

PARAMETERISASI MODEL CUACA WRF-ARW UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN TEKNOLOGI MODIFIKASI CUACA (TMC) DI SUMATERA, SULAWESI, DAN JAWA

Ridwan¹, Mahally Kudsy²

Abstract

Weather prediction with WRF-ARW has been carried out daily for Weather Modification Technology activities in Riau and West Sumatra from June 21 – July 21, 2010. The input data obtained from GFS (Global Forecast System), which can be downloaded every six hours from the NOAA website. With WPS (WRF Preprocessing System) global data will be downscaled according to the area that would be predicted. Weather components are predicted rainfall and wind direction is processed the day before. The prediction results are spatially processed with the program Grads. Validation is done by matching the results of Grads and radar data or satellite data. It is expected that the results of WRF-ARW forecast weather can be a reference to determine the best opportunities in conducting cloud seeding.

Intisari

Telah dilakukan penelitian prediksi cuaca dengan perangkat lunak model cuaca WRF-ARW selama kegiatan Teknologi Modifikasi Cuaca di Sumatera, Sulawesi, dan Jawa dalam periode tahun 2010 dan 2011. Data masukan diperoleh dari prediksi global GFS (Global Forecast System) yang dapat diunduh setiap enam jam pada situs NOAA. Dengan WPS (WRF Preprocessing System), data global tersebut akan dipersempit sesuai wilayah yang akan diprediksi. Unsur cuaca yang diprediksi adalah curah hujan dan arah angin yang diproses sehari sebelumnya. Hasil prediksi diolah secara spasial dengan program GrADS. Validasi dilakukan dengan mencocokkan hasil GrADS dengan data radar atau data satelit. Selain itu, dilakukan juga parameterisasi untuk memperoleh hasil prediksi yang lebih akurat dengan mengacu pada metode menggantikan proses yang terlalu kecil atau kompleks secara fisik yang direpresentasikan dalam model yang disederhanakan. Diharapkan hasil prediksi cuaca WRF-ARW ini dapat menjadi acuan untuk menentukan peluang yang paling baik dalam periode harian untuk melakukan penyemaian awan.

1. PENDAHULUAN

Weather Research and Forecasting (WRF) adalah generasi masa depan dari model cuaca yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi atmosfer skala menengah dan mengasimilasikan hasil prediksi tersebut dengan data observasi lokal. *Source code* WRF dikembangkan secara bebas (*open source*) dan dapat dimodifikasi untuk berbagai keperluan riset dan operasional menggantikan model lama NAM-Eta. Model cuaca WRF didesain untuk menjadi fleksibel, efisien, dan portabel untuk bermacam lingkungan komputasi paralel dan

cocok digunakan untuk spektrum yang luas pada skala meteran hingga ribuan kilometer. WRF juga memiliki berbagai ekstensi diantaranya adalah WRF-ARW (Advanced Research WRF) untuk prediksi cuaca. Model cuaca WRF ini sangat cocok untuk dikembangkan sebagai pemodelan cuaca mendasar di Indonesia karena telah digunakan sebagai dasar prediksi oleh seluruh konstituen yang terkait dengan prediksi cuaca di Amerika Serikat serta telah diadopsi dan dikembangkan oleh banyak negara lainnya.

TMC yang diterapkan oleh BPPT di Riau dan Sumatera Barat dilakukan guna mengatasi kekurangan debit air yang terjadi pada Waduk Kotopanjang dan Danau Singkarak. Keduanya adalah sumber energi listrik yang sangat penting bagi PT. PLN (Persero) untuk mensuplai kebutuhan

¹ Perekayasa Madya UPT Hujan Buatan BPP Teknologi,
E-mail: Ridwan_java@gmail.com

² Perekayasa Madya UPT Hujan Buatan BPP Teknologi,
E-mail: mkudsy@yahoo.com

listrik di wilayah Sumatera Bagian Utara. Untuk melaksanakan TMC yang efektif dan efisien dibutuhkan prediksi cuaca harian yang akurat dan mendetail pada kedua catchment area (daerah tangkapan hujan) tersebut.

2. PROSES PREDIKSI CUACA DENGAN WRF-ARW

Untuk menjalankan prediksi cuaca dengan data real (bukan simulasi) maka digunakan WRF-ARW. Komponen utama WRF-ARW adalah:

WPS adalah komponen yang berfungsi menggabungkan WRF Terrestrial Data (seperti Geogrid) dan Gridded Data (seperti GFS, FNL/Final Analysis atau NAM/North American Mesoscale Model).

WRF ARW adalah core (program utama) yang berfungsi mengolah prediksi cuaca berdasarkan keluaran yang dihasilkan oleh WPS dengan berbagai parameter yang dapat diatur, seperti waktu prediksi (jam-jaman atau harian).

Post processing, terdiri dari perangkat lunak yang berfungsi mengolah tampilan spasial hasil keluaran dari WRF-ARW sehingga dapat dipahami oleh user secara umum, seperti GrADS (*The Grid Analysis and Display System*) atau Vis5D (Visualisasi 5 Dimensi). Selain itu, *post processing* juga dapat berupa perangkat lunak yang berfungsi memvalidasi hasil keluaran WRF.

Urut-urutan instalasi dan operasi WRF-ARW dapat dijabarkan sebagai berikut:

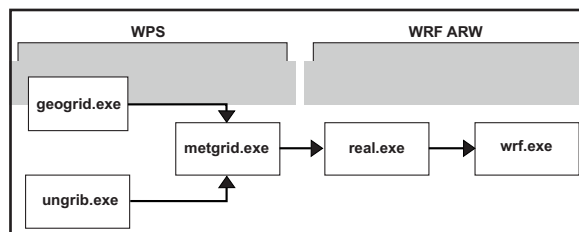
1. Mengunduh source code untuk model WRF berupa versi terakhir dari WPS dan WRF-ARW pada alamat situs http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/get_source.html
2. Melakukan ekstrak file-file tersebut dengan perintah gunzip:
gunzip WRFV3.TAR.gz
tar -xf WRFV3.TAR
gunzip WPS.TAR.gz
tar -xf WPS.TAR
3. Didalam direktori WRFV3 terdapat beberapa direktori dan file yaitu: clean (untuk membersihkan file yang telah dieksekusi), compile (untuk mengkompilasikan kode WRF), configure (untuk mengkonfigurasi file-file wrf), makefile (level-atas dari makefile), registry (direktori untuk file WRF registri directory, arch (direktori ketika mengkompilasi opsi yang digabungkan, run (direktori dimana kita menjalankan WRF), test (direktori yang terdiri dari tujuh direktori kasus yang digunakan untuk menjalankan WRF). Kemudian

mengkompilasikan file-file pada direktori WRFV3 tersebut dengan perintah configure dan *compile*.

4. Sedangkan pada direktori WPS terdapat beberapa sub-direktori diantaranya geogrid (untuk membuat teresterial data), ungrib (untuk mengekstrak GRIB data dan mengubahnya ke format file menengah), metgrib (untuk menginterpolasikan data meteorologi secara horizontal ke dalam domain), util (terdiri dari beberapa utilitas), dan arch (direktori yang berisi opsi-opsi instalasi). Untuk mengkompilaskannya dengan menjalankan perintah configure dan compile.

Gambaran umum alur program saat dijalankan adalah sebagai berikut:

WRF dijalankan setiap hari untuk memprediksi hari berikutnya selama kegiatan TMC dengan domain yang mencakup Provinsi Riau dan Sumatera Barat. Kemudian prediksi tersebut dibandingkan dengan tampilan radar pada kesesakan harinya untuk melihat kesesuaian dan kearutan prediksi WRF-ARW.



Gambar 1. Gambaran umum alur program WRF

Gambar 2 adalah hasil pengujian keakuratan tampilan spasial prediksi curah hujan WRF tanggal 13 Juli 2010 (yang dijalankan satu hari sebelumnya) dengan perbandingan dengan citra mobil radar UPT Hujan Buatan (dioperasikan pada hari yang sama):

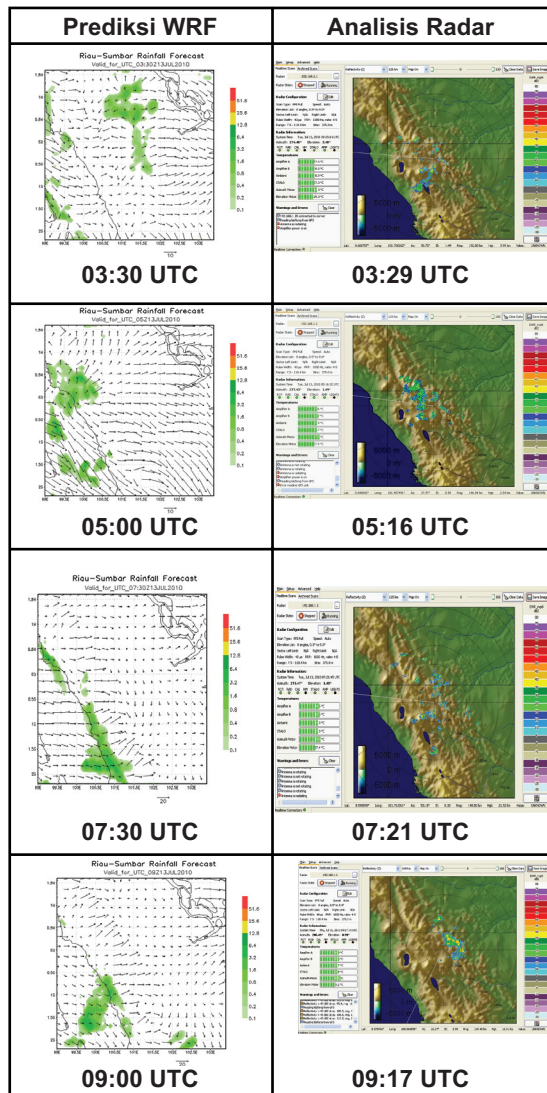
Sedangkan tampilan gambar 3 adalah contoh pengujian keakuratan tampilan spasial prediksi curah hujan WRF tanggal 13 Juli 2010 (yang dijalankan satu hari sebelumnya) dengan perbandingan dengan data analisa TRMM:

Gambar 4 adalah studi kasus validasi secara manual prediksi curah hujan WRF-ARW dengan hasil analisa TRMM pada tanggal 9 Maret 2010 untuk wilayah Sulawesi:

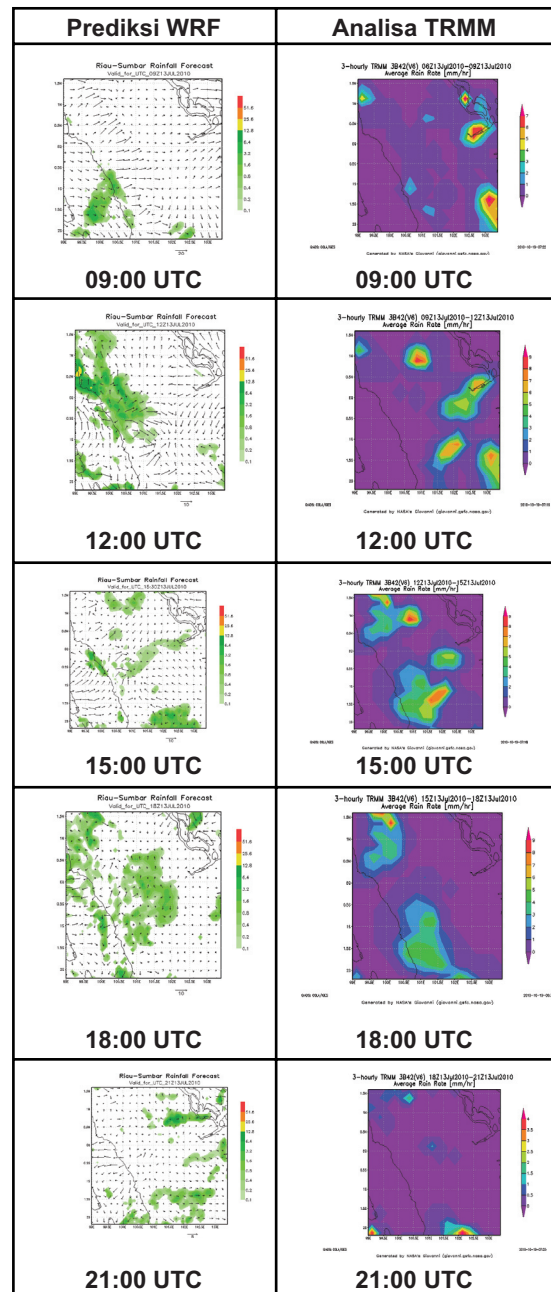
Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa hasil prediksi yang diperoleh masih jauh dari akurat, jika dibandingkan dengan hasil analisa tutupan awan yang diperoleh dari data radar maupun TRMM. Untuk itulah perlu dilakukan proses yang dinamakan parameterisasi. Parameterisasi model cuaca dan iklim dalam prediksi cuaca numerik mengacu pada metode menggantikan

proses yang terlalu kecil atau kompleks secara fisik yang direpresentasikan dalam model dengan proses disederhanakan. Hal ini dapat dibandingkan dengan proses lainnya-misalnya aliran skala besar dari suasana-yang secara eksplisit diselesaikan dalam model. Hal ini terkait dengan berbagai parameter yang digunakan dalam proses yang disederhanakan. Contohnya besarnya curah hujan,

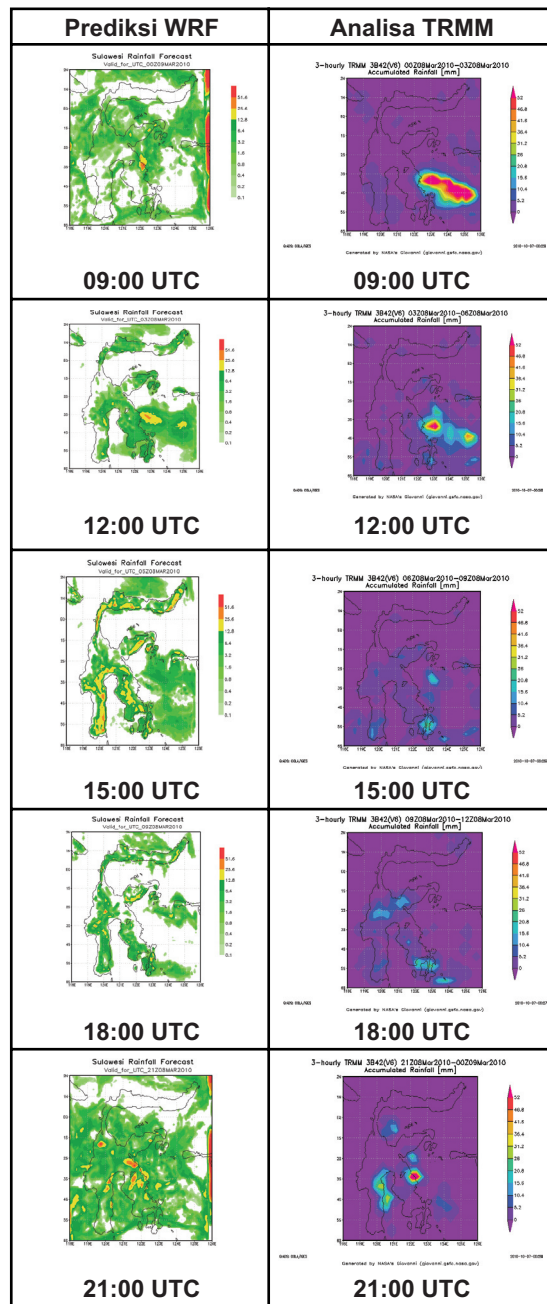
awan konvektif, penyederhanaan dari transfer radiasi atmosfer atas dasar atmosfer kode transfer radiasi, dan mikrofisik awan. Parameterisasi radiasi penting bagi pemodelan atmosfer. Emisi atmosfer dari sumber yang berbeda dalam kotak grid individu juga perlu parameter untuk menentukan dampaknya terhadap kualitas udara.



Gambar 2. Perbandingan prediksi WRF-ARW dengan data radar di Sumatra



Gambar 3. Perbandingan Prediksi WRF-ARW dengan Analisa TRMM di Sumatera



Gambar 4. Perbandingan prediksi WRF-ARW dengan analisa TRMM di Sulawesi.

3. PARAMETERISASI WRF-ARW PADA WILAYAH DOMAIN JAWA BAGIAN BARAT DAN TENGAH DENGAN WRF-ARW

Pada penelitian parameterisasi ini, WRF-ARW dijalankan 1 kali sehari dengan nesting 2 domain dengan resolusi horizontal masing-masing 10 km dan 4 km yang mencakup daerah penelitian (Pulau Jawa bagian barat dan tengah serta DAS Citarum), dengan level vertikal sebanyak 27 level sigma (terrain following sigma coordinate). Simulasi dimulai dari 0000 UTC dengan data

inisiasi yang diambil dari internet. Berdasarkan hasil parameterisasi, model dijalankan dengan memakai skema microphysics dari Reisner (Reisner 1998), skema boundary layer MRF (Hong dan Pan 1996), parameterisasi Grell-3D (Kain dan Frisch 1993), serta skema radiasi RRTM (Mlawer et al 1997).

Parameterisasi mikrofisik (mp_physics) terdiri dari beberapa skema, diantaranya adalah:

1. Skema Kessler: Skema umum untuk hujan yang hangat (tanpa es) digunakan pada awan yang ideal untuk studi pemodelan (mp_physics = 1).
2. Skema Lin et al.: Skema canggih yang dapat memproses es, salju dan graupel yang cocok untuk simulasi real-data yang beresolusi tinggi (2).
3. Skema WRF Single-Momen 3-kelas: Skema efisien sederhana dengan pengukuran es dan salju cocok untuk proses ukuran kotak mesoscale (3).
4. Skema WRF Single-Momen 5-kelas: Skema ini sedikit lebih canggih dari (3) yang memungkinkan adanya fase untuk proses campuran. (4).
5. Eta mikrofisika: Mikrofisik operasional dalam model NCEP Skema efisien yang sederhana dengan proses diagnostik dicampur-fase proses (5).
6. Skema WRF Single-Momen 6-kelas skema: Skema dengan es, salju dan graupel. Cocok untuk proses simulasi resolusi tinggi (6).
7. Skema Goddard mikrofisika. Sebuah skema dengan proses es, salju dan graupel. Cocok untuk simulasi resolusi tinggi (7).
8. Skema baru Thompson et al.: Skema baru dengan proses es, salju dan graupel yang cocok untuk resolusi tinggi simulasi (8). Skema ini menambah jumlah dan konsentrasi hujan update skema dari yang ada di Versi 3.0. Baru di Versi 3.1.
9. Skema Milbrandt-Yau Double Momen 7-kelas (9). Skema ini termasuk yang terpisah kategori untuk hujan es dan graupel dengan double-saat awan, hujan, es, salju, graupel dan hujan es.
10. Skema Morrison (10). Es ganda, salju, hujan dan graupel untuk awan simulasi.
11. Skema WRF Double-Momen kelas 5-skema (14). Skema ini memiliki kemampuan ganda saat hujan.

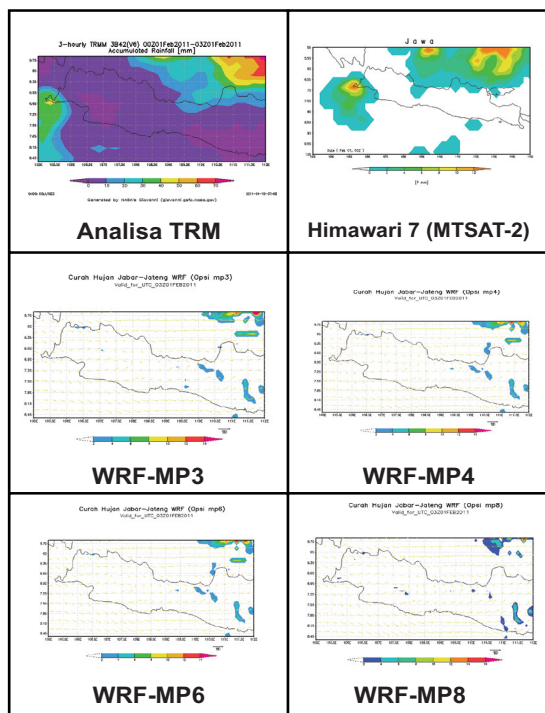
Parameterisasi cumulus terdiri dari beberapa skema, diantaranya adalah:

1. Skema Kain-Fritsch: konveksi dalam dan dangkal dalam skema sub-grid

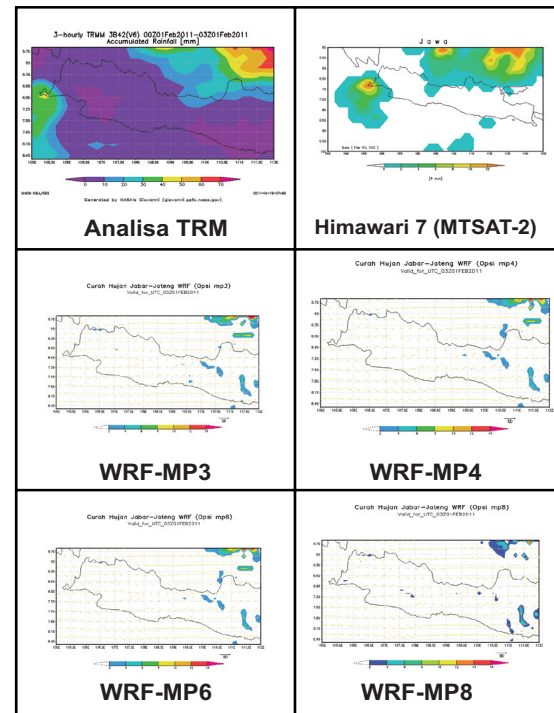
menggunakan massa fluks dengan pendekatan skala CAPE (*Convection Area Potential Energy*) downdrafts dan penghapusan waktu (*cu_physics* = 1).

2. Skema Betts-Miller-Janjic. Skema Operasional Eta. Penyesuaian skema kolom lembab perlahan menuju skema profil campuran (2).
3. Skema Grell-Devenyi ansambel: multi-parameter, metode ansambel dengan biasanya 144 anggota sub-grid (3).
4. Skema Grell 3d ensemble kumulus. Skema untuk domain resolusi yang lebih tinggi yang memungkinkan penurunan dalam kolom sebelahnya (5). Grell 3D adalah sebuah versi perbaikan dari skema GD yang juga dapat digunakan pada resolusi tinggi (selain resolusi kasar) jika penurunan menyebarkan (pilihan *ugd_avedx*) dihidupkan.

Namun demikian, hasil parameterisasi microphysic yang dilakukan pada tanggal 1 Februari 2011, menunjukkan tidak ada perbedaan yang berarti dari tiap-tiap parameter yang dijalankan.



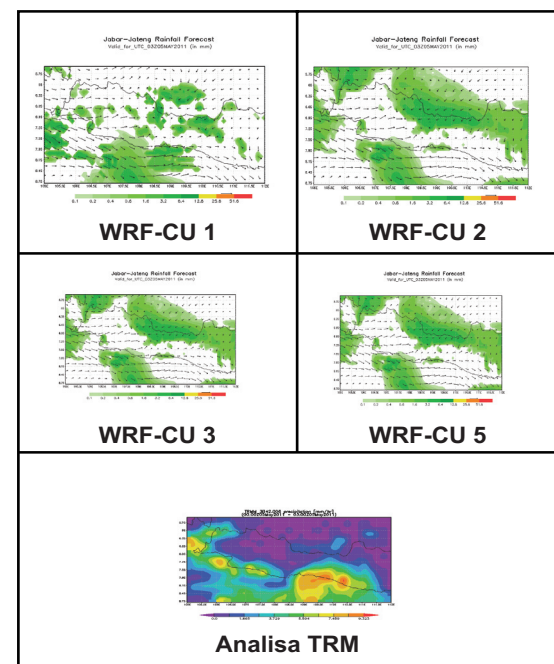
Gambar 5. Parameterisasi Microphysics WRF-ARW pada 1 Februari 2011: 00-03 di Jawa



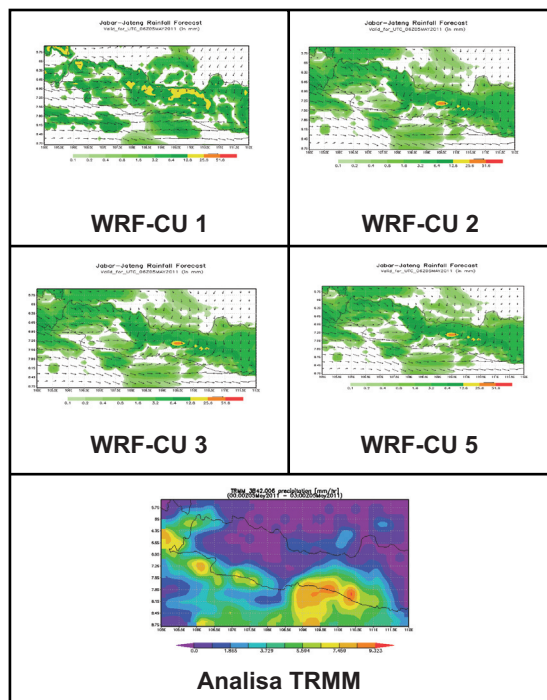
Gambar 6. Parameterisasi Microphysics WRF-ARW pada 1 Februari 2011: 03-06 di Jawa

4.1.1. Hasil Parameterisasi Fisik Cumulus (*cu_physics*)

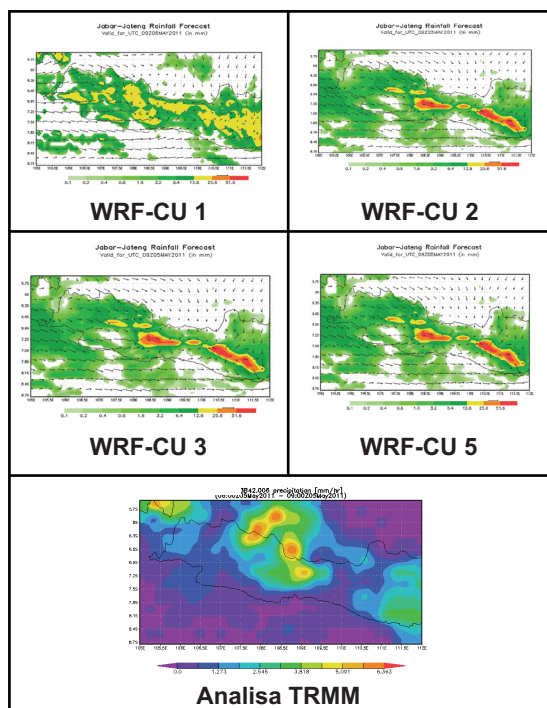
Hasil parameterisasi cumulus menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari setiap parameter. Oleh karena itu, dilakukan pengambilan data berdasarkan metoda *nearest-neighbour*.



Gambar 7. Parameterisasi Cumulus WRF-ARW pada 1 Februari 2011: 03-06 di Jawa



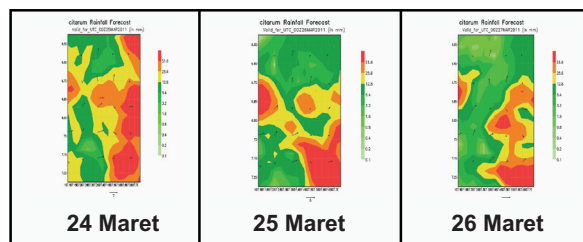
Gambar 8. Parameterisasi Cumulus WRF-ARW pada 1 Februari 2011: 03-06 di Jawa



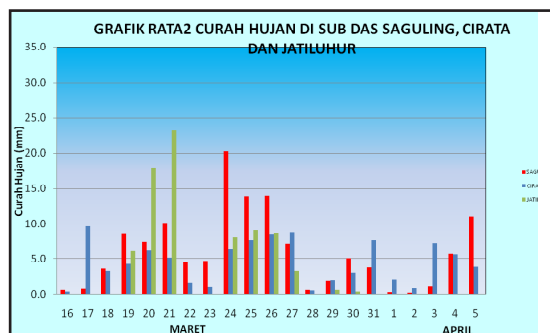
Gambar 9. Parameterisasi Cumulus WRF-ARW 1 Februari 2011: 03-06 di Jawa

Selanjutnya, dilakukan prediksi curah hujan WRF-ARW dengan parameter cumulus skema skema CU-5 (Grell-3D) pada tanggal 24 Maret 2011 untuk tiga hari ke depan (24, 25, dan 26 Maret 2011) pada DAS Citarum untuk membuktikan keakuratannya. Kasus prediksi yang ditampilkan diseleksi dengan pemilihan pada hari-hari saat

rata-rata curah hujan tertinggi dalam satu bulan yang diperoleh dari penakar hujan.



Gambar 10. Studi Kasus Prediksi Curah Hujan DAS Citarum Selama 3 Hari



Gambar 11. Grafik rata-rata curah hujan berdasarkan data penakar hujan di DAS Larona

5. VERIFIKASI HASIL PREDIKSI CUACA WRF-ARW

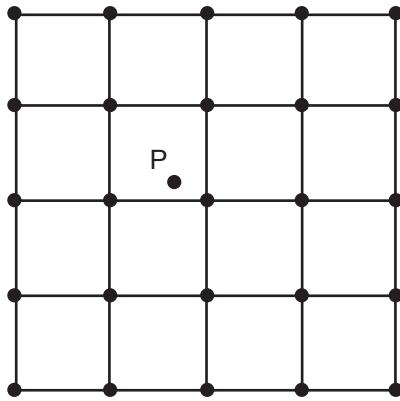
Validasi hasil prakiraan cuaca dilaksanakan dengan memakai metoda evaluasi evaluasi statistic yang banyak dipakai untuk model WRF. Metoda ini dinamakan point tool statistik yang terdapat dalam modul Model Evaluation Tool (MET). Keuntungan model ini dilihat dari segi kepraktisannya seperti ketersediaan data yang minim.

Statistik titik (*point statistic*) dapat melakukan verifikasi secara statistic pada suatu tempat pengamanan. Metoda ini berlawanan dengan analisis grid. Alat Point-Stat mencocokkan perkiraan grid untuk lokasi titik pengamatan, dengan menggunakan beberapa pendekatan interpolasi berbeda. Alat kemudian menghitung berkesinambungan serta statistik kategoris verifikasi. Statistik secara kategoris dan statistik probabilistik umumnya diturunkan dengan menerapkan ambang untuk meramalkan dan observasi nilai-nilai. Confidence interval - mewakili ketidakpastian dalam verifikasi tindakan - dihitung untuk statistik verifikasi.

Model WRF menghasilkan luaran berupa file yang memuat 77 buah variable dalam bentuk grid 3-dimensi untuk tiap waktu model. Variabel curah hujan yang dianalisis dari luaran WRF adalah variabel *rainc*, *rainnc* dan *qrain*. Pada setiap run

terdapat 2 buah domain (Domain 1 dan Domain 2).

Untuk mencocokkan seberapa dekat hasil (luaran) model dari suatu titik observasi harus dilakukan interpolasi. Hal ini perlu dilakukan karena suatu titik observasi tidak terletak persis pada titik grid. Kondisi titik pengamatan di dalam grid dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

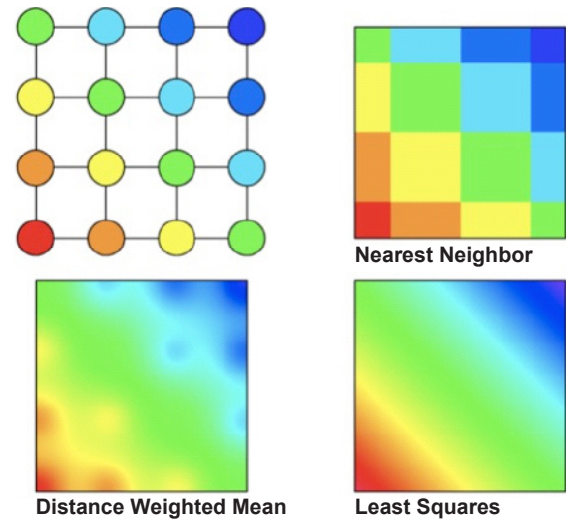


Gambar 12. Letak titik pengamatan (observasi) P relatif terhadap titik lain yang terletak di dalam grid dalam model WRF

Nilai sebuah variable pada titik P dari luaran model WRF dilakukan melalui interpolasi dengan beberapa cara, yaitu:

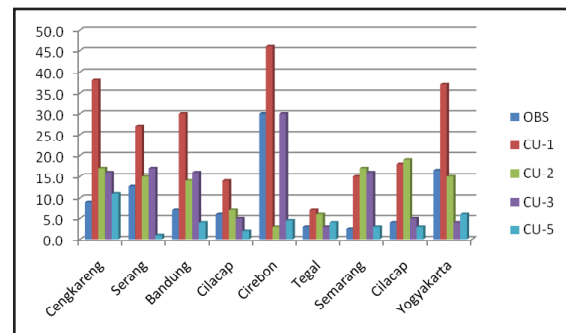
- Nearest neighbor, dimana nilai forecast titik P mempunyai nilai sama dengan titik grid yang paling dekat
- Minimum Value yaitu jika nilai forecast titik P diberi nilai yang sama dengan nilai minimum grid point sekitarnya,
- Maximum value yaitu jika nilai forecast titik P diberi nilai yang sama dengan nilai maksimum grid point sekitarnya
- Weighted distance mean (rerata menurut jarak tertimbang) yaitu jika nilai forecast pada titik P merupakan bobot yang diberikan untuk setiap titik ramalan adalah kebalikan dari kuadrat jarak (dalam grid koordinat) dari P. tertimbang jumlah nilai peramalan yang dinormalisasi dengan membagi oleh jumlah dari bobot,
- Rerata tidak tertimbang, yaitu jika nilai forecast titik P sama dengan rerata dari titik titik pada grid sekitar, dengan kata lain dengan nilai bobot tertimbang titik sekitarnya sama dengan 1,
- Median, yaitu jika nilai forecast titik P merupakan median (nilai tengah) dari nilai grid sekitarnya,
- Least square fit, yaitu dengan melakukan interpolasi kuadrat medan grid di lokasi P. Nilai forecast sebuah variable z pada titik P seperti pada Gambar 1 dengan perhitungan least square $z = ax + by + c$

dalam hal ini x dan y merupakan jarak horizontal dan vertical terhadap subgrid pusat (subgrid dimana titik observasi P terletak).



Gambar 13. Ilustrasi dari beberapa metoda matching dan interpolasi yg dipakai dalam validasi WRF

Berikut adalah hasil perbandingan prediksi cuaca di wilayah Jawa bagian barat dan tengah pada tanggal 5 Mei 2011 berdasarkan metode nearest-neighbour. Berdasarkan hasil ini maka disimpulkan bahwa skema CU-5 (Grell-3D) adalah yang paling sesuai prediksinya jika dibandingkan dengan data observasi.



Gambar 14. Perbandingan curah hujan berdasarkan parameterisasi dengan metode nearest-neighbour.

6. KESIMPULAN

1. Diperlukan parameterisasi untuk memperoleh hasil prediksi WRF-ARW yang paling baik. Parameterisasi model cuaca dalam prediksi cuaca numerik mengacu pada metode menggantikan proses yang terlalu kecil atau kompleks secara fisik yang direpresentasikan pada model dengan proses disederhanakan.

2. Parameterisasi *microphysics* hanya akan berfungsi pada domain beresolusi tinggi sehingga, tidak memiliki perbedaan dari tiap skema yang diteliti terhadap keakuratan prediksi untuk pada wilayah domain yang mencakup Jawa bagian barat dan tengah, sedangkan skema cumulus berpengaruh cukup signifikan.
3. Parameterisasi dilakukan dengan membandingkan beberapa point observasi melalui metode nearest neighbor.
4. Hasil parameterisasi cumulus dengan nearest neighbor diperoleh hasil bahwa metode CU 5 (Grell-3D) memiliki hasil yang paling baik dalam memprediksi WRF.

DAFTAR PUSTAKA

- Analisis Kondisi Cuaca Pulau Jawa pada Tanggal 8 Januari 2009 *Berdasarkan Pemanfaatan Luaran MM5, Jurnal Teknologi Lingkungan*, ISBN: 1441-318X, Edisi Khusus, 2009.
- Analisis Karakteristik Curah Hujan dan Debit Sungai Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas Jawa Timur (*Jurnal Meteorologi dan Geofisika* Vol. 5 No. 4 Desember 2004, ISSN 1411-3082).
- Chan, P. W. and Cheung, T.C., *Microscale Simulation of Terrain-disrupted Airflow Around Hong Kong International Airport (HKIA) – Comparison of Results between Numerical Models*, 10th Annual WRF User's Workshop, Reprint 836, 23-23 June 2009, CO, USA.
- Gonzalez, M., H., Skansi, M., M., Losano, F., 2010, *A statistical study of seasonal winter rainfall prediction in the Comahue region (Argentina)*, *Atmósfera* 23(3), 277.
- Leung, Ruby, L., 2008, *Regional Climate Modeling Using the Weather Research and Forecasting (WRF) Model: Applications in the Tropics and the Western U.S*, Seminar at Iowa State University, April 7, 2008, Ames, IA.
- Naipal, S., Nurmohamed, R., J., 2006, *Variability of rainfall in Suriname and the relation with ENSO-SST and TA-SST.*, *Advances in Geosciences*, 6, 77–82, SRef-ID: 1680 7359/adgeo/2006-6-77.
- Skamarock, William, C., et al., 2007, *A Description of the Advanced Research WRF Version 2*, NCAR/TN-468+STR, NCAR TECHNICAL NOTE, Mesoscale and Microscale Meteorology Division National Center for Atmospheric Research Boulder, Colorado, USA.
- Skamarock, William, C., et al., 2008, *A Description of the Advanced Research WRF Version 3*, NCAR/TN-475+STR, NCAR TECHNICAL NOTE, Mesoscale and Microscale Meteorology Division National Center for Atmospheric Research Boulder, Colorado, USA.
- Seasonal and interannual variations of diurnal cycles of wind and cloud activity observed at Serpong*, West Java, Indonesia, 2006, *J. Meteor. Soc. Japan*, 84A, 171-194.
- Troccoli, A., et al., 2008, *Seasonal Climate: Forecasting and Managing Risk*, *Nato Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences*, 2008, Volume 82, I, 3-11, DOI: 10.1007/978-1-4020-6992-5_1, Springer Science + Business Media B.V.