

SENSITIFITAS KONFIGURASI PARAMETERISASI CUMULUS DAN RADIASI PADA MODEL WRF DALAM PROSES PERTUMBUHAN AWAN CUMULONIMBUS KETIKA MUSIM TRANSISI 2012-2013 DI STASIUN METEOROLOGI KELAS I JUANDA SURABAYA

Fitria Puspita Sari

ABSTRACT

Cumulonimbus (Cb) is kind of dangerous cloud, especially for aviation. Lifting process of water vapour to be Cb is generally a characteristic of convective cells by a strong updraft due to solar insolation or moisture content. Because of cumulus and radiation parameterization is important in developing Cb, so that we need to know the most appropriate configuration scheme in WRF model at Juanda Meteorology Station when the season transition. Cumulus parameterization is used as much as 3 scheme (KF, BMJ, and GD), longwave radiation parameterization is used as much as 2 scheme (RRTM and CAM), and shortwave radiation one is used as much as 2 scheme (Dudhia and Cam). So the total of scheme's configuration are 12 schemes. Using uniform and stepwise method, we get that KFCAMCAM is the most appropriate scheme that its result has many similarities with observation data.

Keywords: *Cumulonimbus, WRF, parameterization, cumulus, radiation.*

ABSTRAK

Awan Cumulonimbus (Cb) merupakan awan yang berbahaya khususnya bagi penerbangan. Proses pengangkatan uap air sampai menjadi Cb umumnya merupakan karakteristik dari adanya sel konvektif oleh kecepatan naik (updraft) yang kuat karena adanya insolasi matahari ataupun kandungan kelembaban uap air. Mengingat begitu berpengaruhnya parameterisasi cumulus dan radiasi dalam pembentukan awan Cb, maka perlu diketahui penggunaan konfigurasi parameterisasi yang paling sesuai pada model WRF dalam meninjau proses pertumbuhan Cb di Stasiun Meteorologi Juanda ketika musim transisi. Parameterisasi Cumulus sebanyak 3 skema (KF, BMJ, dan GD), parameterisasi radiasi gelombang panjang sebanyak 2 skema (RRTM dan CAM), serta parameterisasi radiasi gelombang pendek sebanyak 2 skema (Dudhia dan CAM). Sehingga total konfigurasi parameterisasi yang diuji sebanyak 12 skema. Dengan menggunakan metode uniform dan stepwise dalam memilih konfigurasi skema, maka pada penelitian ini didapatkan skema KFCAMCAM sebagai skema yang paling banyak mendekati dengan hasil observasi.

kata kunci: *Cumulonimbus, WRF, parameterisasi, cumulus, radiasi.*

PENDAHULUAN

Awan Cumuliform yang bentuknya besar menjulang tinggi dikenal sebagai awan Cumulonimbus (Cb). Awan ini dapat menghasilkan cuaca buruk seperti turbulensi, *icing* (pembekuan) pada pesawat, *squall* atau *gusty*, kilat dan petir, hujan deras, bahkan *hail* (hujan es). Pesawat seharusnya mendapat pelarangan ketika terbang melewati ke dalam area dimana terdeteksi adanya aktivitas awan Cb (New Aviation Hazard-WMO, 2007). Oleh karena alasan ini, maka studi mengenai prediksi pertumbuhan awan Cb dibutuhkan.

Proses pengangkatan umumnya merupakan karakteristik dari adanya sel konvektif oleh kecepatan naik (*updraft*) yang kuat. Kemungkinan ini berasal dari adanya insolasi yang memanasi permukaan tanah dan udara di dekatnya (Bayong Tjasyono HK, 2006). Kemudian pertumbuhan awan Cb adalah bukti adanya aktivitas konveksi yang berkelanjutan dari dasar awan sampai puncaknya. Pengukuran *updraft*, suhu, dan kandungan cairan menunjukkan variasi yang signifikan dan mengindikasikan adanya proses dinamik, termodinamika, dan mikrofisik yang rumit pada awan-awan konvektif. Kandungan uap air yang tinggi pada awan Cumuliform berkaitan dengan kuatnya *updraft*. Namun cukup sulit

untuk mendapat pengukuran kelembaban yang akurat pada awan Cumuliform. Oleh karenanya, informasi mengenai kelembaban dan pemanasan diperoleh dengan cara lain, seperti misal simulasi model (Krollova, 2011).

Weather Research Forecasting (WRF) merupakan model numerik yang memuat beberapa skema parameterisasi, diantaranya yakni skema parameterisasi konveksi cumulus dan radiasi matahari. parameterisasi konveksi cumulus didekati dengan skema numerik, yakni menggunakan skema difusi (Bougeault, 1981) dan skema penyesuaian kelembaban (Betts, 1986), yang keduanya merupakan skema paling penting dalam parameterisasi. Sedang skema radiasi menyediakan pemanasan atmosfer oleh karena divergensi fluks radiasi dan radiasi gelombang panjang permukaan dan gelombang pendek dari matahari. Radiasi gelombang panjang termasuk radiasi infra merah dan radiasi panas yang diserap dan dipancarkan oleh gas-gas dan permukaan. Untuk radiasi gelombang pendek, fluks naik dikarenakan adanya albedo permukaan (Skarmarock, 2008).

Mengingat begitu berpengaruhnya parameterisasi cumulus dan radiasi dalam pembentukan awan Cb, maka perlu diketahui penggunaan konfigurasi parameterisasi yang paling sesuai pada model WRF dalam meninjau proses pertumbuhan Cb di Stasiun Meteorologi Juanda ketika musim transisi. Pada kesempatan kali ini penulis hanya mengkonfigurasi beberapa skema parameterisasi cumulus dan radiasi yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

Adapun penelitian yang pernah dilakukan mengenai penggunaan perbedaan skema parameterisasi cumulus, menurut Sulung (2011) untuk daerah Sulawesi paling sesuai menggunakan skema Betts Miller-Janjic (BMJ) (Janjic, 1994, 2000). Untuk skema Kain-Fritsch (KF) (Kain, 2004) cocok digunakan di Nebraska (Gilliland, 2009), Afrika Selatan (Ratna, S. B, 2013), dan Florida, USA (Bukovsky dan Karoly, 2009). Sedang untuk daerah Jakarta dan Surabaya berdasar hasil penelitian Made, 2011 dan Apritarum, 2014 paling cocok menggunakan skema Grell-Devenyi (GD) (Grell dan Devenyi, 2002).

Penggunaan skema parameterisasi radiasi yang sesuai di Amerika berdasar penelitian yang dilakukan oleh Barker (2010) adalah skema radiasi gelombang panjang *Rapid Radiative Transfer Model (RRTM)* (Mlawer dkk, 1997) dan skema radiasi gelombang pendek Dudhia (Dudhia, 1989). Percobaan mengenai penggunaan skema radiasi juga pernah dilakukan oleh Tastula, dkk (2011) di Benua Antartika ketika musim dingin, dimana hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan skema radiasi gelombang panjang RRTM dan gelombang pendek Dudhia merupakan yang paling sesuai. Sedang di Eropa menurut P.A Money (2013) skema radiasi yang paling sesuai adalah skema radiasi gelombang panjang RRTM dan *Community Atmosphere Model (CAM)* (Collins dkk, 2004) serta skema radiasi gelombang pendek CAM.

METODOLOGI

DATA

Data input model berupa initial dan boundary condition adalah data GFS (Global Forecasting System) untuk dua hari sample hari kemunculan Cb yakni selama masa transisi kemarau-hujan (19 November 2012) dan masa transisi hujan-kemarau (19 Juni 2013) yang masing-masingnya terbagi atas hari dimana dilaporkan Cb disertai hujan dan/atau tanpa guntur (TS) dan Cb disertai TS. Data tersebut dapat diakses pada <http://nomads.ncdc.noaa.gov>. Data GFS memiliki resolusi spasial $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (55 km) dan resolusi temporal 3 jam. Adapun panjang data yang digunakan dalam simulasi kejadian adalah 24 jam, dimana 12 jam untuk spin-up time dan 12 jam berikutnya untuk periode analisa simulasi kejadian. Lalu sebagai data dukung untuk pembandingan hasil model digunakan data Sounding (Rason) serta Synop permukaan Stasiun Meteorologi Juanda sesuai dengan waktu yang digunakan untuk hari running model.

METODE

Stasiun Meteorologi Juanda dipilih menjadi lokasi penelitian sebab dilihat dari aspek geografisnya, stasiun ini terletak dekat dengan laut dan berada pada celah teluk dimana pada utara dan selatan merupakan daratan. Bila dikaitkan dengan angin yang melintasi

stasiun ini, memungkinkan awan-awan yang terbentuk memiliki karakter yang berbeda bila dibandingkan dengan lokasi yang terletak di daratan dan jauh dari lautan. Selain itu sebagai stasiun meteorologi yang melayani aktifitas penerbangan, maka monitoring terhadap awan Cb perlu dilakukan guna keselamatan penerbangan.

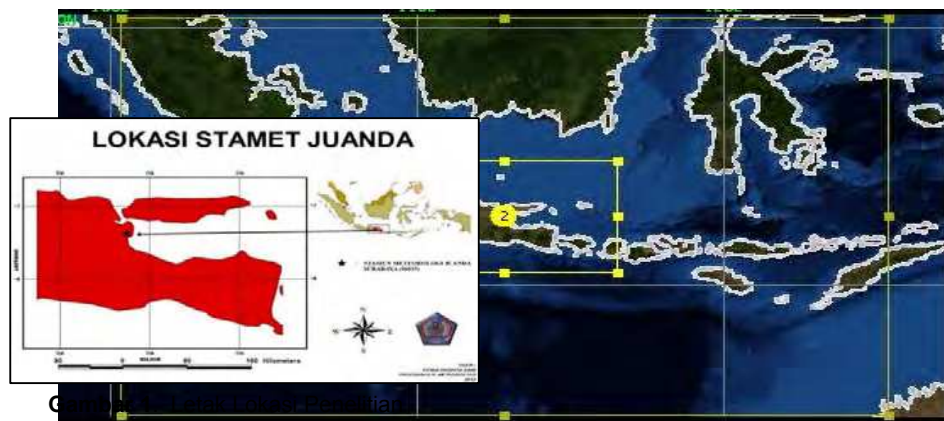
Kemudian penelitian dilanjutkan dengan penentuan lokasi kejadian yang menjadi domain pada proses *WRF Processing System (WPS)* dengan *center point* pada 112.78° BT; 7.38 ° LS, dimana domain pertama memiliki resolusi 27 km dengan batas 14° - 0° LS; 100° - 124° BT dan domain kedua memiliki resolusi 9 km dengan batas 5°- 9° LS ; 109° - 116° BT (Gambar 1). Pada proses WPS, digunakan *WRF Domain Wizard* untuk mempermudah dalam penentuan domain, pembuatan *namelist* secara otomatis, dan menjalankan WPS (*geogrid.exe*, *ungrib.exe*, dan *metgrid.exe*) secara otomatis. Sehingga seluruh output dari WRF Domain Wizard ini dapat langsung digunakan untuk running model WRF. Selanjutnya dilakukan proses running WRF (*real.exe* dan *wrf.exe*) dengan konfigurasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi dan setting model WRF yang dipakai dalam pengolahan

SKEMA MIKROFISIK	<i>Kessler</i>
SKEMA RADIASI GEL. PANJANG	<i>RRTM, CAM</i>
SKEMA RADIASI GEL. PENDEK	<i>Dudhia, CAM</i>
OPSI LAP. PERMUKAAN	MM5
OPSI PERMUKAAN DARAT	<i>NOAH Land Surface</i>
OPSI LAP. BATAS (PBL)	<i>Yonsei University (YSU)</i>
OPSI CUMULUS	<i>KF, BMJ, GD</i>
LANGKAH WAKTU INTEGRASI	90 detik

Tabel 3. Konfigurasi Skema Parameterisasi yang diuji

SKEMA NO.	KONVEKSI CUMULUS	RADIASI GELOMBANG PANJANG	RADIASI GELOMBANG PENDEK
SKEMA 1	KF	RRTM	Dudhia
SKEMA 2	KF	CAM	CAM
SKEMA 3	KF	CAM	Dudhia
SKEMA 4	KF	RRTM	CAM
SKEMA 5	BMJ	RRTM	Dudhia
SKEMA 6	BMJ	CAM	CAM
SKEMA 7	BMJ	CAM	Dudhia
SKEMA 8	BMJ	RRTM	CAM
SKEMA 9	GD	RRTM	Dudhia
SKEMA 10	GD	CAM	CAM
SKEMA 11	GD	CAM	Dudhia
SKEMA 12	GD	RRTM	CAM



Gambar 1. Setting domain menggunakan *Domain Wizard* pada proses WPS

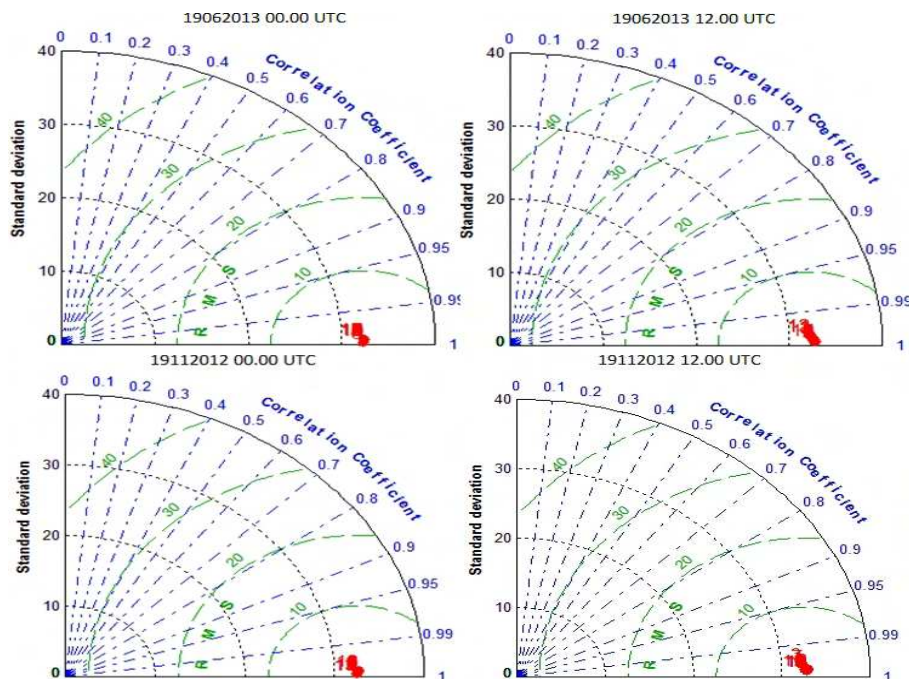
Untuk pencarian skema yang sesuai digunakan di Stasiun Meteorologi Kelas I Juanda-Surabaya, maka dalam proses pe-running-an kejadian hujan pada tanggal 19 Juni 2013 dan kejadian Cb menghasilkan TS pada 19 November 2012 digunakan konfigurasi skema parameterisasi sesuai dengan kajian pustaka yang diperoleh sebelumnya, yakni parameterisasi Cumulus sebanyak 3 skema (KF, BMJ, dan GD), parameterisasi radiasi gelombang panjang sebanyak 2 skema (RRTM dan CAM), serta parameterisasi radiasi gelombang pendek sebanyak 2 skema (Dudhia dan CAM). Sehingga total konfigurasi parameterisasi yang diuji sebanyak 12 skema.

Kemudian nilai output model untuk parameter suhu, angin, dan RH per lapisan tekanan hasil masing-masing skema dibandingkan dengan data observasi dari Stasiun Meteorologi Juanda untuk mencari konfigurasi skema yang paling sesuai. Selanjutnya untuk kemudahan mendapatkan skema yang paling sesuai dengan observasi ditinjau dari nilai statistik menggunakan diagram Taylor (Taylor, 2001). Untuk pemilihan konfigurasi skema dari nilai statistik dengan menggunakan dua metode identifikasi uniform dan stepwise (Evan, 2011). Pada pendekatan uniform, nilai statistik utama (korelasi) dihitung kemudian disortir menurun untuk mendapatkan konfigurasi skema terbaik dari nilai yang paling tinggi. Kemudian pada metode stepwise, pentingnya konfigurasi skema ditetapkan dengan mempertimbangkan keseluruhan nilai statistik yang didapat dari tiap-tiap konfigurasi skema parameterisasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Udara

Pada Gambar 2 ditampilkan hasil diagram taylor parameter suhu pukul 00.00 UTC untuk tanggal 19 November 2012 dan 19 Juni 2013.



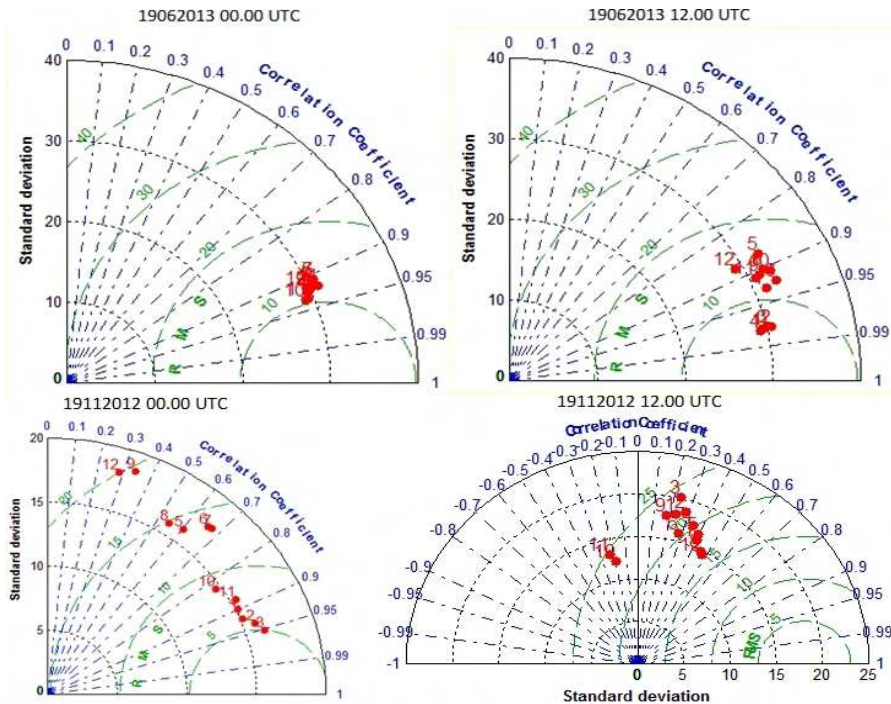
Gambar 2. Diagram Taylor parameter suhu udara pada 19 Juni 2013 (baris atas) dan 19 November 2012 (baris bawah) dengan konfigurasi skema KFRRTMDUD (1), KFCAMCAM (2), KFCAMDUD (3), KFRRTMCAM (4), BMJRTMDUD (5), BMJCAMCAM (6), BMJCAMDUD (7), BMJRRTCAM (8), GDRRTMDUD (9), GDCAMCAM (10), GDCAMDUD (11), GDRRTMCAM (12)

Dari diagram tersebut diketahui bahwa semua skema menunjukkan nilai statistik yang hampir seragam, dimana korelasi mencapai $> 0,99$ dengan RMSE antara $0-1^{\circ}\text{C}$. Sebaran nilai statistik yang ditampilkan pada diagram menunjukkan bahwa untuk parameter suhu

variasi nilai antar konfigurasi skema sangat kecil dan mendekati nilai observasi. Sehingga dari tampilan diagram tersebut diketahui bahwa perbedaan penggunaan konfigurasi skema pada model WRF untuk parameter suhu tidak begitu berpengaruh. Semua konfigurasi skema yang diuji dianggap mampu untuk merepresentasikan dan mewakili nilai parameter suhu udara secara vertikal di Stasiun Meterologi Juanda Surabaya.

Kelembaban Udara

Berbeda dengan parameter suhu di mana nilai statistik persebaran konfigurasi skema hampir seragam dan mendekati dengan nilai observasinya, pada parameter RH, nilai korelasi, standar deviasi, dan RMSE lebih beragam. Ini dapat dilihat pada diagram Taylor untuk parameter RH (Gambar 3).



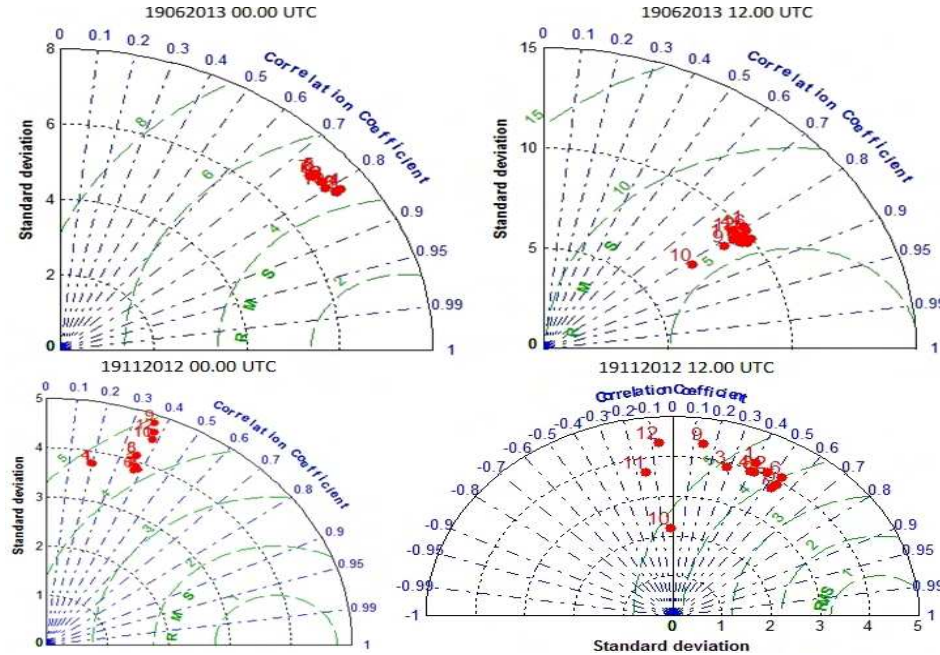
Gambar 3. Diagram Taylor parameter RH pada 19 Juni 2013 (baris atas) dan 19 November 2012 (baris bawah) dengan konfigurasi skema KFRRTMDUD (1), KFCAMCAM (2), KFCAMDUD (3), KFRRTMCAM (4), BMJRRTMDUD (5), BMJCAMCAM (6), BMJCAMDUD (7), BMJRRTMCAM (8), GDRRTMDUD (9), GDCAMCAM (10), GDCAMDUD (11), GDRRTMCAM (12)

Pada diagram tersebut diketahui bahwa nilai korelasi bervariasi dari 0,2 - 0,9 untuk pukul 00.00 UTC serta bernilai -0,3 sampai dengan 0,9 pada pukul 12.00 UTC. Ini artinya untuk parameter RH, perbedaan penggunaan skema konfigurasi parameterisasi berpengaruh.

Angin

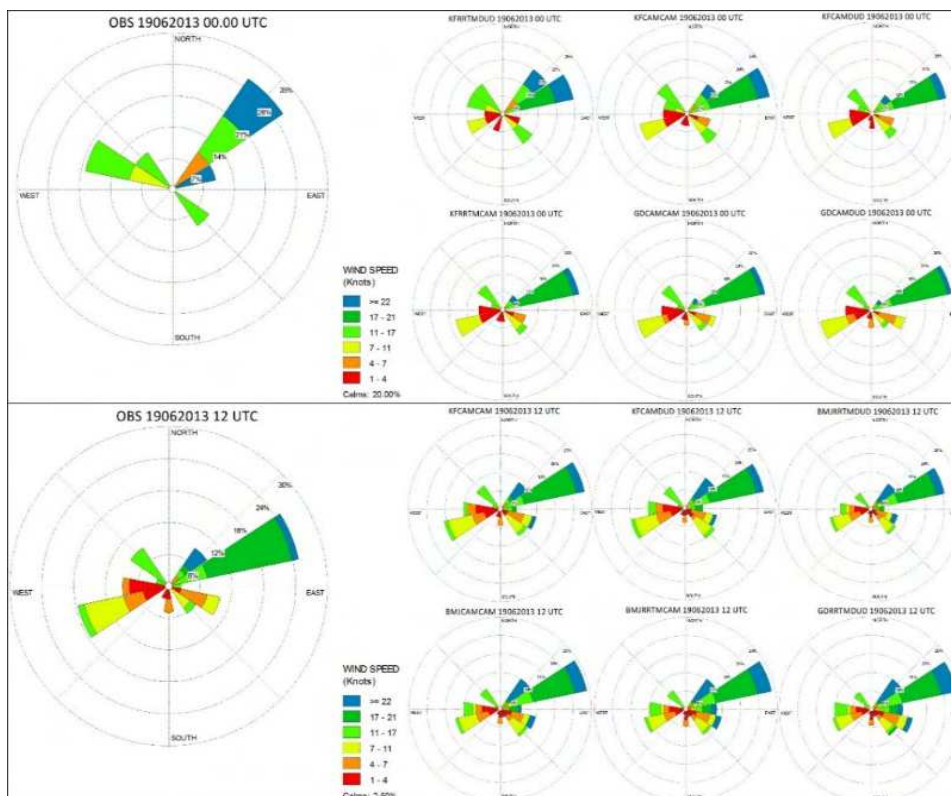
Gambar 4 merupakan diagram Taylor untuk parameter kecepatan angin, dimana untuk tanggal 19 Juni 2013 baik pukul 00.00 ataupun 12.00 UTC sebaran nilai statistiknya berada pada korelasi 0,7 - 0,9 dengan nilai RMSE antara 5 - 10 knot, dan nilai simpangan antara 6 - 10 knot. Semua konfigurasi berada pada posisi saling berdekatan satu-sama lain, yang artinya masing-masing output menghasilkan nilai statistik tidak jauh berbeda. Kecuali untuk skema GDCAMCAM pada pukul 12.00 UTC yang terlihat lebih jauh dibandingkan skema lainnya. Sehingga untuk tanggal ini pola sebaran konfigurasi belum dapat terlihat. Sedang untuk tanggal 19 November 2012 sebaran nilai statistik output model memang cukup jauh dari observasinya, bahkan antarskema pun menghasilkan output yang cukup berbeda. Namun hasil output model memperlihatkan pola bahwa perbedaan penggunaan parameterisasi berpengaruh terhadap angin. Pada pukul 00.00 UTC nilai korelasi hanya berkisar pada rentang 0,2 - 0,4 dimana simpangan berkisar pada 3 - 5 knot, dan RMSE

pada nilai 4 – 5 knot. Pada Gambar tersebut terlihat tiga kelompok yang membagi hasil konfigurasi skema berdasar parameterisasi Cumulusnya. Skema GD berada paling ujung dengan korelasi 0,3 - 0,4 dan simpangan terjauh antara 4 – 5 knot (nomor 9,10,11,12). Sedang KF berada pada nilai korelasi paling kecil yakni sekitar 0,2 (nomor 4), dan skema BMJ pada rentang korelasi sebesar GD namun memiliki simpangan yang lebih kecil, yakni sekitar 4 knot (nomor 5,6,7,8).



Gambar 4. Diagram Taylor parameter kecepatan angin pada 19 Juni 2013 (baris atas) dan 19 November 2012 (baris bawah) dengan konfigurasi skema KFRRTMDUD (1), KFCAMCAM (2), KFCAMDUD (3), KFRRTMCAM (4), BMJRRRTMDUD (5), BMJCAMCAM (6), BMJCAMDUD (7), BMJRRRTMCAM (8), GDRRTMDUD (9), GDCAMCAM (10), GDCAMDUD (11), GDRRTMCAM (12)

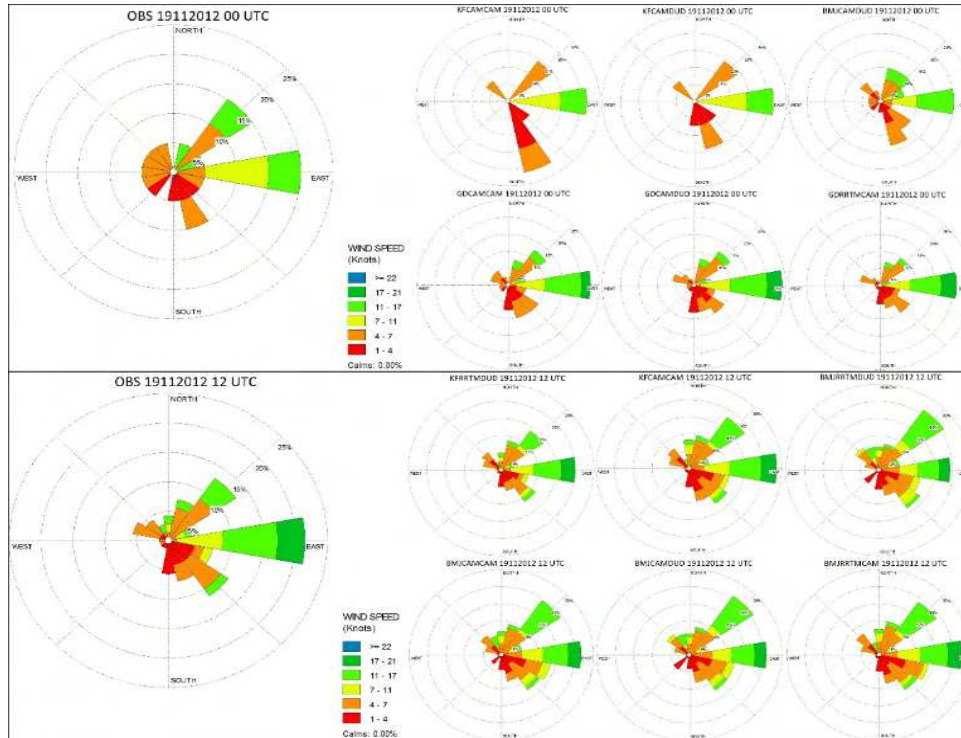
Pada Gambar 5 ditampilkan arah angin antara hasil observasi dengan output model pada tanggal 19 Juni 2013 jam 00.00 dan 12.00 UTC. Secara garis besar terlihat bahwa untuk arah angin per lapisan, hasil model dengan observasi tidak jauh beda. Terlihat dari hasil model dan observasi bahwa pada hari tersebut rata-rata angin per lapisan bertiup antara timur laut hingga timur. Namun arah angin yang dihasilkan model lebih bervariasi bila dibandingkan dengan observasi. Hanya konfigurasi skema KFRRTMDUD yang menunjukkan arah angin timur laut sebanyak 15%, diikuti KFCAMCAM sebesar 10%, dan skema lain bahkan < 10%. Rata-rata hasil output model pada pukul 00.00 UTC menunjukkan arah angin dari antara timur laut dengan timur. Sedang untuk pukul 12.00 UTC hampir keseluruhan hasil model dengan enam konfigurasi skema terbaik menunjukkan arah yang sama dengan yang dihasilkan observasi, yakni dari arah antara timur laut dan timur. Hasil observasi menunjukkan angka sebanyak 24% dari arah tersebut begitu pula dengan keseluruhan hasil model. Berbeda dengan hasil observasi pukul 00.00 UTC dimana arah angin hanya berasal dari empat penjurur, pada pukul 12.00 UTC arah angin lebih bervariasi baik dari hasil observasi maupun yang dihasilkan model. Namun secara keseluruhan pukul 12.00 UTC hasil output model lebih baik daripada pukul 00.00 UTC dengan skema KFCAMCAM paling mendekati observasi.



Gambar 5. Windrose berdasar ketinggian dari enam skema terbaik output model dengan hasil observasi pada tanggal 19 Juni 2013 pukul 00.00 UTC (atas) dan pukul 12.00 UTC (bawah)

Gambar 6 merupakan sebaran arah angin pada 19 November 2012 pukul 00.00 dan 12.00 UTC. Arah angin pada tanggal 19 November 2012 lebih bervariasi, bahkan pada pukul 00.00 UTC angin per lapisan hampir berarah dari segala penjuru. Namun secara keseluruhan baik dari hasil observasi maupun output model sebanyak 20% atau lebih angin berarah dari timur, diikuti dengan arah timur laut sebesar 10-15%.

Pada pukul 00.00 UTC terlihat bahwa hasil model enam konfigurasi skema terbaik menunjukkan arah dominan yang sama dengan observasi. Namun bila dibandingkan dengan observasi, maka konfigurasi skema KFCAMCAM menunjukkan arah angin yang lebih sedikit variasinya, dimana arah dominan sama dengan yang dihasilkan observasi yakni dari timur laut, timur, dan antara selatan dan tenggara. Kemudian diikuti KFCAMDUD yang menghasilkan arah angin hampir sama dengan KFCAMCAM, namun konfigurasi skema ini juga menunjukkan arah angin dari selatan. Sedang pada pukul 12.00 UTC arah angin yang dihasilkan model sangat mendekati observasi, dengan arah angin dominan sebesar 22% dari timur. Bila dibandingkan dengan skema lain, maka hasil output konfigurasi skema KFRRTMDUD dan KFCAMCAM merupakan yang paling mirip dengan observasi. Perbedaan hanya terjadi pada kecepatan angin yang dihasilkan. Ini artinya perbedaan penggunaan skema sangat berpengaruh terhadap arah angin.



Gambar 6. Windrose berdasar ketinggian dari enam skema terbaik output model dengan hasil observasi pada tanggal 19 November 2012 pukul 00.00 UTC (atas) dan pukul 12.00 UTC (bawah)

Pembahasan Konfigurasi Skema Paling Sesuai

Dari keseluruhan uraian yang dipaparkan pada subbab sebelumnya mengenai enam skema terbaik untuk tiap-tiap waktu dan parameter maka diketahui bahwa tidak ada satupun skema yang benar-benar bagus dalam menghasilkan output sesuai dengan observasi. Hal ini sesuai dengan penelitian Gallus dan Segal (2001) yang menyebutkan bahwa kesensitivitasan satu parameter tidak akan menghasilkan output yang lebih baik secara konsisten dibanding skema lain. Jarang sekali suatu konfigurasi skema atau parameterisasi menghasilkan nilai terbaik untuk semua parameterisasi dan /atau pada seluruh lokasi, sehingga pemilihan didasarkan pada keseluruhan aspek output model. Suatu konfigurasi skema diidentifikasi sebagai penghasil output terbaik ketika model diaplikasikan terhadap “kejadian terbaik/best case” (Borge, 2008).

Namun dengan menggunakan metode uniform dan stepwise dalam memilih konfigurasi skema, maka pada penelitian ini didapatkan skema KFCAMCAM sebagai skema yang paling banyak mendekati dengan hasil observasi. Skema ini selalu masuk dalam enam skema terbaik tiap parameter kecuali untuk suhu dan kelembaban udara pada 19 Juni 2013 pukul 12.00 UTC, serta cukup bagus untuk menghasilkan parameter angin, baik kecepatan maupun arah angin.

Pemilihan didasarkan pada parameter angin terlebih dahulu, sebab diantara ketiga parameter, parameter angin menunjukkan sebaran nilai statistik yang beragam dan menghasilkan pola antar konfigurasi skema. Selain itu dibandingkan analisis suhu, analisis mengenai angin (*streamline* ataupun *isotach*) lebih digunakan di daerah tropis, sebab gradien suhu relatif kecil dengan sedikit variasi (Ramage, 1995). Kemudian dilanjutkan dengan melihat hasil olahan dari parameter kelembaban udara. Pada parameter ini perbedaan penggunaan skema konfigurasi terlihat, namun untuk tanggal 19 Juni 2013 pukul 00.00 nilainya relatif sama untuk semua konfigurasi, begitu pula untuk parameter suhu. Sehingga ketika konfigurasi skema KFCAMCAM tidak masuk dalam dua parameter di hari tersebut, diasumsikan bahwa semua konfigurasi cukup mampu menghasilkan nilai mendekati observasi.

KESIMPULAN

Konfigurasi skema terbaik dari enam hari data *sample* selama musim peralihan November 2012 dan Juni 2013 yakni skema parameterisasi *Cumulus* KF dengan skema parameterisasi radiasi gelombang panjang CAM dan gelombang pendek CAM. Konfigurasi skema KFCAMCAM menjadi skema yang paling sesuai pada penelitian ini terkait dengan hubungan antarskema parameterisasi lainnya, misal skema PBL YSU (Hong dkk, 2006). Kajian yang dilakukan oleh Fei-Ji (2013) mengemukakan bahwa konfigurasi skema dengan menggunakan kombinasi skema parameterisasi PBL YSU dan parameterisasi *Cumulus* KF menghasilkan output yang sangat baik daripada output dengan kombinasi parameterisasi lainnya. Selain itu sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Flaounas (2011), skema KF mampu menghasilkan output untuk profil vertikal termodinamika di setiap lapisan mendekati observasi dikarenakan pemicu kenaikan parcel yang didasarkan pada gaya apung negatif, serta memperhitungkan keadaan untuk konveksi lemah (*shallow convection*).

Sensitifitas dari model terhadap parameterisasi radiasi tidak banyak mengubah kestabilan output (Tastula, 2010). Dari hasil olahan yang dilakukan juga diketahui bahwa nilai output yang dihasilkan parameterisasi radiasi hanya berbeda secara desimal antarskema. Penggunaan skema radiasi gelombang panjang yang berbeda lebih memberikan kontribusi daripada radiasi gelombang pendek. Hal ini dikarenakan algoritma parameterisasi gelombang pendek yang digunakan untuk model atmosfer dikembangkan dengan asumsi bahwa lapisan atmosfer adalah sejajar dan hanya dapat diaplikasikan pada kasus dimana lapisan atmosfer tertutup awan seluruhnya atau tanpa awan sama sekali (Chou, 1997). Skema radiasi CAM menyediakan representasi pertukaran fluks lebih akurat dari batas pantai, wilayah kepulauan dan tepian es dengan spesifikasi bagian kecil untuk tanah, es, dan lautan. Spesifikasi ini menyediakan mekanisme untuk menghitung perbedaan fluks yang dikaitkan dengan ketidakhomogenan tipe permukaan tanah (Collins, 2004). Mengingat wilayah Surabaya yang terdiri atas daratan disekitar lautan, maka penggunaan skema parameterisasi radiasi CAM paling sesuai untuk mewakili topografi wilayah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- WMO. 2007. Aviation Hazard-Education Training Programme ETR-20. Secretary of World Meteorology Organization: Geneva.
- Tjasyono, Bayong H.K dan Harijono, Sri Woro B. 2006. Meteorologi Indonesia 2: Awan & Hujan Monsun. BMKG, Jakarta.
- Krollova, Sandra. 2011. Cumulus And Stratus Clouds Microstructure. Scientific Project "Centre of Excellence for Air Transport" ITMS 26220120065, Number 5, Volume VI. Slovakia.
- Bougeault, P., 1981: Modeling the trade-wind cumulus boundary layer. Part 1: Testing ensemble cloud relations against numerical data. *J. Atmos. Sci.*, 38, 2414-2428.
- Betts, A. K., 1986: A new convective adjustment scheme. Part I: Observational and theoretical basis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 677-691.
- Skarmarock, William C., et al. 2008. NCAR Technology Note-A Description of The Advance research WRF Version 3. National Centre for Atmospheric Research: Colorado
- Sulung, G., M. Priyanka, N. Saraswati, S. P. Nurfienna, R. Riccardo. 2011. Pengaruh Parameterisasi Kumulus terhadap Simulasi Angin Kencang di Makassar dengan Menggunakan WRF. *Jurnal ITB*, Bandung.
- Janjic, Z. I. 2000. Comments on "Development and Evaluation of a Convection Scheme for Use in Climate Models", *J. Atmos. Sci.*, 57, p. 3686.
- Kain, J. S., 2004: The Kain-Fritsch convective parameterization: An update. *J. Appl. Meteor.*, 43, 170-181.
- Gilliland, E. K., Clinton M. Rowe. 2009. A Comparison of Cumulus Parameterization Schemes in The WRF Model. Dept. of Geosciences, Univ. of Nebraska, Lincoln, NE.
- Ratna, S. B. 2013. Performance of the WRF Model in simulating the Tropical Temperate Troughs over southern Africa. Published online.
- Bukovsky, M., D. Karoly. 2009. Precipitation simulations using WRF as a nested regional climate model. *Journal Appl. Meteorology Climatology*, 48(10):2152-2159.



- Santriyani, Made., D. T. Octarina, B. J. Budaya, U. Choir, Suradi. 2011. Sensitivitas Parameterisasi Konveksi dalam Prediksi Cuaca Numerik Menggunakan model WRF-ARW (Studi Kasus Hujan Ekstrim di Jakarta tanggal 7 April 2009). Jurnal ITB, Bandung.
- Fadianika, A. 2014. Perbandingan Skema Parameterisasi Cumulus WRF Pada Simulasi Hujan Sangat Lebat di Surabaya. Jurnal, Jakarta.
- Grell, G. A., and D. Devenyi. 2002. A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques. *Geophys. Res. Lett.*, 29(14), Article 1693.
- Baker, D., T. Downs, Mike Ku, W. Hao, Gopal S., M. Kiss, Matt J., D. Brown. 2010. Sensitivity Testing of WRF Physics Parameterizations for Meteorological Modeling and Protocol in Support of Regional SIP Air Quality Modeling in the OTROTC. WRF Protocol 3/11/10.
- Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J. Iacono, and S. A. Clough, 1997: Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated k-model for the longwave. *J. Geophys. Res.*, 102 (D14), 16663–16682.
- Dudhia, J., 1989: Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model, *J. Atmos. Sci.*, 46, 3077–3107.
- Tastula, Esa M., Vihma T. 2011. WRF Model Experiments on the Antarctic Atmosphere in Winter. Published Online, pp 1279-1291.
- Mooney, P.A, F. J. Muligan, R. Fealy. 2013. Evaluation of the Sensitivity of the Weather Research and Forecasting Model to Parameterization Schemes form Regional Climates of Europe over the Period 1990–95. *Journal of Climate*, 26, pp. 1002-1017.
- Collins, W.D., P. J. Rash, B. A. Boville, J. J. Hack, J. R. McCaa, D. L. Williamson, J. T. Kiehl, B. Briegleb. 2004. Description of the NCAR community atmosphere model (CAM 3.0). NCAR technical note, NCAR/TN-464?STR.
- Taylor, K.E. Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *J. Geophys. Res.*, 106, 7183-7192, 2001 (also see PCMDI Report 55 [online], <http://www.pcmdi.llnl.gov/publications/ab55.html>).