

**PENGGUNAAN SKEMA KONVEKTIF MODEL CUACA WRF
(BETTS MILLER JANJIC, KAIN FRITSCH DAN GRELL 3D ENSEMBLE)
(Studi kasus: Surabaya dan Jakarta)**

*APLICATION OF WRF MODEL CONVECTIVE SCHEMES
(BETTS MILLER JANJIC, KAIN FRITSCH AND GRELL 3D ENSEMBLE)
(Case study: Surabaya and Jakarta)*

Roni Kurniawan^{*}, Wido Hanggoro, Rian Anggraeni, Sri Noviati, Welly Fitria, Rahayu S. Sri Sudewi
Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jakarta
Jl. Angkasa I/No.2 Kemayoran, Jakarta 10720 – INDONESIA
^{*}e-mail : ronie_354@yahoo.co.id

Naskah masuk: 24 Maret 2014; Naskah diperbaiki: 14 Agustus 2014; Naskah diterima: 10 September 2014

ABSTRAK

Pada kajian ini dilakukan evaluasi penggunaan beberapa skema konvektif pada model WRF (Weather Research and Forecasting) untuk prediksi cuaca di wilayah Indonesia. Terdapat tiga skema konvektif yang akan dievaluasi yaitu; skema konvektif cumulus BMJ (Betts Miller Janjic), KF (Kain Fritsch), dan GD (Grell 3D ensemble). Data yang digunakan untuk evaluasi adalah data curah hujan per 3 jam dan data angin per 12 jam (level ketinggian; permukaan, 850, 500, 250 mb) dari hasil pengolahan model WRF dan observasi selama periode bulan Agustus 2011 dan Februari 2012 di stasiun Juanda-Surabaya dan Cengkareng-Jakarta. Hasil verifikasi dari tiga skema konvektif pada model WRF terhadap data observasi menunjukkan bahwa untuk prakiraan curah hujan, penggunaan skema konvektif BMJ lebih baik dari skema KF dan GD, dan untuk prakiraan arah dan kecepatan angin skema BMJ dan GD relatif lebih baik dari skema KF. Berdasarkan analisis hasil verifikasi yang diperoleh, pemilihan skema konvektif cumulus BMJ cenderung lebih baik dari skema konvektif KF dan GD untuk di aplikasikan pada model WRF.

Kata kunci: WRF, Kain Fritsch, Betts Miller Janjic, Grell 3D ensemble, verifikasi

ABSTRACT

In this study, the use of some convective schemes on the model WRF (Weather Research and Forecasting) for weather prediction in Indonesian region has been evaluated. There are two models evaluated; BMJ cumulus convective scheme (Betts Miller Janjic), KF (Kain Fritsch), and GD (Grell 3D ensemble). The data used in the evaluation are the 3 hourly rainfall data, and the 12 hourly wind data (level height; surface, 850, 500, 250mb) from the WRF models and observation processing during August 2011 and February 2012 period at the Juanda-Surabaya and Cengkareng-Jakarta stations. The results of the verification of the three convective schemes in WRF models against observation data indicate that for precipitation forecasts, the application of the BMJ convective scheme is better than the KF and GD schemes, and for direction and wind speed forecast, BMJ and GD schemes is relatively better than the KF scheme. Based on the analysis of the verification results obtained, the selection of the BMJ cumulus convective scheme tends to be better than GD and KF convective scheme to be applied on WRF models.

Key words: WRF, Kain Fritsch, Betts Miller Janjic, Grell 3D ensemble, verification

1. Pendahuluan

Prakiraan cuaca untuk wilayah Indonesia yang berada disekitar equator memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan prakiraan cuaca untuk daerah dengan lintang tinggi. Banyak model prakiraan cuaca telah dikembangkan oleh para ahli dengan pendekatan perhitungan yang bervariasi, baik untuk skala global maupun regional. Prakiraan cuaca numerik sudah dirintis sejak tahun 1920 dan berkembang pesat seiring dengan peningkatan

jaringan pengamatan cuaca pada saat perang dunia kedua dalam rangka untuk menyediakan informasi cuaca penerbangan militer, serta dimulainya penggunaan komputer untuk operasional prakiraan cuaca [1,2]. Salah satu model cuaca yang banyak digunakan untuk skala regional saat ini adalah model cuaca numerik *Weather Research and Forecasting* (WRF) [3].

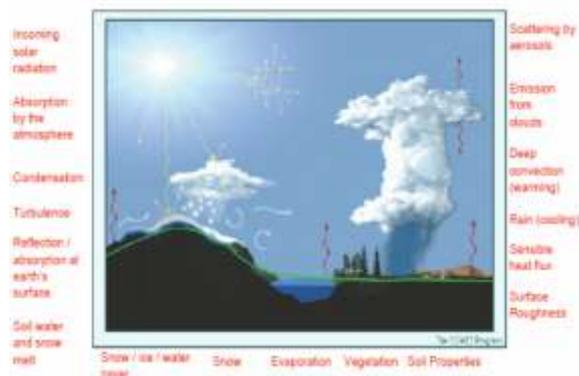
Sebelum model WRF diaplikasikan untuk prakiraan cuaca di wilayah Indonesia perlu dilakukan kajian

untuk mengetahui tingkat akurasinya, oleh karena itu pada kajian ini dilakukan verifikasi model WRF dengan data observasi yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan model WRF dalam memprediksi cuaca di wilayah Indonesia.

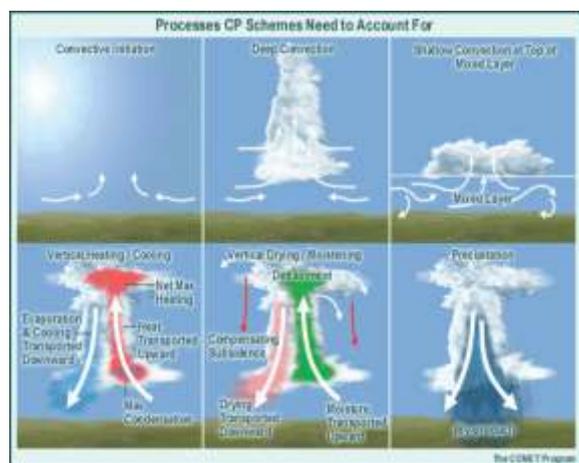
Model cuaca numerik *Weather Research and Forecasting (WRF)*. Model WRF merupakan model *Numerical Weather Prediction (NWP)* yang dikembangkan oleh Badan atmosfer dan kelautan Amerika Serikat (NOAA) bekerjasama dengan National Weather Service (NWS), Forecast Decision Training Branch (FDTB), dan Science Operations Officer and Training Resource Center (SOO/STCR). Untuk keperluan prakiraan cuaca model WRF-EMS dinilai sebagai model yang lengkap dan merupakan *state-of-the-science* dari produk NWP serta merupakan gabungan dari dua model dinamis yang umum digunakan di dunia pemodelan yaitu Advanced Research WRF (ARW) yang dikembangkan oleh National Center for Atmospheric Research (NCAR) dan non-Hydrostatic Mesoscale Model (NMM) yang dikembangkan oleh National Center for Environmental Prediction (NCEP). Semua fitur yang terdapat pada kedua binary tersebut terdapat dalam model WRF-EMS dan disederhanakan dari mulai proses instalasi, konfigurasi dan eksekusinya, hal tersebut bertujuan agar penggunaan model ini dapat dengan mudah dilakukan.

Simulasi dan prakiraan cuaca menggunakan model NWP dengan cara downscaling dari resolusi global (kasar) menjadi resolusi yang lebih halus, memerlukan pendekatan berbagai komponen fisik. Beberapa pendekatan komponen fisik (parameterisasi) yang digunakan antara lain: radiasi, boundary layer, land-surface, difusi eddy, konvektif dan, mikrofisik. Pendekatan tersebut bertujuan untuk memperkirakan efek yang mempunyai pengaruh cukup besar dari suatu kejadian di atmosfer namun terlalu kecil dan atau terlalu rumit untuk dijelaskan secara eksplisit. Biasanya variabel-variabel tersebut didekati atau diprakiraan dari variabel lain yang mempunyai resolusi yang lebih rendah.

Parameterisasi konvektif merupakan salah satu aspek yang sangat diperhatikan dalam numerical modeling, khususnya untuk prakiraan cuaca dan iklim global. Di alam, terjadinya konvektif tidak hanya menghasilkan presipitasi tetapi juga transfer panas dan distribusi kelembaban yang berkaitan dengan stabilitas atmosfer. Konvektif yang terjadi pada skala yang cukup luas juga dapat menciptakan aliran jet dan vortisitas pada lapisan menengah dan dapat mempengaruhi kondisi cuaca pada lokasi yang luas.



Gambar1. Beberapa variabel yang biasa di parameterisasi dalam NWP[4].



Gambar2. Proses fisik konvektif yang diperhitungkan dalam parameterisasi[4].

Pada dasarnya parameterisasi konvektif di desain untuk menggambarkan transport panas laten yang merupakan sumber sirkulasi umum di daerah tropis, mengurangi ketidakstabilan termodinamika dengan cara menyusun nilai temperatur dan kelembaban pada kolom-kolom grid. Sejumlah skema parameterisasi konvektif (CPS) telah dikembangkan selama bertahun-tahun (misalnya, Kuo 1974; Arakawa dan Schubert 1974; Fritsch dan Chappell 1980; Bougeault 1985, Betts 1986; Frank dan Cohen 1987; Tiedtke 1989, Gregory dan Rowntree 1990; Emanuel 1991; Grell 1993) dan banyak dari skema ini terus digunakan dan dimodifikasi (misalnya, Janjic 1994; Emanuel dan Zivkovic-Rothman 1999, Gregory et al, 2000; Grell dan Devenyi 2002). Salah satu parameterisasi tersebut adalah Kain-Fritsch skema (Kain dan Fritsch 1990, 1993), yang telah sukses digunakan selama bertahun-tahun di PSU / NCAR mesoscale model (Wang dan Sea-man 1997, Kuo et al 1996; Kuo et al 1997; Cohen 2002) dan beberapa parameterisasi yang masih dalam tahap penelitian (Black 1994), serta parameterisasi yang digunakan dalam model WRF (Skamarock 2001), dan model berbagai lainnya (misalnya , Bechtold 2001).

Untuk dapat mensimulasikan konvektif yang terjadi di atmosfer, setiap skema yang dibuat harus dapat menggambarkan hal-hal berikut menggunakan informasi dari kolom-kolom grid disekitarnya, (a) Pemicu konveksi pada suatu kolom grid, (b) Bagaimana kehadiran konvektif dapat mempengaruhi secara vertikal dalam kolom grid, (c) Bagaimana kehadiran konvektif dapat mempengaruhi secara horizontal grid-grid disekitarnya, (d) Bagaimana asumsi yang digunakan agar konvektif dapat membatasi keefektifannya.

Terdapat 8 skema konvektif pada model WRF, akan tetapi dalam kajian ini menggunakan tiga skema yang sering digunakan di beberapa Negara diantaranya adalah sebagai berikut:

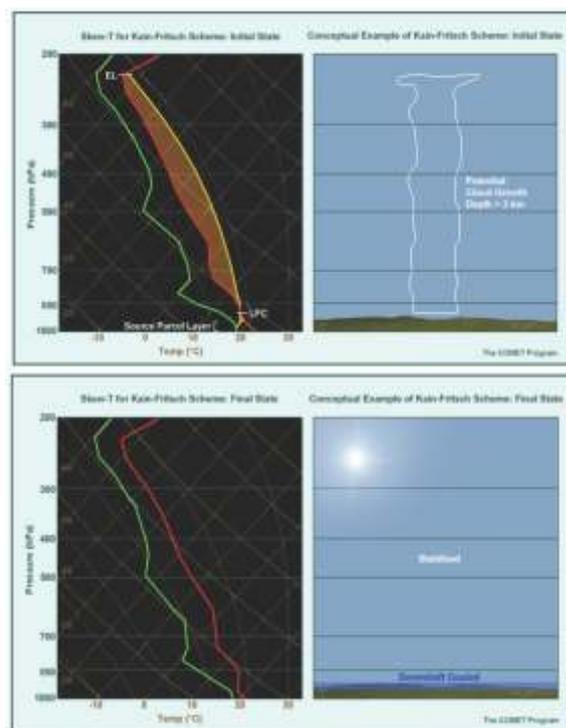
1) Kain Fritsch

Skema Kain Fritsch (KF) berasal dari skema Fritsch-Chappell CPS, dimana kerangka dasar dan asumsi penghentian konvektif dijelaskan oleh Fritsch dan Chappell (1980). Kain-Fritsch (1990) memodifikasi model updraft dalam skema Fritsch-Chappell sehingga akhirnya menjadi sangat berbeda dari skema tersebut. Hal ini dibedakan dari algoritma induknya dengan mengacu pada kode yang lebih rumit seperti skema KF, dimulai pada awal 1990-an (Kain dan Fritsch 1993).

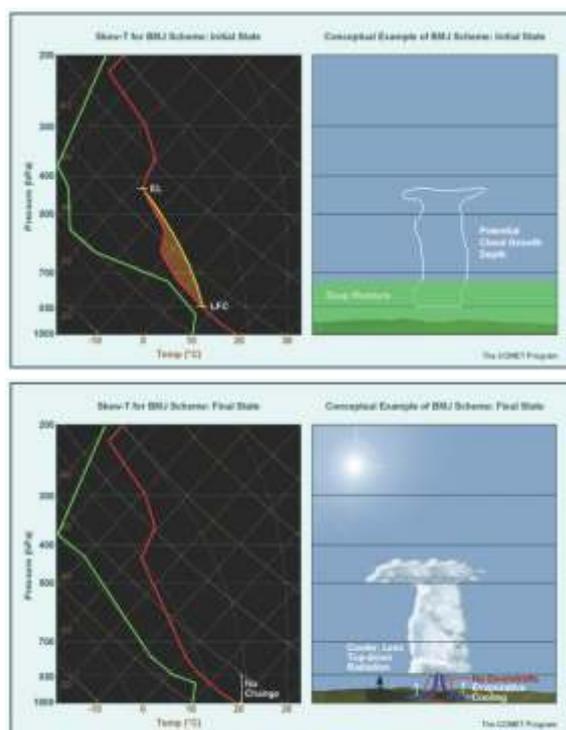
Skema KF merupakan sebuah skema parameterisasi mass flux yang menggunakan metode parsel udara termasuk persamaan dinamis vertikal momentum untuk menjelaskan ketidakstabilan massa udara dan menjelaskan variabel-variabel apa yang mungkin terjadi dalam awan. Ada beberapa hal penting yang dibahas dalam skema KF antara lain: Pemicu terjadinya konvektif, persamaan mass flux dan, asumsi penghentian konvektif. Beberapa modifikasi terhadap skema KF telah dilakukan pada beberapa akhir tahun ini. Modifikasi yang dilakukan bertujuan untuk memperbaiki hasil dari konvektif itu sendiri. Cakupan modifikasi yang dilakukan antara lain: Formula updraft (radius awan, batas ketinggian minimum awan, konveksi non-precipitating) serta downdraft.

2) Skema Betts-Miller Janjic

Skema Betts-Miller Janjic (BMJ) dibuat untuk mewakili kondisi quasi-equilibrium (Awan konvektif yang menjaga struktur suhu dan kelembaban di dalam atmosfer) yang terjadi pada konvektif dalam, dan menghindari ketidakpastian yang timbul akibat penentuan parameter-parameter secara tidak langsung menggunakan persamaan model awan yang rumit. Konsep quasi-equilibrium antara deep-convection serta large-scale forcing untuk konvektif dangkal (1973) diperkenalkan pertama kali oleh Betts sedangkan untuk konvektif dalam diperkenalkan oleh Arakawa dan Schubert (1974). Pada skala yang luas serta rentang waktu yang lama konsep quasi-equilibrium sudah sangat baik diterapkan (Lord dan Arakawa 1980; Lord 1982; Arakawa dan Chen 1987.



Gambar 3. Konsep Skema KF[4].



Gambar 4. Konsep Skema BMJ[4].

Beberapa kelebihan pada skema ini antara lain adalah (a) Baik digunakan pada lingkungan yang lembab, (b) Memperlakukan elevated-convection lebih baik daripada skema-skema lainnya, (c) Skema yang paling efektif untuk menjaga skema microphysic tidak membuat konvektif awan dan (d) Tidak memerlukan perhitungan yang banyak.

3) Grell 3D ensemble

Skema parameterisasi konvektif ini didasarkan pada

skema Grell yang dikembangkan pada tahun 1993. Saat ini skema Grell 3D *ensemble* digunakan dalam model RUC (Rapid Update Cycle) dengan resolusi 20km dan menunjukkan hasil yang cukup baik dalam hal prakiraan curah hujan. Seperti skema-skema konvektif sebelumnya, persamaan-persamaan yang digunakan dalam skema ini juga memperhitungkan efek pembentukan/ peluruhan, updraft/ downdraft awan. Perbedaan yang paling mendasar dari skema ini adalah menggunakan pendekatan *ensemble* terhadap beberapa parameter fisis yang terjadi dalam awan, antara lain: quasi equilibrium, removal of instability, moisture conservation, low level mass flux dan downdraft strength. Penambahan pendekatan prakiraan eksplisit curah hujan melalui peluruhan awan hujan serta partikel es pada puncak dan sisi awan membuat skema ini cocok digunakan pada resolusi yang tinggi.

Menurut Dudhia (2008), beberapa pendekatan yang digunakan dalam skema Grell 3D *ensemble* antara lain (a) Multi pendekatan (CAPE removal, quasi-equilibrium) – 16 pendekatan mass flux, (b) Multi parameter, (c) Explicit updraft/downdraft, (d) Menggunakan rata-rata feedback terhadap lingkungan, (e) Bobot *ensemble* dapat disesuaikan (spatially, temporally) untuk mengoptimalkan skema

2. Metode Penelitian

Wilayah fokus penelitian ini adalah di Surabaya (Bandara Juanda) pada posisi 7° 22' 0"LS dan 112° 46' 0"BT, dan di Cengkareng (Bandara Soekarno Hatta) posisi 6° 7' 32"LS, dan 106° 39' 32"BT.

Verifikasi dilakukan berdasarkan data pada bulan Agustus 2011 dan Februari 2012 meliputi; Data curah hujan (CH) observasi (Synop) per 3 jam [5], data angin per 12 jam pada Level: Surface, 850, 500, 250 mb [6], data CH model WRF per 3 jam dan data angin model WRF per 12 jam hasil pengolahan Puslitbang BMKG dengan menggunakan input data 0.5-degree FNLs dari NCEP [7].

Model WRF di *running* dengan input data awal GFS dari NCEP-NOAA⁷ di Setting sebagai berikut: Resolusi spasial Indonesia: 27 km, Resolusi spasial Jawa: 9 km (Jawa) Resolusi temporal: 6 jam (res. 27 km) dan 3 jam (res. 9 km), 3 hari kedepan (72 jam kedepan), Waktu: bulan Februari 2012 bulan Agustus 2011, Parameter : Curah Hujan dan Angin Pilihan Skema Konvektif : Skema Kain Fritsch, Betts Miller Janjic dan Grell 3D *ensemble*.

Verifikasi Luaran Model WRF dengan data observasi dimana parameter yang diuji secara statistik meliputi Curah hujan, dan angin permukaan, dimana data model WRF menggunakan 3 skema konvektif yang masing-masing akan diverifikasi menggunakan data observasi. Perhitungan Korelasi dan RMSE ditunjukkan sebagai berikut [8]:

$$Corr = \frac{\sum_{n=1}^N (F_n - \bar{F}) \times (O_n - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (F_n - \bar{F})^2 \times \sum_{n=1}^N (O_n - \bar{O})^2}} \quad \dots(1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (F_n - O_n)^2} \quad \dots(2)$$

Dengan F = *forecast* (nilai prediksi) dan O = *observation* (nilai pengamatan), metode prakiraan dikatakan baik jika memiliki nilai korelasi yang tinggi dan nilai RMSE yang rendah.

Untuk verifikasi arah angin antara model dan observasi juga digunakan metode pengukuran dengan menghitung *Threat Score* (TS) yaitu untuk mengukur ketepatan prakiraan antara model dan observasi. Perhitungan nilai TS digunakan metode Saito, *et al.* 2001 [9] sebagai berikut:

$$Threat\ Score = \frac{N_{hit}}{N_{hit} + N_{pass} + N_{false}} \quad \dots(3)$$

N_{hit} = jumlah *hit*, N_{pass} = jumlah *pass*, dan N_{false} = jumlah *false alarm*. *Hit* adalah kondisi apabila hasil model dan observasi dalam waktu observasi sesuai. *Pass* adalah kondisi apabila kejadian tidak terprakiraan oleh model WRF, namun teramati dalam waktu observasi. Sedangkan *false alarm* adalah kondisi apabila kejadian terprakiraan di model, namun tidak teramati dalam waktu observasi. Adapun untuk Prosentase Hit adalah *Threat Score* dikalikan 100.

Verifikasi dilakukan untuk hasil prakiraan luaran model WRF 72 jam ke depan pada domain Pulau Jawa dengan resolusi 9 km dan resolusi temporal 3 jam terhadap data observasi selama bulan Agustus 2011 dan Februari 2012.

Untuk mengevaluasi arah angin di bagi menjadi 8 arah mata angin, sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel 8 arah mata angin yang digunakan

No. Arah	Arah (degree true north)
1 N (North)	337.5 – 0, 0 – 22.5
2 NW (North West)	292.5 – 337.5
3 W (West)	247.5 – 292.5
4 SW (south West)	202.5 – 247.5
5 S (South)	157.5 – 202.5
6 SE (South East)	112.5 – 157.5
7 E (East)	67.5 – 112.5
8 NE (Nort East)	22.5 – 67.5

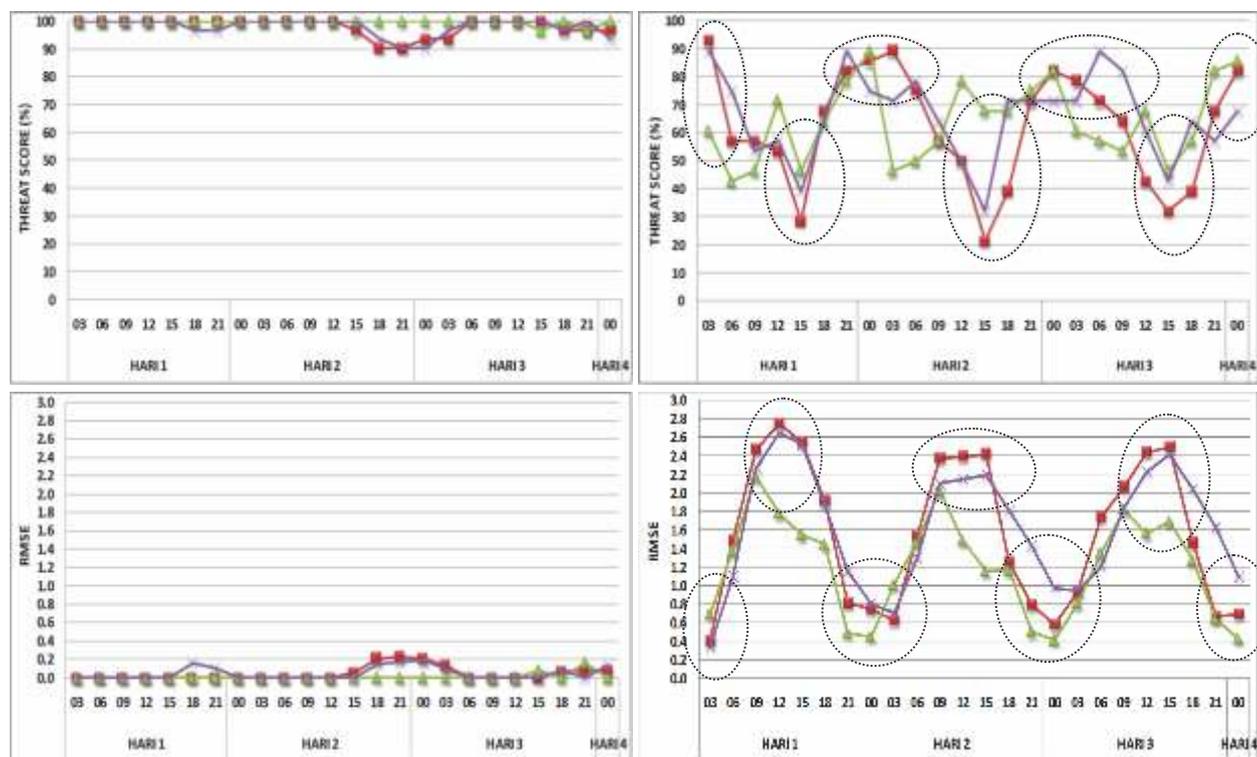
3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil verifikasi data curah hujan. Verifikasi data curah hujan output model WRF untuk 3 skema konvektif (Kain Fritsch (KF), Betts Miller Janjic (BMJ), dan Grell 3D *ensemble* (GD) masing-masing skema dibandingkan dengan data observasi BMKG di Stasiun Juanda (Surabaya) dan stasiun Cengkareng (Jakarta) pada bulan Agustus 2011 untuk mewakili musim kering dan Februari 2012 untuk mewakili musim basah. Hasil verifikasi hasil prakiraan curah hujan model WRF terhadap observasi di stasiun Juanda Surabaya untuk 72 jam kedepan pada tiga skema yang ditampilkan grafik pada gambar 5.

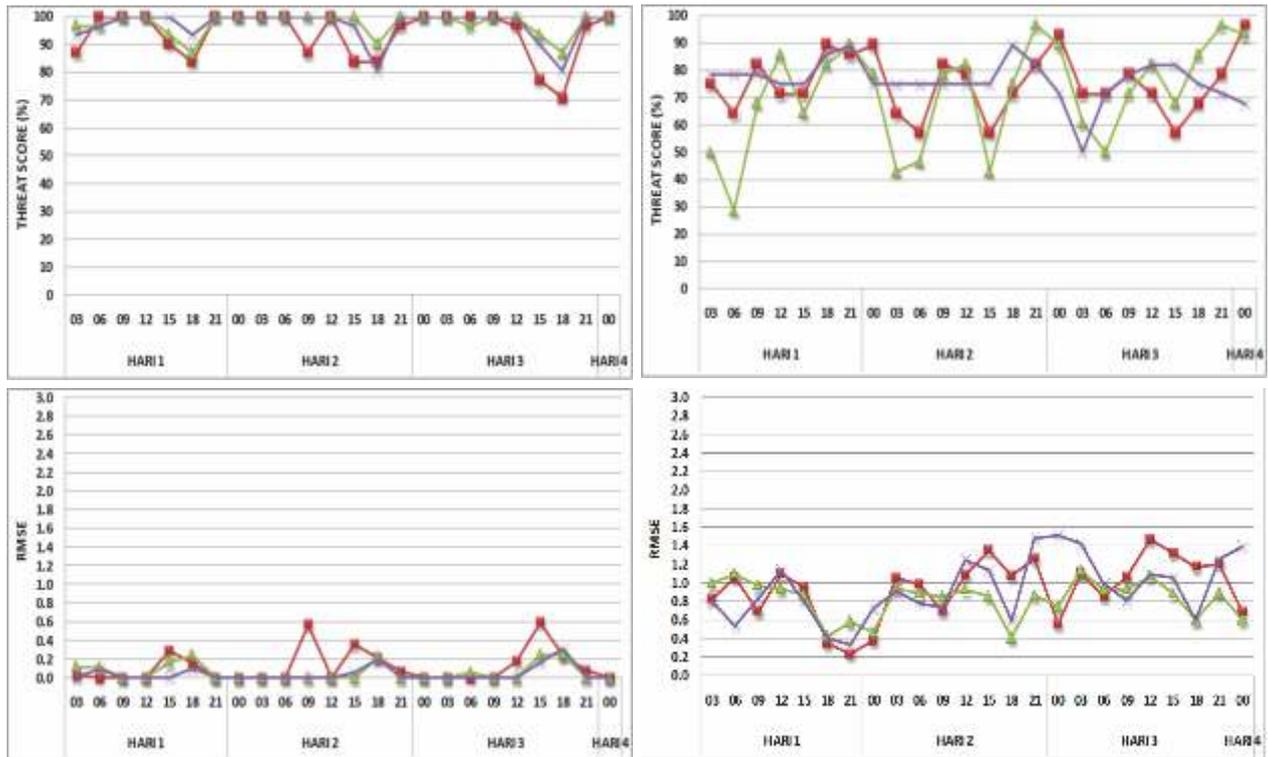
Verifikasi data curah hujan hasil luaran model WRF di stasiun Juanda Surabaya untuk tiga skema terhadap observasi menunjukkan bahwa selama bulan Agustus pada skema KF mempunyai nilai Ts 100% dari prakiraan hari ke 1 jam 03 UTC sampai dengan hari ke 2 jam 12 UTC, dan mengalami penurunan pada jam berikutnya. Nilai RMSE terbesar pada skema Skain Fritsch ini adalah sebesar 0.23. Nilai Ts pada skema BMJ sampai dengan hari ke 3 jam 12 UTC mempunyai nilai 100%, dan selanjutnya nilai Ts pada skema ini menurun pada hari ke 3 jam ke 15 dan 21 UTC, yakni sebesar 97%, adapun nilai RMSE pada skema ini hanya sebesar 0.16. Nilai Ts pada skema GD pada prakiraan hari pertama sampai dengan jam 15 sebesar 100% dan menurun pada jam berikutnya 97%, kemudian nilai Ts pada jam berikutnya sebesar 100%

sampai dengan prakiraan hari ke 2 jam 15 UTC sebesar 90%, untuk nilai RMSE pada skema GD ini paling tinggi adalah 0.19. Hasil Verifikasi data curah hujan hasil luaran model WRF untuk tiga skema terhadap observasi menunjukkan bahwa selama bulan Agustus nilai *threat score* yang paling baik adalah skema BMJ, dimana nilai Ts pada skema ini diatas 95% dengan RMSE tertinggi sebesar 0.16. Verifikasi data curah hujan untuk bulan Februari pada dua skema (KF dan GD) pada nilai Ts mempunyai pola yang sama, dimana untuk nilai Ts 3 skema mempunyai nilai diatas 80% pada prakiraan jam 03 UTC dan nilai Ts menurun pada prakiraan jam 15 UTC dibawah 40%, demikian pula dengan nilai RMSE nya, pada prakiraan jam 03 UTC RMSE pada dua skema dibawah 0.5, sedangkan pada prakiraan jam 15 UTC nilai RMSE nya diatas 2.0.

Hasil verifikasi pada skema BMJ mempunyai nilai Ts diatas 70% pada prakiraan jam 00 UTC dan 12 UTC dengan nilai RMSE rata-rata sebesar 0.5. Hasil Verifikasi data curah hujan hasil luaran model WRF di stasiun Juanda Surabaya untuk tiga skema terhadap observasi menunjukkan bahwa selama bulan Februari hasil verifikasi untuk nilai *threat score* dan RMSE yang paling kecil adalah skema Betts Miller Janjic, dengan nilai RMSE paling tinggi sebesar 2.2. Hasil verifikasi hasil prakiraan curah hujan model WRF terhadap observasi di stasiun Cengkareng Jakarta untuk 72 jam kedepan pada tiga skema yang digunakan model WRF ditampilkan grafik pada gambar 6.



Gambar 5. Nilai TS dan RMSE Curah Hujan Tiga skema Model Prediksi WRF terhadap Observasi Stasiun Juanda Surabaya Bulan Agustus 2011 (kiri) dan Bulan Februari 2012 (kanan). Skema Kain fritsch (merah), Skema Betts Miller Jancic (Hijau), Skema Grell 3D ensemble (Ungu).



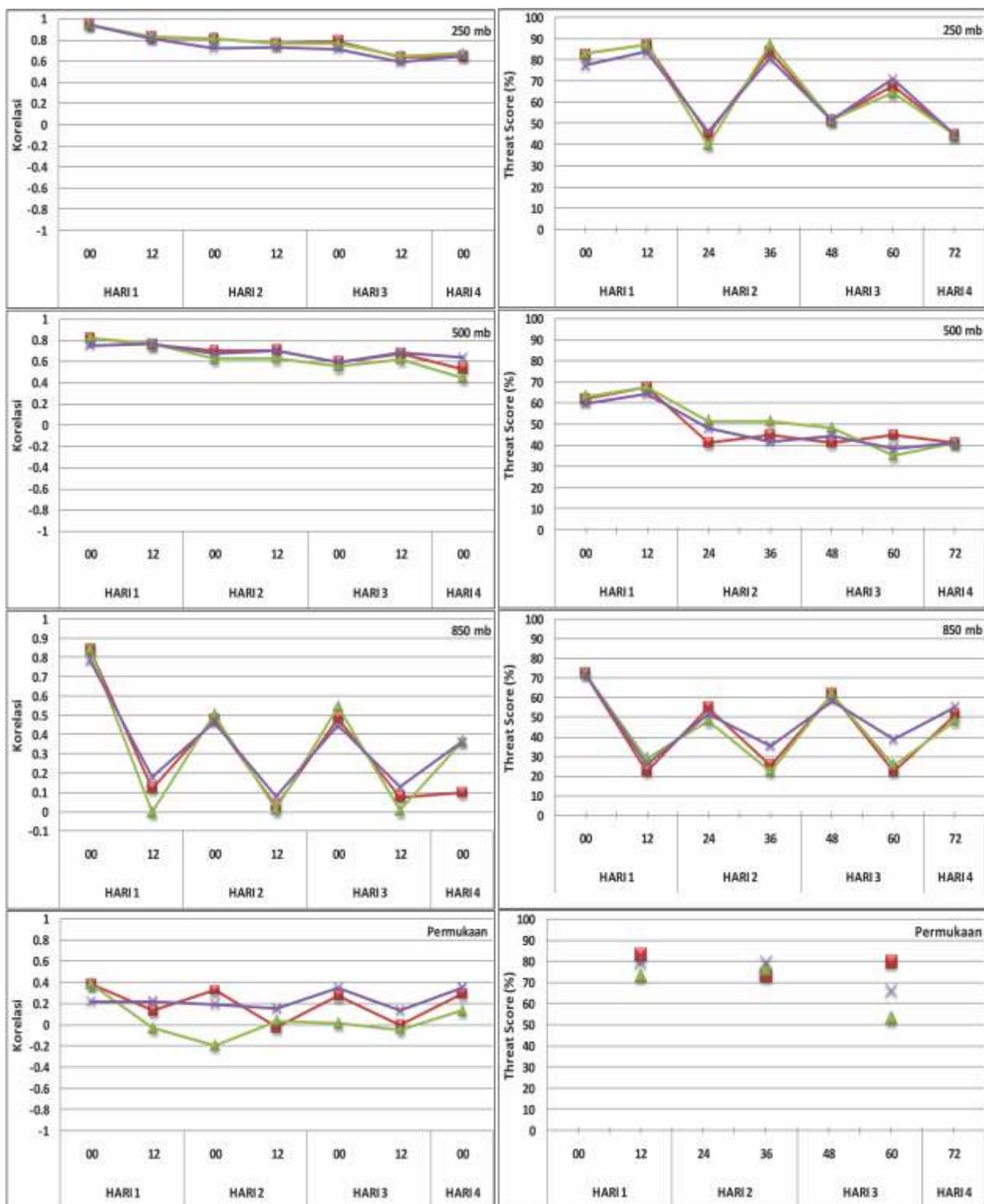
Gambar 6. Sama dengan gambar 5 untuk Stasiun Cengkareng Jakarta

Verifikasi data curah hujan hasil luaran model WRF bulan Agustus di stasiun Cengkareng Jakarta untuk tiga skema (KF, BMJ dan GD) mempunyai pola yang sama, dimana nilai Ts 100% pada prakiraan jam 06 – 12, dan terjadi penurunan pada prakiraan jam ke 15 sampai 18. Nilai Ts hasil verifikasi selama bulan Agustus 2011 menunjukkan bahwa skema BMJ paling baik dibandingkan dengan skema KF dan GD, dimana nilai Ts diatas 85% dengan nilai RMSE paling besar adalah 0.25. Pada skema KF nilai Ts terendah adalah 70% dengan RMSE 0.59, sedangkan untuk skema GD nilai Ts terendah 80% dengan nilai RMSE 0.31. Verifikasi data curah hujan untuk bulan Februari pada KF dan BMJ memiliki pola yang sama, dimana prakiraan curah hujan pada jam 00, 09, 12, 18 dan 21 nilai Ts menunjukkan nilai yang baik, yakni diatas 60% sedangkan pada jam prakiraan 03 dan 06 hasil nilai Ts menurun. Untuk nilai Ts pada skema GD rata-rata diatas 65%, hanya pada prakiraan hari ke tiga jam 03, nilai Ts 50%. Untuk nilai RMSE, skema KF mempunyai nilai yang paling tinggi adalah 1.47, skema BMJ 1.14 dan skema GD 1.49.

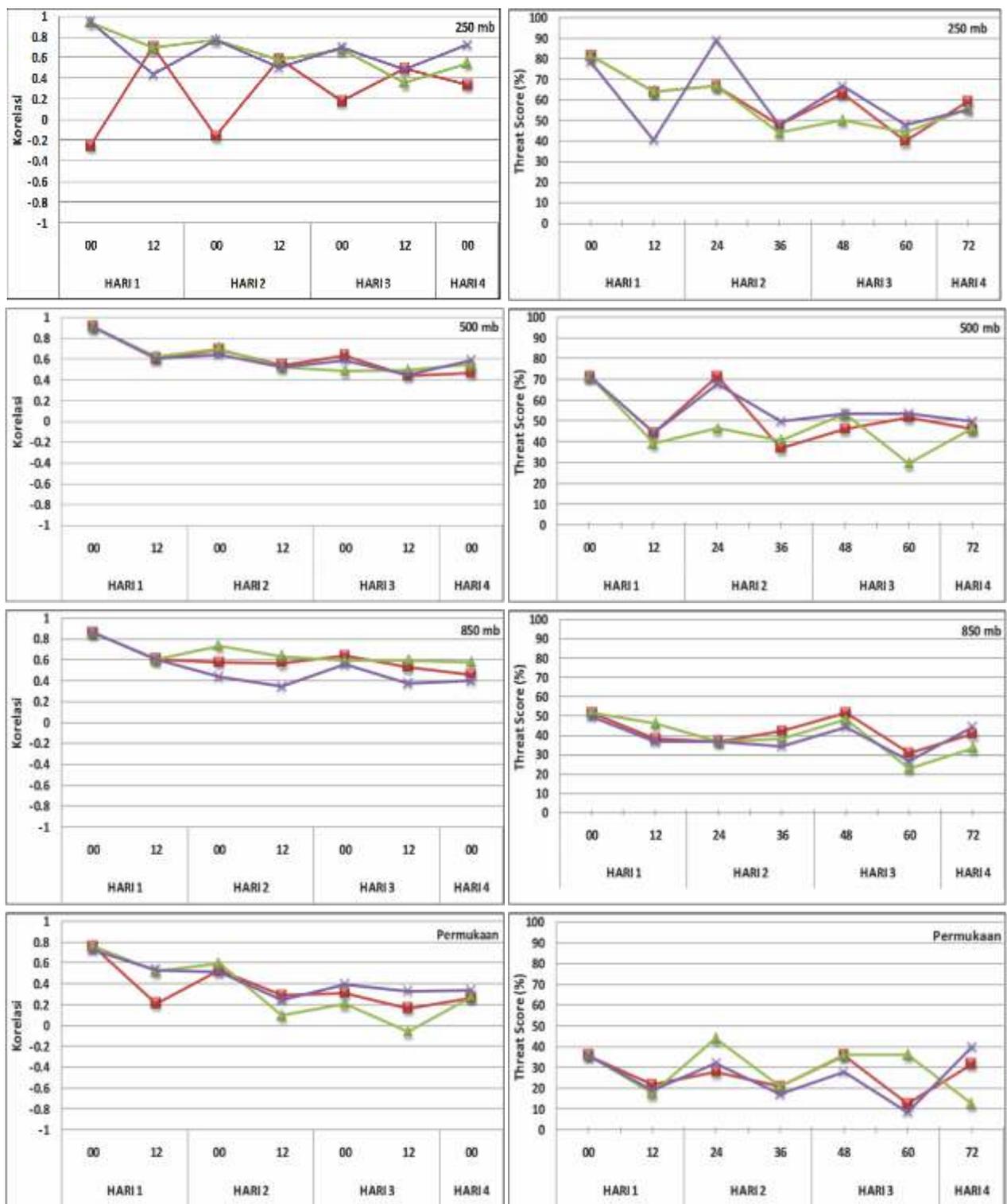
Hasil Verifikasi Angin Prediksi Model WRF. Verifikasi data angin output model meteorologi *Weather Research and Forecasting (WRF)* untuk 3 skema konvektif (Kain Fritsch (KF), Betts Miller Janjic (BMJ), dan Grell 3D *ensemble* (GD) masing-masing skema dibandingkan dengan data Rason di Stasiun Juanda-Surabaya dan stasiun Cengkareng-

Jakarta pada bulan Agustus 2011 untuk mewakili musim kering dan dan Februari 2012 untuk mewakili musim basah, level ketinggian yang akan diverifikasi adalah level 250mb, 500mb, 850mb, dan 1000mb. Hasil verifikasi arah dan kecepatan angin dari model WRF dengan menggunakan 3 skema (KF, BMJ dan GD) terhadap data Rason untuk Stasiun Juanda ditunjukkan grafik pada gambar 7 dan 8.

Hasil verifikasi menunjukkan bahwa Model WRF untuk kecepatan angin stasiun Juanda bulan Agustus 2011 (gambar 7 kiri) menghasilkan nilai korelasi yang cukup baik untuk hari pertama pada prakiraan jam 00, kemudian nilai korelasi menunjukkan tren menurun pada prakiraan berikutnya. Pada level 250, 500 dan 850, hasil korelasi untuk prakiraan jam 00 hari pertama masing-masing skema diatas 0.7. Sedangkan untuk level permukaan hasil verifikasi model WRF untuk skema KF korelasi prakiraan hari pertama jam 00 sebesar 0.4 dan pada jam 12 turun dengan korelasi 0.1 dan pada jam 00 hari kedua korelasi meningkat sebesar 0.3, pola ini berulang sampai dengan prakiraan hari ke empat. Untuk skema BMJ nilai korelasi pada level permukaan prakiraan hari pertama hanya sebesar 0.2 sampai dengan prakiraan hari ke dua jam 12, secara keseluruhan korelasi untuk skema BMJ berkisar antara 0.1 sampai 0.35. Pada skema GD nilai korelasi prakiraan hari pertama pada jam 00 sebesar 0.4 dan menunjukkan tren menurun pada prakiraan jam berikutnya.



Gambar 7. Verifikasi Kecepatan Angin (kiri) dan Arah Angin (kanan) tiga skema prediksi model WRF terhadap Observasi Stasiun Juanda Surabaya Bulan Agustus 2011 untuk 4 level ketinggian. Skema Kain fritsch (merah), Skema Betts Miller Jancic (Hijau), Skema Grell 3D ensemble (Ungu).



Gambar 8. Sama dengan gambar 7 untuk Stasiun Juanda Surabaya Bulan Februari 2012.

Untuk hasil verifikasi data arah angin pada bulan Agustus 2011 (Gambar 7 kanan) untuk ketiga skema (KF, BMJ dan GD) pada level ketinggian 250, 500 dan 850mb menunjukkan pola yang sama sampai dengan prakiraan hari ke 4, untuk nilai TS pada level 250mb jam 00 samapi jam 12 sebesar 80% dan menunjukkan tren menurun pada prakiraan jam berikutnya, pada level 500mb nilai TS diperoleh diatas 60% sampai dengan prakiraan jam 12 dan menurun pada jam prakiraan berikutnya, pada level 850 nilai TS pada jam

00 sebesar 70% dan menunjukkan tren menurun pada jam prakiraan berikutnya sampai dengan hari ke 4. Pada level permukaan pada prakiraan jam 12 hari ke-1 dan hari ke-2 pada tiga skema diperoleh nilai TS diatas 70%.

Hasil verifikasi bulan Februari 2012 (gambar 8 kiri) menunjukkan bahwa Model WRF untuk kecepatan angin stasiun Juanda secara umum pada tiga skema yang digunakan menunjukkan nilai korelasi baik untuk

hari pertama pada prakiraan jam 00 dan menunjukkan tren menurun pada prakiraan berikutnya. Pada level 250, 500, 850, dan permukaan nilai korelasi untuk prakiraan jam 00 hari pertama masing-masing skema diatas 0.7, kecuali untuk level 250 pada skema KF, dimana nilai korelasinya sangat rendah.

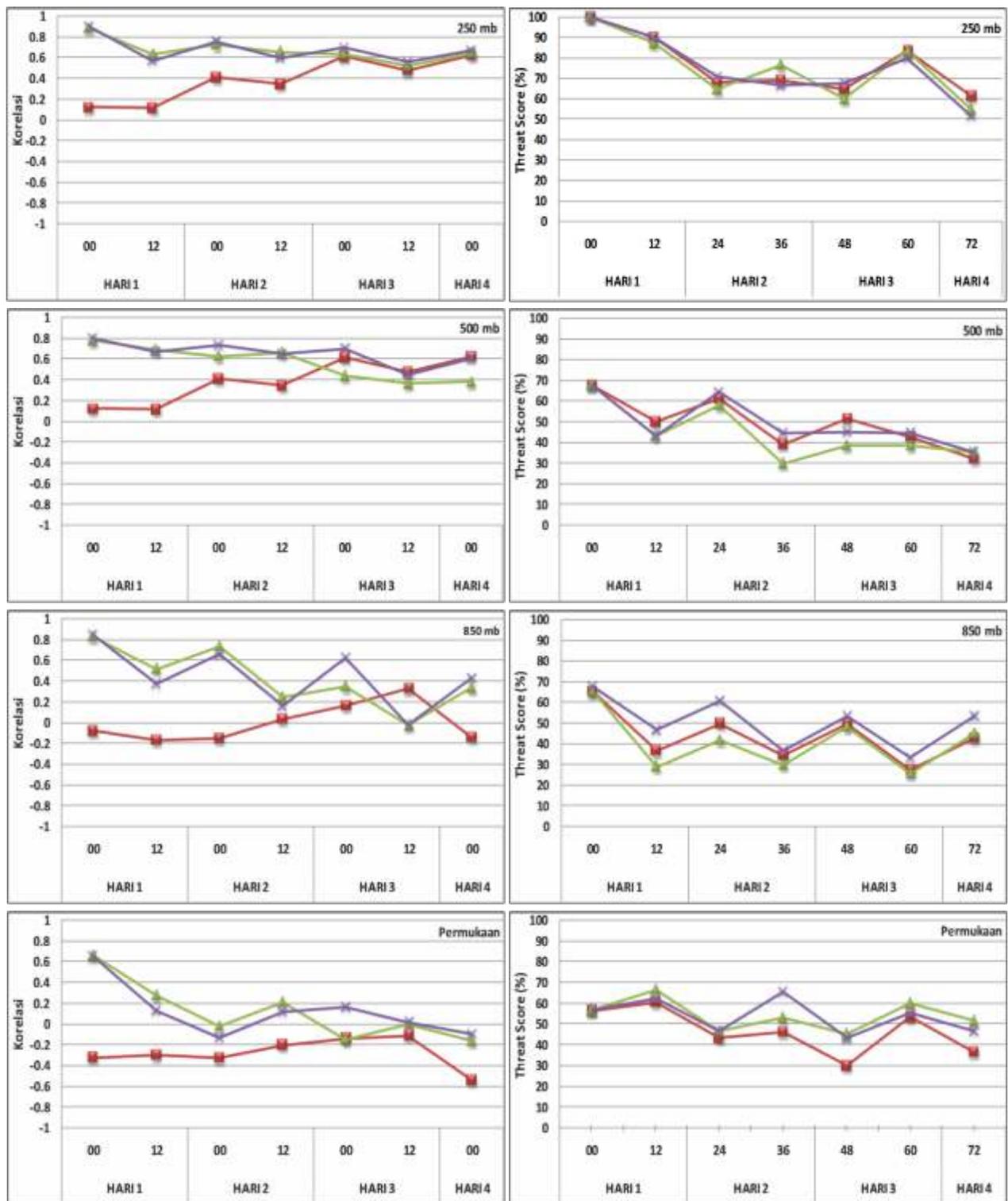
Hasil verifikasi data arah angin stasiun Juanda pada bulan Februari 2012 (Gambar 8 kanan) untuk masing-masing skema (KF, BMJ dan GD) secara umum polanya menunjukkan tren menurun dari jam 00 sampai pada prakiraan hari ke-4. Nilai TS pada tiga skema untuk level 250 dan 500mb diatas 70% pada prakiraan jam 00 dan menunjukkan tren menurun pada jam prakiraan sampai dengan hari ke-4, sedangkan perolehan nilai TS pada level 850 dan permukaan lebih rendah yakni pada level 850mb sebesar 50% pada jam 00 dan menurun pada jam prakiraan berikutnya, sedangkan untuk level permukaan sebesar 30% pada jam prakiraan 00, kemudian menurun pada jam prakiraan sampai dengan hari ke-4.

Hasil verifikasi arah dan kecepatan angin model WRF dengan menggunakan 3 skema (KF, BMJ dan GD) yang dibandingkan dengan data Rason untuk Stasiun Cengkareng Jakarta ditunjukkan grafik pada gambar 9 dan 10. Hasil verifikasi kecepatan angin Model WRF terhadap data Rason di stasiun Cengkareng bulan Agustus (gambar 9 kiri) menunjukkan bahwa untuk skema BMJ dan GD mempunyai besaran nilai korelasi dengan pola yang sama, dimana pada prakiraan hari pertama jam 00 untuk level 250, 500 dan 850 mempunyai nilai korelasi diatas 0.8, sedangkan untuk level permukaan nilai korelasinya sebesar 0.6, dan nilai korelasinya menunjukkan tren menurun pada prakiraan berikutnya. Untuk skema KF diperoleh nilai korelasi yang rendah pada semua level ketinggian pada prakiraan hari pertama, dan nilai korelasi meningkat sampai prakiraan hari keempat untuk level ketinggian 250 dan 500, sedangkan untuk level 850 dan

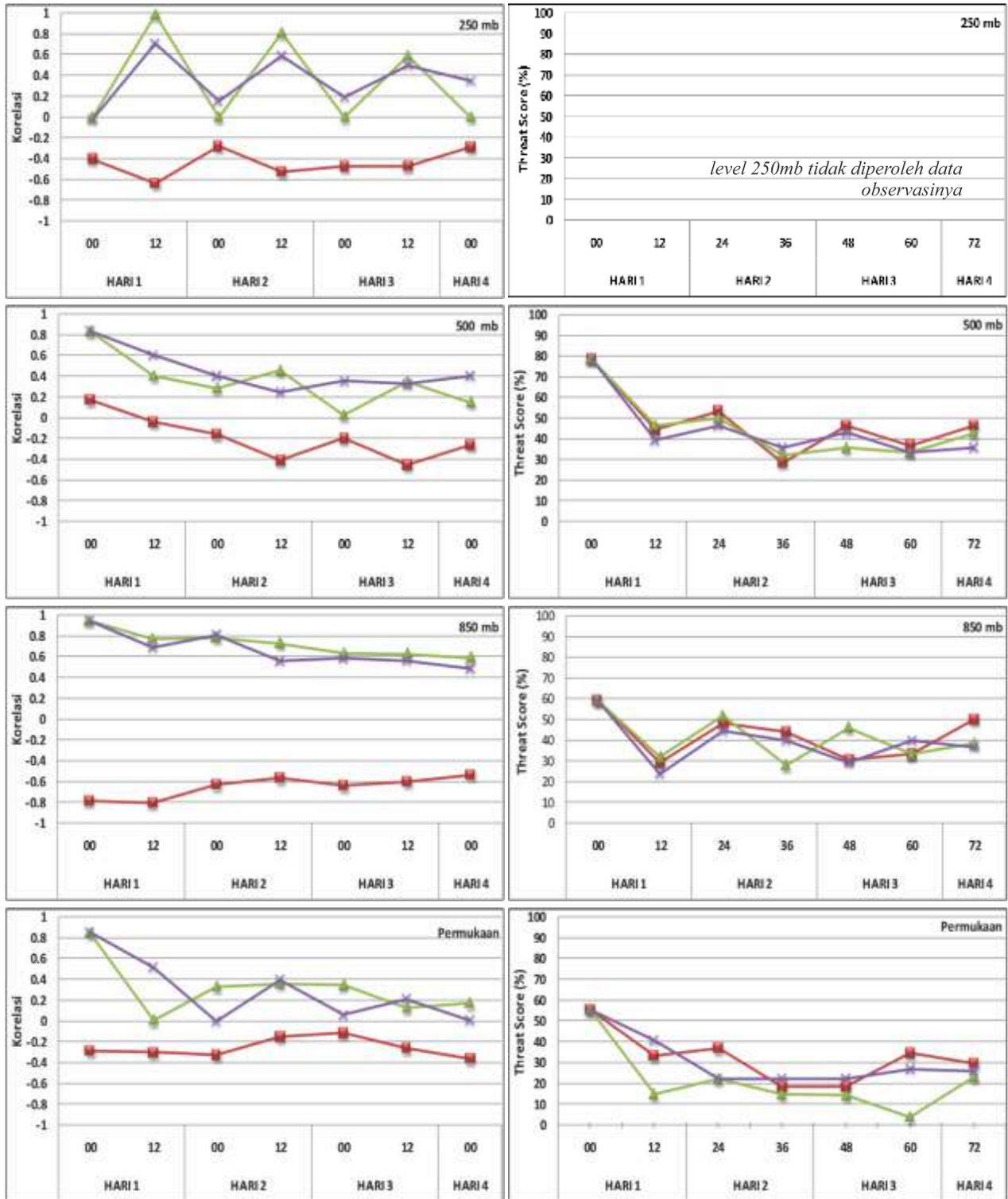
permukaan nilai korelasi meningkat sampai prakiraan hari ke tiga dan menurun pada hari ke-4.

Verifikasi data arah angin pada bulan Agustus 2011 di stasiun Cengkareng (gambar 9 kanan) untuk masing-masing skema (KF, BMJ dan GD) secara umum mempunyai pola yang sama pada setiap level ketinggian (250, 500, 850 dan permukaan). Pada level 250 nilai TS pada tiga skema sebesar 100% pada jam prakiraan 00, kemudian menurun pada jam prakiraan sampai dengan hari ke-4 sebesar 60%, sedangkan pada level 850 nilai TS pada jam 00 diatas 60% dan menurun sampai hari ke-4 sebesar 30%, untuk level 850 nilai TS juga diatas 60% dan menunjukkan tren menurun pada jam berikutnya sampai dengan hari ke-4, sedangkan untuk level permukaan nilai TS pada jam 00 pada tiga skema diatas 50% dan menurun pada jam berikutnya.

Hasil korelasi kecepatan angin prediksi model terhadap observasi pada bulan Februari 2012 di stasiun Cengkareng Jakarta (gambar 10 kiri) untuk skema BMJ dan GD diperoleh nilai korelasi yang lebih baik dibandingkan dengan skema KF pada empat level ketinggian. Nilai korelasi untuk skema BMJ dan GD pada level permukaan, 850mb dan 500mb diperoleh nilai korelasi diatas 0.8 di jam pertama prediksi dan kemudian menurun pada jam berikutnya. Sedangkan hasil verifikasi data arah angin pada bulan Februari 2012 di stasiun Cengkareng (gambar 10 kanan) untuk level 250mb tidak diperoleh data observasinya sehingga tidak dilakukan perhitungan. Pada level 500mb, 850 dan permukaan untuk tiga skema memiliki pola yang sama. Pada level 500mb nilai TS pada prakiraan jam 00 di kisaran 80% dan menunjukkan tren menurun pada jam prakiraan berikutnya sampai hari ke-4, demikian pula pada level 850, pada jam 00 diperoleh nilai TS sebesar 60%, nilai TS di level permukaan jam 00 dikisaran 50% dan menurun pada jam-jam berikutnya.



Gambar 9. Sama dengan gambar 7 untuk Stasiun Cengkareng Jakarta Bulan Agustus 2011



Gambar 10. Sama dengan gambar 7 untuk Stasiun Cengkareng Jakarta Bulan Februari 2012

Hasil verifikasi kuantitatif model WRF terhadap observasi untuk penentuan skema konveksi terbaik diperoleh dengan melakukan pengujian statistik *threat score* (TS) dan RMSE parameter curah hujan pada dua stasiun pengamatan yang berbeda (Cengkareng dan Juanda) menunjukkan bahwa secara umum ketiga skema mampu menggambarkan nilai kejadian hujan yang terjadi pada dua stasiun tersebut khususnya pada periode bulan kering (Agustus). Hasil verifikasi di stasiun Juanda-Surabaya penggunaan skema BMJ

diperoleh nilai TS lebih baik dari skema KF dan GD dengan nilai RMSE relatif kecil sepanjang bulan Agustus 2011 dan Februari 2012. Untuk hasil verifikasi di stasiun Cengkareng-Jakarta penggunaan skema BMJ secara kuantitatif pada bulan Agustus 2011 menunjukkan nilai treath score yang paling baik dengan nilai RMSE terkecil sepanjang bulan Agustus dibanding skema KF dan GD, sedangkan pada periode bulan basah (Februari) di stasiun Juanda-Surabaya diperoleh nilai TS skema BMJ yang lebih baik dari

skema KF dan GD, adapun di stasiun Cengkareng-Jakarta nilai TS skema GD menunjukkan performa yang paling baik dari tiga skema tersebut.

Hasil verifikasi data angin baik untuk stasiun Juanda-Surabaya dan Cengkareng-Jakarta secara umum menunjukkan bahwa nilai korelasi yang cukup baik pada Model WRF diperoleh hanya untuk prakiraan pada 12 jam pertama kemudian menurun pada prakiraan berikutnya. Secara kuantitatif penggunaan ketiga skema untuk stasiun Juanda-Surabaya relatif tidak jauh berbeda nilai korelasinya selama bulan Agustus 2011 dan Februari 2012, sedangkan untuk stasiun Cengkareng-Jakarta penggunaan skema BMJ dan GD lebih baik dari skema KF baik selama bulan Agustus 2011 dan Februari 2012.

Pada bulan Februari untuk ketiga skema pada setiap prakiraan jam 12 sampai 15 UTC diperoleh nilai TS kecil dengan RMSE cukup tinggi, sebaliknya pada setiap prakiraan jam 03 sampai 06 UTC nilai TS tinggi dan RMSE juga kecil (gambar 5), kondisi ini kemungkinan karena penggunaan *input* untuk *initial* dan *boundary condition* yang digunakan untuk *running* WRF hanya menggunakan pada jam 12 UTC, sehingga perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui penyebab kondisi ini. Hasil evaluasi untuk nilai korelasi dari ketiga skema cenderung menurun pada prakiraan jam berikutnya sampai dengan prediksi hari ke tiga, kondisi ini menunjukkan bahwa untuk menjalankan model WRF sebaiknya mengurangi panjang prediksi menyesuaikan data *input* yang digunakan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian, penggunaan skema konvektif pada model WRF terhadap data observasi, menunjukkan bahwa secara umum ketiga skema mampu menggambarkan nilai kejadian hujan yang terjadi baik di stasiun Cengkareng-Jakarta maupun di stasiun Juanda-Surabaya. Untuk periode bulan Agustus 2011 di stasiun Juanda-Surabaya dan Cengkareng-Jakarta, berdasarkan nilai TS dari tiga skema (KF, BMJ, dan GD), penggunaan skema konvektif cumulus BMJ untuk prakiraan curah hujan diperoleh nilai TS yang lebih baik dari skema KF dan GD, sedangkan pada periode bulan Februari 2012, di stasiun Juanda-Surabaya, nilai TS skema BMJ diperoleh lebih baik dari skema KF dan GD, adapun di stasiun Cengkareng-Jakarta nilai TS skema GD menunjukkan performa yang paling baik dari tiga skema tersebut. Sedangkan untuk prakiraan angin penggunaan skema GD relatif lebih baik dibandingkan skema KF dan BMJ.

Berdasarkan analisis hasil verifikasi yang diperoleh, pemilihan skema konvektif cumulus BMJ cenderung lebih baik dari skema konvektif KF dan GD untuk di aplikasikan pada model WRF.

Daftar Pustaka

- [1].Gustari, I., Hadi, T.W., Hadi, S., Renggono, F., (2012). Akurasi Prediksi Curah Hujan Harian Operasional di Jabodetabek: Hasil Prediksi Operasional dan Model WRF. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 13(2), 119-130.
- [2].Harper, K., L. W. Uccellini, E. Kalnay, K. Carey, L. Morone. (2007). *50th Anniversary of operational numerical weather prediction*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 88, 639-650
- [3].Puslitbang BMKG. (2011). *Pengembangan Model Prediksi Cuaca untuk Pelayanan Informasi Cuaca "Model WRF (Weather Research and Forecasting)"*. Laporan Penelitian Puslitbang BMKG, Jakarta.
- [4].MetEd. *Teaching and Training Resources for the Geoscience Community*. <http://www.meted.ucar.edu>, diakses pada tanggal 15 Juni 2013.
- [5].BMKG. (2012). *Database Synop*. Jakarta: Pusat Data Base BMKG.
- [6].University of Wyoming, *Department of Atmospheric Science. Upper Air Observations*. <http://www.weather.uwyo.edu>, diakses pada tanggal 10 Maret 2013.
- [7].National Center for Environmental Prediction (NCEP), NOAA. (2011). *NCEP Operational Data (WRF inputs): 0.5-degree FNLs*. <http://dss.ucar.edu>. USA., diakses pada tanggal 1 Februari 2013.
- [8].Supranto, J. (2002). *Statistik Teori dan Aplikasi*. Edisi 7. Jakarta: Erlangga.
- [9].Saito, K., T. Kato, H. Eito, & C. Muroi. (2001). *Documentation of The Meteorological Research Institute/ Numerical Prediction Division Unified Nonhydrostatic Model*. Technical Reports of The Meteorological Research Institute no. 42. Meteorological Research Institute. Jepang.
- [10].National Center for Atmospheric Research. (2011). *User's Guide describes the Advanced Research WRF (ARW) Version 3.3 modeling*. http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arw_v3.pdf. USA, diakses pada tanggal 1 Februari 2013.
- [11].National Weather Service/Training Division Forecast Decision Training Branch (2011). *A Nearly Complete Guide to the WRF EMS V.3*. USA.
- [12].Richardson's Dream. (2011). *The Emergence of Scientific Weather Forecasting*. Cambridge. USA.