

Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009

SIMULASI HUJAN *FRONT* DENGAN MENGGUNAKAN MODEL WRF

Dadang Subarna

Lembaga Penerbangan Dan Antariksa National

Email: dangsub@yahoo.com

Abstract

Frontal rain is rain that comes from a weather front. For example, a cold front lifts warm, moist air. This parcel of air is raised to the LCL, and higher. Saturation occurs first, and then precipitation forms. The prevailing mesoscale model WRF (V2.2) is used to simulate a heavy rain case caused by interaction between a move-in front and topographical heterogeneities on plain land. It is found that both thermodynamic and dynamic fields along the front are heterogeneous in time and space. The heterogeneity becomes more significant as the effect of topography is added on. The heterogeneous distribution of physical variables along the front is the main reason for the heterogeneous frontal rain band; the optimum cooperation of the low level and upper level jet is another reason for the development of rain band. Topography can strengthen the rainfall and causes extremely heavy rain cells. Updraft induced by topography extends to a rather low level, while the uplifted air by frontal circulation can reach to higher levels. The quasi-steady topography circulation overlaps the frontal circulation when the front moves over plain land; the advantageous cooperation of various mesoscale condition causes the large upward velocity on windward side of the land.

Abstrak

Hujan frontal, yaitu hujan yang terjadi apabila massa udara yang dingin bertemu dengan massa udara yang panas. Tempat pertemuan antara kedua massa itu disebut bidang *front*. Karena lebih berat massa udara dingin lebih berada di bawah. Di sekitar bidang *front* inilah sering terjadi hujan lebat yang disebut hujan frontal. Model skala meso WRF (V2.2) yang umum digunakan untuk mensimulasikan kasus hujan lebat yang disebabkan oleh interaksi antara *front* yang bergerak masuk dan keheterogenan topografi pada daratan yang datar. Ditemukan bahwa medan-medan termodinamik dan dinamik kedua-duanya sepanjang *front* adalah heterogen dalam waktu dan ruang. Keheterogenan menjadi sangat penting apabila pengaruh topografi disertakan. Distribusi heterogenitas dari variabel-variabel fisis sepanjang *front* merupakan alasan utama pada pita hujan *front* heterogen; keterpaduan optimum dari jet level rendah dan level tinggi merupakan alasan lain pada pembentukan pita hujan. Topografi dapat memperkuat hujan dan menyebabkan sel-sel hujan lebat ekstrim. Aliran udara ke atas yang disebabkan oleh topografi memperluas ke lebih dari sekedar level rendah, sementara itu udara naik oleh sirkulasi *front* dapat mencapai ke level-level yang lebih tinggi. Sirkulasi topografi yang quasi-tunak tumpang-tindih dengan sirkulasi *front* ketika *front* bergerak di atas daratan yang datar; keterpaduan yang saling menguatkan dari berbagai kondisi skala meso menyebabkan kecepatan aliran udara ke atas pada sisi dimana arah angin menuju dari daratan.

Key Words: WRF, Frontal Rain, Typhoon, Simulation, Forecasting

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang bermanfaat sekaligus membawa petaka bagi kelangsungan makhluk di Bumi. Maka tak heran bila air dikaji mulai dari disiplin hidrometeorologi, hidrologi dan hidrogeologi. Air hujan, air limpasan dan air tanah membentuk siklus secara terus menerus dalam ketiga fasa air

Hujan adalah air, es atau salju yang terendap dari awan dan jatuh ke permukaan Bumi. Untuk dapat menjadi hujan, butir-butir air atau kristal es harus besar sehingga dapat jatuh dan dapat

melawan besarnya penguapan selama bergerak di udara. Untuk dapat jatuh menjadi hujan sekurang-kurangnya butir-butir air berukuran 20 μm (Bayong, 1999).

Di daerah tropis ada tiga jenis hujan berdasarkan proses pembentukannya yaitu hujan konvektif, hujan orografis dan hujan konvergensi. Hujan konvektif terbentuk dari akibat pemanasan radiasi matahari sehingga udara permukaan akan memuai dan naik ke atas. Gerakan vertikal udara lembab mengalami pendinginan dengan cepat akan menghasilkan awan cb dan menghasilkan hujan deras pada daerah yang relatif sempit dan dalam waktu yang relatif singkat. Kemudian hujan orografis yang terbentuk akibat udara bergerak naik melalui pegunungan atau bukit yang tinggi sehingga udara akan dipaksa naik kemudian menghasilkan awan dan hujan yang disebut hujan orografis. Akibat konvergensi dari aliran masa udara horizontal yang cukup besar mengakibatkan gerakan vertikal dan dapat menyebabkan terbentuknya awan dan hujan (Bayong, 1999).

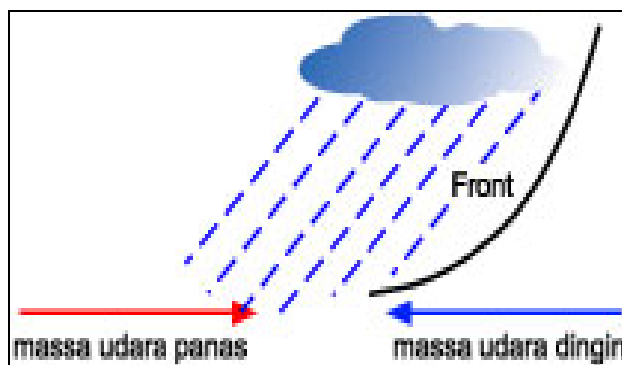
Curah hujan adalah air, es atau salju yang tercurah ke permukaan Bumi. Jumlah curah hujan dicatat dalam mm atau inci yang menunjukkan tingginya air hujan yang menutupi permukaan apabila air hujan jatuh di permukaan Bumi, lalu diasumsikan tidak meresap ke dalam tanah, tidak mengalir secara horizontal di permukaan dan tidak menguap. Banyaknya curah hujan diukur dengan penakar hujan dalam mm atau inci. Di Indonesia umumnya dalam mm. Curah hujan wilayah didefinisikan sebagai rata-rata curah hujan yang dicatat oleh sejumlah penakar hujan di wilayah itu. Ada tiga metoda untuk menentukan curah hujan wilayah yaitu poligon Thiessen, isohyets dan rata-rata aritmetik. Curah hujan wilayah ini sangat bermanfaat dalam bidang pertanian dan pengairan serta analisis hidrologi lainnya.

Hari hujan didefinisikan sebagai hari yang ada hujan. Di Indonesia hari hujan ditandai dengan curah hujan lebih besar atau sama dengan dari 0,5 mm dalam waktu 24 jam. Jenis-jenis hujan berdasarkan terjadinya adalah hujan siklonal, yaitu hujan yang terjadi karena udara panas yang naik disertai dengan angin berputar. Hujan zenithal, yaitu hujan yang sering terjadi di daerah sekitar ekuator, akibat pertemuan Angin Pasat Timur Laut dengan Angin Pasat Tenggara. Kemudian angin tersebut naik dan membentuk gumpalan-gumpalan awan di sekitar ekuator yang berakibat awan menjadi jenuh dan turunlah hujan. Hujan orografis, yaitu hujan yang terjadi karena angin yang mengandung uap air yang bergerak horisontal. Angin tersebut naik menuju pegunungan, suhu udara menjadi dingin sehingga terjadi kondensasi, terjadilah hujan di sekitar pegunungan. Hujan frontal, yaitu hujan yang terjadi apabila massa udara yang dingin bertemu dengan massa udara yang panas, seperti pada gambar 1.1 dan gambar 1.2

Tempat pertemuan antara kedua massa itu disebut bidang *front*. Karena lebih berat massa udara dingin lebih berada di bawah. Di sekitar bidang *front* inilah sering terjadi hujan lebat yang disebut hujan frontal. Sebuah sistem *front* yang kuat akan membawa hujan yang lebat dan cuaca buruk. Hujan monsun atau hujan musiman, yaitu hujan yang terjadi karena Angin Musim (Angin Monsun). Penyebab terjadinya angin Monsun adalah karena adanya pergerakan semu tahunan Matahari antara garis balik utara dan garis balik selatan. Di Indonesia, hujan monsun terjadi bulan Oktober sampai April. Sementara di kawasan Asia Timur terjadi bulan Mei sampai Agustus. Siklus monsun inilah yang menyebabkan adanya musim penghujan dan musim kemarau.



Gambar 1.1 . Foto kamera yang memperlihatkan kejadian hujan *front* yang sering terjadi di lintang menengah dan tinggi. (sumber: <http://www.geography-site.co.uk>)



Gambar 1.2. Tempat pertemuan antara massa udara panas dan massa udara dingin disebut bidang *front*
(sumber: <http://www.e-dukasi.net/>)

2. Metoda dan Data

2.1. Metoda

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menjalankan simulasi hujan menggunakan model atmosfer atau model cuaca WRF. Model-model simulasi atmosfer telah menjadi “*tool*” yang penting dalam meteorologi operasional dan riset selama 30 tahun terakhir. *Weather Research Forecasting* (WRF) merupakan model atmosfer atau model cuaca yang dikembangkan oleh *National Cooperation Atmospheric Research* (NCAR) pada divisi *Mesoscale and Microscale Meteorology* (MMM) yang merupakan generasi masa depan model prediksi atmosfer skala meso dan sistem asimilasi data yang saat ini sudah menggantikan model NAM-Eta di Amerika Serikat untuk keperluan operasional. Model WRF didisain untuk menjadi fleksibel, *state of the art*, portabel untuk bermacam lingkungan komputasi parallel dan modular sehingga dapat dikonfigurasi untuk kepentingan riset ataupun operasional. Prinsip komponen sistem WRF tertuang dalam konsep “*WRF Software Framework*” (WSF) yang menyediakan infrastruktur untuk mengakomodasi penyelesaian atau solusi banyak penyelesaian dinamika (*multiple dynamics solvers*) (Widiatmoko, et al, 2006).

Persamaan fisika tambahan dapat dimasukkan (plugin) pada bagian antarmuka fisik standar, program inisialisasi, dan sistem WRF Variational asimilasi data (WRF-Var). Pada saat ini WSF terbagi menjadi dua bagian penyelesaian dinamika (*dynamics solvers*) yaitu *Advanced Research WRF* (ARW) yang dikembangkan oleh NCAR, dan *Nonhydrostatic Mesoscale Model* (NMM) oleh NCEP yang didukung oleh komunitas *Developmental Testbed Center* (DTC). Oleh sebab keterbatasan kemampuan komputasi dan masalah-masalah fisika atmosfer yang tak terpecahkan, maka tidak mungkin untuk menggunakan hanya satu tipe model yang dapat menangkap cukup fenomena pada semua skala. Model-model spesifik telah dikembangkan untuk gerakan atmosfer pada skala tertentu. Salah satu sisi pada spektrum skala adalah model sirkulasi umum hidrostatis (GCM), bekerja pada resolusi yang kasar (e.g., 200 km) dengan significant parameterisasi yang signifikan pada proses-proses subgrid.

2.2. Data

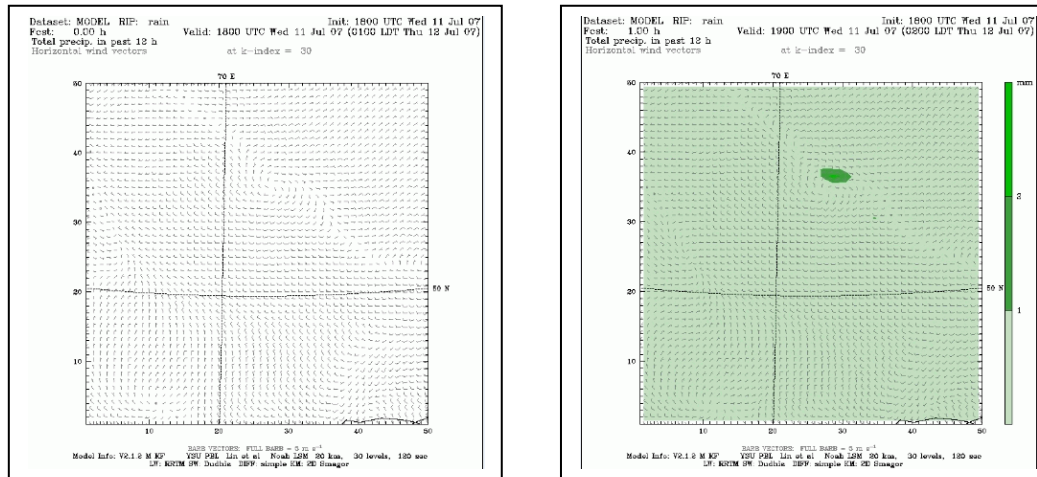
Data kondisi awal dan data syarat batas yang dipergunakan dalam menjalankan model atmosfer WRF diperoleh dari NCEP/NCAR.

3. Hasil dan Pembahasan

Apabila model WRF dapat mensimulasikan sirkulasi skala luas dan distribusi presipitasi, maka keluaran dengan resolusi tinggi sangat bermanfaat untuk dianalisis. Gambar 3. 4 sampai gambar 3.6. merupakan hasil keluaran model WRF.



Gambar 3.3. Domain daerah Akhmeta yang menjadi pusat kajian fenomena hujan front (sumber:<http://en.wikipedia.org/wiki/>)

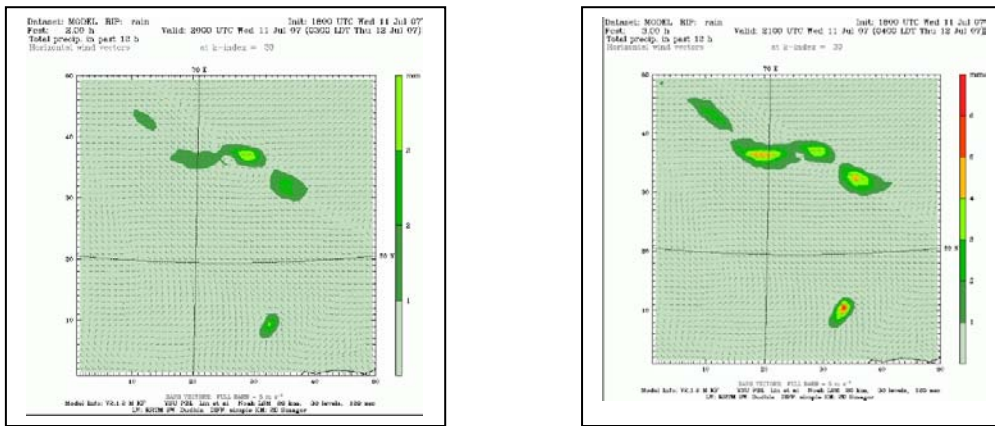


Gambar 3.4. Hasil simulasi curah hujan *front* jam ke-0 pada 18.00 UTC tanggal 11 Juli 2007 dan ke-1 pada 19.00 UTC tanggal 11 Juli 2007.

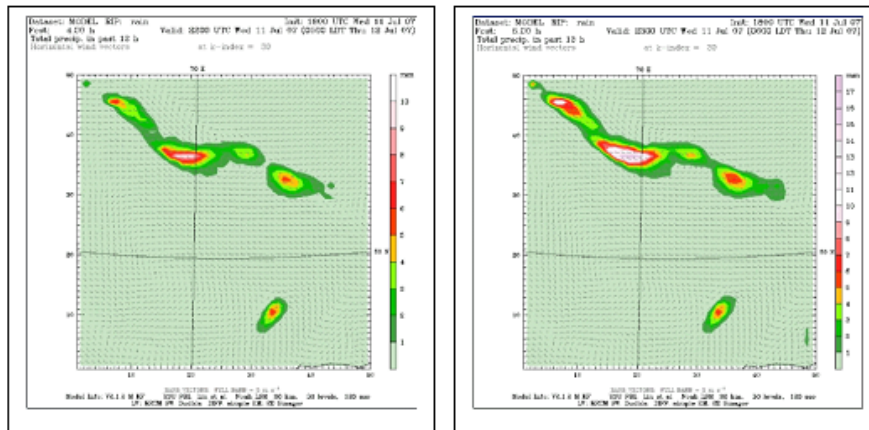
Gambar 3. 3 memperlihatkan kota Akhmeta di Asia tengah yang menjadi kajian penelitian untuk memahami mekanisme formasi, pertumbuhan dan peluruhan hujan lebat *front* dan proses interaksi antara sirkulasi *front* dan topografi. Domain dipusatkan pada koordinat (51.10° LU, 71.30° BT) dengan ukuran $100 \times 55 \times 30$ grid. Daerah utara terdapat dataran tinggi Kokshetau yang memanjang ke arah tenggara dan bagian selatan daerah dataran rendah. Daerah ini beriklim dengan tipe kontinental tajam dan arid sampai ke selatan. Temperatur rata-rata pada kisaran -14 sampai 18 derajat celsius pada bulan Januari (musim dingin) sampai 20 sampai 24 derajat celsius pada bulan Juli (musim panas). Pada musim salju temperatur bisa mencapai -40 derajat celsius, akan tetapi pada musim panas sangat terik kadang-kadang di atas 35 derajat celsius dengan berlangsung juga badai pasir dan angin kering bertiup. Musim panas berlangsung sekitar 194-202 hari, sedangkan musim dingin berlangsung antara 163-171 hari dan sekitar 105-130 hari adalah musim salju (beku). Hujan tahunan berkisar antara 200-300 mm.

Variabel fisis presipitasi pada gambar gambar 3.4 sampai gambar 3.6 memperlihatkan pola formasi, pertumbuhan dan peluruhan hujan lebat *front* dan proses interaksi antara sirkulasi *front* dan topografi daerah dataran tinggi Kokshetau yang sangat heterogen. Pada jam 19.00 UTC tanggal 11 Juli 2007, *front* memanjang dari Barat Laut ke Tenggara di atas daerah Akhmeta dan sekitarnya. Dengan menganalisis variabel presipitasi dalam sistem *front* pada

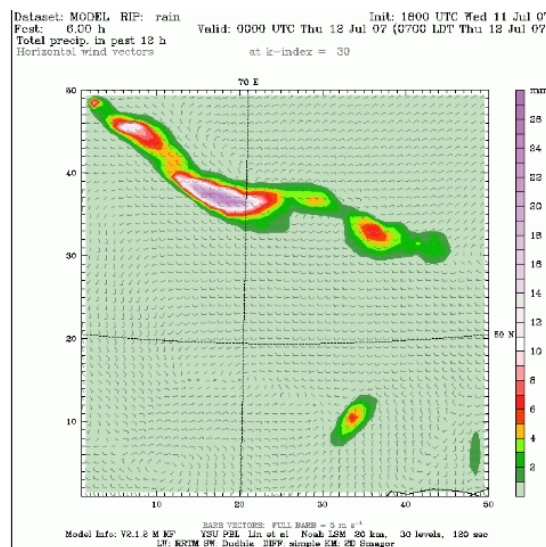
waktu tertentu, maka dapat dipahami bahwa pola distribusi variabel itu dan variasinya sebagai *front* mendekati dan bergerak sekitar daerah Akmola.



Gambar 3.5. Hasil simulasi curah hujan *front* jam ke-2 20.00 UTC tanggal 11 Juli 2007 dan ke-3 pada 21.00 UTC tanggal 11 Juli 2007.



Gambar 3.6. Hasil simulasi curah hujan *front* jam ke-4 pada 22.00 UTC tanggal 11 Juli 2007 dan ke-5 pada 23.00 UTC tanggal 11 Juli 2007.



Gambar 3.7. Hasil simulasi curah hujan *front* jam ke-6 pada 00.00 UTC tanggal 12 Juli 2007.

Ditemukan bahwa medan-medan termodinamik dan dinamik kedua-duanya sepanjang *front* adalah heterogen dalam waktu dan ruang. Keheterogenan menjadi sangat penting apabila pengaruh topografi disertakan. Distribusi heterogenitas dari variabel-variabel fisis sepanjang *front* merupakan alasan utama pada pita hujan *front* heterogen; keterpaduan optimum dari jet level rendah dan level tinggi merupakan alasan lain pada pembentukan pita hujan (Li et al, 2004). Topografi dapat memperkuat hujan dan menyebabkan sel-sel hujan lebat ekstrim. Aliran udara ke atas yang disebabkan oleh topografi memperluas ke lebih dari sekedar level rendah, sementara itu udara naik oleh sirkulasi *front* dapat mencapai ke level-level yang lebih tinggi.

4. Kesimpulan

Proses hujan lebat *front* yang terjadi di daerah lintang tinggi pada saat musim panas (summer) Juli 2007 dipelajari dengan menggunakan model WRF (V2.2). Keluaran model dianalisis untuk memahami mekanisme formasi, pertumbuhan dan peluruhan hujan lebat *front* dan proses interaksi antara sirkulasi *front* dan topografi daerah dimana domain model dipersiapkan. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Hujan lebat yang muncul di daerah penyelidikan biasanya disebabkan oleh interaksi antara *front* yang bergerak ke arah Barat dan topografi daratan.
2. Gradien temperatur, kecepatan vertikal dan laju angin horizontal dan lain-lain dalam sistem *front* terdistribusi semua secara heterogen dalam ruang dan waktu. Heterogenitas menjadi lebih penting ketika sistem *front* bertemu dengan pengaruh topografi lokal.
3. Faktor-faktor lokal seperti sifat-sifat permukaan, angin utama dan sirkulasi topografi dan lain-lain menyebabkan heterogenitas dalam kecepatan vertikal pada sistem *front*. Heterogenitas termodinamik dari sistem *front* merupakan alasan utama untuk heterogenitas distribusi presipitasi dan intensitasnya.
4. Paduan optimum dari jet level rendah dan jet level tinggi memberi keuntungan pada pertumbuhan hujan dalam pita hujan *front*

5. Daftar Pustaka

Bayong, T.H.K., 1999, "Klimatologi Umum", Penerbit ITB Bandung

Li, J., et al, 2004, "A Mesoscale Analysis of Heavy Rain Caused By Frontal and Topography Heterogeneities on Taiwan Island". *Advanced In Atmospheric Sciences*, Vol. 21 No.6 909-922

Wang, et al, 2007, "User's Guide ARW Version 2.2 Modeling System", *National Center for atmospheric research* NCAR

Widiyatmoko, et al 2006, "Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasinya", BPPT 2006

<http://www.geography-site.co.uk>, diunduh pada tanggal 4 Mei 2009

<http://www.e-dukasi.net>, diunduh pada tanggal 1 Mei 2009

<http://www.kazakhstan.orexca.com>, diunduh pada tanggal 30 April 2009