OBSERVATION OF WEATHER CONDITIONS DURING FLOOD DISASTER IN CIKAMPEK HIGHWAY ON 14 FEBRUARY 2016

PENGAMATAN KONDISI CUACA PENYEBAB BENCANA BANJIR KASUS KEJADIAN BANJIR DI TOL CIKAMPEK 14 FEBRUARI 2016

*Findy Renggono*¹

Abstract

Heavy rain occurred in Jakarta area on February 14, 2016 has resulted in flood in several areas. Several observations conducted in the morning could not detect the extreme conditions until 1-2 hours before the heavy rain occurred. Intensive observation period for extreme weather which has been carried out by BPPT and BMKG in January - February 2016 observed the rain event properly. Radar observation can observe the spatial distribution of rainfall as well as cloud propagation, while other observations, namely radiosonde, radiometer and AWS can also monitor the precipitation clouds development. These results can be used to increase the quality of weather prediction for early warning system.

Keywords: *floods, extreme weather, weather radar, radiometer*

Abstrak

Hujan deras yang mengguyur wilayah Jakarta dan sekitarnya pada tanggal 14 Februari 2016 menimbulkan banyak genangan yang cukup tinggi di beberapa lokasi. Beberapa jalan utama, terutama jalan tol Cikampek, terendam banjir sehingga akses transportasi terputus dan beberapa wilayah permukiman penduduk juga kebanjiran yang memaksa penghuninya untuk mengungsi. Model prediksi cuaca numerik yg dijalankan pada pagi hari maupun pengamatan cuaca lainnya tidak dapat mendeteksi kejadian hujan deras pada siang hari yang merata di seluruh wilayah Jakarta. Hasil pengamatan dengan radar dan peralatan lain menunjukkan awan baru mulai tumbuh sekitar 1-2 jam sebelum hujan terjadi. Pengamatan intensif yang sedang dilakukan oleh BPPT dan BMKG berhasil menangkap kejadian hujan yang terjadi. Pertumbuhan dan pergerakan awan hujan, termasuk sebaran hujan yang terjadi dapat diketahui dari radar. Sedangkan hasil pengamatan yang dilakukan di Bogor, yaitu peluncuran radiosonde, radiometer dan AWS dapat memantau perubahan cuaca secara detil. Hasil analisis awal dari pengamatan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas prediksi cuaca dalam sistem peringatan dini kebencanaan.

Kata kunci: *banjir, hujan ekstrim, radar cuaca, radiometer*

¹ *Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jl. M. H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340, email: renggono@gmail.com*

1. PENDAHULUAN

Bencana banjir sangat merugikan masyarakat. Terlepas dari kondisi saluran air yang ada saat ini, hujan ekstrim yang terjadi juga dapat berakibat meluapnya air dari saluran-saluran air sehingga menggenangi rumah-rumah penduduk maupun jalan raya. Bulan Januari - Februari, merupakan puncak musim hujan untuk wilayah Jakarta dan sekitarnya. Pada musim ini hujan dengan intensitas sedang hingga tinggi sering terjadi dengan cakupan wilayah yang juga cukup luas. Hujan deras dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan sungai meluap dan terkadang membuat tanggul-tanggul air jebol sehingga akhirnya bencana banjirpun tidak dapat terelakan.

Pada tanggal 14 Februari 2016, hujan deras melanda di hampir seluruh wilayah DKI Jakarta dan Bogor. Hujan yang muncul pada siang hari ini ternyata kemudian menimbulkan banjir di beberapa wilayah di Jakarta. Kondisi yang paling parah terjadi di wilayah Timur kota Jakarta, dimana akibat hujan tersebut jalan tol Cikampek di sekitar km 34 terendam air setinggi 50 sentimeter (cm) (Harian Kompas, 14 Februari 2016). Kondisi ini menyebabkan terhambatnya jalur transportasi antara Jakarta dan kota-kota lain di sebelah Timur Jakarta.

Pada bulan Januari - Februari 2016 telah dilakukan pengamatan intensif selama 30 hari untuk melihat karakteristik awan hujan penyebab banjir. Pengamatan ini merupakan kerjasama antara BPPT (Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca) dan BMKG (Puslitbang, Stamet 745, dan stamet Dramaga). Beberapa peralatan dipasang di Dramaga, Bogor dan Puspipstek, Serpong

untuk memantau kondisi cuaca, pertumbuhan awan dan hujan di sekitar Jabodetabek, khususnya wilayah Bogor. Radar, microrain radar, radiometer, dan AWS (*automatic weather station*) dijalankan terus menerus selama 24 jam setiap hari, sedangkan radiosonde diluncurkan sebanyak empat kali sehari.

Penggunaan radar untuk melakukan kajian awan hujan sudah banyak dilakukan. Dari parameter yang diperoleh, selain dapat dilakukan analisis pergerakan awan, juga dapat dihitung potensi curah hujan dan diketahui jenis awan hujannya. Renggono *et al.* (2001), melakukan pengamatan kemunculan jenis awan hujan di Serpong dengan menggunakan BLR (L-band). Untuk mengetahui struktur vertikal awan hujan secara lebih teliti, analisis distribusi sebaran butir hujan juga bisa dilakukan. Kozu *et al.* (2003), Renggono *et al.* (2006) dan Marzuki *et al.* (2010) menggunakan EAR (47Mhz) di Kototabang Sumatera untuk mengamati distribusi butir hujan untuk mengetahui struktur mikrofisis awan hujan.

Pada tulisan ini akan ditunjukkan hasil pengukuran dari beberapa peralatan yang terpasang selama kegiatan pengamatan intensif dan hubungannya dengan parameter-parameter cuaca pada hari terjadinya hujan ekstrim. Sebagai contoh kasus adalah hujan lebat yang menimbulkan banjir tanggal 14 Februari 2016. Dengan diketahuinya hubungan antara parameter-parameter tersebut diharapkan dapat menjadi parameter peringatan dini bencana hidrometeorologi, terutama karena hujan ekstrim.

Gambar 1. Lokasi penempatan peralatan pengamatan cuaca, di Bogor dan Serpong. Tanda lingkaran merupakan jangkauan wilayah pengamatan radar cuaca yang terletak di Puspipstek.

2. METODA PENELITIAN

Pengamatan cuaca intensif yang merupakan kerjasama antara BPPT dan BMKG bertujuan untuk mendapatkan parameter-parameter cuaca pada saat terjadinya hujan ekstrim. Penelitian ini dilaksanakan dari tanggal 18 Januari sampai 17 Februari 2016, yaitu pada saat puncak musim hujan untuk wilayah Jabodetabek. Pada pengamatan ini digunakan beberapa peralatan yaitu: X-band radar, microrain radar, radiometer, radiosonde, dan AWS. Radiometer, microrain radar dan peluncuran radiosonde dilakukan di staklim BMKG di Dramaga, Bogor (6.55S, 106.74E, 207 meter), sedangkan pengamatan dengan X-band radar dilakukan di Puspiptek, Serpong (6.36S, 106.67E, 50 meter).

Lokasi pemasangan alat dapat dilihat pada gambar 1. Penempatan radar di wilayah yang berjarak sekitar 30 kilometer (km) dari lokasi peralatan lainnya bertujuan agar awan-awan yang muncul di Dramaga Bogor dapat diamati oleh radar secara jelas, termasuk wilayah lainnya di Jakarta. Analisis data pada tulisan ini menggunakan Fortran dan GrADS (*Grid Analysis and Display System*) sebagai pengolah data dan tampilan grafis. Untuk menghitung indeks-indeks dari pengamatan radiosonde dan radiometer digunakan piranti lunak RAOB (*RAwinsonde Observation*).

2.1. X-band Radar

Radar yang digunakan dalam penelitian ini adalah Dual-polarization Doppler X-band radar. Radar ini merupakan radar buatan Furuno (WR-2100), dipasang pada sebuah truk dengan menara setinggi 10 meter (m) yang bisa dilipat sehingga memudahkan dalam mobilisasi. Radar solid state yg bekerja pada frekuensi sekitar 9.4GHz, lebar beam 2.7 derajat dan daya maksimum 100W ini mampu mengamati awan sampai radius 50 km. Karena radar ini mempunyai kemampuan dual polarisasi, maka parameter yang dihasilkan radar ini selain reflektifitas, lebar spektrum dan Doppler shift, juga diperoleh beberapa parameter lainnya yang dapat mendeteksi awan hujan lebih baik daripada radar yang hanya menggunakan polarisasi tunggal. Pengolahan data mentah menjadi data

CAPPI menggunakan program furuno2draft (Taishi Hashimoto dari ILOHA Project Corp) dan program DRAfT (Development of Radar Analysis software and data Format, dikembangkan oleh Yoshinobu Tanaka dari MRI).

2.2. Radiosonde

Radiosonde digunakan untuk mengukur profil temperatur, kelembapan udara dan arah-kecepatan angin. Pengukuran dilakukan dengan menerbangkan seluruh sensor dengan balon untuk mengukur parameter-parameter cuaca sampai ketinggian 200mb. Pada penelitian ini digunakan radiosonde buatan Meisei. Peluncuran balon dilakukan sebanyak 4 kali sehari, yaitu pukul 00, 06, 12, dan 18 UTC.

2.3. Radiometer

Radiometer merupakan sebuah radio penerima pasif yang sangat peka yang dapat mendeteksi energi gelombang mikro yang diemis dari atmosfer. Dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari data historis pengukuran meteorologi di permukaan maupun data pengamatan radiosonde, dihasilkan nilai temperatur, kelembapan udara dan kandungan uap air sampai ketinggian 10 km dengan kerapatan waktu sekitar 0.5 sampai 5 menit (*Solheim et al*, 1998; *Ware et al*, 2003; *Löhnert et al*, 2004; *Cimini et al*, 2006; *Chan*, 2009). Pada tulisan ini radiometer yang digunakan adalah MP-3000A buatan Radiometrics.

Radiometrics menangkap 2 gelombang, yaitu K-band (22-30 GHz) dan C-band (51-59GHz) yang masing-masing terdiri dari beberapa kanal yang digunakan untuk mendeteksi profil kandungan uap air dan temperatur. Hasil pengamatan gelombang mikro dari beberapa kanal tersebut dikoversikan menjadi suhu kecerahan (*brightness temperature*) dengan memenuhi hukum Planck. Dengan menggunakan neural networks dari data historis pengamatan radiosonde dan rumus *radiative transfer*, suhu kecerahan dapat dikonversi menjadi profil temperatur, kelembapan dan uap air.

2.4. Perbandingan Radiosonde dan Radiometer

Radiometer merupakan alat penerima pasif yang dapat mengukur temperatur, kelembapan dan kandungan uap air sampai ketinggian 10 km pada 58 level ketinggian. Jenis data yang diperoleh alat ini sama dengan radiosonde, yang membedakan adalah radiosonde melakukan pengukuran langsung namun radiosonde terkendala dengan kerapatan datanya yang terlalu besar. Pada pengamatan bulan Januari-Februari 2016 ini kerapatan data radiosonde adalah 6 jam, sedangkan radiometer dapat mengolah hasil pengamatannya setiap 3 menit. Kemampuan radiometer melakukan pengamatan dengan resolusi waktu yang cukup rapat ini dapat menghasilkan prediksi cuaca yang lebih akurat.

Perbedaan metode pengukuran dari kedua alat ini akan menghasilkan nilai yang berbeda untuk masing-masing parameter. Hasil perbandingan sementara menunjukkan bahwa radiometer dapat mengukur temperatur dan kelembapan dengan nilai yang tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran radiosonde. Gambar 2 adalah contoh hasil perbandingan antara pengukuran temperatur (kiri) dan kelembapan (kanan) untuk Radiometer (garis hitam dengan bulat putih) dan Radiosonde (garis hijau dengan bulat hijau).

Nilai profil temperatur antara kedua alat terlihat cukup rapat, perbedaan yang muncul hanya berkisar kurang-lebih 2°C . Percobaan

Gambar 2. Contoh perbandingan hasil pengukuran profil temperatur (kiri) dan kelembapan relatif (kanan) antara radiometer (garis hitam) dan radiosonde (garis hijau).

yang sama dilakukan oleh Güldner, J. dan D. Spänkuch (2001), yang melakukan penelitian di Lindenberg, Jerman. Mereka menyebutkan bahwa perbedaan hasil pengukuran antara radiometer dan radiosonde sekitar 1.5°C untuk data di bawah 2000 m.

Sedangkan untuk nilai kelembapan relatif dari pengukuran radiosonde terlihat lebih berfluktuasi dibandingkan radiometer. Hal ini sangat wajar karena radiosonde mengukur kelembapan udara secara langsung pada lokasi dimana balon yang bergerak mengikuti arah angin berada. Namun terlihat dari gambar tersebut bahwa hasil pengukuran kelembapan relatif kedua alat masih mempunyai pola yang sama, yaitu agak kering pada ketinggian di bawah 4000 m dan basah pada ketinggian 4000 - 8000 m.

Pengamatan intensif di Bogor dilakukan pada saat musim hujan. Xu et al (2015) menyebutkan bahwa hasil perbandingan temperatur lebih baik daripada kelembapan, dan hasil pada musim hujan lebih baik daripada musim kemarau. Penelitian yang menggunakan radiometer merk Radiometric MP3000A ini dilakukan di Wuhan, China antara bulan Juni 2010 sampai Desember 2013.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bulan Januari dan Februari merupakan puncak musim hujan di wilayah Jabodetabek. Beberapa kejadian banjir besar di DKI terjadi di bulan-bulan tersebut (Rahayu *et al*, 2015). Penelitian tentang kemunculan awan dengan BLR juga menunjukkan bahwa pada bulan Januari - Februari awan-awan hujan konvektif lebih banyak muncul dibandingkan bulan-bulan lainnya (Renggono *et al*, 2001). Variasi tahunan curah hujan dari TRMM tahun 2012-2015 untuk wilayah Jabodetabek (data dari JAXA, diolah oleh BBTMC, BPPT dari website <http://wxmod.bppt.go.id>) juga menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan bulan Desember, Januari dan Februari di atas 350 mm (Gambar 3).

SST anomali untuk wilayah Nino3-4 bulan Januari dan Februari 2016 masih berada di atas 2°C , yang berarti masih kondisi El-Nino, sehingga di awal kegiatan pengamatan hujan masih kesulitan mendapatkan data hujan. Hujan ringan dan sedang baru mulai muncul di akhir Januari.

Gambar 4 adalah curah hujan permukaan di Dramaga. Untuk wilayah Bogor, hujan pada tanggal 14 Februari bukanlah yang tertinggi selama periode pengamatan intensif tersebut, namun hujan pada hari tersebut menimbulkan genangan air di beberapa wilayah ibu kota,

Gambar 3. Variasi tahunan curah hujan tahun 2012-2015 dari data TRMM-JAXA untuk wilayah Jabodetabek (diambil dari website BBTMC <http://wxmod.bppt.go.id>).

bahkan jalan tol antar kota sempat tertutup oleh banjir. Pada tulisan ini akan ditunjukkan hasil pengamatan dari beberapa instrumen yang terpasang selama pengamatan intensif.

3.1. Pengamatan Radar

Radar Doppler yang dipasang di Serpong berhasil mengamati awan hujan yang muncul di wilayah Jabodetabek. Gambar 5 merupakan akumulasi curah hujan setiap jam dari jam 9 sampai jam 16 WIB

Gambar 4. Curah hujan harian di Dramaga, Bogor (BMKG).

(Gambar 5,a-h). Terlihat pada gambar tersebut bahwa awan hujan baru terlihat muncul di Jakarta timur pada pukul 10 (Gambar 5b), dan hujan yang deras baru terjadi di Selatan kota Bogor. Pukul 11

pertumbuhannya semakin cepat dan mulai merata di wilayah Jakarta pada pukul 12-13 (Gambar 5c-d). Intensitas hujan mulai menurun pukul 14, dan akhirnya awan-awan hujan mulai meluruh pada pukul 16. Di atas kota Jakarta tampak awan hujan berada memanjang dari pantai utara sebelah barat sampai ke Jakarta timur bagian selatan. Sedangkan di wilayah Bogor, awan hujan terlihat pada pukul 11-13 siang.

Gambar 5. Akumulasi curah hujan pukul 09-16 WIB (a-h) tanggal 14 Februari 2016 yang diperoleh dari pengamatan Doppler X-band radar di Puspiptek, Serpong.

Pergerakan awan hujan di atas Dramaga dapat dilihat pada gambar 6. Gambar ini merupakan nilai rata-rata untuk wilayah Latitude 6.54°S sampai 6.56°S . Sedangkan garis putus-putus menunjukkan lokasi dimana seluruh peralatan pengamatan hujan dipasang, yaitu di Dramaga. Pada gambar ini terlihat bahwa curah hujan diatas 20 mm/jam terjadi pada sekitar jam 12.30-13.00 dan 13.30-14.30. Hujan bergerak dari barat ke timur, sesuai dengan arah angin yang terukur oleh radiosonde. Setelah pukul 15.00 masih ada hujan sampai pukul 18.00 namun intensitasnya tidak terlalu besar.

3.2. Pengamatan Radiosonde

Radiosonde diluncurkan empat kali dalam satu hari, yaitu pukul 00, 06, 12 dan 18 UTC. Hasil pengamatan sonde pada tanggal 14 Februari 2016 pukul 00 dan 12 UTC ditunjukkan pada gambar 7. Hasil sonde pukul 00 UTC tidak menunjukkan akan terjadinya hujan yang cukup deras (Gambar

7a). Dari nilai CAPE yang kurang dari 500 J/kg dan LI yang tidak terlalu kecil, menunjukkan peluang tumbuh awan tidak terlalu baik.

Gambar 6. Curah hujan pukul 10-20 WIB untuk wilayah 6.54LS – 6.56LS. Garis putus-putus menunjukkan lokasi Dramaga.

Namun nilai KI dan indeks Sweat yang cukup baik membuat peluang terjadinya hujan masih dimungkinkan. Dari parameter stabilitas atmosfer dari radiosonde, beberapa indeks menyatakan bahwa hari ini kondisi atmosfer relatif labil dan energi pengangkatan massa konvektif awan pada pagi hari relatif lemah. Nilai-nilai parameter stabilitas atmosfer pada pengukuran radiosonde jam 00 UTC, yaitu, LI = -2.0, TT = 43.5, KI = 32.7, SI = 0.5, Tc = 34.8 C, CAPE = 550 J/Kg. Hasil sonde pukul 06UTC menunjukkan hasil yang jauh berbeda. Pengamatan radiosonde dilaksanakan beberapa saat sebelum terjadi hujan di lokasi peluncuran. Semua nilai indeks menunjukkan kondisi atmosfer yang sangat tidak stabil dan potensi terjadinya konveksi tinggi.

Gambar 7. Diagram SkewT-logP untuk Radiosonde tanggal 14 Februari 2016 pukul 00 UTC (a) dan pukul 06 UTC (b).

3.3. Pengamatan Radiometer

Radiometer dapat mengukur beberapa parameter cuaca, namun dalam tulisan ini hanya temperatur dan kelembapan saja yang akan ditampilkan. Gambar 8 adalah hasil pengukuran radiometer pada tanggal 14 Februari 2016 dari pukul 5 sampai 17 UTC (12 -24 WIB). Radiometer yang mampu mengamati profil temperatur dan RH setiap 3 menit sekali memungkinkan untuk mengetahui perubahan kondisi atmosfer

secara terus menerus. Terlihat pada gambar 8 bahwa pada saat hujan, terjadi perubahan temperatur pada hampir seluruh ketinggian (gambar 8, atas) dan juga pada nilai RH. Setelah hujan berhenti, nilai temperatur berangsur-angsur kembali seperti semula dan nilai RH untuk dibawah 5 km menurun menjadi kurang dari 50%. Di lapisan atas, nilai RH masih tetap tinggi, menunjukkan kondisi di atas masih basah, yang kemungkinan adalah awan stratiform.

3.4. Diskusi

Kondisi hujan deras yang terjadi pada siang hari tanggal 14 Februari 2016 tidak terlalu terlihat pada hasil pengamatan di pagi hari. Data sonde pada pukul 00 UTC menunjukkan kemungkinan hanya akan terjadi konvektivitas lemah pada siang hari dan sampai pukul 10 radar cuaca belum mendeteksi adanya awan hujan di wilayah Jabodetabek dan sekitarnya.

Gambar 8. Profil temperatur (atas) dan kelembapan relatif (bawah) tanggal 14 Februari 2016 hasil pengamatan dengan radiometer.

Gambar 9. Prediksi curah hujan harian untuk tanggal 14 Februari 2016 dengan menggunakan model numerik WRF (diambil dari website BBTMC, <http://wxmod.bppt.go.id>).

Prediksi model cuaca WRF juga tidak menunjukkan hujan deras di wilayah Jakarta (Gambar 9). Prediksi WRF yang dijalankan oleh BBTMC, BPPT hanya menunjukkan hujan sedang-deras terjadi di wilayah Bogor sampai ke Bandung Timur. Analisis indeks-indeks dari radiosonde juga kurang dapat menunjukkan kondisi siang hari yang sebenarnya, hal ini mungkin disebabkan karena jarak waktu peluncuran radiosonde terlalu besar (6 jam).

Gambar 10 merupakan indeks-indeks yang dihitung berdasarkan pengamatan dengan radiometer pada tanggal 14 februari 2016, pukul 0-9UTC. Indeks kestabilan udara yang dihitung dengan RAOB, seperti showalter Index (SI), KI, Total Totals Index (TT), Convective Available Potential Energy (CAPE), Tc dan hasil pengukuran permukaan seperti temperatur dan curah hujan dihitung setiap 3 menit untuk melihat perubahan masing-masing indeks terhadap kejadian hujan pada siang hari.

Dari Gambar 10(c) terlihat bahwa hujan mulai turun di Bogor sekitar pukul 12.20 dengan intensitas sampai lebih dari 20 milimeter (mm) (garis biru muda), yang kemudian setelah pukul 13 hanya terlihat hujan ringan (intensitas kurang dari 5 mm). Dengan meningkatnya radiasi matahari, temperatur permukaan (garis merah, Gambar 10.c) berangsur-angsur juga meningkat, dan menurun dengan drastis beberapa saat sebelum hujan turun, yaitu pada saat awan konvektif sudah mulai muncul di seputaran daerah pengamatan. Nilai Tc (temperatur minimum di permukaan untuk terjadinya konveksi) hasil pengolahan data radiometer (bintik biru, Gambar 10.c) menunjukkan nilai sekitar 35-37°C. Terlihat pada grafik ini bahwa nilai temperatur permukaan semakin mendekati nilai Tc sebelum hujan deras terjadi.

Nilai CAPE total (garis biru, Gambar 10.b) dan CAPE 3 km (garis merah, Gambar 10.b) juga terlihat nilainya naik sampai sesaat sebelum terjadinya hujan. Nilai CAPE yang kurang dari 500 J/kg pada pagi hari, mencapai 1000 J/kg pada pukul 08.30, dan terus meningkat sampai lebih dari 2500 J/kg. Nilai CAPE ini menunjukkan tingkat ketidakstabilan atmosfer. Kim dan Lee (2005) menyebutkan bahwa nilai CAPE

berkisar 1779 Jkg -1 – 2521 J/kg akan intensitas sangat lebat. menyebabkan terjadinya hujan dengan

Gambar 10. Indeks kestabilan cuaca dari pengukuran radiometer, LI, KI dan TT (a), CAPE (b) dan data permukaan (c).

Pada Gambar 10.a tampak indeks SI (garis hijau) yang meningkat pada beberapa saat sebelum kejadian hujan. SI merupakan indeks stabilitas yang digunakan untuk menentukan potensi badai dan stabilitas atmosfer. Walaupun nilai tidak terlalu tinggi, namun terlihat bahwa pada pukul 11.50-12.30 dan 13.30-14.20 terjadi peningkatan nilai SI. Nilai KI (garis kuning) yang merupakan ukuran potensi badai akibat gerak konvektif, berdasarkan selang suhu vertikal, dan kelembaban atmosfer, menunjukkan kenaikan dari nilai 20 (potensi konvektif kecil) di pagi hari meningkat menjadi di atas 25 (potensi konvektif sedang) pada pukul 11.30 dan terus meningkat sampai mencapai nilai 35. Sedangkan nilai TT (garis merah) sejak pagi hari sudah menunjukkan nilai di atas 40 (kemungkinan terjadi thunderstorm).

4. KESIMPULAN

Hujan lebat pada siang hari tanggal 14 Februari 2016 masih sulit diprediksi pada pagi hari. Radar baru dapat melihat kemunculan awan-awan setelah pukul 10 WIB, sedangkan data radiosonde pukul 00 UTC masih belum dapat menggambarkan kejadian hujan pada siang hari.

Indeks-indeks stabilitas atmosfer yang terukur oleh Radiometer di Bogor baru menunjukkan kemungkinan terjadinya hujan lebat setelah pukul 8.00 dengan ditandai adanya kenaikan nilai Indeks-indeks seperti CAPE, KI dan SI.

Dari analisis data radar dapat diketahui pergerakan awan hujan, sehingga dapat lebih dini melakukan prediksi hujan di suatu wilayah. Selain itu, jenis awan hujan yang terpantau dari radar juga dapat diketahui.

Hujan dari awan konvektif akan menyebabkan curah hujan yang tinggi, sedangkan hujan dari awan stratiform curah hujannya kecil namun dapat berlangsung lama.

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut pada indeks-indeks yang dihitung dari radiometer. Hasil pengukuran dengan radar dan radiometer dapat dijadikan masukan bagi model cuaca numerik untuk meningkatkan keakurasian keluaran dari model dalam memprediksi cuaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Chan, P. W. 2009. *Performance and application of a multi-wavelength, ground-based microwave radiometer in intense convective weather*. Meteorol. Z., 18, 253–265.
- Cimini, D., T. J. Hewison, L. Martin, J. Güldner, C. Gaffard, and F. Marzano. 2006. *Temperature and humidity profile retrievals from ground-based microwave radiometers during TUC*. Meteorol. Z., 15, 45–56.
- Güldner, J., and D. Spänkuch. 2001. *Remote sensing of the thermodynamic state of the atmospheric boundary layer by ground-based microwave radiometry*. J. Atmos. Ocean. Tech., 18, 925–933.
- Kim HY, Lee DK. 2005. *An observational study of mesoscale convective systems with heavy rainfall over the Korean Peninsula*. J Weather and Forecasting 21:125–148.
- Kozu, T., K. K. Reddy, T. Shimomai, H. Hashiguchi, Y. Ohno, and S. Minami. 2003. *Estimation of raindrop size distribution profile with atmosphere radars at south India and Sumatera*. Japanese URSI-F meeting, No.473, Osaka Pref. Univ.
- Löhnert, U., S. Crewell, and C. Simmer. 2004. *An integrated approach towards retrieving physically consistent profiles of temperature, humidity, and cloud liquid water*. J. Appl. Meteorol., 43(9), 1295–1307.
- Marzuki, T. Kozu, T. Shimomai, W. L. Randeu, H. Hashiguchi, and Y. Shibagaki. 2009. *Diurnal variation of rain attenuation obtained from measurement of raindrop size distribution in equatorial Indonesia*. IEEE Trans. Ant. Propag., Vol. 57, No.4, Pt.II, 1191–1196.
- Rahayu Sapta Sri Sudewi, Achmad Sasmito, Roni Kurniawan. 2015. *Analisis Banjir Jakarta Tanggal 09 Februari 2015*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika, 16, 3, 209–215.
- Renggono, F., et al. 2001. *Precipitating clouds observed by 1.3-GHz boundary layer radars in equatorial Indonesia*. Ann.Geophys., 19, 889 – 897.
- Renggono, F., M. K. Yamamoto, H. Hashiguchi, S. Fukao, T. Shimomai, M. Kawashima, and M. Kudsy. 2006. *Raindrop size distribution observation with Equatorial Atmosphere Radar (EAR) during the CPEA-I observation campaign*. Radio Sci., Vol. 41, 1–10.
- Solheim, F. S., J. R. Godwin, E. R. Westwater, Y. Han, S. J. Keihm, K. Marsh, and R. Ware. 1998. *Radiometric profiling of temperature, water vapor, and cloud liquid water using various inversion methods*. Radio Sci., 33, 393–404, doi:10.1029/97RS03656.
- Ware, R., R. Carpenter, J. Güldner, J. Liljegren, T. Nehrkorn, F. Solheim, and F. Vandenberghe. 2003. *A multi-channel radiometric profiler of temperature, humidity and cloud liquid*. Radio Sci., 38(4), 8079, doi:10.1029/2002RS002856.
- Xu, G., B. Xi, W. Zhang, C. Cui, X. Dong, Y. Liu, and G. Yan. 2015. *Comparison of atmospheric profiles between microwave radiometer retrievals and radiosonde soundings*. J. Geophys. Res. Atmos., 120, 10, 313–10, 323, doi:10.1002/ 2015JD023438.