



# Uji Sensitivitas Skema Parameterisasi Mikrofisik dengan Verifikasi Radar Cuaca untuk Simulasi Fenomena Hujan Es (Studi Kasus : Jakarta, 22 November 2018)

Muhammad Sultan Djakaria<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Stasiun Meteorologi Majene, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Majene, Sulawesi Barat, 91412

\*Email: suldjaka@gmail.com

*Naskah Masuk: 06 Agustus 2020 | Naskah Diterima: 12 November 2020 | Naskah Terbit: 01 Desember 2020*

**Abstrak.** Model cuaca numerik WRF – ARW digunakan dalam membuat prakiraan dan menganalisis suatu fenomena cuaca ekstrem hujan es. Pada WRF – ARW terdapat pilihan pendekatan terhadap proses fisis yaitu konfigurasi Skema parameterisasi yang menentukan hasil dari simulasi model numerik. Proses mikrofisik berperan penting melalui pengaruh langsung terhadap kekuatan kolam dingin dan pemanasan latent dalam awan konvektif. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan Skema parameterisasi terbaik dan mengetahui kondisi atmosfer saat kejadian hujan es di wilayah Jakarta Pusat menggunakan model WRF – ARW. Adapun tiga Skema parameterisasi mikrofisik yang diuji adalah WSM3, WSM6 dan THOMPSON. Pengolahan WRF – ARW menggunakan input data FNL yang didapatkan dari NCEP dan data radar EEC yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Cengkareng serta diolah menggunakan Rainbow. Variabel yang diolah adalah nilai reflektivitas secara spasial dan vertikal yang dibandingkan dengan pengamatan radar cuaca. Hasil simulasi menunjukkan Skema WSM6 dan THOMPSON cukup representatif dalam menggambarkan pola sel konvektif kuat di wilayah Jakarta Pusat meskipun lokasi jatuhnya hujan es berbeda dengan hasil pengamatan radar. Kemudian, hasil verifikasi menunjukkan Skema THOMPSON lebih baik dengan nilai RMSE lebih kecil dan nilai korelasi yang tinggi. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa Skema THOMPSON cukup baik dalam menggambarkan hujan es di wilayah Jakarta Pusat dan sekitarnya.

**Kata Kunci:** Hujan Es, WRF, Radar Cuaca

**Abstract.** The WRF – ARW numerical weather model is used to predict and analyze an extreme weather phenomena of hail. WRF – ARW has a choice of approach to the physical process, namely the configuration of the parameterization scheme that determines the results of the numerical model simulation. Microphysical processes play an important role through their direct influence on the strength of cold pools and the latent heating in convective clouds. This study aims to obtain the best parameterizations scheme and to determine the atmospheric conditions during the hail in the Central Jakarta area using the WRF – ARW model. The three microphysical parameterization schemes tested were WSM3, WSM6 and THOMPSON. WRF – ARW processing uses FNL data input obtained from the NCEP and EEC radar data obtained from the Cengkareng Meteorological Station were processed using Rainbow. The processed variables are reflectivity values spatially and vertically compared to weather radar observations. The simulation results show that the WSM6 and THOMPSON schemes are representative in describing the strong convective cell pattern in the Central Jakarta area, although the location of the hail fall is different from the results of radar observations. Then, the verification results show THOMPSON's scheme is better with a smaller RMSE value and a high correlation value. The conclusion of this study is that THOMPSON's scheme is quite good in describing hail in the Central Jakarta area and its surroundings.

**Keywords:** Hail, WRF, Weather Radar

## Pendahuluan

Cuaca ekstrem adalah keadaan atau fenomena atmosfer di suatu tempat pada waktu tertentu, berskala jangka pendek dan bersifat ekstrem [1]. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika No. 009 Tahun 2010 [2] mengenai prosedur standar operasional pelaksanaan peringatan dini, pelaporan dan desiminasi cuaca ekstrem telah disebutkan bahwa fenomena hujan es atau *hail* merupakan salah satu jenis cuaca ekstrem. Hujan es adalah salah satu bentuk presipitasi yang jatuh mencapai permukaan bumi berupa bongkahan es. Hujan es dihasilkan dari awan cumulonimbus (cb) ketika partikel es atau partikel lain berperan sebagai inti dan tumbuh dengan mengakumulasi tetes air yang sangat dingin [3].

Pemodelan cuaca numerik merupakan salah satu cara yang dapat digunakan dalam memprakirakan dan menganalisis suatu fenomena cuaca ekstrem dengan menggunakan persamaan – persamaan aljabar dari persamaan primitif yang memuat bentuk – bentuk differensial terhadap waktu dan ruang tiga dimensi [4]. Model *Weather Research and Forecasting – Advanced Research WRF* (WRF – ARW) merupakan model generasi lanjutan sistem simulasi cuaca numerik skala meso yang didesain untuk melayani simulasi operasional dan kebutuhan penelitian atmosfer [5]. Dalam sebuah model cuaca numerik WRF – ARW terdapat pilihan pendekatan terhadap proses fisis yaitu parameterisasi, pilihan konfigurasi parameterisasi dalam WRF – ARW akan sangat menentukan hasil dari simulasi cuaca sebuah model numerik. Ada beberapa jenis parameterisasi seperti radiasi, *land – surface*, *planetary boundary layer* (PBL), cumulus dan mikrofisik. Pada penelitian ini parameterisasi mikrofisik dipilih untuk dikaji karena memainkan peran penting melalui pengaruh langsung terhadap kekuatan kolam dingin dan pemanasan laten dalam awan konvektif [6].

Penelitian sebelumnya [7] mengkaji efek perbedaan Skema mikrofisik WRF – ARW terhadap enam (6) kasus kejadian hujan es di surabaya sejak tahun 2014, membandingkan tiap – tiap Skema dengan keluaran reflektivitas maksimum dan *graupel mixing ratio*. Metode verifikasi statistik digunakan untuk menilai performa dari tiap Skema mikrofisik, dari hasil kajian ini menghasilkan kesimpulan bahwa Skema mikrofisik THOMPSON lebih baik dibanding Skema lainnya dalam hal probabilitas terjadinya hujan es dan mensimulasikan pengembangan awan vertikal.

Paski dkk [8] melakukan penelitian berupa analisis dinamika atmosfer kejadian hujan es menggunakan data observasi, data citra radar dan satelit himawari, dengan tujuan mengetahui dinamika atmosfer saat terjadinya hujan es di kota Bandung pada tanggal 3 Mei 2017. Metode yang digunakan salah satunya adalah mengolah data radar cuaca menggunakan *Wradlib – Python* dan melakukan analisis citra radar menggunakan produk CMAX di lokasi kejadian. Kajian ini menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu hujan es disebabkan oleh faktor regional, kota Bandung mengalami kenaikan suhu sebesar 4.6 °C sebelum kejadian hujan es, pada produk CMAX didapatkan nilai maksimum reflektivitas hingga >60 dBz dan suhu puncak awan mencapai -70 °C. Dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian di wilayah Jakarta Pusat dan sekitarnya pada tanggal 22 November 2018 di waktu sore hari saat terjadinya hujan es. Pemilihan lokasi ini karena wilayah Jakarta Pusat merupakan lokasi yang sering mengalami fenomena hujan es dan masih sedikitnya penelitian yang menggunakan Skema mikrofisik berbeda dalam WRF – ARW. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan hasil simulasi dan performa model tiap Skema parameterisasi mikrofisik WRF – ARW (WSM3, WSM6 dan THOMPSON).

## Metode Penelitian

Lokasi penelitian berada di wilayah Jakarta Pusat dan sekitarnya saat terjadinya hujan es pada jam 15.20 LT hingga 16.20 LT di tanggal 22 November 2018 dengan titik koordinat  $106.5^{\circ}$  BT dan  $6.1^{\circ}$  LS. Adapun yang menjadi bahan dalam penelitian ini adalah data kejadian hujan es yang diperoleh dari berbagai sumber berita media online yang menginformasikan kejadian hujan es di wilayah Jakarta Pusat pada tanggal 22 November 2018, data radar cuaca tanggal 22 November 2018 yang diperoleh dari radar Stasiun Meteorologi Cengkareng dengan format data volume (.vol) dan data reanalisis *final analysis* (FNL) [5] yang diproduksi oleh GDAS (*Global Data Assimilation System*) dan dapat diperoleh melalui website NCEP dengan format data Grib2. Data FNL yang dikumpulkan mulai dari tanggal 21 November 2018 Jam 01.00 LT (18 UTC) hingga tanggal 23 November Jam 13.00 LT (06 UTC).

Data – data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah melalui beberapa tahapan. Pertama, mengkonversi data mentah radar cuaca Cengkareng yang berformat volume matrix (.vol) ke format data hdf5 (.hdf) menggunakan script, selanjutnya data yang sudah dikonversi kemudian diolah menggunakan Rainbow, data yang diolah merupakan data reflektivitas (dBz). Agar menghasilkan nilai maksimum reflektivitas penulis menggunakan produk CMAX, CMAX merupakan produk citra radar yang menampilkan nilai reflektivitas maksimum dalam satu volume *scan* kemudian diproyeksikan ke dalam bidang horizontal. Produk CMAX ini menyediakan nilai elemen resolusi tertinggi di atas elemen resolusi yang tersedia dari suatu *scan* sudut elevasi yang tersedia dari suatu *scan* elemen [9] dan untuk mengidentifikasi hujan es dengan menggunakan produk ZHAIL pada aplikasi Rainbow. Dalam pengaturan produk radar CMAX untuk *Range* diatur dengan batasan 100 km dan pada bagian *Height* dengan *Top* diatur 15 km untuk mendapatkan puncak awan Cb, dan dalam pengaturan produk radar ZHAIL digunakan kriteria Waldvogel [10] dengan rincian untuk *reflectivity threshold* 45 dBz, *freezing level* 3 km dan *hail excess height* 3 km. Kedua, menjalankan model WRF – ARW dengan input data reanalisis FNL, dengan tiga domain beresolusi 27 km, 9 km dan 3 km berturut – turut dari domain 1, 2 dan 3, menggunakan bujur dan lintang Jakarta Pusat yang sudah dirubah kedalam bentuk koordinat kartesian dengan koordinat pusat bujur  $106.82^{\circ}$  BT dan lintang  $6.17^{\circ}$  LS.

Pada proses WRF – ARW menggunakan tiga domain, tetapi yang penulis tampilkan dalam penelitian ini hanyalah Domain 3. Penelitian ini berfokus kepada uji sensitivitas Skema parameterisasi mikrofisik yang digunakan, Skema 1 menggunakan WSM3, Skema 2 menggunakan WSM6 dan Skema 3 adalah THOMPSON. Untuk rincian Skema dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Skema parameterisasi WRF – ARW untuk domain 3

Skema Parameterisasi	Domain 3		
	Skema 1	Skema 2	Skema 3
Mikrofisik	WSM3	WSM6	THOMPSON
Kumulus	–	–	–
Radiasi gelombang pendek	Dudhia	Dudhia	Dudhia
Radiasi gelombang panjang	RRTM	RRTM	RRTM
PBL	YSU	YSU	YSU
Permukaan	NOAH	NOAH	NOAH

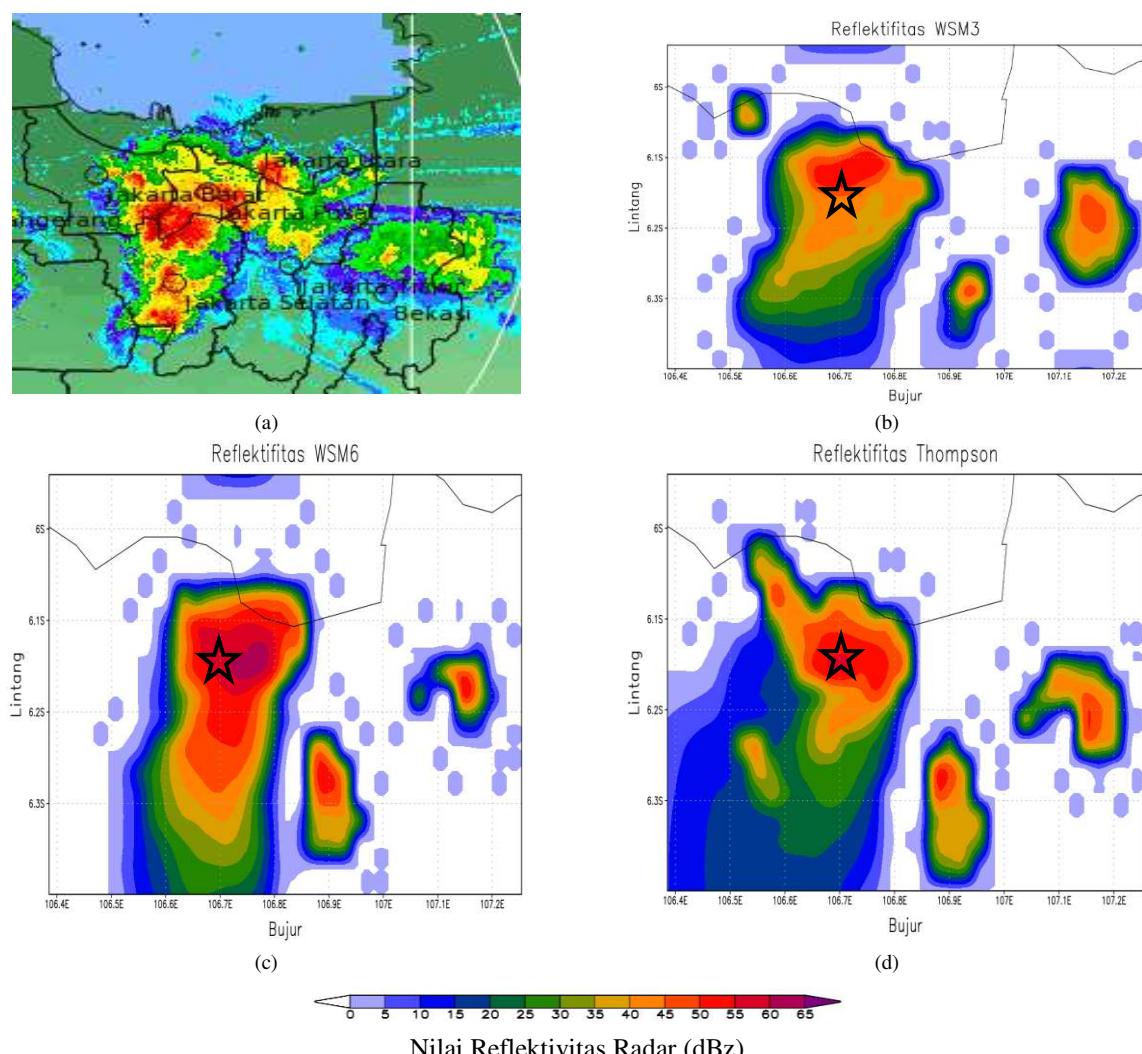
Setelah proses *running* model WRF – ARW selesai dilanjutkan dengan tahapan *post processing* yang menghasilkan *output* file berekstensi CTL dan DAT, yang selanjutnya ditampilkan dengan

menggunakan aplikasi GrADS untuk dibandingkan dan diverifikasi dengan hasil citra radar dalam bentuk luaran maksimum reflektivitas (CMAX).

## Hasil dan Pembahasan

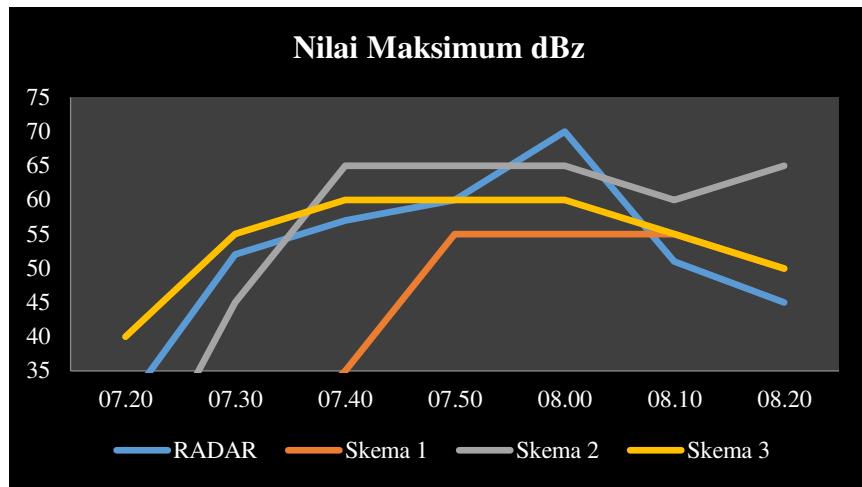
Pada Gambar 1 ditampilkan produk reflektivitas maksimum hasil citra radar dan hasil *output* tiap Skema WRF – ARW beserta lokasi terjadinya hujan es yang ditandai dengan bintang hitam pada jam 08.00 UTC (15.00 LT) saat nilai reflektivitas tertinggi terjadi. Gambar 1 menunjukkan bahwa setiap Skema secara signifikan tidak dapat menggambarkan pola yang sesuai dari hasil citra radar, dan lokasi terjadinya hujan es yang cukup berbeda dengan hasil radar, namun hasil output WRF – ARW tiap Skema dapat menangkap adanya pola sel konvektif yang kuat dan besar.

Hasil citra radar pada Gambar 1 (a) menunjukkan nilai reflektivitas tertinggi terjadi pada jam 08.00 UTC yaitu sekitar 70 dBz, pada Gambar 1 (b) Skema 1 nilai reflektivitas tertinggi tercatat sekitar 55 dBz dimana nilai reflektivitas yang dihasilkan menggambarkan wilayah tersebut terjadi hujan es. Skema 2 dan Skema 3 pada Gambar 1 (c) dan (d) mempunyai nilai reflektivitas lebih tinggi (60 hingga 65 dBz) dengan nilai tertinggi terdapat di Skema 2. Nilai reflektivitas menggambarkan di wilayah tersebut terjadi hujan es dengan lokasi terjadinya tidak jauh menyimpang dari hasil citra radar.



**Gambar 1.** Hasil pengamatan radar dan luaran sebaran reflektivitas WRF-ARW pada jam 08.00 UTC tanggal 22 November 2018 pada setiap Skema. (a) Radar (b) Skema 1 (c) Skema 2 (d) Skema 3. Tanda bintang hitam menunjukkan lokasi terjadinya hujan es.

Semua Skema menunjukkan adanya sel konvektif yang kuat dan besar. Skema 2 dan Skema 3 menunjukkan adanya potensi hujan es jika dilihat dari nilai reflektivitasnya, sehingga dapat dikatakan model sudah cukup mampu dalam mengidentifikasi adanya pola sel konvektif dan potensi hujan es di wilayah Jakarta, meski terdapat perbedaan lokasi dan nilai reflektivitas antara hasil citra radar dengan tiap Skema. Skema 2 dan 3 menghasilkan luaran model dengan bentuk pola dan nilai reflektivitas yang lebih baik dibanding Skema 1 secara spasial dan intensitas.



Gambar 2. Grafik nilai dBz Skema 1, 2 dan 3

Grafik sampling nilai reflektivitas tiap Skema ditampilkan dalam Gambar 2 yang menunjukkan Skema 3 memiliki kecenderungan pola yang lebih baik dan sefase dengan pengamatan radar dibanding dengan Skema lainnya, dimana peningkatan dan penurunan nilai reflektivitas yang cenderung sama. Pola Skema 2, jika dilihat sekilas, juga memiliki kemiripan pola yang sama dengan hasil citra radar tetapi yang cukup membedakan adalah pada jam 08.10 UTC dimana pada Skema 2 terlihat peningkatan nilai reflektivitas sedangkan pengamatan radar mengalami penurunan nilai reflektivitas. Sedangkan, Skema 1 memiliki pola yang cukup berbeda dengan pengamatan radar.

Tabel 2. Tabel Verifikasi Skema WRF

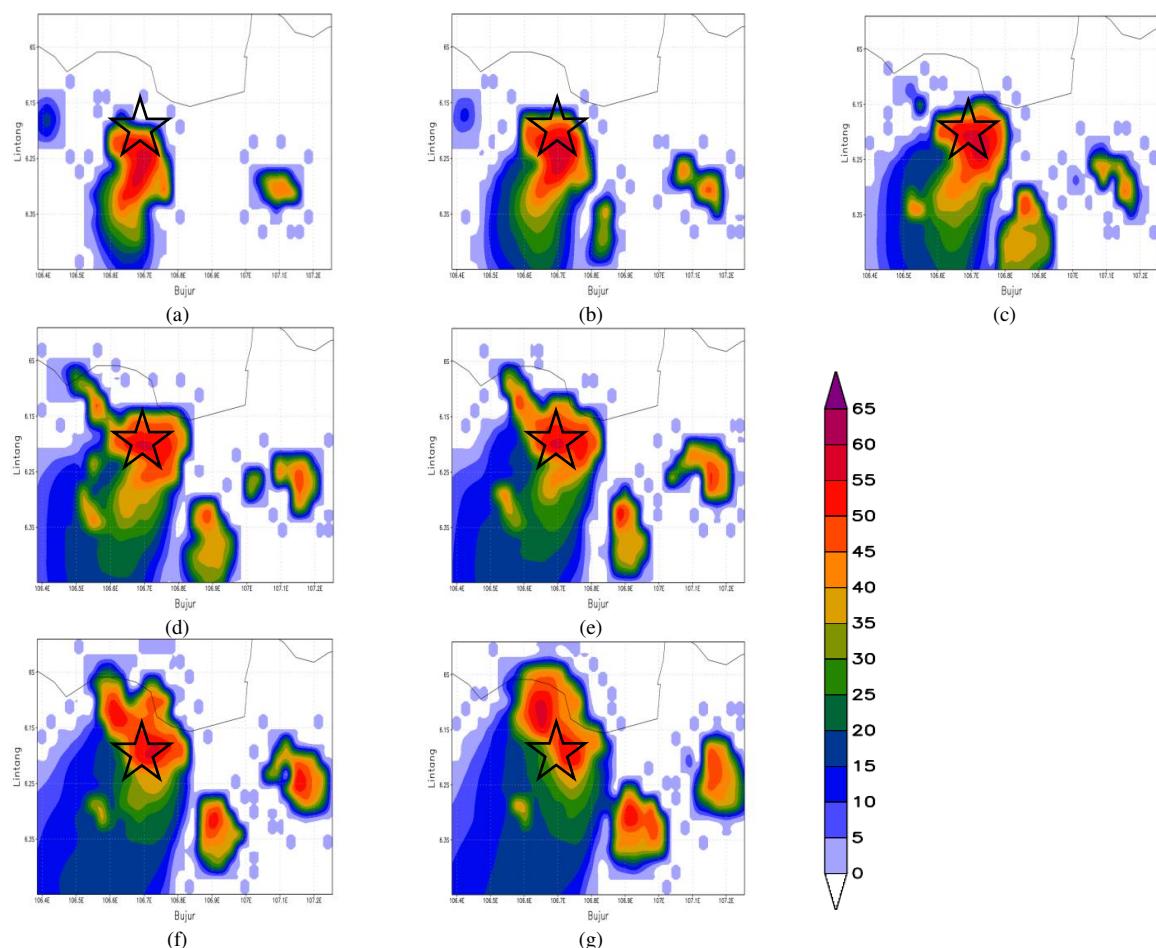
JAM (UTC)	Nilai Reflektifitas (DBZ)			
	RADAR	SKEMA 1	SKEMA 2	SKEMA 3
07.20	30	15	15	40
07.30	52	20	45	55
07.40	57	35	65	60
07.50	60	55	65	60
08.00	70	55	65	60
08.10	51	55	60	55
08.20	45	50	65	50
<b>RMSE</b>		3.02	0.57	0.57
<b>KORELASI</b>		0.63	0.79	0.94

Setiap Skema WRF – ARW diverifikasi terhadap hasil pengamatan radar. Hasil menunjukkan Skema 1 memiliki nilai error RMSE sebesar 3.02 dan nilai korelasi 0.63. Skema 2 memiliki nilai error RMSE sebesar 0.57 dan nilai korelasi 0.79, sedangkan Skema 3 memiliki nilai error RMSE sebesar 0.57 dan nilai korelasi 0.94. Berdasarkan analisis dapat dilihat bahwa Skema 3 dengan menggunakan

parameterisasi mikrofisik THOMPSON merupakan Skema yang terbaik dibandingkan dengan dua Skema lainnya, dimana Skema 3 memiliki nilai error RMSE yang lebih kecil, meski nilainya sama dengan Skema 2, dan memiliki nilai korelasi yang lebih tinggi terhadap hasil pengamatan radar. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa Skema THOMPSON lebih baik dalam mensimulasikan hujan es yang diamati di wilayah Surabaya dibanding Skema lainnya [5].

Simulasi WRF – ARW dengan Skema 3 ditampilkan pada Gambar 3 (a), mengindikasikan jam 07.20 UTC telah muncul pola sel awan kovektif disekitar wilayah Jakarta dengan nilai reflektivitas sekitar 5 hingga 50 dBz, untuk wilayah terjadinya hujan es menunjukkan nilai reflektivitas 40 dBz. Pada Gambar 3 (b) mengindikasikan jam 07.30 UTC pola sel awan konvektif semakin besar dan signifikan ditandai dengan nilai reflektivitas yang meningkat dibanding jam sebelumnya yaitu 5 dBz hingga 55 dBz dengan arah pergerakan menuju ke utara, untuk wilayah terjadinya hujan es juga mengalami peningkatan nilai reflektivitas yaitu 55 dBz.

Pada Gambar 3 (c) – (f) mengindikasikan bahwa pada jam 07.40 UTC pola sel awan konvektif semakin membesar dan signifikan, ditandai dengan nilai reflektivitas yang meningkat 5 – 60 dBz, jam 07.50 UTC hingga jam 08.10 UTC pola sel awan konvektif dan nilai reflektivitas masih sama seperti pada jam 07.40 UTC, wilayah terjadinya hujan es mengalami peningkatan nilai reflektivitas mencapai 60 dBz dan mengalami penurunan pada jam 08.10 dengan nilai 55 dBz. Pada Gambar 3 (g) mengindikasikan pada jam 08.20 UTC sel awan konvektif terbaru muncul dengan nilai reflektivitas 5 – 60 dBz dan di wilayah terjadinya hujan es mengalami penurun nilai reflektivitas 50 dBz.



**Gambar 3.** Nilai Reflektivitas luaran model WRF – ARW Skema THOMPSON pada (a) jam 07.20 UTC (b) jam 07.30 UTC (c) jam 07.40 UTC (d) jam 07.50 UTC (e) jam 08.00 UTC (f) jam 08.10 UTC (g) jam 08.20 UTC

Simulasi hujan es Skema 3 (THOMPSON) memberikan gambaran bahwa awan hujan es terbentuk pada jam 07.20 UTC dengan nilai reflektivitas 40 dBz dan fase matang ditandai dengan peningkatan nilai reflektivitas hingga puncaknya pada jam 07.30 – 08.00 UTC dengan nilai reflektivitas 60 dBz, dan jam 08.10 UTC awan hujan es mulai memasuki fase peluruhan ditandai dengan penurunan nilai reflektivitas 50 dBz.

## Kesimpulan

Secara umum model WRF – ARW sudah cukup baik dalam melakukan simulasi terhadap fenomena hujan es yang ditunjukkan dengan kemampuan model WRF – ARW dalam mengidentifikasi sel – sel konvektif meski belum cukup baik dalam menentukan lokasi terjadinya hujan es karena dari hasil analisis lokasi hujan es berbeda antara model dengan pengamatan radar. Untuk parameterisasi mikrofisik, Skema 3 (THOMPSON) lebih baik dibanding Skema 1 (WSM3) dan Skema 2 (WSM6), hal ini ditunjukkan dengan hasil verifikasi Skema 3 yang lebih baik yaitu nilai RMSE 0.57 dan nilai korelasi 0.94, serta kemampuan dalam mensimulasikan hujan es yang terbagi mulai dari fase pertumbuhan, matang hingga peluruhan yang serupa dengan hasil citra radar.

## Daftar Pustaka

- [1] Zakir, A., Sulistiya, W., dan Khotimah, M. K., 2010, *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*, BMKG, Jakarta.
- [2] BMKG, 2010, Peraturan Kepala BMKG Nomor Kep. 009 Tahun 2010 Tentang Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan, dan Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrem, BMKG, Jakarta.
- [3] Ahrens, C.D., 2009, *Meteorology Today An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, Ninth Edition.
- [4] Warner, Thomas T. 2011. *Numerical Weather and Climate Prediction*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. UK:2007.
- [5] Skamarock, William C., Klemp, Joseph B., Dudhia, Jimy., Gill, David O., Barker, Dale M., Wang, Wei., Powers, Jordan G. 2005. A Description of the Advanced Research WRF Version 2. NCAR/TN-468+STR, NCAR Technical note.
- [6] M. Rajeevan, A. Kesarkar, S. Thampi, T. Rao, B. Radhakrishna, and M. Rajasekhar, “Sensitivity of wrf cloud microphysics to simulations of a severe thunderstorm event over southeast India,” in *Annales Geophysicae*, Vol. 28 (2010), pp. 603–619.
- [7] Sari, F.P., et al. 2017. Effect of Different Microphysics Scheme on WRF Model: A Simulation of Hail Event Study Case in Surabaya, Indonesia. *Proceedings of International Symposium on Earth Hazard and Disaster Mitigation (ISEDM)*, Bandung: 19-21 November 2017.
- [8] Paski, J.A.I., Permana, D.S., Sepriando, A., Pertiwi, D.A.S., 2017. Analisis Dinamika Atmosfer Kejadian Hujan Es Memanfaatkan Citra Radar dan Satelit Himawari-8 (Studi Kasus: Tanggal 3 Mei 2017 di Kota Bandung).
- [9] SELEX, 2013, *Software Manual Rainbow 5 Product & Algorithms*, SELEX SIGmbH, Germany.
- [10] Waldvogel, A., et al. 1979. *Criteria for the Detection of Hail Cells*.