

## **VERIFIKASI MODEL ATMOSFER WILAYAH TERBATAS DALAM SIMULASI CURAH HUJAN**

**Didi Satiadi & Nurzaman Adikusumah**

*Bidang Pemodelan Iklim Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim  
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)  
Jl. Dr. Djundjunan 133, Bandung 40173 – Indonesia  
Email: satiadi @bdg.lapan.go.id*

### **Ringkasan**

Model numerik dinamika atmosfer memiliki dua fungsi penting, yaitu: (1) sebagai alat prediksi operasional cuaca dan iklim, dan (2) sebagai alat simulasi dalam kegiatan pendidikan maupun penelitian di bidang sains atmosfer dan meteorologi. Sebelum sebuah model atmosfer dapat digunakan sebagai alat prediksi ataupun simulasi, model tersebut harus terlebih dahulu diverifikasi dan divalidasi. Verifikasi dan validasi merupakan proses-proses untuk memastikan bahwa model tersebut merupakan replika yang cukup baik dapat diterima dari alam yang sesungguhnya.

Curah hujan merupakan salah satu parameter cuaca dan iklim yang penting bagi berbagai sektor pembangunan. Dalam makalah ini, curah hujan konvektif hasil simulasi sebuah model atmosfer untuk wilayah terbatas telah dibandingkan dengan data pengamatan dari satelit dalam rangka verifikasi model tersebut terhadap data pengamatan.

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah DARLAM, yang dibangun oleh the Division of Atmospheric Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Australia. Model ini telah dikembangkan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sehingga dapat berjalan di atas mesin komputer PC X86 Intel Processor 32 bit yang menjalankan sistem operasi Windows XP. Sedangkan data pengamatan diperoleh dari satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) yang dioperasikan oleh the National Agency for Space Administration (NASA), Amerika Serikat. Data yang dibandingkan adalah curah hujan konvektif rata-rata Bulan Januari s.d. Desember Tahun 2004.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa pola-pola distribusi curah hujan yang pergerakannya yang disimulasikan oleh model secara umum mengikuti pola-pola yang diperlihatkan oleh data pengamatan satelit, di mana pengaruh posisi matahari dan keberadaan benua Australia sangat mempengaruhi pola curah hujan di benua-maritim Indonesia. Namun apabila diperhatikan secara lebih detil, ada perbedaan-perbedaan yang terutama disebabkan oleh kondisi batas lateral. Dengan demikian, penentuan kondisi batas lateral sangat penting dalam melakukan simulasi model atmosfer di wilayah benua-maritim Indonesia.

**Kata Kunci:** Model Atmosfer, DARLAM, TRMM, hujan konvektif, validasi

## Pendahuluan

Model atmosfer merupakan representasi numerik dari persamaan-persamaan dasar yang menggambarkan perilaku dari atmosfer. Model atmosfer memiliki dua fungsi penting, yaitu: (1) sebagai alat prediksi cuaca dan iklim, dan (2) sebagai alat simulasi dalam kegiatan pendidikan maupun penelitian.

Di dalam fungsi yang pertama, model atmosfer digunakan secara operasional dan rutin untuk melakukan prediksi ke depan mengenai kondisi atmosfer di masa mendatang. Informasi prakiraan cuaca dan iklim yang akurat sangat dibutuhkan sebagai dasar pengambilan keputusan pada sektor-sektor pembangunan seperti, pertanian, kehutanan, perikanan, kesehatan, perhubungan, lingkungan hidup dan sebagainya.

Di dalam fungsi yang kedua, model atmosfer digunakan untuk melakukan suatu eksperimen simulasi atau diagnosa di mana beberapa komponen dari model dapat dihidupkan, dimatikan, atau diubah untuk mengetahui dan memahami akibat-akibat yang ditimbulkan. Hal ini sangat berguna untuk mempelajari cara kerja atau mekanisme dari sistem atmosfer yang kompleks, untuk mendukung kegiatan pendidikan ataupun penelitian.

Sebelum sebuah model atmosfer dapat digunakan sebagai alat prediksi ataupun simulasi, model tersebut harus terlebih dahulu diverifikasi dan divalidasi. Verifikasi dan validasi merupakan proses-proses untuk memastikan bahwa model tersebut merupakan replika yang cukup baik dan dapat diterima dari alam yang sesungguhnya. Verifikasi biasanya dilakukan hanya terhadap hasil keluaran akhir dari model, sedangkan validasi dilakukan secara lebih teliti terhadap seluruh proses yang dilakukan oleh model dalam menghasilkan keluaran akhir tersebut.

Curah hujan merupakan salah satu parameter cuaca dan iklim yang penting bagi berbagai sektor pembangunan. Dalam makalah ini, curah hujan konvektif hasil simulasi sebuah model atmosfer untuk wilayah terbatas telah dibandingkan dengan data pengamatan dari satelit dalam rangka verifikasi model tersebut terhadap data pengamatan. Hujan konvektif merupakan jenis hujan yang dihasilkan oleh proses-proses konvektif di atmosfer yang menghasilkan awan-awan konvektif, yang mendominasi wilayah benua-maritim Indonesia.

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah DARLAM, yang dibangun oleh the Division of Atmospheric Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Australia. Model ini telah dikembangkan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sehingga dapat berjalan di atas mesin komputer PC X86 Intel Processor 32 bit yang menjalankan sistem operasi Windows XP. Sedangkan data pengamatan diperoleh dari satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) yang dioperasikan oleh the National Agency for Space Administration (NASA), Amerika Serikat. Data yang dibandingkan adalah curah hujan konvektif rata-rata Bulan Januari s.d. Desember Tahun 2004.

## Teori

Model sirkulasi umum CSIRO9 menjalankan integrasi ke depan dalam waktu dari persamaan-persamaan primitif yang menggambarkan gerakan dari atmosfer global. Persamaan-persamaan tersebut menggambarkan gerakan, sumber-sumber (source) dan tempat-tempat lenyapnya (sink) berbagai besaran fisis, termasuk panas, uap air dan gas-gas telusur (trace gases). Model ini mensimulasikan sejumlah proses-proses fisika termasuk radiasi dan presipitasi yang menjadi penggerak dari persamaan-persamaan dinamika. Model ini ditujukan untuk simulasi iklim secara umum sehingga menggambarkan siklus tahunan dan harian. Kondisi batas bawah atmosfer ditentukan oleh skema interaktif permukaan daratan, tetapi suhu permukaan laut ditentukan di dalam model versi ini. Semua variabel utama yang lain seperti jumlah awan, salju, laut-es dihitung sendiri.

Model ini menggunakan bentuk fluks dari persamaan-persamaan dinamika daripada bentuk advektif. Formulasi fluks memastikan bahwa konservasi massa dan energi dapat dicapai dengan cepat. Konservasi ini sangat penting dalam AGCM yang digunakan untuk integrasi banyak-tahun yang dibutuhkan dalam penelitian-penelitian iklim.

Model ini telah digunakan untuk menghitung transport panas di laut yang diperlukan untuk dapat menghitung suhu laut dengan model lempeng (slab) laut daripada menggunakan suhu yang tetap. Penggunaan “lapisan-campuran” laut yang sederhana ini mengizinkan kondisi batas yang meliputi permukaan daratan, permukaan es kutub, dan laut untuk dapat ditentukan sendiri. Dalam model slab ini arus laut belum diperhitungkan, sehingga perlu ada koreksi yang disebut sebagai koreksi Q-fluks.

Model ini menggunakan koordinat sigma pada arah vertikal. Interval antara tingkat ketinggian tidak harus seragam. Variabel-variabel prognostik ditulis dalam bentuk spektral (kompleks atau split riil/imajiner) kecuali untuk kelembaban yang ditulis dalam bentuk variabel grid. Variabel prognostik utama ditulis dalam tingkat penuh, sedangkan kecepatan vertikal diagnostik dan tinggi geopotensial ditulis dalam tingkat setengah; tingkat penuh berada di tengah-tengah antara tingkat setengah.

Model ini telah ditulis dalam variabel spektral resolusi horisontal. Model ini dijalankan pada resolusi spektral R21 (rhombooidal terpotong pada 21 gelombang) yang menggunakan 64 grid timur-barat dengan interval yang sama dan menggunakan 28 grid kutub-katulistiwa dengan interval yang tidak sama. Skema waktu semi-implisit lompat-katak (leap-frog) digunakan (waktu kini dan sebelumnya disimpan) dengan filter waktu. Interval waktu model adalah 30 menit.

Seluruh model ditulis dalam bahasa pemrograman fortran77 dan terbagi atas subrutin-subrutin. masing-masing subrutin menghitung suatu proses atau sub-proses. Selain itu ada satu file yang digunakan untuk mengkompilasi model menurut mesin yang digunakan dan resolusi yang diinginkan, sebuah file yang digunakan sebagai pengontrol dalam menjalankan model, dan file-file yang diperlukan untuk menjalankan suatu eksperimen.

Model Wilayah Terbatas DARLAM menggambarkan dinamika atmosfer dalam domain wilayah yang terbatas dengan resolusi yang lebih tinggi. Model ini merupakan penurunan skala (downscaling) secara dinamik dari model sirkulasi umum, yang dijalankan secara bersarang (nesting) di dalam model global. Proses nesting dilakukan satu arah, di mana model sirkulasi umum menjadi masukan penggerak, kondisi awal, serta kondisi batas bagi model wilayah terbatas.

## **Data dan Metoda**

Data keluaran model hujan konvektif rata-rata bulan Januari s.d. Desember 2004 diperoleh dari hasil simulasi model DARLAM yang dibangun oleh the Division of Atmospheric Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Australia. Model ini telah dikembangkan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sehingga dapat berjalan di atas mesin komputer PC X86 Intel Processor 32 bit yang menjalankan sistem operasi Windows XP.

Sedangkan data pengamatan diperoleh dari satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) yang dioperasikan oleh the National Agency for Space Administration (NASA), Amerika Serikat. Data pengamatan yang digunakan terdiri dari dataset 3A12 gridded dengan resolusi  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  yang dapat diperoleh dari internet website <http://trmm.gsfc.nasa.gov>. Variabel yang digunakan adalah curah hujan konvektif rata-rata global bulan Januari s.d. Desember 2004.

Model DARLAM dijalankan dengan konfigurasi eksperimen sebagai berikut:

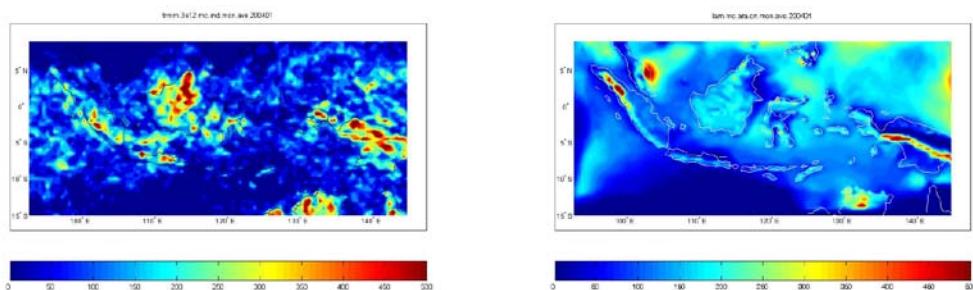
- Domain fisik wilayah Indonesia ( $93^{\circ}\text{BT}-145^{\circ}\text{BT}$ ,  $9^{\circ}\text{LU}-15^{\circ}\text{LS}$ )
- Domain komputasi dengan ukuran grid  $130 \times 60 \times 9$  tingkat vertikal
- Resolusi Horisontal 50 km
- Time step 900 detik
- Nesting dari model sirkulasi umum
- Waktu simulasi bulanan selama tahun 2004
- Skema konveksi Arakawa.

Post-processing data keluaran model dan data pengamatan satelit TRMM dilakukan dengan menggunakan software Matlab R12.

Perbandingan ini hanya dilakukan secara kualitatif dan visual terhadap pola-pola umum distribusi hujan konvektif global setiap bulan.

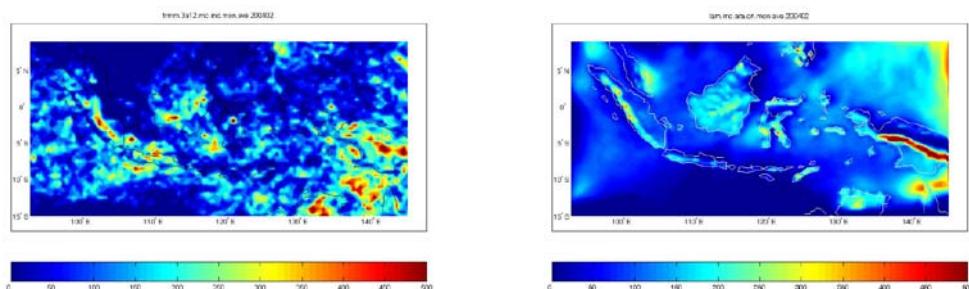
## Hasil dan Pembahasan

Gambar 1 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan Januari tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



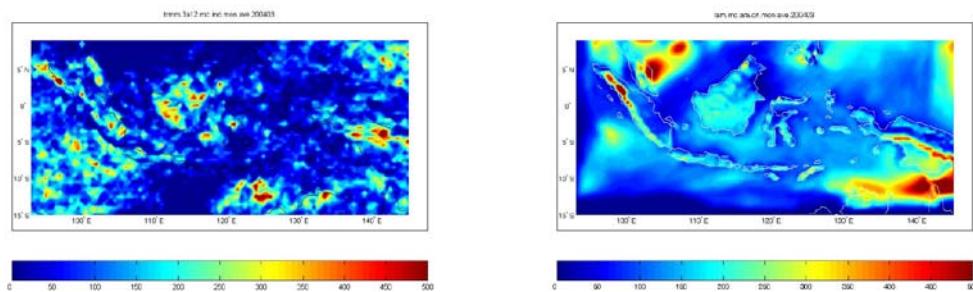
**Gambar 1 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan Januari 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 2 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan Februari tahun 2004, perbandingan antara keluaran model CSIRO9 (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



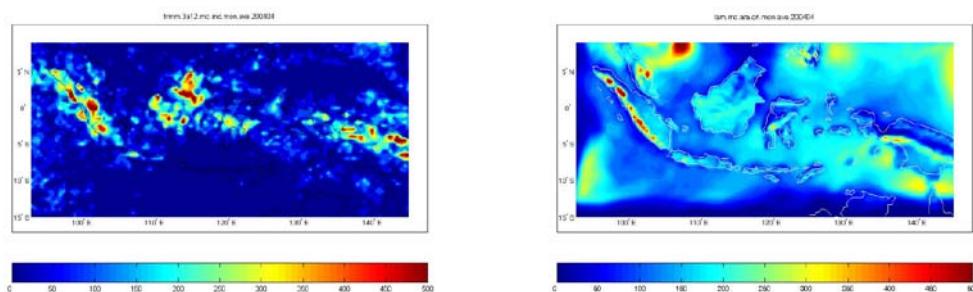
**Gambar 2 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan Februari 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 3 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan Maret tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



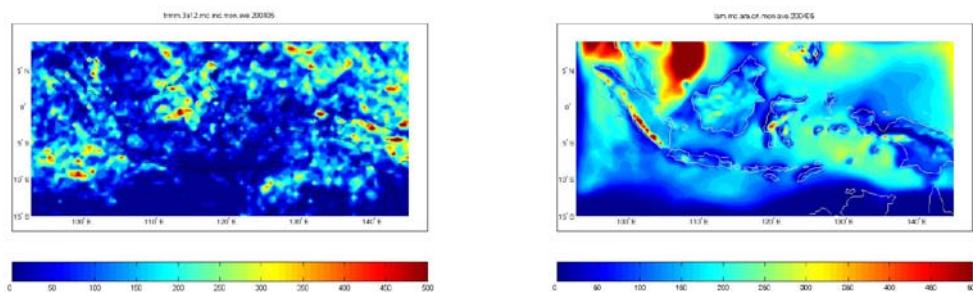
**Gambar 3 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan Maret 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 4 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan April tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



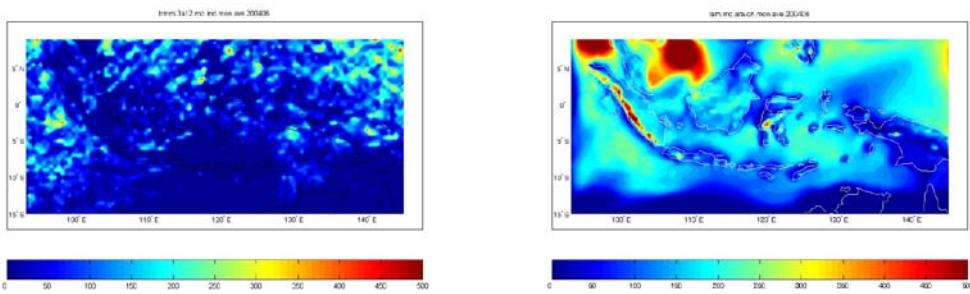
**Gambar 4 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan April 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 5 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan Mei tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



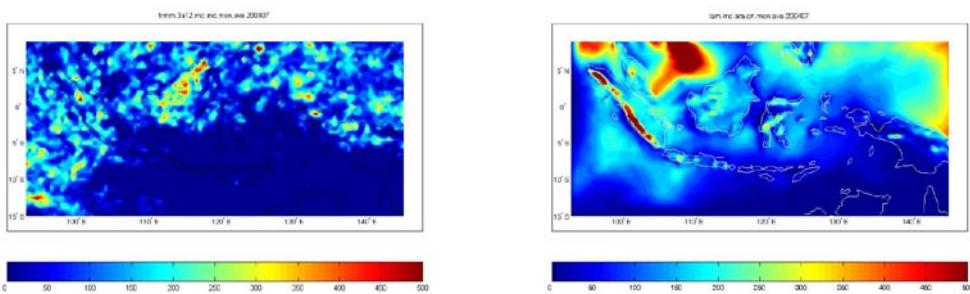
**Gambar 5 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan Mei 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 6 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan Juni tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



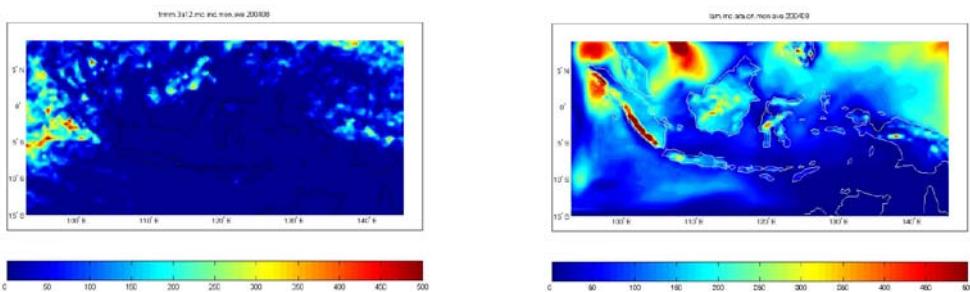
**Gambar 6 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan Juni 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 7 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan Juli tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



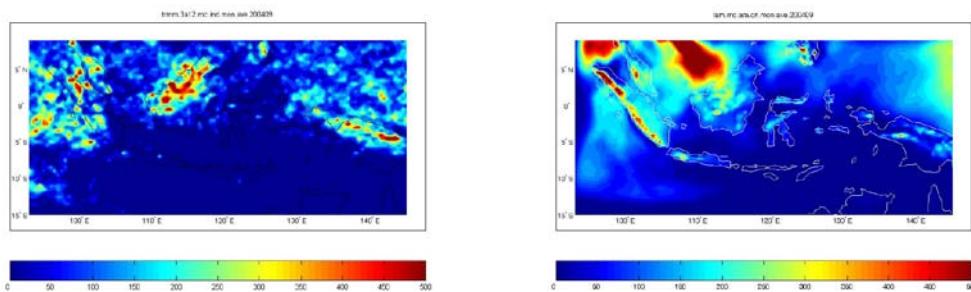
**Gambar 7 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan Juli 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 8 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan Agustus tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



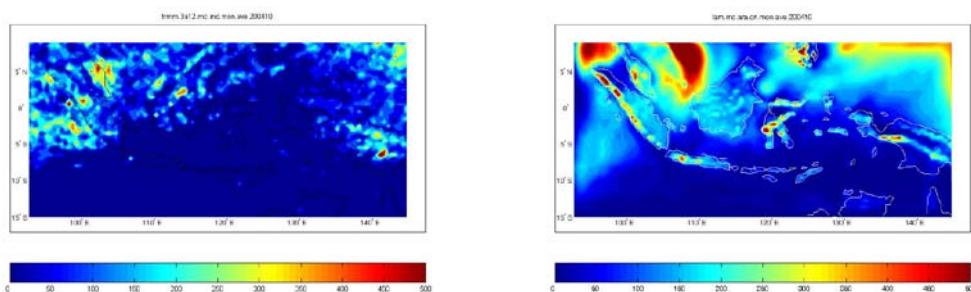
**Gambar 8 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan Agustus 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 9 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan September tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



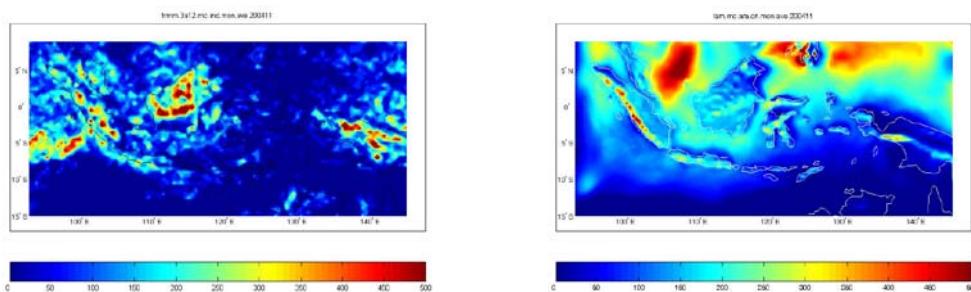
**Gambar 9 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan September 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 10 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan Oktober tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



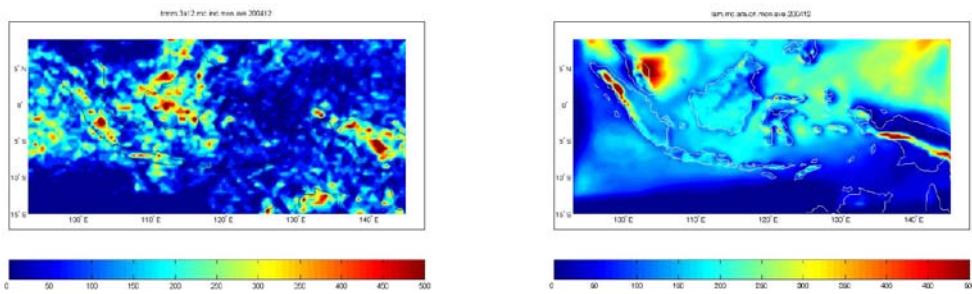
**Gambar 10 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan Oktober 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 11 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan November tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



**Gambar 11 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan November 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Gambar 12 memperlihatkan hujan konvektif rata-rata bulan Desember tahun 2004, perbandingan antara keluaran model DARLAM (kanan) dengan data observasi satelit TRMM (kiri).



**Gambar 12 Hujan Konvektif Rata-Rata Bulan Desember 2004:  
Model (kanan) vs Observasi (kiri)**

Dari gambar 1 s.d. 12 dapat dilihat bahwa secara umum pola-pola distribusi curah hujan konvektif menurut keluaran model DARLAM mengikuti pola-pola yang diperlihatkan oleh data observasi TRMM, yang menunjukkan pengaruh yang kuat dari posisi matahari dan pergerakan Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ).

Namun apabila diperhatikan secara lebih teliti akan tampak perbedaan-perbedaan yang penting.

Curah hujan menurut model memperlihatkan pola-pola yang cenderung kontinu dibandingkan dengan data observasi yang memperlihatkan pola-pola yang cenderung diskontinu. Perbedaan juga banyak terjadi pada batas domain yang menunjukkan pengaruh kondisi batas lateral terhadap simulasi model.

## Kesimpulan

Dalam makalah ini, perbandingan antara keluaran model wilayah terbatas DARLAM dengan data observasi satelit TRMM dalam hal curah hujan konvektif rata-rata bulan Januari s.d. Desember 2004 telah dilakukan. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa pola-pola distribusi curah hujan yang pergerakannya yang disimulasikan oleh model secara umum mengikuti pola-pola yang diperlihatkan oleh data pengamatan satelit, di mana pengaruh posisi matahari dan keberadaan benua Australia sangat mempengaruhi pola curah hujan di benua-maritim Indonesia. Namun apabila diperhatikan secara lebih detil, ada perbedaan-perbedaan yang terutama disebabkan oleh kondisi batas lateral. Dengan demikian, penentuan kondisi batas lateral sangat penting dalam melakukan simulasi model atmosfer di wilayah benua-maritim Indonesia.

## Daftar Pustaka

1. General Circulation Model CSIRO9 Technical Paper, CSIRO Division of Atmospheric Research, Australia, 1993.
2. Siswanto B & Ratag M. A., Manual Menjalankan GCM-CSIRO9 Mark II, Lapan Bandung, April 1999.
3. Data dan informasi satelit TRMM diperoleh dari internet website <http://trmm.gsfc.nasa.gov>, didownload pada tanggal 21 Juni 2007.