

PERFORMA MODEL WRF ASIMILASI DATA SATELIT CUACA PADA KEJADIAN CURAH HUJAN LEBAT DI JABODETABEK

Performance of Weather Satellite Data Assimilated Based-WRF Model on Heavy Rainfall Phenomena over Jabodetabek Area

Prayoga Ismail¹⁾*, Andreas Kurniawan Silitonga¹⁾, Ahmad Fadlan¹⁾

¹⁾ Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jalan Perhubungan I No. 5
Kel. Pondok Betung, Kec. Pondok Aren, Tangerang Selatan, Banten

*Email: yogamailforalvin@gmail.com

Intisari

Prediksi cuaca numerik saat ini terus dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan prakiraan curah hujan beresolusi tinggi. Namun, prediksi cuaca numerik di Indonesia masih bermasalah dalam hal akurasi model numerik. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa akurasi pemodelan sangat dipengaruhi oleh error pada data kondisi inisial. Penelitian ini mengkaji upaya untuk memperbaiki data inisial model Weather Research and Forecasting (WRF) dengan menggunakan prosedur asimilasi radiance satelit untuk prakiraan curah hujan di wilayah Jabodetabek untuk empat studi kasus pada musim yang berbeda selama 2017. Enam eksperimen model dijalankan dengan data satelit AMSUA, MHS, HIRS4, dan ATMS menggunakan WRFDA 3DVar. Penelitian ini dilakukan dengan analisis pengaruh asimilasi terhadap data inisial model, analisis skill model berdasarkan diagram taylor, kriteria curah hujan, curah hujan spasial, dan akumulasi curah hujan time series dibandingkan dengan data observasi curah hujan BMKG dan data curah hujan GSMaP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eksperimen DA AMSUA, MHS, dan MIX dapat memodifikasi data kondisi inisial model dengan baik. Sementara itu, hasil verifikasi diagram taylor mengungkapkan bahwa eksperimen DA-MHS memiliki performa terbaik dibandingkan dengan asimilasi lainnya, sedangkan verifikasi prediksi curah hujan berdasarkan kriteria hujan, verifikasi spasial, dan akumulasi curah hujan time series pada eksperimen DA-AMSUA adalah yang terbaik dengan skill model yang cukup konsisten di wilayah Jabodetabek pada berbagai musim.

Kata Kunci : WRFDA, Asimilasi, Radiance Satelit, Hujan Lebat.

Abstract

Present numerical weather predictions continue to be developed to address the need for high resolution rainfall forecasts. However, numerical weather predictions in Indonesia is still problematic in terms of numerical models accuracy. Previous studies suggests that modeling accuracy is strongly influenced by errors in the initial condition data. This study examines the efforts to improve Weather Research and Forecasting (WRF) model initial data by using satellite radiance assimilation procedure in forecasting rainfall over Jabodetabek area for four case studies, each in different seasons in 2017. Six experimental models were ran with AMSUA, MHS, HIRS4, and ATMS satellite data by using WRFDA 3DVar. This research is conducted via analysis on the influence of assimilation on the model initial data, model skill analysis based on taylor diagram, rainfall criteria, spatial rainfall, and rainfall accumulation time series that is compared to BMKG rainfall observation data and GSMaP rainfall data. The results showed that the DA AMSUA, MHS, and MIX experiments does properly modify the model initial condition data. Meanwhile, verification results with taylor diagram revealed that the DA-MHS experiment had the best performance compared to the other assimilations method. Whereas rainfall prediction verification based on rain criteria, spatial verification, and time series rainfall accumulation in the DA-AMSUA experiment is the best compared to other prediction verification with quite consistent model skill over Jabodetabek area on various seasons.

Keywords : WRFDA, Assimilation, Radiance Satellite, Heavy Rainfall.

1. PENDAHULUAN

Informasi cuaca khususnya curah hujan sangat penting dalam EWS (*early warning system*) yang berkaitan dengan manajemen bencana hidrometeorologi, terutama di wilayah

Jabodetabek. Namun, *skill* prediksi cuaca operasional BMKG ternyata hanya baik pada prediksi dikotomi hujan atau tidak hujan, sedangkan untuk prediksi hujan lebat dan sangat lebat masih memiliki *skill* yang sangat rendah (Gustari et al., 2012; Gustari, 2014). Kebutuhan

model tersebut, satelit dari HIRS4 dan ATMS tidak sedang melintasi wilayah Indonesia, sehingga tidak mendapatkan cakupan data termasuk untuk wilayah Jabodetabek. Hal ini terbukti karena data inisial yang digunakan pada penelitian ini yaitu pukul 12.00 UTC, sedangkan satelit dari HIRS4 dan ATMS melintasi wilayah Indonesia pada pukul 06.00 dan 18.00 UTC. Ketidaksamaan waktu lintas satelit dengan waktu yang digunakan pada data inisial model menyebabkan tidak adanya modifikasi pada parameter *wrfinput* tersebut.

Tabel 1. Pengaruh asimilasi data satelit pada *temp.potential perturbation (T)* di *wrfinput*.

Studi Kasus 2017	20 Feb	3 Apr	13 Jun	9 Nov
DA-AMSUA	turun	turun	turun	turun
DA-MHS	naik	naik	naik	naik
DA-HIRS4	tetap	tetap	tetap	tetap
DA-ATMS	tetap	tetap	tetap	tetap
DA-MIX	turun	turun	turun	turun

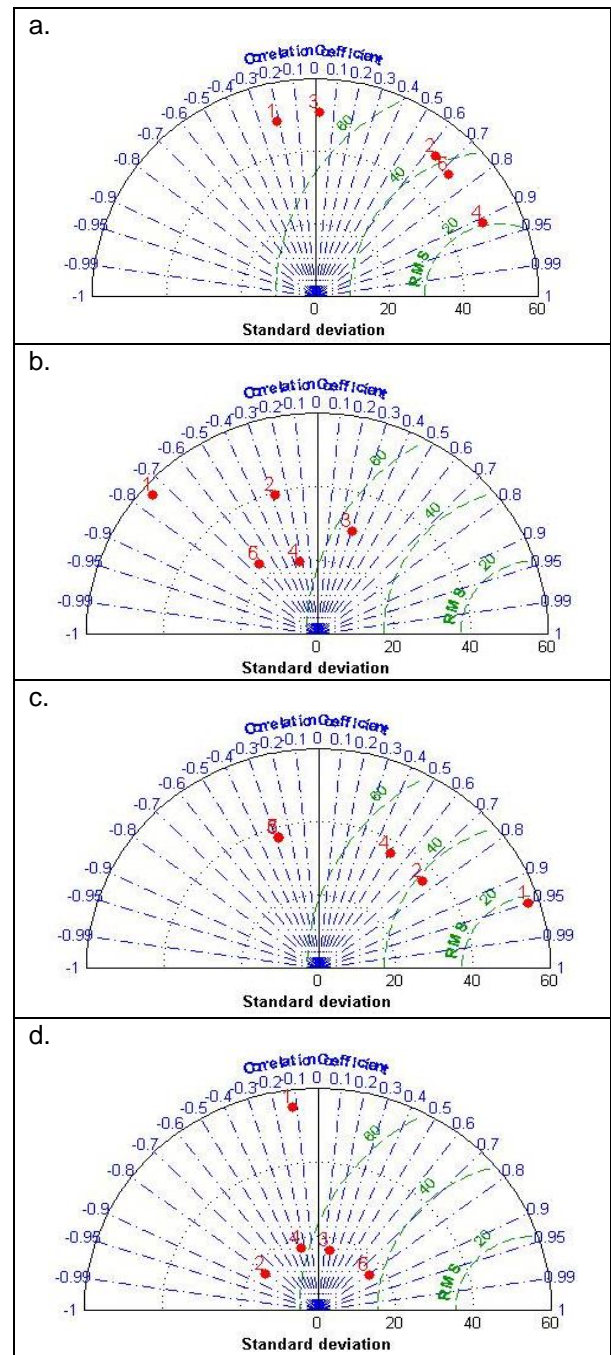
Tabel 2. Pengaruh asimilasi data satelit pada *water vapor mixing ratio (qvapor)* di *wrfinput*.

Studi Kasus 2017	20 Feb	3 Apr	13 Jun	9 Nov
DA-AMSUA	turun	turun	turun	turun
DA-MHS	naik	naik	naik	naik
DA-HIRS4	tetap	tetap	tetap	tetap
DA-ATMS	tetap	tetap	tetap	tetap
DA-MIX	turun	turun	turun	turun

Tabel 3. Pengaruh asimilasi data satelit pada *lapse rate* temperatur udara.

Studi Kasus 2017	20 Feb	3 Apr	13 Jun	9 Nov
DA-AMSUA	naik	naik	naik	naik
DA-MHS	turun	turun	turun	turun
DA-HIRS4	tetap	tetap	tetap	tetap
DA-ATMS	tetap	tetap	tetap	tetap
DA-MIX	naik	naik	naik	naik

3.2. Verifikasi Hasil Prediksi Hujan dengan Diagram Taylor



Gambar 2. Diagram Taylor eksperimen model WRF (a) 20 Februari, (b) 3 April, (c) 13 Juni, dan (d) 9 November. Keterangan: (1) DA-AMSUA, (2) DA-MHS, (3) DA-MIX, (4) NON-DA, (5) dan (6) DA-HIRS4 DAN DA-ATMS.

Pada uji *skill* model WRF menggunakan diagram taylor yang terdiri dari koefisien korelasi dan nilai standar deviasi, didapatkan bahwaterdapat perbaikan *skill* pada model WRF asimilasi data satelit dalam melakukan prediksi curah hujan harian, dimana secara keseluruhan

untuk korelasi terbaik adalah DA-MHS, disusul oleh DA-HIRS4, DA-ATMS, DA-AMSUA, NON-DA (nonasimilasi), dan terakhir asimilasi gabungan (DA-MIX). Sehingga, hal tersebut menunjukkan bahwa beberapa asimilasi data satelit dapat meningkatkan korelasi pada model WRF nonasimilasi. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Auligne et al. (2009) bahwa data satelit mempunyai dampak positif pada model area terbatas (*mesoscale*). Namun, untuk standar deviasi, nilai yang terbaik adalah NON-DA, sedangkan, untuk WRFDA satelit menunjukkan nilai standar deviasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan nonasimilasi. Apabila dirangkum, hasil diagram taylor (Gambar 2) yang terbaik yaitu eksperimen DA-HIRS4 dan DA-ATMS.

3.3. Verifikasi Hasil Prediksi Hujan Menurut Kriteria Hujan

Tabel 4. Verifikasi prediksi model WRF pada kriteria hujan (a) ringan, (b) sedang, (c) lebat, dan (d) sangat lebat.

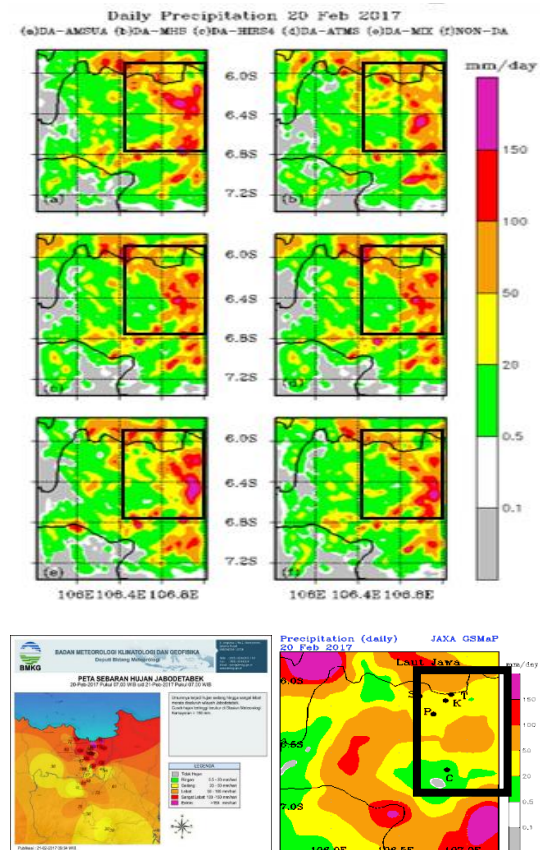
a.				
Eksperimen	Hits	Under estimate	Over estimate	
NON-DA	57.14%	0.00%	42.86%	
DA-AMSUA	71.43%	0.00%	28.57%	
DA-MHS	71.43%	0.00%	28.57%	
DA-HIRS4	71.43%	0.00%	28.57%	
DA-ATMS	71.43%	0.00%	28.57%	
DA-MIX	57.14%	0.00%	42.86%	
b.				
Eksperimen	Hits	Under estimate	Over estimate	
NON-DA	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-AMSUA	60.00%	40.00%	0.00%	
DA-MHS	0.00%	80.00%	20.00%	
DA-HIRS4	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-ATMS	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-MIX	0.00%	80.00%	20.00%	
c.				
Eksperimen	Hits	Under estimate	Over estimate	
NON-DA	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-AMSUA	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-MHS	25.00%	75.00%	0.00%	
DA-HIRS4	50.00%	50.00%	0.00%	
DA-ATMS	50.00%	50.00%	0.00%	
DA-MIX	0.00%	100.00%	0.00%	
d.				
Eksperimen	Hits	Under estimate	Over estimate	
NON-DA	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-AMSUA	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-MHS	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-HIRS4	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-ATMS	0.00%	100.00%	0.00%	
DA-MIX	0.00%	100.00%	0.00%	

Pada kriteria hujan ringan, *skill* model dengan asimilasi data *radiance* satelit merupakan yang paling baik khususnya DA-AMSUA, DA-

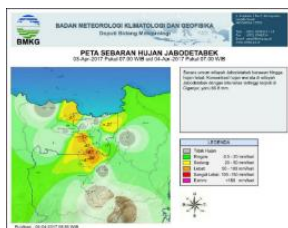
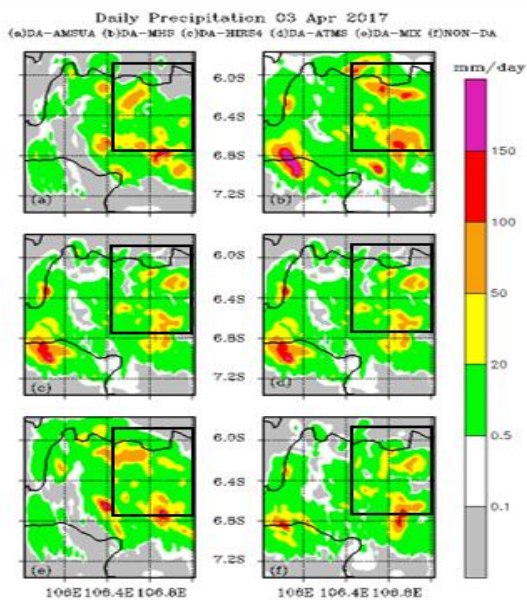
MHS, DA-HIRS4, dan DA-ATMS yang memiliki nilai *hits* sama yaitu mencapai 71.43%, lalu disusul DA-MIX dan NON-DA. Pada kriteria hujan sedang, *skill* model dengan asimilasi data satelit menjadi yang terbaik yaitu DA-AMSUA dengan *hits* 60%, sedangkan asimilasi lainnya umumnya *underestimate* dan beberapa *overestimate*. Pada kriteria hujan lebat, *skill* model dengan asimilasi data satelit juga yang menjadi terbaik yaitu DA-HIRS4 dan DA-ATMS dengan nilai *hits* 50%, disusul DA-MHS, dan asimilasi lainnya umumnya *underestimate*. Namun, pada kriteria hujan sangat lebat, asimilasi satelit belum mampu memperbaiki *skill* model nonasimilasi karena hasilnya semua masih *underestimate* (Tabel 4).

3.4. Verifikasi Hasil Prediksi Curah Hujan Secara Spasial

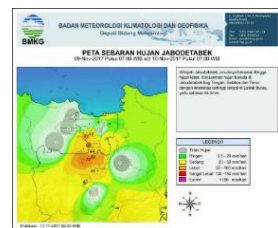
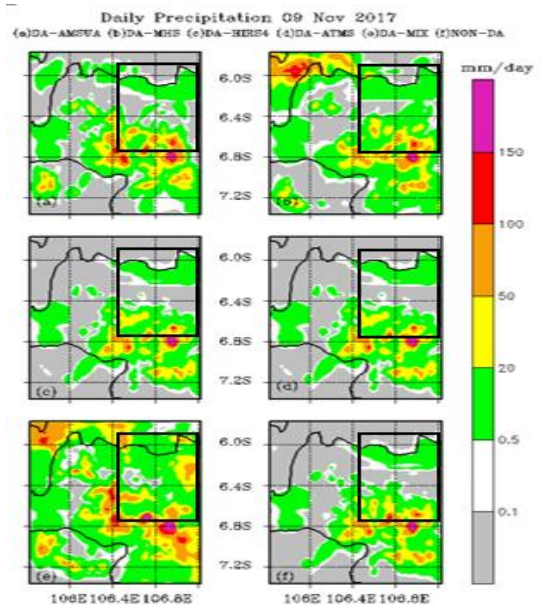
Terdapat enam eksperimen pada penelitian ini berupa nonasimilasi (NON-DA) dan asimilasi data *radiance* satelit yaitu DA-AMSUA, DA-MHS, DA-HIRS4, DA-ATMS, dan asimilasi gabungan (DA-MIX). Berikut adalah perbandingan secara spasial hasil prediksi model WRF dari semua eksperimen lalu dibandingkan dengan peta spasial curah hujan GSMaP dan hasil observasi stasiun BMKG (Gambar 3 – 6).



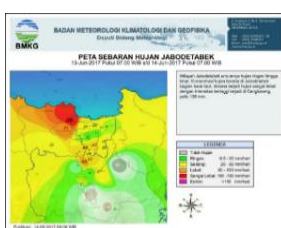
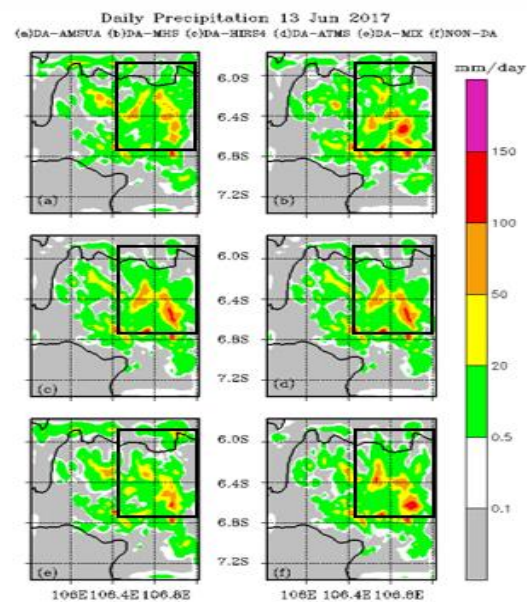
Gambar 3. Perbandingan hasil prediksi akumulasi curah hujan (a) DA-AMSUA, (b) WRFDA-MHS, (c) WRFDA-HIRS4, (d) WRFDA-ATMS, (e) WRFDA-MIX, dan (f) WRFDA-NON-DA dengan data observasi BMKG (kiri) dan data GSMaP (kanan) pada 20 Februari 2017.



Gambar 4. Sama seperti gambar 3 tapi untuk tanggal 3 April 2017.



Gambar 6. Sama seperti gambar 3 tapi untuk tanggal 9 November 2017.



Gambar 5. Sama seperti gambar 3 tapi untuk tanggal 13 Juni 2017.

Pada hasil spasial, umumnya model dengan asimilasi data satelit memberikan perbaikan *skill* prediksi curah hujan dibandingkan dengan nonasimilasi. Pada kejadian hujan di musim penghujan studi kasus 20 Februari 2017 eksperimen terbaik yaitu DA-MHS, pada kejadian hujan di masa peralihan musim penghujan ke kemarau studi kasus 3 April 2017 eksperimen terbaik adalah DA-MIX, pada kejadian hujan di musim kemarau studi kasus 13 Juni 2017 eksperimen terbaik yaitu DA-AMSUA, dan pada kejadian hujan di masa peralihan musim kemarau ke penghujan studi kasus 9 November 2017 eksperimen terbaik adalah DA-HIRS4 dan DA-ATMS.

3.5. Verifikasi Hasil Prediksi Akumulasi Curah Hujan Time Series

Verifikasi prediksi curah hujan secara *time series* menggunakan sampel lima titik di Jabodetabek menunjukkan bahwa eksperimen terbaik adalah DA-AMSUA pada studi kasus 3 April, 13 Juni, dan 9 November, diikuti oleh DA-HIRS4 dan DA-ATMS pada studi kasus 20 Februari 2017. Dimana performa terbaik dari eksperimen DA-AMSUA terjadi di titik Kemayoran, Tanjung Priok, dan Citeko (Tabel 5). Hal ini membuktikan bahwa terdapat perbaikan *skill*

model WRF hasil asimilasi data satelit khususnya pada prosedur verifikasi akumulasi curah hujan *time series*.

Tabel 5. Peringkat skill prediksi akumulasi curah hujan *time series*.

Kemayoran	20 Feb	3 Apr	13 Jun	9 Nov
DA-AMSUA	6	1	1	5
DA-MHS	3	6	6	4
DA-HIRS4	1	4	3	2
DA-ATMS	1	4	3	2
DA-MIX	4	2	5	1
NON-DA	5	3	2	6
Tg. Priok	20 Feb	3 Apr	13 Jun	9 Nov
DA-AMSUA	3	1	1	5
DA-MHS	4	3	5	6
DA-HIRS4	1	4	2	2
DA-ATMS	1	4	2	2
DA-MIX	6	2	6	1
NON-DA	5	6	4	4
Citeko	20 Feb	3 Apr	13 Jun	9 Nov
DA-AMSUA	1	1	1	1
DA-MHS	3	6	6	6
DA-HIRS4	5	2	2	2
DA-ATMS	5	2	2	2
DA-MIX	4	5	4	4
NON-DA	2	4	5	5

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis performa model WRF asimilasi data satelit pada kejadian hujan lebat di wilayah Jabodetabek, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Dari lima jenis sensor satelit yang digunakan dalam penelitian ini, terdapat tiga eksperimen yang berhasil memodifikasi data inisial WRF yaitu AMSUA, MHS, dan MIX, sementara HIRS4 dan ATMS tidak yang disebabkan perbedaan waktu yang digunakan pada data inisial model dengan waktu lintas satelit di wilayah kajian.
- Prosedur DA satelit berhasil memperbaiki *skill* prediksi WRF, dimana verifikasi diagram Taylor yang terbaik adalah MHS. Sedangkan, verifikasi berdasarkan kriteria hujan, prediksi spasial, serta prediksi akumulasi curah hujan *time series* yang terbaik adalah AMSUA.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Auligne, T., et al. (2009). Satellite Data Assimilation in WRF-Var. UCAR.
- Barker, D., Huang, W., Guo, Y.R., Bourgeois, A.J., Xiao, Q.N. (2004). A Three-dimensional Variational (3DVAR) Data Assimilation System for MM5: Implementation and Initial Results. *Monthly Weather Review*, 132(4), 897-914. doi: 10.1175/1520-0493(2004)132<0897:ATVDAS>2.0.CO;2
- Feltz, W.F., Howell, H.B., Knuteson, R.O., Comstock, J.M., Mahon, R., Turner, D.D., Smith, W.L., Woolf, H.M., Sivaraman, C., Halther, T.D. (2007). Retrieving Temperature and Moisture Profiles from AERI Radiance Observations: AERIPROF Value-Added Product Technical Description Revision 1. Technical Report 66. doi: 10.2172/948526
- Gustari, I. (2014). Perbaikan Prediksi Cuaca Numerik Kejadian Hujan Sangat Lebat Terkait dengan Sistem Awan di Jabodetabek Menggunakan Asimilasi Data Radar C-Band. *Disertasi*. Institut Teknologi Bandung.
- Gustari, I., Hadi, T.W., Hadi, S., Renggono, F. (2012). Akurasi Prediksi Curah Hujan Harian Operasional di Jabodetabek: Perbandingan dengan Model WRF. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 13(2), 119-130.
- Jankov, I., Gallus Jr., W.A., Segal, M., Shaw, B., Koch, S.E. (2005). The Impacts of Different WRF Physical Parameterizations and Their Interactions on Warm Season MCS rainfall. *Weather and Forecasting*, 20(6), 1048-1060. doi: 10.1175/WAF888.1
- Junnaedhi, I.D. (2008). Pengaruh Asimilasi Data dengan Metode 3DVAR Terhadap Hasil Prediksi Cuaca Numerik di Indonesia. *Thesis*. Meteorologi ITB, Bandung.
- Padfield, T. (2007). Conservation Physics. Getty Conservation Institute Workshop, Tenerife.
- Sagita, N, Hidayati, R., Hidayat, R., Gustari, I., Fatkhuroyan. (2016). Using 3D-Var Data Assimilation for Improving the Accuracy of Initial Condition of Weather Research and Forecasting (WRF) Model in Java Region (Case Study : 23 January 2015). *Forum Geografi*, 30(2), 112-119. doi: 10.23917/forgeo.v30i2.2512
- Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Wang, W., Powers, J.G. (2008). A Description of the Advanced Research WRF Version 3. *NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR*. doi:10.5065/D68S4 MVH.
- Stewart, R.H. (2008). Introduction to Physical Oceanography. Texas A & M University.
- Sun, J., Wang, H. (2013). Radar Data Assimilation with WRF 4D-Var. Part II: Comparison with 3D-Var for a Squall Line over the U.S. Great Plains. *Monthly Weather Review*, 141(7), 2245-2264. doi: 10.1175/MWR-D-12-00169.1.
- Xue, T., Xu, J., Guan, Z., Chen, H.C., Chiu, L.S., Shao, M. (2017). An Assessment of the Impact of ATMS and CrIS Data Assimilation on Precipitation Prediction over the Tibetan Plateau. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(7), 2517-2531. doi: 10.5194/amt-10-2517-2017