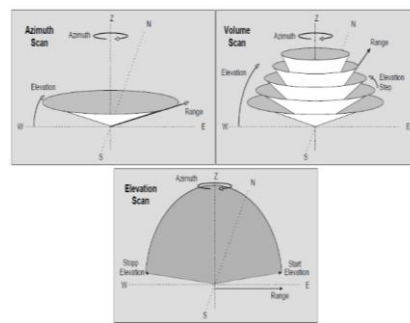
Radar ini mampu memancarkan (transmit) serta menerima (receive) gelombang elektromagnetik vertikal dan horizontal secara bersamaan. Di dalam dome radar pada gambar 2. terdapat *transmitter*, *receiver* dan *antenna*. Ketiga device tersebut bekerja saling melengkapi untuk menangkap partikel hidrometeorologi maupun partikel non hidrometeorologi.



Gambar 2. Dome radar Furuno WR-2100, Radar Dual Polarimetric X-band Doppler Weather.

Antena radar akan melakukan scan dengan bentuk lintasan kerucut dan dalam prosesnya antena ini akan menyapu setiap partikel yang dilaluinya. Ada 3 tipe scan antena radar, yaitu: azimuth scan (scan dilakukan dalam arah vertikal), elevation scan (scan dilakukan

dalam arah horizontal) dan volume scan (scan dilakukan dalam arah vertikal dan horizontal).



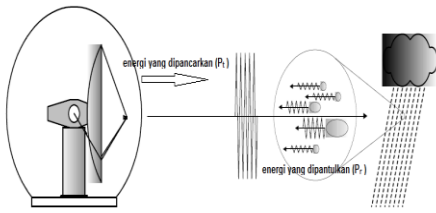
Gambar 3. Tipe scan antena radar (Selex System Integration GMBH, 2010).

Radar Furuno WR-2100 pada saat diaplikasikan selama periode IOP (*Intensive Observation Periode*) menggunakan tipe volume scan. Dimana radar diatur menggunakan 12 sudut elevasi mulai dari sudut elevasi terendah 0.5° hingga sudut elevasi tertinggi 15° , terlihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Sudut Elevasi untuk Proses Scan Antena Radar.

NO	KETERANGAN	SUDUT ELEVASI (DERAJAT)
1	HSQ elevation 0 (deg)	0.5
2	HSQ elevation 1 (deg)	1.5
3	HSQ elevation 2 (deg)	2.4
4	HSQ elevation 3 (deg)	3.4
5	HSQ elevation 4 (deg)	4.3
6	HSQ elevation 5 (deg)	5.3
7	HSQ elevation 6 (deg)	6.2
8	HSQ elevation 7 (deg)	7.5
9	HSQ elevation 8 (deg)	8.7
10	HSQ elevation 9 (deg)	10.0
11	HSQ elevation 10 (deg)	12.0
12	HSQ elevation 11 (deg)	15.0

Radar dapat memantau awan hujan bahkan mengukur intensitas curah hujan dengan cara menerima energi yang dikembalikan oleh pulsa. Besarnya energi tersebut akan menentukan besar reflektivitas radar yang selanjutnya dapat dikonversikan kedalam nilai hujan. Prinsip dari pengukuran radar dapat dilihat pada gambar 4, dimana radar akan memancarkan sinyal gelombang elektromagnetik dengan besar energi P_t , kemudian jika sinyal tersebut terhalang oleh suatu benda maka energi tersebut akan dipancarkan kembali ke radar sebesar P_r . Dengan memanfaatkan energi P_r yang diterima tersebut, maka radar dapat menghitung reflektivitas dari suatu benda yang menghalangi sinyal gelombang tersebut (Awaludin, 2013).



Gambar 4. Prinsip pengukuran radar.

Proses pengukuran dengan radar dibagi ke dalam 3 tahap, sebagai berikut :

1. Radar menerima energi radiasi yang telah dipantulkan partikel (P_r)

$$P_r = \frac{\pi^3}{1024 \cdot \ln 2} \cdot \frac{P_t \cdot G^2 \cdot \theta \cdot \phi \cdot h}{\lambda^2} \cdot \frac{|k|^2}{r^2} \cdot Z \quad (1)$$

Fraksi 1 : konstanta geometrik

Fraksi 2 : konstanta hardware radar

Fraksi 3 : karakteristik dari presipitasi

G : antenna gain

P_r : energy yang diterima (mW)

P_t : energy yang dipancarkan (mW)

Z : factor reflektivitas (mm^6/m^3)

h : panjang pulsa radar (m)

$|K|^2$: index pembiasan

r : jarak target (m)

λ : panjang gelombang radar (m)

θ : power beam width (horizontal) (rad)

ϕ : power beam width (vertikal) (rad)

2. Menghitung nilai reflektivitas (Z) dengan menggunakan energi radiasi (P_r).

$$Z = \frac{1}{C} r^2 P_r \quad (2)$$

Dengan nilai C

$$C = |K|^2 \frac{\pi^5}{\lambda^4} \frac{P_t G^2 L^2 \lambda^2}{(4\pi)^3} \frac{c\tau}{2} \int_{\Omega} f^4(\theta, \phi) d\Omega \quad (3)$$

Dan K adalah nilai konduktivitas listrik, dimana untuk liquid water nilai $|K|^2 \approx 0.91 \dots 0.93$ dan untuk partikel es nilai $|K|^2 = 0.18$.

3. Menghitung nilai *Rain* dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Z = a \cdot R^b \quad (4)$$

Berdasarkan teori Marshall & Palmer (1948)

$$Z = 200 \cdot R^{1.6} \rightarrow \frac{R}{\text{mm/h}} = 10^{\frac{dBZ-23}{16}} \quad (5)$$

Hubungan antara reflektivitas (Z) terhadap *Rain* (R) bergantung pada hal-hal berikut :

1. Tipe dari curah hujan (Konvektif, statiform atau gabungan keduanya)
2. Musim (musim panas atau dingin)

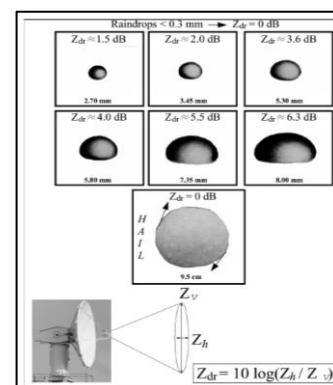
3. Lokasi (tropis, subtropik, benua atau samudera)
4. Tipe awan.

Hubungan *rain* dan reflektivitas untuk radar umumnya dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hubungan Reflektivitas terhadap *Rain* (Selex System Integration GMBH, 2010).

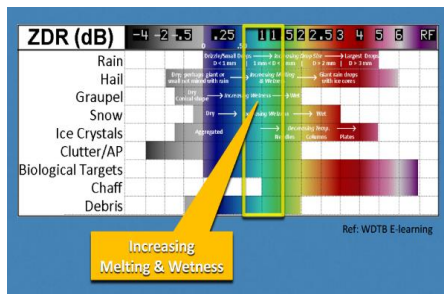
dBz	R in mm/h	Rainfall description
5	0.07	Weak
10	0.15	
15	0.3	
20	0.6	
25	1.3	
30	2.7	Moderate
35	5.6	
40	11.5	Strong
45	23.7	Very strong
50	48.7	Intensive
55	100	Extreme (hail)
60	205	

Perbedaan reflektivitas (Z_{DR}) merupakan perbandingan antara energi yang diterima secara horizontal terhadap energi yang diterima secara vertikal. Dengan mengetahui nilai dari Z_{DR} tersebut maka kita bisa mengetahui bentuk profil dari partikel *hidrometeor* yang tertangkap oleh radar. Tiga hal yang diperhatikan untuk menentukan jenis partikel *hidrometeor*, yaitu : Ketentuan pertama jika $Z_{DR} > 0$ maka profil horizontal partikel lebih besar, biasanya dialami oleh droplet hujan yang akan jatuh, karena dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Pengecualian berlaku jika nilai reflektivitasnya kecil sedangkan nilai $Z_{DR} > 0$ ada kemungkinan partikel tersebut bukan partikel *hidrometeor*. Ketentuan kedua jika $Z_{DR} < 0$ maka profil vertikal partikel lebih besar. Ketentuan ketiga jika $Z_{DR} \approx 0$ maka profil horizontal dan vertikal menunjukkan ukuran yang sama sehingga bentuk partikel lebih mendekati bentuk bulat. Biasanya mengindikasikan adanya hail atau snow. Nilai beda reflektivitas (Z_{dr}) untuk berbagai ukuran droplet hujan dapat dilihat pada gambar 5 berikut :



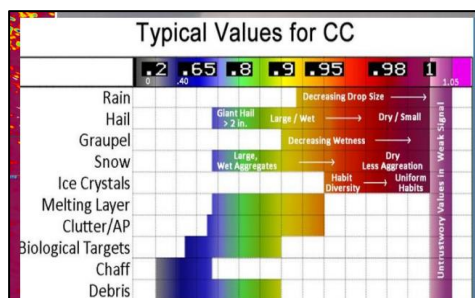
Gambar 5. Nilai Z_{dr} untuk berbagai tipe droplet hujan dan ukurannya. (Wakimoto & Bringi, 1988).

Dari nilai Z_{dr} , dapat diketahui jenis partikel yang tertangkap oleh gelombang elektromagnetik radar. Arti dari nilai Z_{dr} dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini :

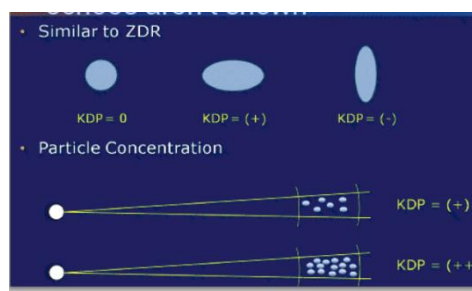


Gambar 6. Tipe nilai Z_{DR} .

Koefisien korelasi (ρ_{hv}) merupakan korelasi energi hamburan yang kembali secara horizontal dan vertikal. Untuk partikel hidrometeor nilai ρ_{hv} berada pada rentang 0.85 s/d 1. Untuk partikel bukan *hidrometeor* nilai koefisien korelasi < 0.85 . Untuk partikel hidrometeor, nilai ρ_{hv} 0.80 s/d 0.97 maka partikel yang tertangkap gelombang radar merupakan partikel es dan melting snow, sebaliknya jika $\rho_{hv} > 0.97$ maka partikel yang tertangkap gelombang radar merupakan partikel *rain* dan *snow*. Arti dari nilai koefisien korelasi dapat dilihat pada gambar 7 di bawah ini :



Gambar 7. Tipe nilai Koefisien Korelasi (ρ_{hv}).



Gambar 8. Hubungan bentuk partikel dan konsentrasi partikel terhadap perbedaan spesifik fase.

Perbedaan spesifik fase (KDP) merupakan perbedaan pergeseran fase diantara energi polarisasi yang kembali secara horizontal maupun vertikal. Pergeseran fase horizontal lebih besar dibandingkan pergeseran fase vertikal. Nilai KDP yang besar mengindikasikan adanya hujan yang sangat lebat dengan *liquid* presipitasi yang cukup banyak. Sama halnya dengan

parameter Z_{DR} , perbedaan spesifik fase juga dapat digunakan untuk menentukan bentuk partikel dan konsentrasi partikel (Gambar 8).

Adapun arti nilai perbedaan spesifik fase (K_{DP}) sebagai berikut :

1. *Hail* (es) $\rightarrow K_{DP}$ bernilai 0 kecuali di daerah *malting layer*
2. *Snow* (salju) $\rightarrow K_{DP}$ berada di antara -1 dan 0.5
3. *Rain* (hujan) $\rightarrow K_{DP}$ berada di antara 0 dan 5 (Semakin besar nilai K_{DP} semakin besar ukuran droplet atau semakin besar konsentrasi droplet).

Tidak ada nilai K_{DP} untuk partikel non hidrometeorologi

Beda perambatan fase (ϕ_{dp}) merupakan efek yang ditimbulkan karena adanya perbedaan amplitude dan fase dari perambatan gelombang yang dipantulkan oleh droplet. Dimana gelombang yang terpolarisasi secara horizontal akan mengalami redaman yang lebih tinggi dan keterlambatan perambatan fase terhadap gelombang yang terpolarisasi secara vertikal. Saat terjadi hujan maka ϕ_{dp} merupakan sebuah fungsi yang meningkat secara konstan terhadap jarak. Jika curah hujannya seragam disepanjang lintasan, maka nilai ϕ_{dp} bertambah secara konstan tiap pertambahan jarak. Jika nilai $\phi_{dp} > 0$, berarti nilai perambatan fase secara horizontal lebih besar dari perambatan fase vertikal. Hal ini menunjukkan adanya konsentrasi raindrops yang cukup tinggi.

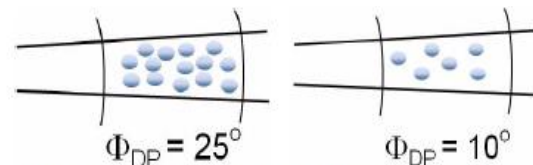


Figure 1-17. Greater concentration of raindrops leads to greater propagation delay in the H direction than in the V direction.

Gambar 9. Perbedaan nilai ϕ_{dp} untuk raindrops dengan konsentrasi tinggi dan rendah.

2. METODE

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data dari Radar Furuno WR-2100 yang terdiri dari 7 parameter Reflektivitas (Z_h), beda reflektivitas (Z_{DR}), Rain (R), Kecepatan (v), beda spesifik fase (Kdp), Koefisien korelasi (ρ_{hv}) dan beda perambatan fase (ϕ_{dp}). Data *spectral width* (W) tidak dibahas karena belum dapat diolah.

Tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut :

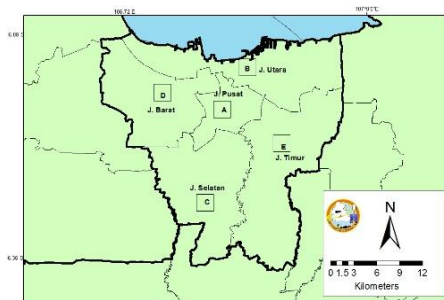
1. Pengolahan raw data radar dalam bentuk *.scn menjadi data bentuk *.dat. Pengolahan data Furuno menggunakan program *furuno2draft* (Taishi Hashimoto dari ILOHA Project Corp) dan *tool draft* (Development Radar Analysis Software and Data Format, yang dikembangkan oleh Yoshinobu Tanaka

dari MRI). Tool *furuno2draft* berfungsi untuk mengubah raw data radar dlm bentuk *.scn menjadi data *.rt dan tool *draft* berfungsi untuk mengubah data radar dalam bentuk *.rt menjadi *.dat.

2. Mengolah data radar *.dat dengan menggunakan GrADS untuk menghasilkan data binary.
3. Melakukan analisis 7 parameter radar tersebut dan melihat karakteristik dari setiap parameter radar. Data yang dianalisis adalah data radar pada ketinggian 1-2 km dari dome radar yang merupakan ketinggian dasar awan dan pada ketinggian 3–5 km dari dome radar yang merupakan ketinggian puncak awan.

Radar furuno WR-2100 salah satu instrument yang dimanfaatkan selama kegiatan IOP (*Intensive Observation Period*) tanggal 18 Januari 2016 – 16 Februari 2016. Radar furuno ini diletakkan di lokasi Geotech Puspitpek Serpong dengan koordinat longitude 106.6775 BT dan latitude 6.36263 LS. Radar ini diatur dengan range 50 km, longitude 105.29297 BT – 110.03906 BT dan latitude 5.7909 LS – 8.05923 LS.

Untuk mempermudah proses analisis, wilayah pembahasan dibagi menjadi 5, yaitu: A. Jakarta Pusat (lon 106.82 - 106.84 dan lat -6.19 - (-6.17)), B. Jakarta Utara (lon 106.85 - 106.87 dan lat -6.14 - (-6.12)), C. Jakarta Selatan (lon 106.80 - 106.82 dan lat -6.25 - (-6.23)), D. Jakarta Barat (lon 106.75 - 106.77 dan lat -6.17 - (-6.15)) dan E. Jakarta Timur (lon 106.89 - 106.91 dan lat -6.21 - (-6.23)). Wilayah analisis data dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Peta Kerja dalam analisis data radar furuno.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hujan selama IOP yang bersumber dari satelit TRMM Jaxa, tercatat banyak kejadian hujan di wilayah Jakarta. Ada beberapa tanggal yang mencatat kejadian hujan cukup tinggi di wilayah Jakarta, salah satunya pada tanggal 14 Februari 2016 yang menyebabkan terjadinya genangan di wilayah Jakarta Timur dan Jakarta Selatan. Jika dilihat dari gambar 12 tercatat kejadian hujan dengan intensitas tertinggi 26–29 mm di wilayah Jakarta

Jakarta Selatan, Jakarta Barat dan Jakarta Timur.

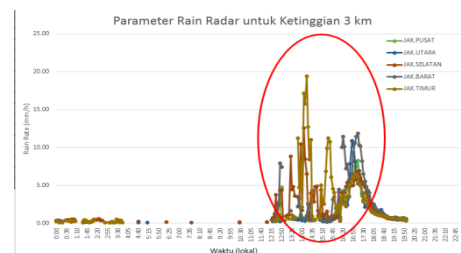
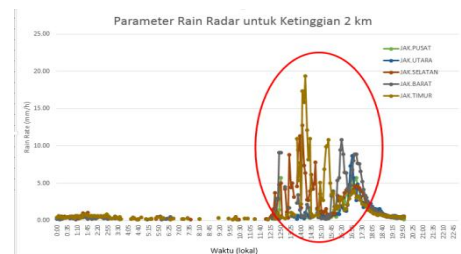
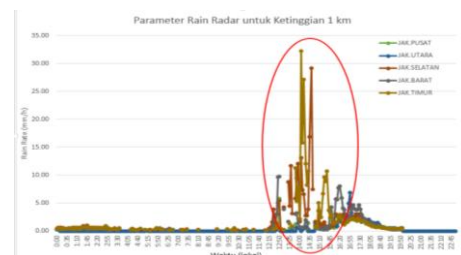


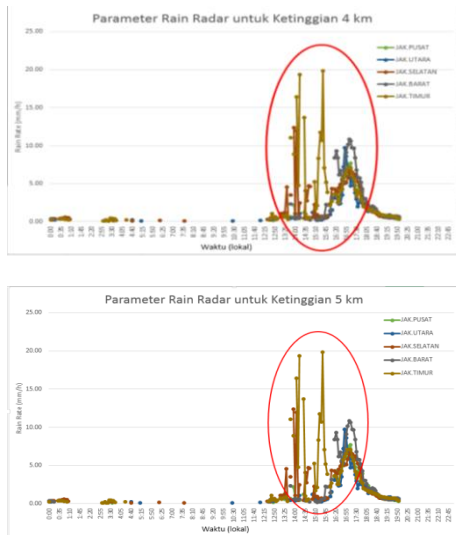
Gambar 12. Grafik hujan di wilayah Jakarta untuk tanggal 14 Februari 2016.
(Sumber : pengolahan data IOP 2016)

Berdasarkan kejadian hujan diatas, maka akan dicoba untuk menganalisis karakteristik parameter radar di masing–masing wilayah.

3.1. Parameter Rain

Pada tanggal 14 Februari 2016 nilai parameter rain untuk masing–masing wilayah di Jakarta dapat dilihat pada gambar 13. Terlihat adanya nilai *rain* pada pukul 12:15–19:50 WIB. Intensitas hujan paling tinggi (20–30 mm/h) terjadi di wilayah Jakarta Timur dan Jakarta Selatan pada pukul 14:00–15:45 WIB pada ketinggian 1 km hingga 3 km. Sedangkan pada wilayah Jakarta Utara dan Jakarta Barat intensitas hujan cukup tinggi (10–11 mm/h) terjadi pada pukul 16:20–18:05 WIB pada ketinggian 3–5 km. akan tetapi pada ketinggian 1–2 km nilai parameter rain 5–8 mm/h, sehingga hujan yang turun tidak terlalu deras.





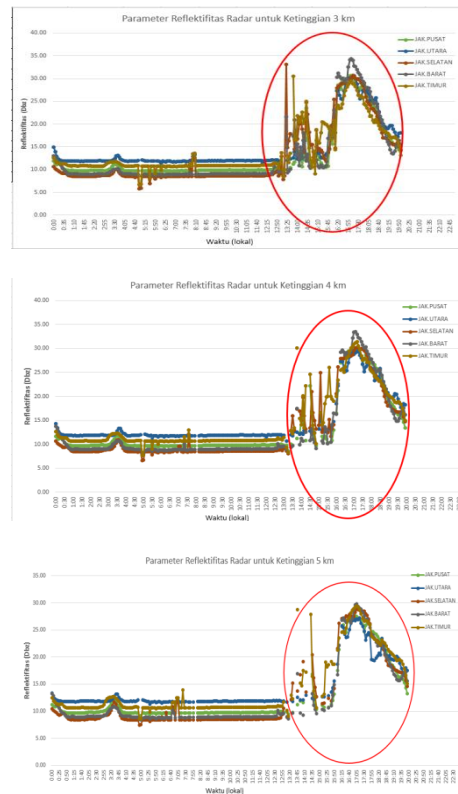
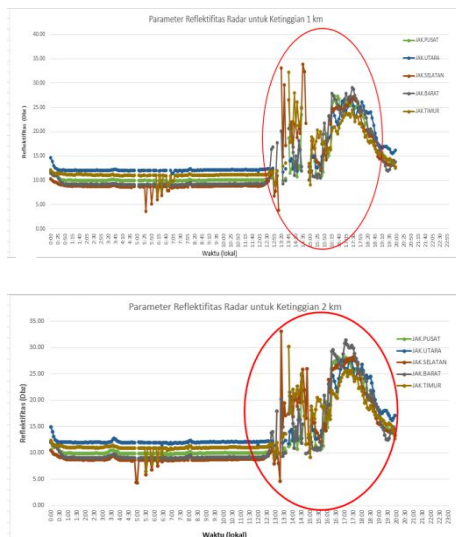
Gambar 13. Grafik parameter Rain radar pada level 1–5 km untuk tanggal 14 Februari 2016.

3.2. Parameter Reflektivitas (DbuZ)

Nilai Reflektivitas radar pada tanggal 14 Februari 2016 pada pukul 12:15–19:50 WIB adalah sebagai berikut.

Pada pukul 14:00–15:45 WIB, Nilai reflektivitas tertinggi (25–35 Dbz) terjadi pada wilayah Jakarta selatan dan Jakarta Timur pada ketinggian 1–3 km sedangkan pada ketinggian 4–5 km di kedua wilayah ini memiliki nilai reflektivitas sebesar 20–25 Dbz.

Pada pukul 16:20–18:05 WIB, Nilai reflektivitas untuk semua wilayah Jakarta pada ketinggian 1–5 km seragam sebesar 20–35 Dbz. Nilai reflektivitas paling tinggi (35 Dbz) terjadi di wilayah Jakarta Barat pada ketinggian 1–4 km dan pada ketinggian 5 km nilai reflektivitasnya 30 Dbz. Jika data reflektivitas ini dikonversikan ke dalam nilai *Rain*, maka seharusnya nilai *Rain* cukup tinggi di wilayah tersebut. Akan tetapi pada kenyataannya berbeda, nilai parameter *Rain* rendah pada level ketinggian 1 km, tapi cukup tinggi pada ketinggian 2–5 km. Untuk lebih jelasnya kita lihat gambar 14 di bawah ini:

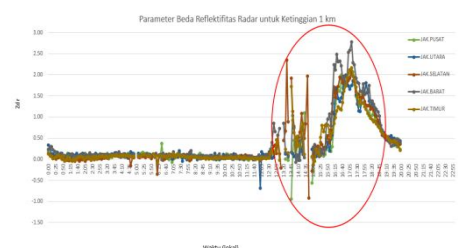


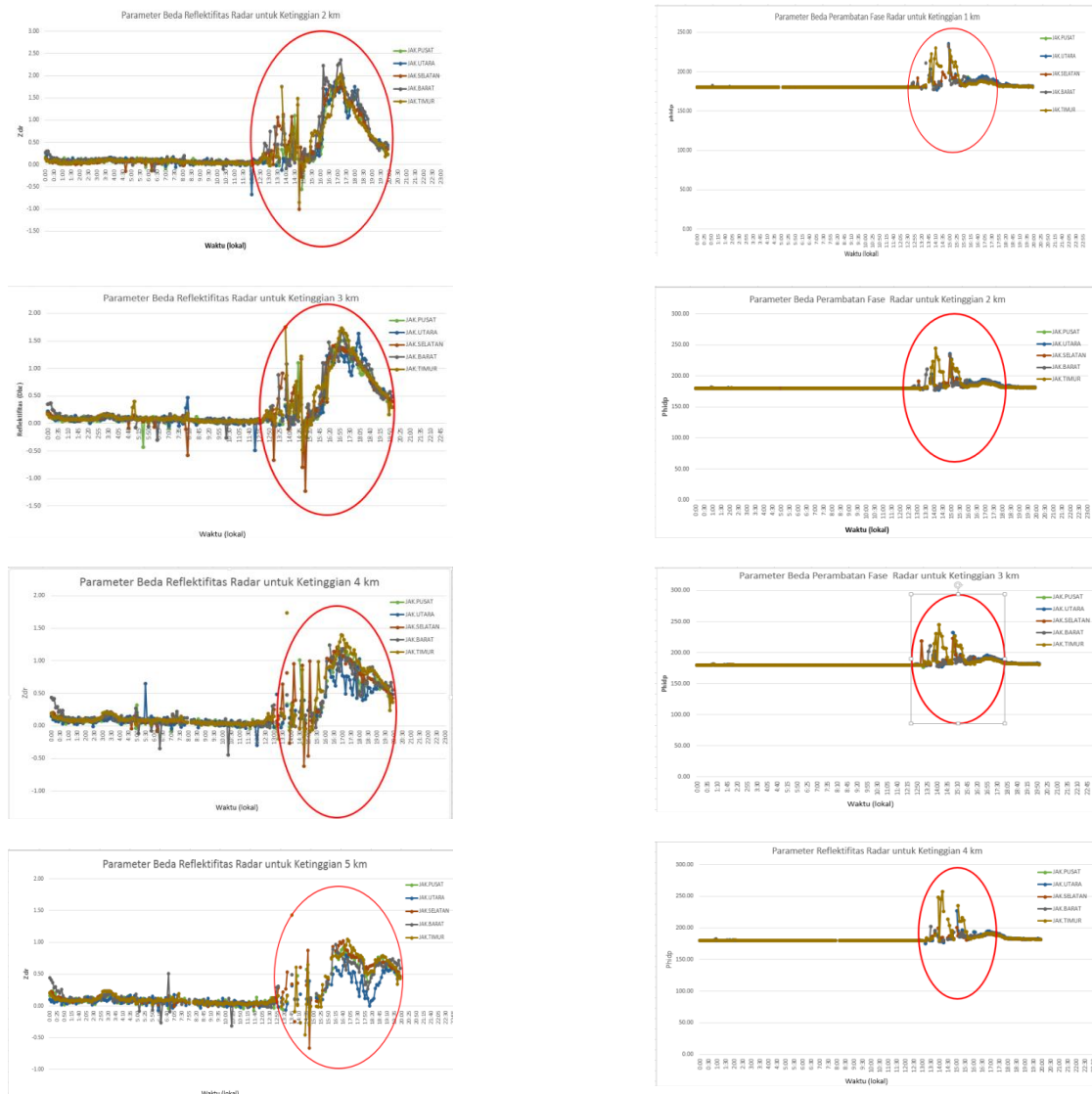
Gambar 14. Grafik parameter Reflektivitas radar pada level 1–5 km untuk tanggal 14 Februari 2016.

3.3. Parameter Zdr (Beda Reflektivitas)

Nilai beda reflektivitas (Z_{dr}) untuk tanggal 14 Februari 2016 adalah sebagai berikut. Pada pukul 14:00–15:45 WIB, Nilai beda reflektivitas terlihat hampir seragam untuk masing-masing wilayah. Untuk wilayah Jakarta Selatan dan Jakarta Timur yang parameter rainnya terukur cukup tinggi memiliki nilai Z_{dr} berkisar 2–2.5 pada ketinggian 1 km, nilai Z_{dr} 1–2 pada ketinggian 2–4 km dan Z_{dr} 0.5–1 pada ketinggian 5 km. Hal ini menunjukkan bahwa semakin mendekati permukaan ukuran droplet hujan semakin besar.

Pada pukul 16:20–18:05 WIB, sama halnya dengan nilai reflektivitas, nilai Z_{dr} untuk semua wilayah Jakarta pada ketinggian 1–4 km seragam sebesar 1–3. Nilai Z_{dr} paling tinggi terjadi di wilayah Jakarta Barat pada ketinggian 1–4 km dan pada ketinggian 5 km nilai Z_{dr} sekitar 0–1. Jika dilihat dari parameter Z_{dr} tersebut ukuran droplet hujan pada ketinggian 1 km cukup besar untuk semua wilayah Jakarta, tetapi nilai *Rain* yang terukur tidak sesuai dengan ukuran droplet tersebut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 15 berikut :



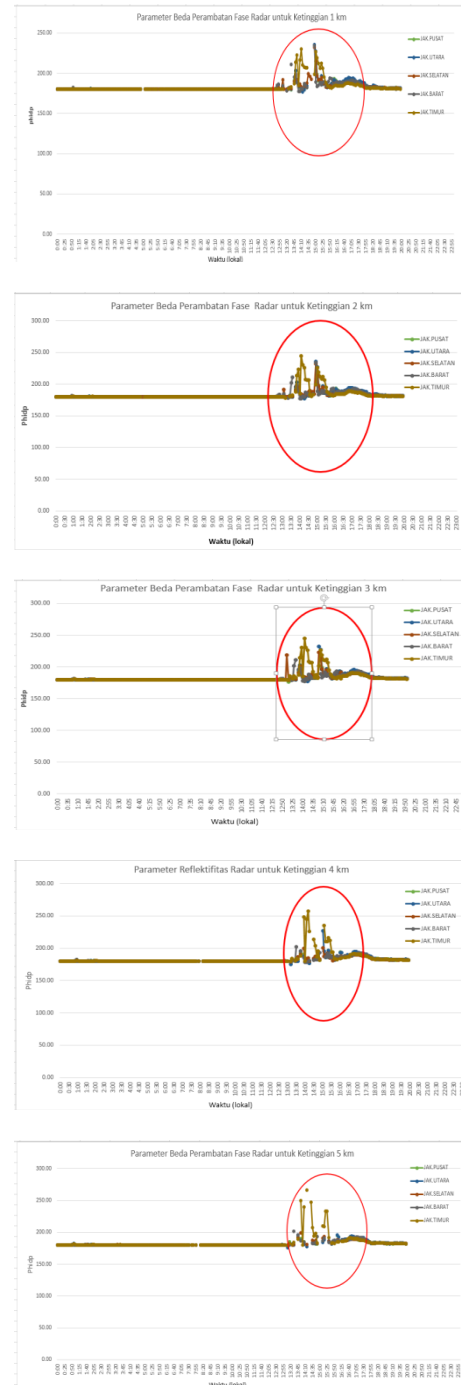


Gambar 15. Grafik parameter Beda Reflektivitas radar pada level 1–5 km untuk tanggal 14 Februari 2016.

3.4. Parameter ϕ_{dp} (Beda Perambatan Fase)

Nilai beda ϕ_{dp} untuk tanggal 14 Februari 2016 adalah sebagai berikut. Pada pukul 14:00–15:45 WIB; Nilai ϕ_{dp} terlihat cukup tinggi untuk wilayah Jakarta Selatan dan Jakarta Timur. Nilai ϕ_{dp} untuk wilayah ini berkisar $(200\text{--}250)^\circ$ pada ketinggian 1–5 km. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi droplet hujan di wilayah tersebut cukup tinggi.

Pada pukul 16:20–18:05 WIB; Nilai ϕ_{dp} untuk semua wilayah Jakarta pada ketinggian 1–5 km seragam sebesar $< 200^\circ$. Hal ini menunjukkan nilai konsentrasi droplet hujan pada semua wilayah tidak terlalu tinggi, dan menyebabkan nilai intensitas hujan yang turun kecil. Hal ini juga yang dapat menjelaskan penyebab nilai parameter rain kecil meskipun nilai Z dan Z_{dr} mendukung terjadinya hujan yang cukup tinggi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 16 berikut:

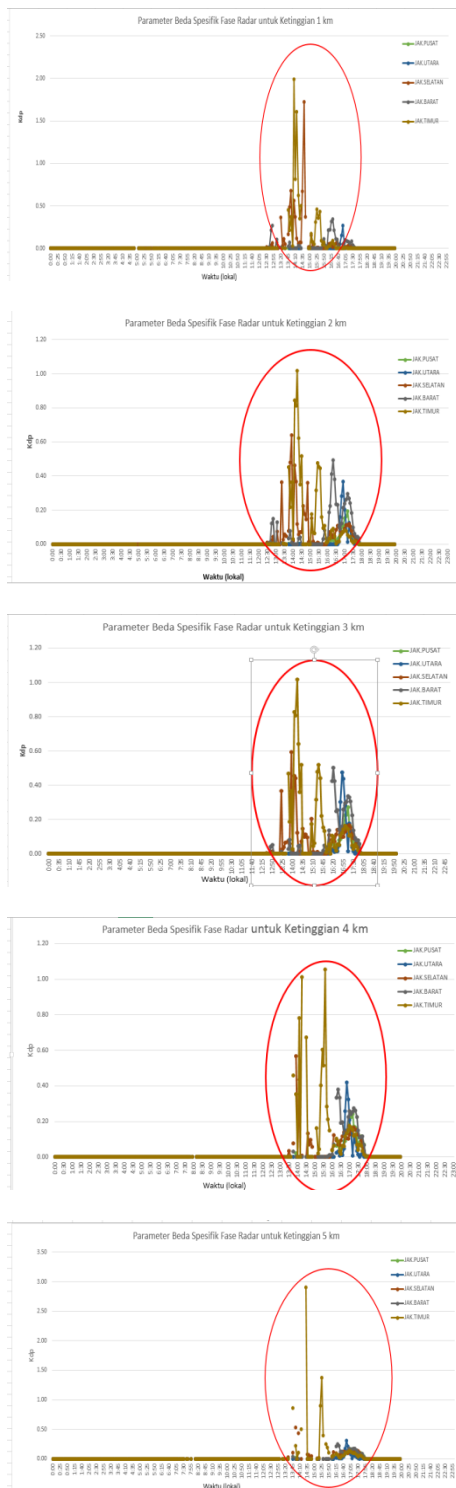


Gambar 16. Grafik parameter Beda Perambatan Fase radar pada level 1–5 km untuk tanggal 14 Februari 2016.

3.5. Parameter K_{dp} (Beda Spesifik Fase)

Nilai beda K_{dp} untuk tanggal 14 Februari 2016 adalah sebagai berikut. Pada pukul 14:00–15:45 WIB; Nilai K_{dp} terlihat cukup tinggi untuk wilayah Jakarta Selatan dan Jakarta Timur. Nilai K_{dp} untuk wilayah ini berkisar $(0.5\text{--}2)$ pada ketinggian 1 km, nilai K_{dp} berkisar $(0.4\text{--}1)$ pada ketinggian 2–4 km dan nilai K_{dp} $(1\text{--}3)$ pada ketinggian 5 km. Hal ini menunjukkan bahwa di wilayah tersebut terdapat droplet hujan dengan konsentrasi yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan wilayah yang lain.

Pada pukul 16:20–18:05 WIB; Nilai Kdp untuk semua wilayah Jakarta pada ketinggian 1–5 km berkisar 0–0.5, hal ini menunjukkan adanya kemungkinan partikel berbentuk merupakan salju atau hail dengan konsentrasi kecil. Karena konsentrasi yang kecil tersebut maka sulit untuk terbentuk hujan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 17 berikut :

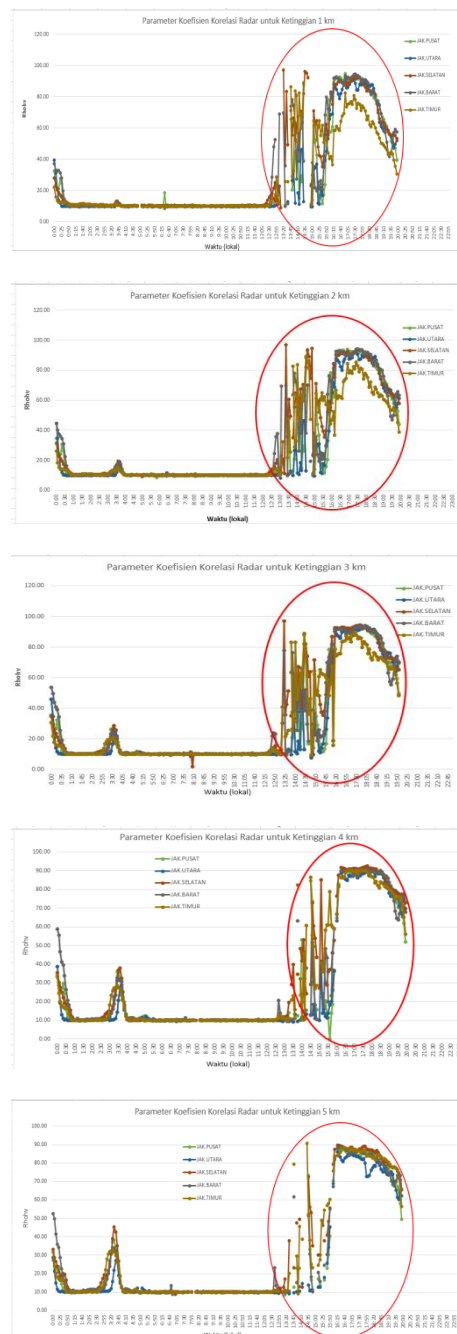


Gambar 17. Grafik parameter Beda Spesifik Fase radar pada level 1–5 km untuk tanggal 14 Februari 2016.

3.6. Parameter ρ_{hv} (Koefisien Korelasi)

Nilai ρ_{hv} untuk tanggal 14 Februari 2016 adalah sebagai berikut. Pada pukul 14:00–15:45 WIB; wilayah yang tertangkap radar sebagai partikel hidrometeorologi (rain, snow, hail, ice) adalah Jakarta Timur dan Jakarta Selatan, dimana nilai ρ_{hv} untuk wilayah ini berkisar 0.85 s/d 1 pada ketinggian 1–3 km.

Pada pukul 16:20–18:05 WIB; wilayah yang tertangkap radar sebagai partikel hidrometeorologi (rain, snow, hail, ice) adalah Jakarta Utara, Jakarta Barat, Jakarta Selatan dan Jakarta Pusat pada ketinggian 1–3 km. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 18 berikut:



Gambar 18. Grafik parameter Koefisien Korelasi radar pada level 1–5 km untuk tanggal 14 Februari 2016.

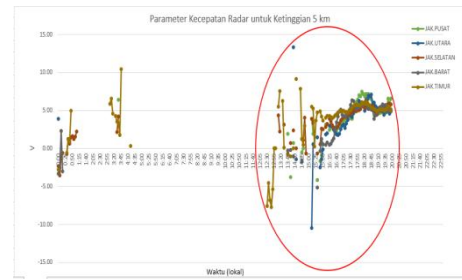
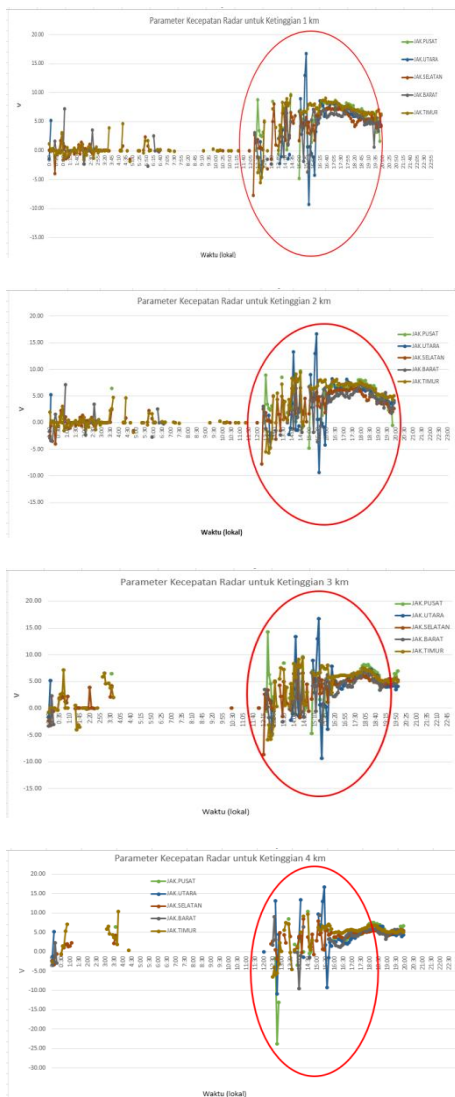
3.7. Parameter V (Kecepatan)

Nilai V untuk tanggal 14 Februari 2016 adalah sebagai berikut.

Pada pukul 14:00–15:45 WIB; nilai V untuk seluruh wilayah Jakarta kecuali Jakarta Barat bernilai positif 0–10 m/s pada ketinggian 1–5 km. Hal ini menunjukkan pergerakan partikel yang tertangkap menjauhi radar dan pergerakannya tidak terlalu cepat. Sehingga tidak mengganggu pertumbuhan awan. Untuk wilayah Jakarta barat parameter V menunjukkan nilai positif 15–20 m/s pada ketinggian 1–4 km. Hal ini dapat mengganggu pertumbuhan awan di wilayah tersebut karena kecepatan yang cukup tinggi.

Pada pukul 15:10–16:20 WIB parameter V di wilayah Jakarta Barat dan Jakarta Pusat menunjukkan nilai negatif 5–10 m/s pada ketinggian 1–4 km. Hal ini menunjukkan pergerakan awan mendekati radar.

Pada pukul 16:20–18:05 WIB; nilai parameter V sama untuk semua wilayah Jakarta. Dimana nilai V menunjukkan positif 5–10 m/s, yang menandakan bahwa pergerakan awan menjauhi radar. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 19 berikut:



Gambar 19. Grafik parameter Kecepatan radar pada level 1–5 km untuk tanggal 14 Februari 2016.

4. KESIMPULAN

Pada tanggal 14 Februari 2016 terjadi genangan di wilayah Jakarta Timur dan Jakarta Selatan. Jika dilihat dari data satelit TRMM pada tanggal 14 Februari 2016 intensitas hujan di wilayah Jakarta Selatan dan Timur cukup tinggi. Hujan yang terjadi adalah hujan dengan sifat *moderate*.

Berikut disimpulkan beberapa parameter radar yang mendukung tingginya intensitas hujan di wilayah tersebut :

1. Parameter *Rain* terukur sebesar 20–30 mm/h pada pukul 14:00–15:45 WIB pada ketinggian 1 km hingga 5 km.
2. Parameter V terukur sebesar positif 0–10 m/s, yang menyebabkan pergerakan partikel menjauhi radar dengan kecepatan tidak terlalu besar.
3. Parameter ρ_{hv} menunjukkan nilai 0.85–1, menunjukkan partikel yang tertangkap adalah partikel *hidrometeorologi* (*Rain, Hail, Snow, Ice*).
4. Parameter Kdp menunjukkan nilai 0.4–2, menunjukkan di wilayah tersebut terdapat droplet hujan dengan konsentrasi yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan wilayah yang lain.
5. Nilai ϕ_{dp} terlihat cukup tinggi untuk wilayah Jakarta Selatan dan Jakarta Timur. Nilai ϕ_{dp} untuk wilayah ini berkisar (200–250) $^{\circ}$, menunjukkan konsentrasi droplet hujan di wilayah tersebut cukup tinggi
6. Nilai Zdr terukur berkisar 2–2.5, menunjukkan bahwa droplet hujan cukup besar.
7. Nilai reflektivitas cukup tinggi (25–35 Dbz) terjadi pada wilayah Jakarta Selatan dan Jakarta Timur, jika dikonversikan ke parameter *rain* menunjukkan hujan dengan intensitas *moderate*.

Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk masing-masing parameter keluaran Radar Dual polarisasi Furuno WR-2100 dengan menggunakan data yang cukup banyak atau rentang waktu yang cukup lama (minimal 1 bulan) dengan tujuan diperolehnya karakteristik setiap parameter untuk wilayah tropis.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Awaludin, A., Nugroho, G.A., Rahayu, S.A. (2013). Analisis Kemampuan Radar Navigasi Laut Furuno 1932 Mark-2 untuk Pemantauan Intensitas Hujan. *Jurnal Sains Dirgantara*, 10(2), 90-103. doi: 10.30536/j.jsd.2013.v10.a1871
- Chandrasekar, V., Hou, A., Smith, E., Bringi, V.N, Rutledge, S.A., Gorgucci, E., Petersen, W.A., Jackson, G.S. (2008). Potential Role of Dual-Polarization Radar in the Validation of Satellite Precipitation Measurements: Rationale and Opportunities. *Bulletin of The American Meteorological Society*, 89(8), 1127-1145. doi: 10.1175/2008BAMS2177.1
- Doviak, R.J., Zrnica, D.S. (1993). Doppler Radar and Weather Observations (2nd ed.). Academic Press, 562 pages.
- Furuno. (2013). Furuno Operator's Manual Marine Radar Model 1832/1932/1942, Furuno Electric Co Ltd., Nishinomiya, Japan. <http://www.furunousa.com>.
- Kumjian, M.R. (2013). Principles and Applications of Dual-Polarization Weather Radar. Part I: Description of the Polarimetric Radar Variables. *NWA: Journal of Operational Meteorology*, 1(19), 226-242. doi: 10.15191/nwajom.2013.0119.
- Li, S., Zhuang, X. (2009). Navigation Radar Signal Acquisition and Measurement System. *Proceeding of The Ninth International Conference on Electronics Measurement and Instruments*.
- Mahafza, B.R. (2009). Radar Signal Analysis and Processing using Matlab. Taylor and Francis Group LLC. Boca Raton. USA.
- Marshall, J.S., Palmer, W.M.K. (1948). The Distribution of Raindrops with Size. *Journal of Meteorology*, 5, 165–166.
- Marsili, N. (2010). Dual-Polarization Radar. Dupage County Advanced Spotter Program.
- Nugroho, G.A., Munir, M.M., Khairurrijal. (2015). A Computer-Based Marine Automatic Radar for Rain Detection. *Applied Mechanics and Materials*, 771, 9-12. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.771.9
- Pedersen, L. (2004). Scaling Properties of Precipitation - Experimental Study Using Weather Radar And Rain Gauge. *Thesis*. Faculty of Engineering and Science Department of Civil Engineering Aalborg University, Aalborg, Denmark.
- Savina, M. (2011). The Use of a Cost Effective X-Band Weather Radar in Alpine Region. A dissertation for degree of Doctor of Sciences, Institute of Environmental Engineering ETH Zurich. doi: 10.3929/ethz-a-007141834
- Selex Systems Integration GMBH. (2010). Dual - Polarization Weather Radar Handbook 2nd Edition.
- Selex Systems Integration GMBH. (2010). Rainbow[®] 5 Product Presentation.
- Uijlenhoet, R. (2001). Raindrop Size Distributions and Radar Reflectivity-Rain Rate Relationship for Radar Hydrology. *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(4), 615-627. doi: 10.5194/hess-5-615-2001
- Wakimoto, R.M., Bringi, V.N. (1988). Dual-Polarization Observations of Microbursts Associated With Intense Convection: The 20 July Storm During The MIST Project. *Monthly Weather Review*, 116, 1521-1539. doi: 10.1175/1520-0493(1988)116<1521:DPOOMA>2.0.CO;2