

Mobile Weather & Climate Forecasting System (Sistem Prakiraan Cuaca Dan Iklim Secara Bergerak)

Dadang Subarna, Didi Satiadi

Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional

Jl. Junjuan 133 Bandung 40173; Tel : 022-6037445; Email : dangsub@yahoo.com

ABSTRACT

In this information era, speedy and accurate information play important role in human life. Speedy and accurate weather and climate information accurately are needed by government, private and business community to improve the performance of national development sectors such as farming, forestry, planting, fishing, transportations, environment etc. This paper will explain the engineering and the results of simulation of atmospheric model over Indonesian region using cheap and simple and mobile infrastructure to forecast weather and climate. Weather and climate information were simulated by using a software of atmospheric model. Atmospheric model is simple representation of the real atmosphere in the forms of related mathematical equations for the physics and dynamics of the atmosphere representing atmospheric processes. These mathematical equations can be solved by help of computer. Leased line or wireless can be used to get initial and boundary condition for the model and then weather and climatic forecasting can be carried out every where.

ABSTRAK

Pada era informasi sekarang ini, kecepatan dan ketepatan informasi sangat memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Begitu pula kecepatan informasi yang cukup akurat mengenai prakiraan iklim dan cuaca sangat dibutuhkan baik oleh pemerintah maupun kalangan swasta dan bisnis untuk meningkatkan kinerja sektor-sektor pembangunan nasional, antara lain sektor pertanian, kehutanan, perkebunan, perikanan, perhubungan, lingkungan hidup dan lain-lain. Dalam makalah ini akan dipaparkan rekayasa serta hasil simulasi model atmosfer untuk wilayah Indonesia dengan menggunakan peralatan yang mudah dan murah untuk prakiraan cuaca dan iklim secara bergerak. Informasi prakiraan iklim dan cuaca antara lain dapat diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak model atmosfer. Model atmosfer merupakan representasi yang lebih sederhana dari atmosfer yang sesungguhnya, dalam bentuk persamaan-persamaan matematis dari fisika dan dinamika yang saling berhubungan, yang merepresentasikan proses-proses di dalam atmosfer, yang biasanya diselesaikan dengan bantuan komputer. Dengan menghubungkan komputer dengan internet baik kabel atau pun nirkabel untuk mendapatkan syarat batas dan syarat awal model atmosfer maka prakiraan cuaca dan iklim dapat dilakukan di manapun.

Keywords: Model Atmosfer, Cuaca, Iklim, Prakiraan, Bergerak

1. Pendahuluan

Prakiraan cuaca dan iklim merupakan suatu tugas yang kompleks dan sukar bagi instansi atau pihak-pihak yang memberikan layanan informasi tersebut. Di antara parameter-parameter data cuaca dan iklim yang dapat diprakirakan, parameter curah hujan merupakan parameter yang paling sukar diprakirakan,

karena curah hujan melibatkan berbagai parameter data cuaca lainnya seperti suhu, kecepatan angin, tekanan, kelembaban dan sebagainya, sehingga curah hujan di dalam model numerik seringkali disebut parameter diagnostik, karena tidak secara eksplisit terdapat dalam persamaan-persamaan diferensial dari model tersebut.

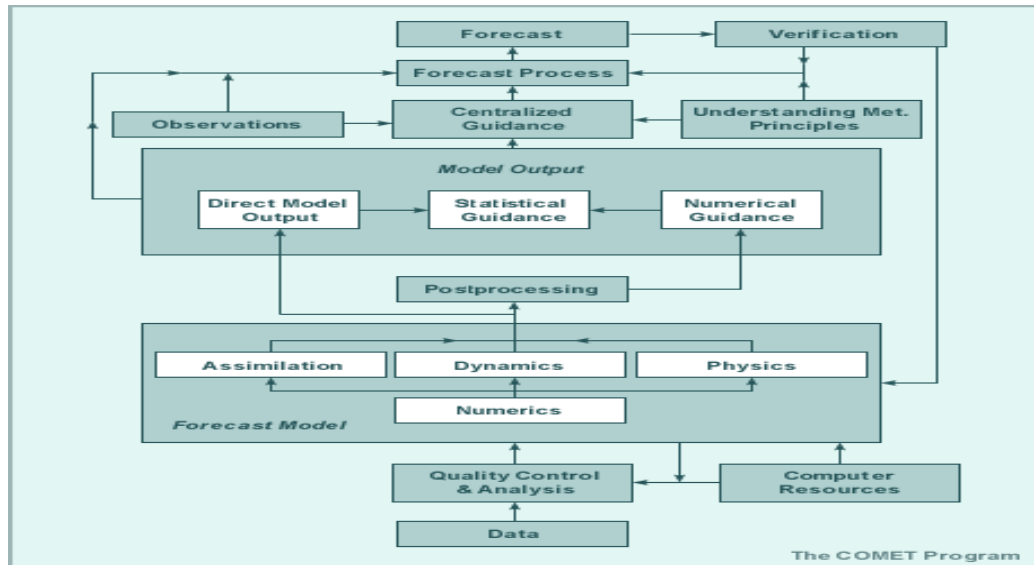
Sistem prakiraan cuaca dan iklim secara bergerak adalah pelayanan informasi iklim dan cuaca di tempat yang memfokuskan pada pelayanan deteksi dan peringatan dini level tinggi dari bahaya datangnya cuaca ekstrim, kilat dan guntur pada saat-saat terjadi bencana. Sistem ini akan berada di tempat setiap saat dari mulai sampai selesai suatu kejadian bencana dengan memantau lingkup cuaca dari menit ke menit dengan melaporkan kejadian-kejadian atau gangguan-gangguan yang mengejutkan dari fenomena cuaca. Konsep mobil van dengan peralatan teknologi tinggi akan bergerak ke lokasi kejadian dan memasang peralatan di lokasi untuk memudahkan akses, lebih akurat dan visibilitas untuk siaran langsung ke media masa. Monitor televisi ditempelkan pada sisi van cuaca untuk memudahkan pemandangan radar cuaca, gambar satelit, prakiraan dan prosedur keselamatan cuaca ekstrim. Kegunaan dari prakiraan cuaca dan iklim secara bergerak adalah untuk melengkapi akurasi yang tinggi dan detil kondisi-kondisi cuaca yang lebih seksama dan prakiraan untuk pemerintah, transportasi darat, laut, udara, distrik sekolah, bandara (airport), pertanian, perkebunan, pariwisata dan bersama dengan perusahaan-perusahaan pemakai informasi tersebut.

2. Metoda dan Data

Untuk memprakirakan keadaan sirkulasi atmosfer dari pengetahuan keadaan saat ini atmosfer tersebut maka digunakan persamaan-persamaan dinamik

1. Keadaan awal dari atmosfer tersebut
2. Kumpulan persamaan prediksi yang menghubungkan variabel-variabel medan
3. Metoda integrasi dalam waktu untuk memperoleh keadaan yang akan datang dari variabel-variabel medan

Komponen-komponen model adalah pada gambar berikut:



Gambar 2.1. Komponen-komponen dalam suatu model numerik atmosfer
(sumber:www.comet.ucar.edu)

Dari gambar 2.1 maka dapat diterangkan beberapa komponen yang terlibat dalam suatu model prakiraan cuaca dan iklim.

Model numerik merujuk pada:

1. Karakteristik-karakteristik model seperti formulasi-formulasi matematik yang digunakan untuk memecahkan persamaan-persamaan model prakiraan
2. Bagaimana data direpresentasikan
3. Resolusi model
4. Domain komputasi
5. Sistem koordinat

Kelima bagian di atas akan mempengaruhi penanganan dinamik dan bagaimana konsistensi dari syarat-syarat awal dan proses-proses fisis akan direpresentasikan.

Satu hal yang tak kalah pentingnya adalah sistem asimilasi data. Sistem asimilasi data adalah suatu prosedur yang kompleks dimana parameter-parameter meteorologi pengamatan dikonversi ke variabel-variabel prakiraan dan dicampur

dengan prakiraan jangka pendek dari menjalankna model sebelumnya untuk menghasilkan syarat-syarat awal yang digunakan untuk memulai prakiraan baru yang telah termodifikasi dengan data pengamatan. Sistem asimilasi data mencoba untuk menemukan medan-medan awal dari variabel-variabel prakiraan yang akan melakukan optimisasi keakuratan prakiraan didasarkan pada ketersediaan data.

Proses-proses dinamik merujuk pada proses-proses atmosfer yang sering melibatkan 'forcing' atau pergerakan udara seperti adveksi, gaya gradien tekanan dan pemanasan dan pendingian secara adiabatik. Proses-proses ini digambarkan dengan kumpulan persamaan-persamaan momentum horizontal maupun vertikal, kekekalan masa, termodinamik di dalam model prakiraan.

Proses-proses fisis merujuk pada tiga tipe proses yaitu:

1. Sesuatu proses yang beroperasi pada skala yang lebih kecil dari resolusi model tetapi akan menggunakan efek kumulatif yang jatuh pada skala yang dapat terpecahkan
2. Sesuatu proses yang melibatkan pertukaran energi, air dan momentum antara atmosfer dan sumber-sumber luar (seperti radiasi dan proses-proses permulaan laut dan daratan)
3. Mikofisika dari presipitasi dan awan

Produk-produk panduan numerik dihasilkan melalui 'postprocessing' dari keluaran model. Keluaran ini adalah dalam bentuk yang dapat dibaca dan digunakan oleh pemakai dan prakirawan dan biasanya ditampilkan pada suatu grid dengan resolusi yang berbeda dari model aslinya (seperti peta ketinggian geopotensial, tekanan rata-rata muka laut, suhu permukaan). Peta turbulensi pesawat udara dan pembekuan (icing) adalah contoh-contoh medan-medan yang dihitung dari keluaran model numerik dengan menggunakan secara fisis didasarkan hubungan empirik.

Proses-proses yang menggambarkan konfigurasi persamaan prakiraan yang digunakan dalam model numerik atmosfer biasanya disebut dengan persamaan-persamaan primitif

Wind Forecast Equations

1a.
$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - \omega \frac{\partial u}{\partial p} + fv - g \frac{\partial z}{\partial x} + F_x$$

1b.
$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - \omega \frac{\partial v}{\partial p} - fu - g \frac{\partial z}{\partial y} + F_y$$

Continuity Equation

2.
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0$$

Temperature Forecast Equation

3.
$$\frac{\partial T}{\partial t} = -u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y} - \omega \left(\frac{\partial T}{\partial p} - \frac{RT}{c_p p} \right) + \frac{H}{c_p}$$

Moisture Forecast Equation

4.
$$\frac{\partial q}{\partial t} = -u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y} - \omega \frac{\partial q}{\partial p} + E - P$$

Hydrostatic Equation

5.
$$\frac{\partial z}{\partial p} = - \frac{RT}{pg}$$

Gambar 2.2. Konfigurasi persamaan-persamaan primitif dalam suatu model numerik atmosfer (sumber:www.comet.ucar.edu)

Untuk maksud-maksud prakiraan, kumpulan persamaan-persamaan ini dipandang tertutup dan sempurna yang berarti bahwa kita dapat memprakirakan nilai dari semua suku dengan memecahkan setiap persamaan secara berurutan dimana:

1. Semua persamaan yang menggunakan variabel-variabel prakiraan dasar yang sama (u,v,T,q dan z)
2. Suku-suku F_x , F_y , H, E dan P dapat juga digambarkan dalam suku-suku dari keenam variabel-variabel prakiraan dasar
3. Kita dapat mencirikan syarat-syarat awal atas domain dari model
4. Kita dapat memperoleh kondisi batas yang tepat untuk semua variabel-variabel prakiraan pada batas-batas model.

Cara-cara dimana persamaan-persamaan primitif diturunkan dari bentuk-bentuk teoritik lengkapnya dan dikonversi ke kode-kode komputer yang dapat berkontribusi pula pada kesalahan model.

Persamaan-persamaan (1a), (1b), (3), and (4) disebut persamaan-persamaan prognostik sebab waktu berubah dalam variable-variabel prakiraan (u, v, T dan q) ditentukan secara eksplisit dengan menggunakan persamaan-persamaan dinamik 'forcing'. Dalam persamaan-persamaan (2) dan (5) variable-variabel sisa (w dan z) ditentukan dari variable-variabel prognostik. Oleh karena persamaan-persamaan itu bekerja tidak menghitung perubahan waktu secara langsung, sehingga persamaan-persamaan ini dikenal sebagai persamaan-persamaan diagnostik.

Semua persamaan-persamaan prakiraan harus mencoba untuk menghitung pengaruh-pengaruh dari proses-proses yang tidak dapat diprakirakan secara langsung dengan model, dikarenakan kompleksitas dari proses-proses fisis yang disimulasikan (contoh radiasi) atau oleh karena proses-proses aktual muncul pada skala-skala yang terlalu kecil yang disertakan secara langsung dalam model (contoh awan konvektif). Notasi pendek untuk pendekatan empiric yang digunakan dalam model muncul sebagai F_x , F_y , H , E , dan P dalam persamaan-persamaan prakiraan.

F_x dan F_y (dalam persamaan 1a dan 1b) adalah suku-suku friksi yang memodifikasi angin lewat pengereman permukaan (surface drag) tetapi juga penggabungan proses-proses yang lainnya yang meliputi transport momentum vertical dan horizontal oleh turbulensi eddy (umumnya disebut difusi dalam model-model skala luas). Friksi dipengaruhi oleh tipe vegetasi (contoh pohon atau rerumputan), tipe permukaan (salju dan air), suhu permukaan dan kondisi-kondisi lainnya.

Suku pemanasan diabatik H (dalam persamaan 3) menyatukan beberapa proses $H = H_L + H_C + H_R + H_S$ dimana H_L adalah panas laten yang disebabkan oleh kondensasi dalam naiknya udara tersaturasi dan terstratifikasi stabil skala luas atau pendinginan dikarenakan evaporasi dari jatuhnya presipitasi dan evaporasi air di permukaan.

H_C adalah panas laten dikarenakan kondensasi yang muncul dalam konveksi (yang mungkin itu sendiri diaproksimasi). H_R adalah laju pemanasan radiatif (utamanya di permukaan untuk radiasi matahari dan di dalam lapisan-lapisan atmosfer lembab untuk radiasi infra merah. H_R bisa negatif untuk pendinginan radiatif.

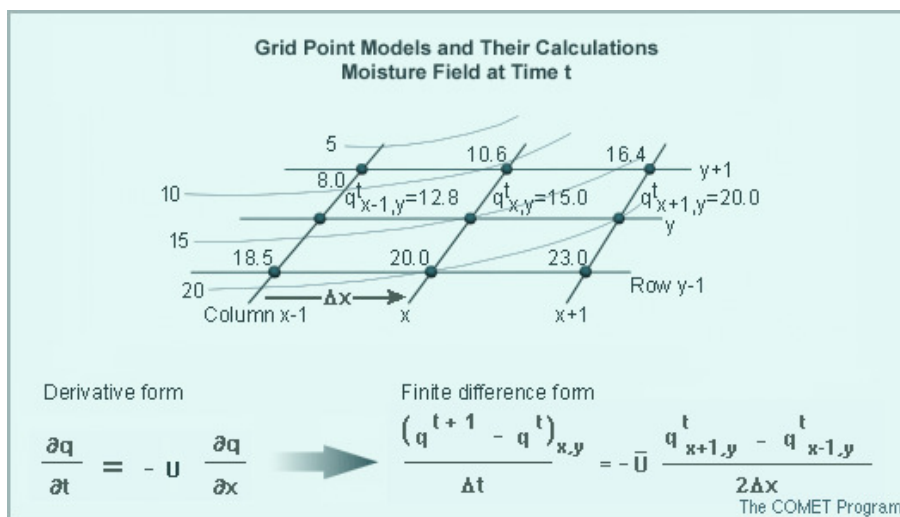
H_S bisa menggambarkan fluks panas sensible ke dan dari permukaan bumi. Laju presipitasi $P = P_L + P_C$ (presipitasi stratiform dan konvektif) dihubungkan secara dekat ke H_L and H_C . Perhitungannya bergantung pada detail seperti apakah model memprediksi awan-awan dan parameterisasi konvektif atau parameterisasi mikrofisis yang mana yang digunakan.

Evaporasi (E) dapat dikarenakan oleh fluks kelembaban evaporatif dari permukaan bumi atau evaporasi dari presipitasi sebelum mencapai tanah.

Bagaimana model-model dipecahkan dari persamaan-persamaan prakiraan, dalam model-model numerik kita memecahkan persamaan-persamaan prakiraan dengan menggunakan salah satu dari dua formulasi-formulasi model dasar:

1. Titik grid
2. spectral

Model-model titik grid memecahkan persamaan-persamaan prakiraan pada titik-titik grid ruang yang teratur. Variabel-variabel prakiraan terspesifikasi pada suatu kumpulan titik-titik grid, seperti gambar 2.3



Gambar 2.3 Model titik grid dalam memecahkan persamaan-persamaan prakiraan pada titik-titik grid ruang yang teratur (sumber:www.comet.ucar.edu)

Gambaran matematik dalam prakiraan model numerik secara bentuk sederhana adalah

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = F(A)$$

A adalah sama dengan perubahan dalam variabel-variabel prakiraan pada suatu titik tertentu dalam ruang. t adalah sama dengan perubahan dalam waktu (seberapa jauh ke masa mendatang kita memprakirakan), sedangkan F(A) menggambarkan suku-suku yang dapat menyebabkan perubahan dalam nilai A.

Sehingga persamaan di atas dapat diungkapkan dengan bahasa yang sederhana sebagai perubahan dalam variabel-variabel prakiraan A selama periode waktu t sama dengan efek-efek kumulatif dari semua proses yang memaksa A untuk berubah.

Dalam model numerik atmosfer nilai-nilai yang akan datang dari variabel-variabel meteorologi dipecahkan dengan menemukan nilai awalnya dan menambahkan forsing fisis yang beraksi pada variabel-variabel pada periode waktu prakiraan. Hai ini diungkapkan sebagai:

$$A^{\text{forecast}} = A^{\text{initial}} + F(A) \Delta t$$

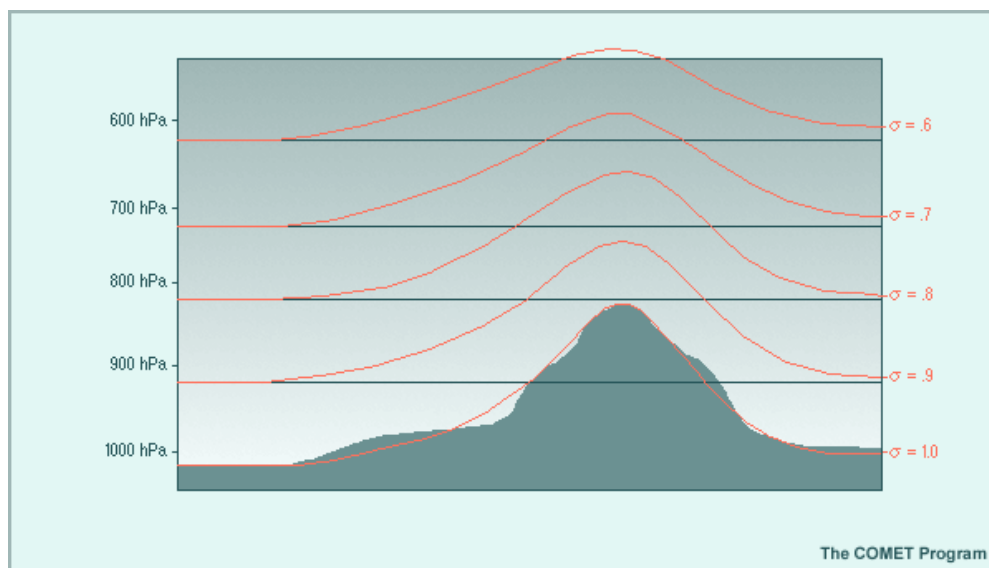
Dimana F(A) berarti kombinasi dari semua jenis forsing yang dapat muncul.

Model-model spektral juga didasarkan pada persamaan primitif, tetapi formulasi matematikanya dan solusi numeriknya sangat berbeda dari model titik grid untuk beberapa variabel-variabel prakiraan. Teknik spektral dikembangkan sebagai peningkatan dari bertambahnya laju dan perkembangan resolusi model global. Meskipun teknik-teknik ini dapat diadaptasikan pada masalah-masalah prakiraan model area terbatas (regional).

Struktur vertikal model adalah penting dalam menemukan perilaku model sebagaimana konfigurasi horizontal dan tipe model. Gambaran yang tepat dari struktur vertikal atmosfer memerlukan pemilihan koordinat yang tepat dan resolusi vertikal yang tepat.

Dalam pemilihan sistem kordinat vertikal untuk model numerik amak kordinat: a) harus menurun secara kontinu (contoh koordinat tekanan) atau naik secara kontinu dalam arah vertikal (koordinat isentropik). Koordinat harus memperlihatkan perilaku yang monoton terhadap ketinggian. Ini untuk menghindari koordinat permukaan dari munculnya beberapa level dalam atmosfer, b) harus mempertahankan sifat-sifat konservatif atmsofer dan memperlakukan proses-proses dinamik yang penting secara akurat, seperti gerakan adiabatik dan diabatik dan aliran di atas terrain, c) harus menggambarkan secara akurat gaya gradien tekanan (PGF yang digunakan untuk menghitung angin geostropik) baik pada terrain datar dan terain miring.

Penggunaan dari sigma koordinat lebih dari tekanan atau ketinggian untuk menghindari komplikasi yang muncul ketika tekanan atau ketinggian permukaan yang memotong permukaan, khususnya areal pegunungan



Gambar 2.4. Penggunaan dari koordinat sigma yang didefinisikan dengan p/ps (sumber:www.comet.ucar.edu)

Dengan menggunakan teknologi 'virtual' seperti Microsoft Virtual PC 2007TM dan lain-lain maka kita dapat menjalankan beberapa sistem operasi (operating Sistem (OS)) dalam waktu yang sama pada komputer secara fisik yang sama. Hanya dengan memindahkan 'switch' antara mesin virtual dengan hanya mengklik tombol mouse, maka kita dapat menjalankan virtual mesin untuk menjalankan di atasnya berbagai aplikasi-aplikasi lainnya. PC virtual dapat membuat mesin virtual secara terpisah pada desktop window yang masing-masingnya memvirtualisasikan perangkat keras dari komputer tersebut secara keseluruhan. Dengan menggunakan virtual mesin untuk menjalankan OS seperti MS-DOS, Window, Linux, OS/2 dan lain-lainnya maka dapat menghemat penggunaan komputer secara fisik.

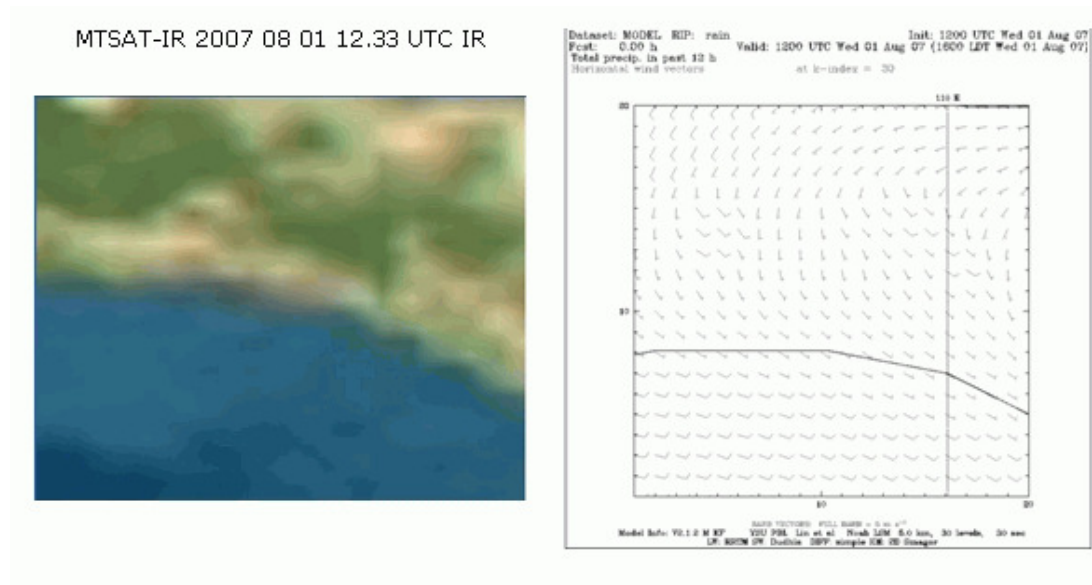
Dengan menggunakan aplikasi 'virtual mechine', kita bisa menghemat jumlah PC yang akan kita pergunakan untuk percobaan menjalankan model atmosfer. Sebuah PC dengan lebih dari satu sistem operasi yang berjalan bersamaan yang bisa saling berkomunikasi dan bertukar data. Aplikasi yang dapat kita gunakan sebagai 'virtual mechine' seperti VMware dan MsVirtual PC. Anda bisa melakukan instalasi Linux atau Sistem Operasi apapun, pada aplikasi tersebut, menkonfigurasi nya dengan tepat, sesuai keinginan yang anda. Instalasi Linux Server pada virtual mechine ini sangat membantu anda yang ingin belajar Linux dan segala kemampuannya dengan menggunakan satu PC, dengan syarat; PC tersebut arus terhubung ke sebuah switch atau hub menggunakan kabel UTP dan sebuah kartu jaringan tanpa harus terhubung dengan PC yang lain. (www.infolinux.web.id)

3. Hasil dan Pembahasan

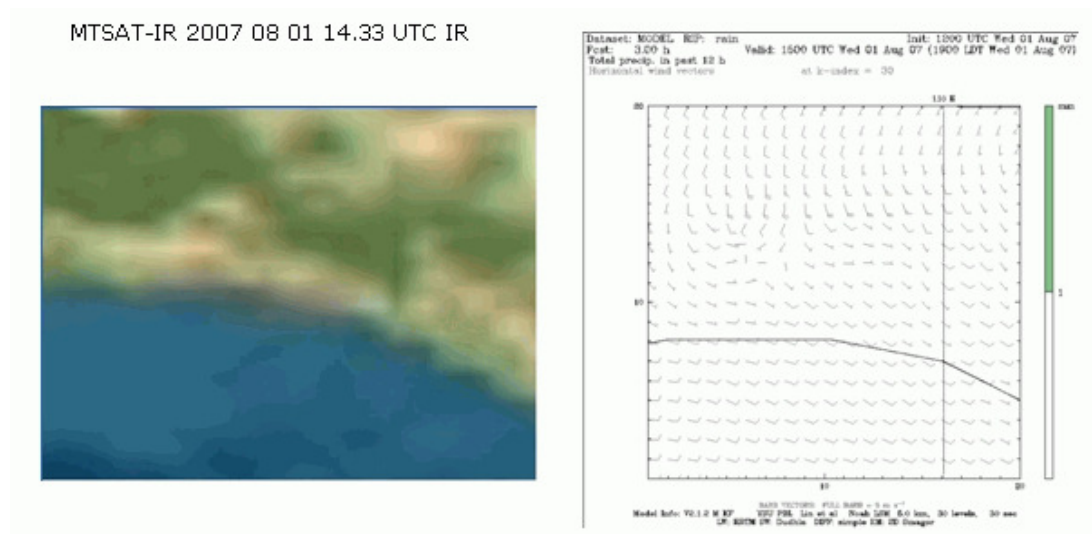
Dengan menggunakan teknologi 'virtual', maka kita dapat menjalankan model atmosfer hanya dalam PC atau laptop yang bebas platform dan dengan teknologi internet tanpa kabel untuk mendapatkan syarat awal dan syarat batas dari 'Global Forecasting System' NOAA, maka dapat dijalankan model atmosfer

atau iklim untuk memprakirakan keadaan yang akan datang di manapun kita berada.

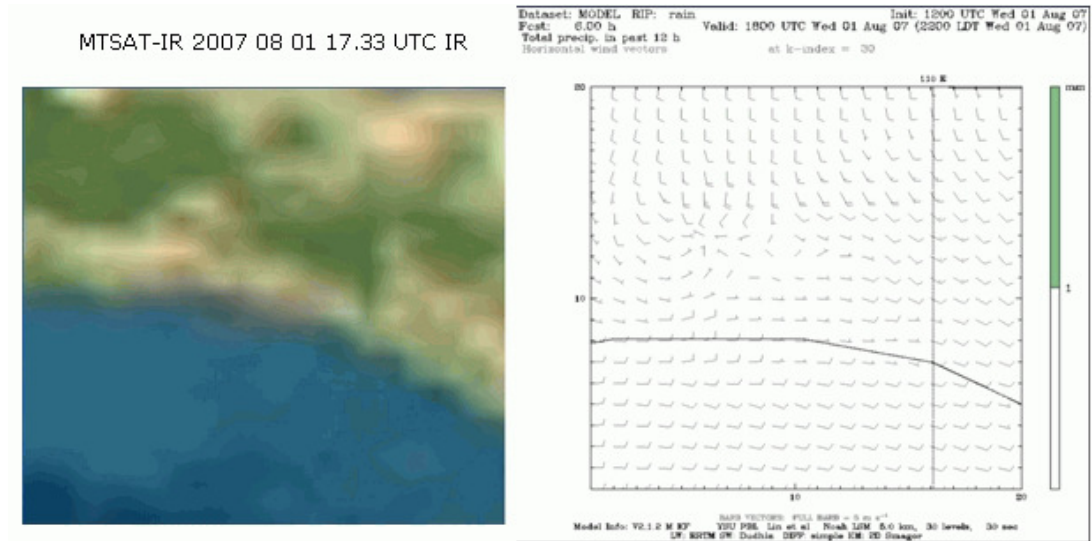
Hasil simulasi model atmosfer untuk variabel precipitasi pada Yogyakarta dan sekitarnya serta komparasinya dengan satelit.



Gambar 3.5. Komparasi antara simulasi model atmosfer (WRF) dengan satelit untuk variabel precipitasi pada jam 12.00 UTC dijalankan di PC.

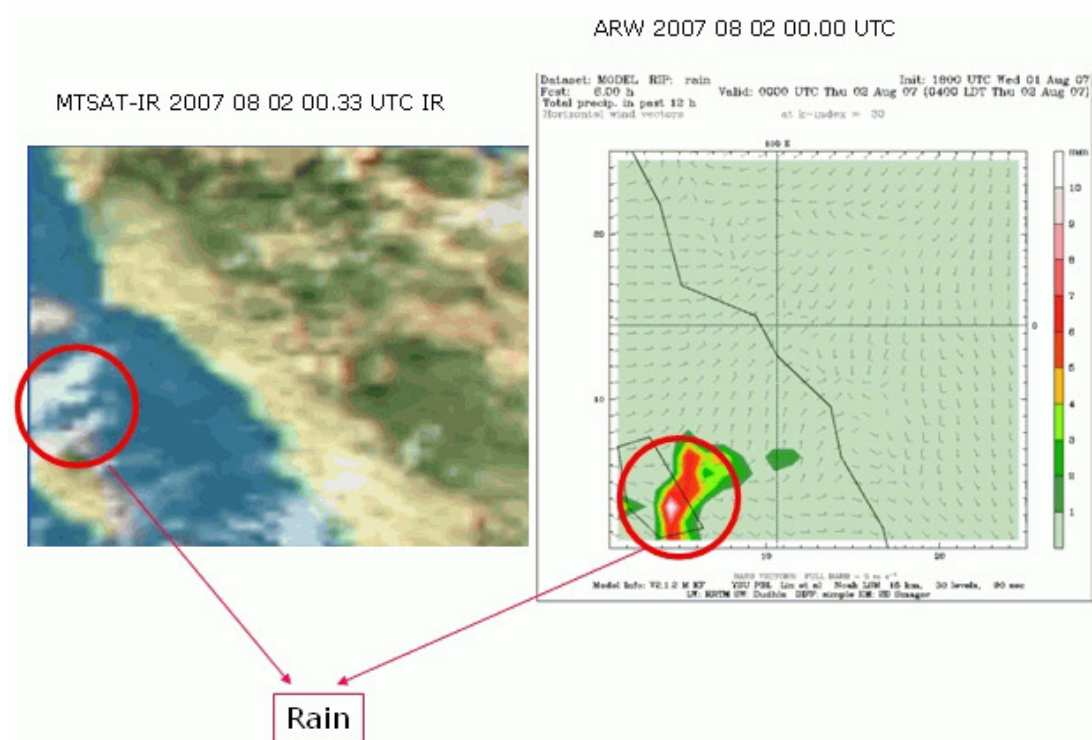


Gambar 3.6. Komparasi antara simulasi model atmosfer (WRF) dengan satelit untuk variabel precipitasi pada jam 14.00 UTC dijalankan di PC.



Gambar 3.7. Komparasi antara simulasi model atmosfer (WRF) dengan satelit untuk variabel precipitasi pada jam 14.00 UTC dijalankan di PC.

Hasil simulasi model atmosfer untuk variabel precipitasi pada Yogyakarta dan sekitarnya serta komparasinya dengan satelit.



Gambar 3.8. Komparasi antara simulasi model atmosfer (WRF) dengan satelit untuk variabel precipitasi pada jam 14.00 UTC dijalankan di PC.

Research and Forecasting' (WRF) pada beberapa domain menunjukkan hasil yang memuaskan.

5. Daftar Pustaka

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

COMET programme, (sumber:www.comet.ucar.edu)

Mobile Weather Inc, (sumber:www.mobileweather.com)