

DAMPAK ASIMILASI DATA RADAR PRODUK CAPPI PADA PREDIKSI KEJADIAN HUJAN LEBAT DI JABODETABEK MENGUNAKAN MODEL WRF-3DVAR

THE IMPACT OF RADAR DATA ASSIMILATION OF CAPPI PRODUCTS FOR PREDICTION OF A HEAVY RAINFALL CASE IN JABODETABEK AREA USING WRF-3DVAR

Jaka Anugrah Ivanda Paski^{1*}, Donald S Permana¹, Miranti Indri Hastuti², Rahayu S S Sudewi¹

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jl. Angkasa 1 no. 2 Kemayoran, Jakarta Pusat, 10720

²Stasiun Meteorologi Kualanamu Medan, BMKG Jalan Tengku Heran Pasar V Kebun Kelapa, Beringin. Deli Serdang, 20552

*E-mail: jaka.paski@yahoo.com

Naskah masuk: 11 Februari 2019 Naskah diperbaiki: 23 Mei 2019 Naskah diterima: 24 Juni 2019

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi dampak asimilasi data radar pada model WRF untuk prediksi kejadian hujan ekstrim di wilayah Jabodetabek pada tanggal 11 Desember 2017 yang disebabkan oleh angin monsun barat serta adanya konvergensi dan *shearline* di wilayah utara Pulau Jawa. Dua eksperimen model WRF, yaitu (1) tanpa asimilasi data dan (2) dengan asimilasi data reflektivitas radar cuaca produk CAPPI (*Constant Altitude Plan Position Indicator*) dengan teknik 3DVAR dilakukan untuk memprediksi 24 jam ke depan menggunakan data inisial *Global Forecast System* (GFS) pukul 00.00 UTC. Analisis perbandingan parameter *mixing ratio* dan angin 3000 ft dari data inisial kedua eksperimen dilakukan untuk melihat efek asimilasi data. Uji *skill* dan keandalan model dilakukan dengan melakukan verifikasi curah hujan dari luaran model pada 5 stasiun pengamatan di Bandara Soekarno-Hatta (Soetta), Pondok Betung (Ponbet), Kemayoran, Tanjung Priok, dan Citeko menggunakan teknik dikotomi (penggolongan hujan/tidak hujan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa data reflektivitas radar (Z) berdampak pada perubahan nilai parameter *mixing ratio* yang berpengaruh terhadap pertumbuhan awan di wilayah Jabodetabek. Analisis *skill Percent Correct* (PC), *Probability of Detection* (POD), dan *False Alarm Ratio* (FAR) menunjukkan adanya perbaikan pada eksperimen model dengan asimilasi data radar 3DVAR. Selain itu, analisis *skill* pada stasiun pengamatan Soekarno-Hatta selalu menunjukkan nilai terbaik dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya yang berjarak lebih jauh dari radar cuaca. Penelitian ini dengan jelas menunjukkan bahwa asimilasi data (3DVAR) berdampak positif dan memperbaiki prakiraan curah hujan pada kejadian hujan ekstrim.

Kata kunci: asimilasi data, CAPPI, WRF-3DVAR, hujan

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the impact of the data assimilation on WRF model to predict an extreme rainfall event in Jabodetabek area on December 11, 2017 which caused by the northwest monsoon and the existence of convergence and shearline areas in the northern part of Java Island. Two WRF model experiments with Global Forecast System (GFS) initial condition at 00.00 UTC were carried to forecast the next 24 hours, which are (1) without data assimilation and (2) with weather radar reflectivity CAPPI product data assimilation using 3DVAR technique. Comparative analysis of mixing ratio parameters and 3000 ft of wind from the second initial data experiment was conducted to see the effect of data assimilation. The skill test and reliability of the model for rainfall prediction were conducted by verifying the results at five observation stations at Soekarno-Hatta Airport (Soetta), Pondok Betung (Ponbet), Kemayoran, Tanjung Priok and Citeko using the dichotomy technique (rain / no rain classification). The results showed that radar reflectivity data (Z) has an impact on changes in the predicted value of the mixing ratio that affects cloud growth in the Jabodetabek region. Analysis of Percent Correct (PC) skills, Probability of Detection (POD) and False Alarm Ratio (FAR) showed an improvement in the experimental model with 3DVAR assimilation. In addition, skill analysis in the Soekarno-Hatta station always shows the best values compared to other observation stations which are farther away from the weather radar. This research clearly showed that data assimilation (3DVAR) has a positive impact and improves rainfall forecasts in the event of extreme rain.

Keywords: data assimilation, CAPPI, WRF-3DVAR, heavy rainfall

1. Pendahuluan

Kondisi awal dan batas (*initial and boundary conditions*) merupakan kunci penting dalam keberhasilan suatu model prakiraan cuaca numerik (PCN). Umumnya, fitur atmosfer skala *meso* dan lokal tidak terwakili dengan baik pada kondisi awal dan batas. Salah satu cara memasukkan fitur lokal dalam kondisi inisial pada PCN adalah dengan melakukan asimilasi data pengamatan lokal yang dianggap mampu menghasilkan perbaikan pada luaran. Dalam 80 tahun terakhir, berbagai metode asimilasi data yang berbeda telah diteliti dan dikembangkan, diantaranya metode *Successive Corrections Methods* (SCM), *optimal interpolation* (OI), *The Three Dimensional Variational* (3DVAR), *The Four-Dimensional Variational* (4DVAR), dan *Kalman filter* (KF).

Dalam beberapa dekade terakhir, model skala *meso* resolusi tinggi yang diinisialisasi menggunakan teknik variasional data asimilasi (3DVAR / 4DVAR) [1]. Salah satu alasan teknik variasional banyak digunakan adalah kemampuan penggabungan secara langsung beberapa pengamatan non-konvensional seperti data satelit, reflektivitas radar, dan kecepatan radial radar ke dalam model numerik melalui operator yang tepat [1,2,3].

Menurut Skamarock, dkk. [4] Asimilasi pada model PCN merupakan metode perbaikan data dengan masukan berupa kondisi awal atmosfer dengan menintegrasikan data observasi ke dalam sistem grid model. Dalam beberapa tahun terakhir, model skala *meso* resolusi tinggi diinisialisasi menggunakan salah satu teknik asimilasi data 3DVAR yang diperkenalkan oleh Lorenc [5]. Sistem asimilasi data berbasis variasional ini juga dikembangkan oleh Gao et al. [6] dengan menggunakan metode yang diperkenalkan oleh Xue et al [7] yaitu teknik asimilasi data 3DVAR dalam kerangka model ARPS (*Advanced Research and Prediction System*). Sistem variasional ini menunjukkan potensi yang besar pada pemanfaatan data radar untuk menginisialisasi model PCN resolusi tinggi melalui beberapa studi kasus secara *real time*.

Data kecepatan radial dan reflektivitas radar dapat ditambahkan ke dalam sistem asimilasi data variasional tiga dimensi (3DVAR) dalam proses asimilasi data radar [8, 2, 4]. Metode ini dikembangkan di laboratorium *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) untuk model skala *meso* (MM5) dan model *weather research forecasting* (WRF). Pada model WRF dikenal dengan WRFVAR yang mencakup komponen 3DVAR dan 4DVAR. Skema asimilasi data radar yang dikembangkan untuk WRF-3DVAR diperkenalkan oleh Xiao et al [9, 10] dan baru-baru ini diperluas menjadi 4DVAR oleh Wang et al [11,

12]. Metode asimilasi data 3DVAR menghasilkan pengurangan kesalahan hasil prediksi pada model [13, 14]. Asimilasi data radar pada model WRF menggunakan metode 3DVAR dapat menghasilkan peningkatan akurasi estimasi curah hujan di wilayah Benua Maritim Indonesia (BMI) [15, 16, 17, 18] tetapi masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk simulasi beberapa kasus cuaca ekstrim.

Salah satu produk data radar *Doppler* yang dapat diolah adalah CAPPI (*Constant Altitude Plan Position Indicator*). Data CAPPI merupakan produk dari data reflektivitas radar yang dihitung berdasarkan ketinggian dari permukaan tanah. Pada penelitian ini, asimilasi data radar CAPPI digunakan sebagai data kondisi awal pada PCN dengan asumsi bahwa data ini dapat merepresentasikan sebaran awan hujan dengan baik. Studi kasus yang digunakan adalah kejadian hujan lebat di wilayah Jakarta yang menyebabkan banjir pada tanggal 11 Desember 2017. Kasus ini dipilih karena tingginya intensitas hujan dan durasi yang cukup panjang sehingga memiliki kelayakan untuk dipakai sebagai pengujian sensitivitas model yang akan dijalankan.

Teknik asimilasi data CAPPI yang dipakai dalam penelitian ini merupakan teknik baru dalam asimilasi data radar, teknik asimilasi pada umumnya hanya menggunakan data PPI (*Plan Position Indicator*). Hipotesis awal dari penelitian sebelumnya di wilayah BMI oleh Satrya (2012), Gustari (2014), Paski dan Gustari (2017) menunjukkan adanya perbaikan estimasi curah hujan dari asimilasi data radar dengan metode 3DVAR [15, 16, 17].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data inisial berupa data *Global Forecast System* (GFS) tanggal 11 Desember 2017 sejak 00.00 UTC selama 24 jam dengan interval waktu per 3 jam dengan resolusi $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ yang diperoleh dari <https://rda.ucar.edu/datasets/ds084.1/index.html#sfol-wl-/data/ds084.1?g=2017>. Data observasi yang digunakan untuk asimilasi adalah data radar *Doppler C-Band* pukul 00.00 UTC tanggal 11 Desember 2017 merek EEC (*Enterprise Electronics Corporation*) BMKG berlokasi di Tangerang pada koordinat $6,1715^\circ\text{LS}$ dan $106,6466^\circ\text{BT}$ [17, 18]. Data *Background Error* (BE) yang digunakan untuk mendapatkan data inisial tambahan didapat dari modul *WRF Data Assimilation* (WRFDA).

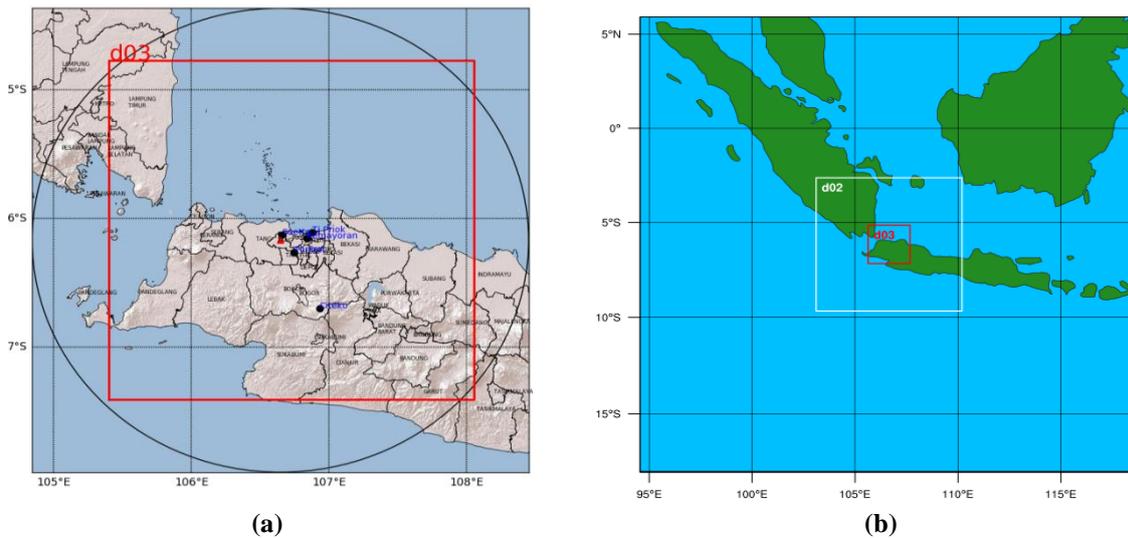
Penelitian ini dilakukan dengan menjalankan 2 eksperimen model WRF dengan kontrol yang berbeda untuk mendapatkan prediksi kejadian hujan tanggal 11 Desember 2017. Model pertama dijalankan tanpa masukan data tambahan sedangkan pada model kedua dijalankan dengan menambahkan parameter reflektivitas dari data CAPPI dengan

teknik 3DVAR. Analisis cuaca global dan regional saat kejadian berupa *Madden Julian Oscillation* (MJO), *Southern Oscillation Index* (SOI), dan *streamline* dilakukan sebelum analisis hasil luaran model. Data inisial dari hasil asimilasi data CAPPI dianalisis terhadap parameter seperti *mixing ratio* dan angin 3000 ft. Analisis kondisi inisial tersebut dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh asimilasi data radar produk CAPPI terhadap data inisial model WRF.

Verifikasi hasil. Luaran model dianalisis dengan membandingkan data pengamatan dari 5 stasiun BMKG di Jabodetabek, yaitu Stasiun Meteorologi di Bandara Sekarno-Hatta (Soetta), Stasiun Klimatologi Pondok Betung (Ponbet), Stasiun Meteorologi Kemayoran, Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Priok, dan Stasiun Meteorologi Citeko (Gambar 1a). Perbandingan hasil prediksi difokuskan pada parameter curah hujan tiap jam selama 24 jam. Verifikasi dilakukan menggunakan uji *skill* dan keandalan model dengan membandingkan data luaran model tanpa asimilasi dan model dengan asimilasi data CAPPI. Uji *skill*

dan keandalan luaran model dilakukan dengan teknik dikotomi (menyatakan kejadian hujan atau tidak hujan) berdasarkan nilai *hits*, *misses*, *false alarm* dan *correct negatives*. Selain itu, nilai *Percent Correct* (PC), *Probability of Detection* (POD), dan *False Alarm Ratio* (FAR) juga akan dihitung untuk menggambarkan akurasi dampak asimilasi terhadap luaran model prediksi curah hujan.

Konfigurasi model. Model WRF yang digunakan adalah *multinesting* dengan 3 domain yang dimaksudkan agar akurasi prediksi semakin baik. Domain terkecil beresolusi 3 km (resolusi tinggi) yang mencakup wilayah radar cuaca EEC Tangerang yang berpusat di koordinat *C-Band Doppler Radar* (CDR) BMKG Tangerang seperti ditunjukkan pada Gambar 1b. Parameterisasi model yang digunakan adalah konfigurasi *Tropical Physics Suite* yang direkomendasikan untuk wilayah tropis seperti ditampilkan pada Tabel 1 (NCAR, 2017). *Background Error* (BE) yang digunakan adalah data *be.CV5* yang kemudian diubah menjadi *be.dat* untuk kebutuhan asimilasi.



Gambar 1. (a) Peta titik lokasi pusat radar (segitiga merah) dan titik stasiun pengamatan (lingkaran hitam), (b) Domain model WRFDA.

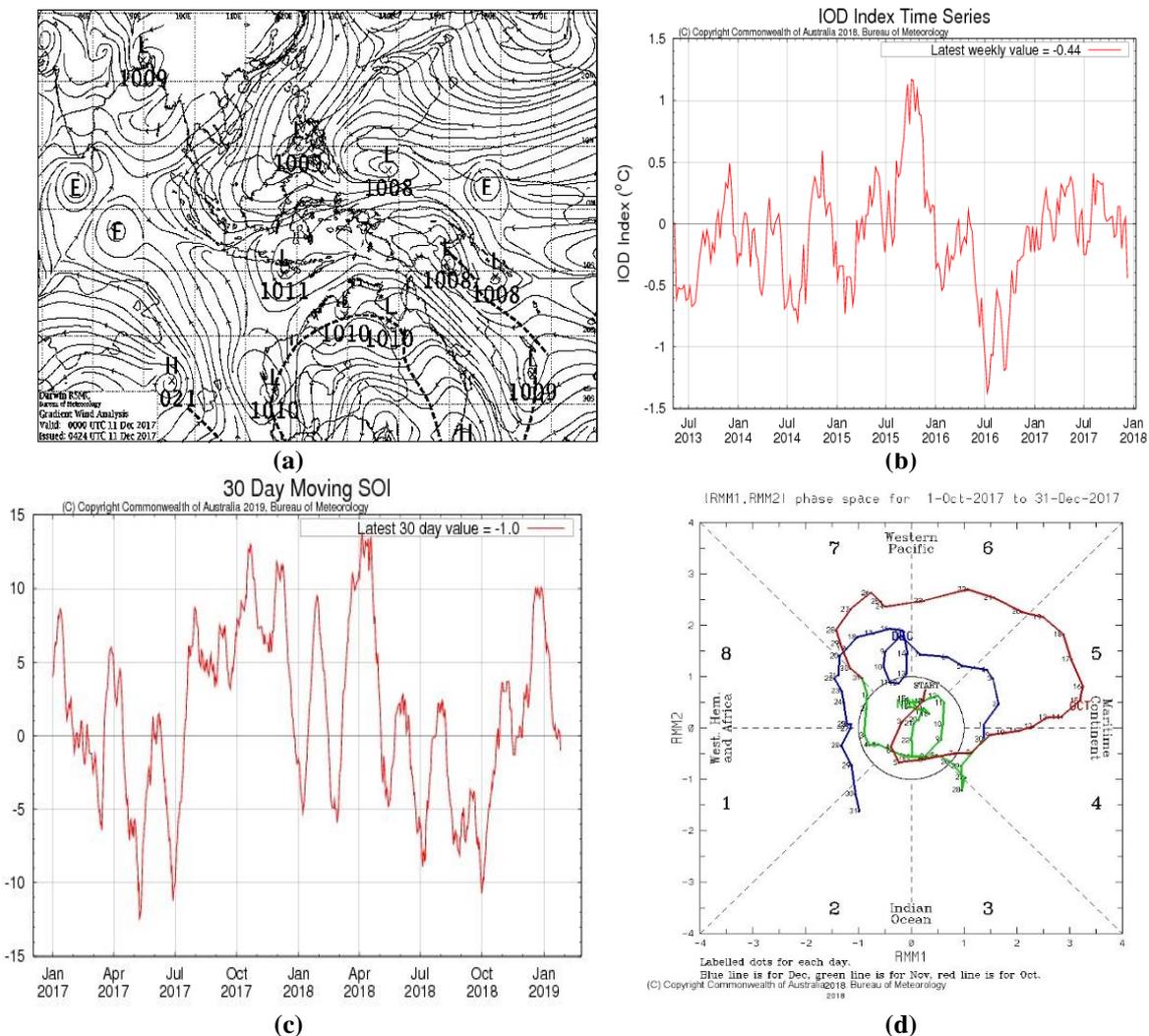
Tabel 1. Konfigurasi Model WRFDA skema parametrisasi Tropical physics suite

Konfigurasi	Domain 1	Domain 2	Domain 3
Skema Kumulus	New Tiedke	New Tiedke	New Tiedke
Skema Mikrofisis	WSM6	WSM6	WSM6
Skema PBL	YSU	YSU	YSU
e_we	70	70	100
e_sn	70	70	100
Resolusi spasial	27km	9km	3km
Time-step	150 detik	150 detik	150 detik

Pengolahan data radar *C-Band Doppler* menggunakan perangkat lunak *wradlib* [19] yang telah diimplementasikan untuk semua data radar BMKG [20]. Menurut Pfaff et al [21] *Wradlib* merupakan salah satu paket (*library*) dari bahasa pemrograman *Python* yang dikembangkan oleh Universitas Postdam dan Universitas Stuttgart, Jerman. *Wradlib* mengolah data volumetrik radar menjadi produk CAPPI yang merupakan data reflektivitas radar secara horizontal pada ketinggian tetap tertentu. Data CAPPI yang dirancang memiliki resolusi horisontal 0,5 km dan resolusi vertikal 0,5 km dan dimulai dari ketinggian 0,5 km sampai dengan 10 km. Selanjutnya data CAPPI diolah menggunakan perangkat lunak *R_Studio* untuk menghasilkan format *obs.radar* yang menjadi kemudian menjadi masukan data asimilasi pada model WRFDA. Penelitian ini menggunakan produk CAPPI untuk memberi pengetahuan baru tentang metode asimilasi data radar yang digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Kondisi atmosfer saat kejadian hujan. Analisis kondisi atmosfer dilakukan terlebih dahulu untuk melihat penyebab kejadian hujan sebelum dilakukan simulasi PCN. Analisis tersebut dilakukan dengan memperhatikan beberapa faktor global dan regional penyebab hujan di Jabodetabek pada 11 Desember 2017. Data yang digunakan untuk analisis diperoleh dari *Bureau of Meteorology* (BoM). Berdasarkan peta *streamline*, angin gradien pada tanggal 11 Desember 2017 pukul 00.00 UTC diketahui bahwa angin berasal dari monsun baratan yang basah dari daratan Asia (Gambar 2a). Adanya daerah bertekanan rendah di timur Jawa dan sirkulasi Eddy di barat Sumatera membuat terbentuknya daerah *shearline* dan konvergensi angin di sekitar wilayah Sumatera bagian barat melewati Jakarta hingga ke bagian selatan Kalimantan yang menyebabkan pengangkatan massa udara yang selanjutnya mendorong terjadinya proses konvektif.



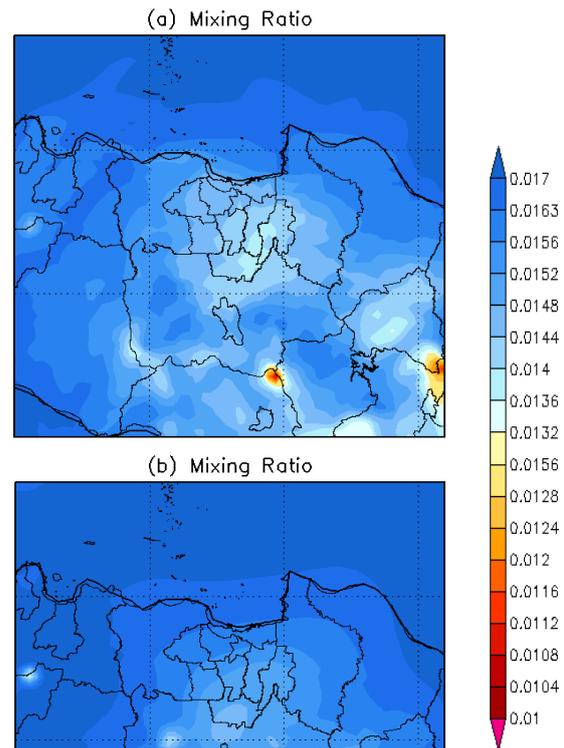
Gambar 2. Data faktor cuaca global dan regional dari *Bureau of Meteorology* (BOM), (a) Peta *streamline* tanggal 11 Desember 2017 pukul 00.00 UTC, (b) Indeks SOI dari Juli 2013-Januari 2018, (c) Indeks SOI dari Januari 2017 - Januari 2019 dan (d) Indeks fase MJO.

Berdasarkan indeks SOI dari Juli 2013-Januari 2018, kondisi *Indian Ocean Dipole* (IOD) di Samudera Hindia dari awal tahun 2017 menunjukkan kecenderungan menuju normal setelah sebelumnya berada pada kisaran negatif. Indeks minggu terakhir Desember 2017 tercatat bernilai -0,44 (Gambar 2b). Hal ini menunjukkan ada kontribusi penambahan massa udara dari Samudera Hindia ke sebagian wilayah Indonesia bagian barat. Nilai IOD -0,44 merupakan nilai paling rendah selama tahun 2017 bahkan merupakan nilai terendah semenjak Juli 2016.

Berdasarkan indeks SOI dari Januari 2017 - Januari 2019, sejak awal hingga pertengahan Desember 2017, SOI bernilai +11,4 (Gambar 2c). SOI bernilai positif (+) menggambarkan bahwa masa udara di wilayah Samudra Pasifik bergerak dari Pasifik Timur ke Pasifik Barat (Indonesia), sedangkan nilai negatif (-) menunjukkan bahwa massa udara bergerak sebaliknya dari Pasifik barat menuju Pasifik timur. Nilai SOI +11,4 tersebut menunjukkan terdapatnya kontribusi penambahan massa udara dari Samudera Pasifik ke sebagian wilayah Indonesia bagian timur hingga tengah.

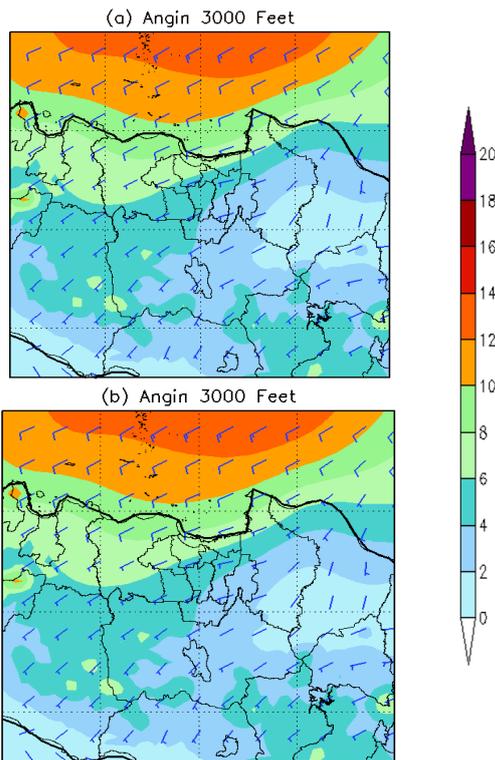
Berdasarkan indeks fase MJO, posisi aktivitas MJO selama minggu kedua bulan Desember 2017 berada pada fase tidak aktif di Benua Maritim Indonesia (BMI) yang berimplikasi pada berkurangnya kontribusi pembentukan awan di wilayah BMI (Gambar 2d). MJO pada fase 3, 4 dan 5 memberikan pengaruh yang signifikan di wilayah BMI. Namun pada minggu kedua bulan Desember 2017, MJO berada di fase 7 sehingga tidak memberi pengaruh yang signifikan terhadap curah hujan di wilayah Indonesia. Berdasarkan analisis faktor global dan regional atmosfer tanggal 11 Desember 2017, pertumbuhan awan konvektif penyebab hujan sangat memungkinkan dengan adanya faktor pendukung seperti angin gradien, IOD dan SOI.

Perbandingan data inisial model. Perbandingan data inisial model dilakukan untuk mengetahui perubahan data sebelum dan sesudah dilakukan asimilasi oleh produk radar CAPPI. Model inisial dibandingkan dengan parameter *mixing ratio* dan angin 3000 ft pada tanggal 11 Desember 2017 pukul 00.00 UTC. Gambar 3 menunjukkan perbedaan data inisial pada parameter *mixing ratio* antara WRF tanpa asimilasi dan WRF dengan asimilasi data radar. Peningkatan nilai *mixing ratio* secara umum terdapat pada WRF dengan asimilasi data radar dibandingkan dengan WRF tanpa asimilasi. Nilai *mixing ratio* ini merepresentasikan kandungan massa uap air yang ada di udara, semakin tinggi *mixing ratio* maka peluang terjadinya hujan semakin besar. Gambar 3 juga menunjukkan bahwa nilai *mixing ratio* pada sebagian besar wilayah Jabodetabek lebih tinggi (warna biru yang semakin tua) pada WRF dengan asimilasi dibandingkan tanpa asimilasi.

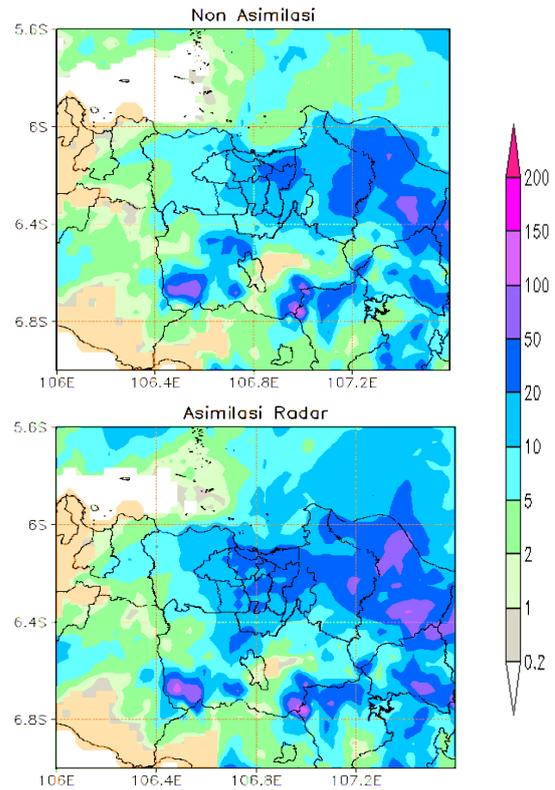


Gambar 3. Peta inisial data spasial *mixing ratio* pada tanggal 11 Desember 2017 pukul 00.00 UTC (a) tanpa asimilasi (b) dengan asimilasi data radar produk CAPPI.

Gambar 4 menunjukkan perbedaan data inisial pada parameter angin 3000 feet antara WRF tanpa asimilasi dan WRF asimilasi. Dibandingkan WRF tanpa asimilasi, terlihat bahwa tidak ada perubahan arah dan kecepatan angin pada WRF asimilasi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh data asimilasi dari produk CAPPI berupa parameter reflektivitas yang hanya mampu mengubah parameter fisis, bukan parameter dinamis seperti angin. Hasil ini sesuai dengan penelitian Xiao, et al. (2007) yang menyatakan bahwa asimilasi data reflektivitas memiliki dampak langsung pada parameter *mixing ratio* uap air sedangkan parameter angin hanya terdampak secara sekunder. Sebaliknya, asimilasi data kecepatan radial memiliki dampak langsung pada parameter angin sedangkan parameter *mixing ratio* uap air terdampak secara sekunder [10]. Kondisi awal angin 3000 ft pada penelitian ini menunjukkan adanya daerah belokan angin dan konvergensi di daerah Jabodetabek dan semakin terjadi pempunan di wilayah Bekasi sehingga memungkinkan adanya peluang hujan lebat di sebagian besar wilayah Jabodetabek.



Gambar 4. Peta data inisial spasial arah dan kecepatan angin pada ketinggian 3000 ft (m/s) tanggal 11 Desember 2017 pukul 00.00 UTC (a) tanpa asimilasi (b) dengan asimilasi data radar produk CAPPI.



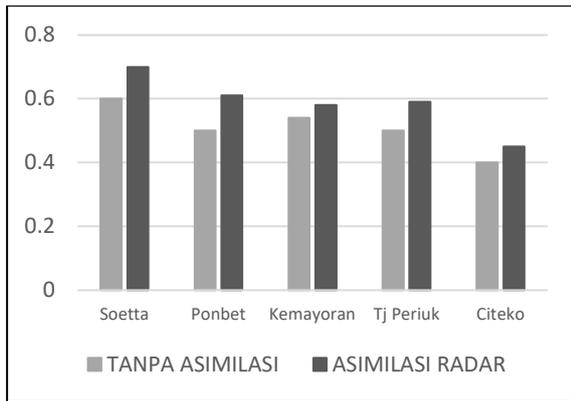
Gambar 5. Hasil prediksi akumulasi curah hujan (mm/hari) pada tanggal 11 Desember 2017 (a) tanpa asimilasi (b) asimilasi data radar produk CAPPI.

Perbandingan hasil prediksi luaran model. Prediksi yang dimaksud difokuskan kepada prediksi curah hujan di wilayah Jabodetabek. Gambar 5 menunjukkan akumulasi curah hujan secara spasial pada WRF tanpa asimilasi dan WRF asimilasi pada tanggal 11 Desember 2017. Berdasarkan gambar tersebut, tampak bahwa terjadi perubahan signifikan pada sebaran hujan WRF asimilasi di wilayah Jakarta dan Bekasi. Jika dibandingkan antara hasil luaran model tanpa asimilasi dengan asimilasi di wilayah Jakarta, hujan menyebar di wilayah barat yang kemudian menyebabkan hampir seluruh wilayah Jakarta mengalami hujan lebat untuk luaran hasil dengan asimilasi. Sama halnya untuk wilayah Bekasi, sebaran hujan lebat semakin meluas pada hasil luaran dengan asimilasi bahkan di Bekasi bagian timur mengalami hujan sangat lebat. Hal tersebut menandakan bahwa asimilasi data radar cuaca produk CAPPI dari parameter reflektivitas memiliki kemampuan untuk memperbaiki prediksi curah hujan dalam model prakiraan cuaca numerik. Perbaikan curah hujan prediksi dari luaran model WRF ini berasal dari perbaikan kondisi awal (data inisial) parameter *mixing ratio* yang secara langsung dikoreksi oleh nilai reflektivitas dari radar cuaca. Verifikasi pada beberapa titik observasi dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi perbaikan hasil prediksi yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

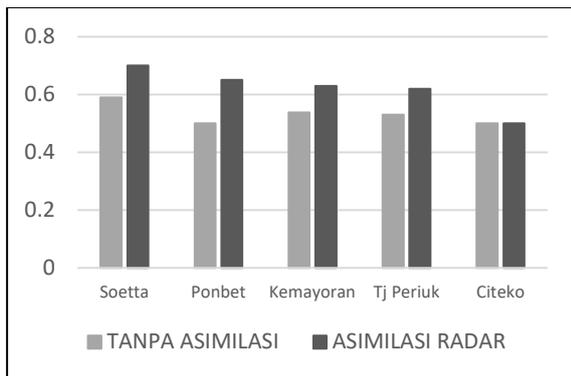
Tabel 2. Persentase verifikasi kejadian hujan hasil luaran model

Nilai	Tanpa Asimilasi	Asimilasi Radar
<i>Hits (%)</i>	31	37
<i>Misses (%)</i>	13	7
<i>False Alarm (%)</i>	23	12
<i>Correct Negatives (%)</i>	33	44

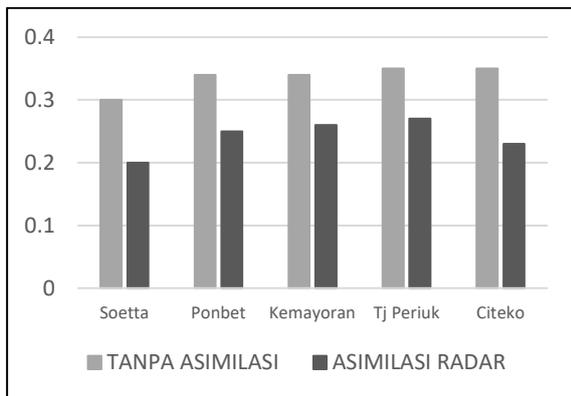
Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa prediksi hujan yang tepat (*hits*) oleh asimilasi radar lebih baik daripada model tanpa asimilasi, akurasi antara kedua model memiliki selisih 6%. Kejadian hujan yang tidak dapat diprediksi (*misses*) lebih sering terjadi pada model tanpa asimilasi, yakni sebanyak 13%. Selanjutnya, prediksi yang berbeda dengan hasil observasi (*false alarm*) juga lebih banyak terjadi pada model tanpa asimilasi dibanding dengan model asimilasi, dengan perbedaan hampir 2 kali lipat. Terakhir, kejadian tidak terjadi hujan pada prediksi dan observasi (*Correct Negatives*) lebih banyak pada luaran model asimilasi radar yang mencapai 44%.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Grafik nilai analisis (a) *Percent Correct*, (b) *Probability of Detection* dan (c) *False Alarm Ratio*.

Skill PC (Percent Correct) dari prediksi hujan tiap jam selama 24 jam pada 11 Desember 2017 secara dikotomi (kejadian hujan atau tidak hujan) di 5 stasiun pengamatan ditunjukkan oleh Gambar 6. Gambar 6a menunjukkan bahwa *skill PC* luaran model WRF asimilasi radar memiliki nilai lebih tinggi dari pada luaran model WRF tanpa asimilasi di setiap stasiun. Kemudian, *skill PC* tertinggi ditunjukkan pada stasiun yang berjarak lebih dekat dengan pusat radar. Hal ini terlihat dari *skill PC* sebesar 0,7 pada stasiun meteorologi Soekarno-Hatta yang berada pada jarak 5,31 km dari pusat radar

sedangkan stasiun pengamatan lainnya berjarak puluhan kilometer (Gambar 1a).

Grafik *skill POD* (Gambar 6b) menunjukkan bahwa stasiun meteorologi Soekarno-Hatta memiliki *skill POD* tertinggi terutama pada luaran model WRF dengan asimilasi data radar. Berbeda dengan stasiun meteorologi Soekarno-Hatta, stasiun meteorologi Citeko yang berada paling jauh dari pusat radar memiliki *skill POD* terendah, bahkan tidak adanya peningkatan *skill POD* antara luaran model WRF asimilasi data radar dengan luaran model WRF tanpa asimilasi. Selanjutnya, grafik *skill FAR* (Gambar 6c) juga memperlihatkan bahwa *skill* prediksi pada stasiun meteorologi Soekarno-Hatta menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan pada luaran model WRF dengan asimilasi data radar. Grafik tersebut menunjukkan penurunan nilai FAR yang cukup signifikan pada stasiun meteorologi Soekarno-Hatta pada luaran model WRF dengan asimilasi radar. Hal yang sama juga tampak pada titik observasi lainnya yang menunjukkan nilai FAR semakin rendah.

4. Kesimpulan

Dampak asimilasi data radar pada model WRF 3DVAR dapat meningkatkan *skill* prediksi model terhadap kejadian hujan ekstrim di Jabodetabek pada 11 Desember 2017. Asimilasi radar dapat meningkatkan *mixing ratio* dan curah hujan pada data model inisial. Hal tersebut mempengaruhi kemampuan model asimilasi dalam memprediksi hujan lebat dengan lebih baik. Secara umum, nilai *skill PC* dan *POD* meningkat dan nilai *FAR* menurun cukup signifikan pada hasil luaran model WRF dengan asimilasi data radar. Selain itu, analisis *skill* pada stasiun pengamatan meteorologi Soekarno-Hatta selalu menunjukkan nilai terbaik dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya yang berjarak lebih jauh dari radar cuaca. Penelitian ini dengan jelas menyarankan bahwa asimilasi data (3DVAR) memiliki dampak positif dan perbaikan prakiraan pada simulasi kejadian hujan ekstrim.

Saran. Penelitian ini memberikan gambaran adanya perbaikan prakiraan curah hujan dari hasil luaran model WRF menggunakan asimilasi data radar produk CAPPI pada suatu kasus kejadian hujan ekstrim di Jabodetabek. Untuk itu, perlu adanya analisis lebih lanjut untuk beberapa kasus kejadian hujan ekstrim di wilayah lainnya di Indonesia. Diperlukan juga adanya penambahan data observasi dalam proses asimilasi terutama semua data observasi permukaan dan udara dari BMKG ditambah dengan data penginderaan jauh seperti radar dan satelit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Puslitbang dan Kepala Bidang Puslitbang Bidang Meteorologi serta rekan-rekan atas dukungan, saran, dana, dan sarana prasarana dalam pelaksanaan penelitian dan publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] Kalnay, E., *Atmospheric Modelling, Data Assimilation and Predictability*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Cambridge, UK, 364 pp, 2003.
- [2] Barker, D. M., Huang, W., Guo, Y.-R., Bourgeois, A., and Xiao, Q.: *A Three-Dimensional Variational (3DVAR) Data Assimilation System For Use With MM5: Implementation and Initial Results*, Mon. Weather Rev., 132, 897–914, 2004.
- [3] Sun, J., *Doppler Radar Data Assimilation with WRFDA*. NCAR., 2010
- [4] Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., Huang, X.-Y., Wang, W., and Powers, J. G. “A description of the Advanced Research WRF Version 3”. 2008. NCAR Technical Note, TN 475+STR, 113 pp., Internet: www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arwv3.pdf diakses January 2012.
- [5] Lorenc, A.C., Analysis methods for numerical weather prediction. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, volume 112(474), pp.1177-1194, 1986.
- [6] Gao, J., Xue, M., Brewster, K., and Droegemeier, K. K., “A three dimensional variational data analysis method with recursive filter for Doppler radars”. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, vol 21, pp.457–469, 2004.
- [7] Xue, M., Wang, D., Gao, J., Brewster, K., and Droegemeier, K. K., “The Advanced Regional Prediction System (ARPS), storm scale numerical weather prediction and data assimilation.” *Meteor. Atmos. Phys.*, vol. 82, pp.139–170, 2003.
- [8] Barker, D. M., Huang, W., Guo, Y.-G., and Bourgeois, A., “A Three Dimensional Variational (3DVAR) Data Assimilation System for Use with MM5.” *NCAR Tech. Note*, NCAR/TN-453+STR, UCAR Communications, Boulder, CO, 68 pp., 2003.
- [9] Xiao, Q., Kuo, Y.-H., Sun, J., and Lee, W.-C., “Assimilation of Doppler RADAR Observations with a Regional 3DVAR System: Impact of Doppler Velocities on Forecasts of a Heavy Rainfall Case.” *J. Appl. Meteor.*, Vol. 44, pp. 768–788, 2005.
- [10] Xiao, Q., Kuo, Y.-H., Sun, J., Chaulee, W., and Barker, D. M., “An Approach of RADAR Reflectivity Data Assimilation and Its Assessment with the Inland QPF of Typhoon Rusa (2002) at Landfall.” *J. Appl. Meteor. Climatol.*, Vol. 46, pp.14–22, 2007.
- [11] Wang, H., Sun, J., Zhang, X., Huang, X., and Auligne, T., “Radar data assimilation with WRF 4D-Var. Part I: system development and preliminary testing.” *Mon. Weather Rev.*, Vol.141, pp. 2224–2244, 2012.
- [12] Wang, H., Sun, J., Fan, S., and Huang, X. Y. “Indirect assimilation of radar reflectivity with WRF 3D-Var and its impact on prediction of four summertime convective events.” *J. Appl. Meteor. Climatol.*, Vol. 52, pp. 889–902, 2013.
- [13] Dash, S. K., Sahu, D.K., Sahu, S.C., “Impact of AWS observation in WRF-DVAR data assimilation system: a case study on abnormal warming condition in Odisha.” *Nethazard*. Vol.65, pp. 767-798, 2013.
- [14] Hou, T., Kong, F., Chen, X. and Lei, H., “Impact of 3DVAR data assimilation on the prediction of heavy rainfall over Southern China Advances in Meteorology”. *J. Appl. Meteor. Climatol.* pp.1-17, 2013
- [15] Satrya, L. I., “Asimilasi Data Radar dalam Penerapan Prediksi Cuaca Numerik di Indonesia (Studi Kasus di Jawa Barat).” *Skripsi*, Meteorologi, ITB Bandung, 2012.
- [16] Gustari, I., “Perbaikan Prediksi Cuaca Numerik Kejadian Hujan Sangat Lebat Terkait dengan Sistem Awan di Jabodetabek Menggunakan Asimilasi Data Radar C-Band.” Disertasi, ITB Bandung, 2014.
- [17] Paski, J.A.I. dan Gustari, I., “Pengaruh Asimilasi Data Radar C-Band dalam Prediksi Cuaca Numerik (Studi Kasus di Lampung).” *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol. 18(2), pp. 55-64, 2017.
- [18] Paski, J.A.I., “Pengaruh Asimilasi Data Penginderaan Jauh (Radar dan Satelit) untuk Prediksi Cuaca Numerik Estimasi Curah Hujan.” *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, Vo. 14 No. 2, pp. 79-88, 2017.
- [19] Heistermann, M., Jacobi, S., and Pfaff, T., “Technical Note: An open source library for processing weather radar data (wradlib)”, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Vol. 17, pp.863-871, doi:10.5194/hess-17-863-2013, 2013.
- [20] Permana, D.S., Hutapea, T.D., Praja, A.S., Fatkhuroyan, F. and Muzayanah, L.F. “Pengolahan Multi Data Format Radar Cuaca Menggunakan Wradlib Berbasis Python,” *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol. 17 edisi 3, pp. 157-164, 2016.
- [21] Pfaff, T., Heistermann, M., and Jacobi, S.: wradlib - An open source library for weather radar data processing, In *Proceedings of ERAD - The Seventh European Conference on Radar in Meteorologi and Hydrology*, 2012.