

REANALISIS CURAH HUJAN DI INDONESIA HASIL SIMULASI MODEL AREA TERBATAS RESOLUSI TINGGI CSIRO DARLAM

Mezak A. Ratag

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Abstrak

Reanalisis curah hujan di Indonesia luaran dari model area terbatas beresolusi tinggi menjadi fokus makalah ini. Model area terbatas yang digunakan adalah DARLAM (Division of Atmospheric Research Limited Area Model) yang dikembangkan oleh CSIRO Australia.

Perbandingan antara curah hujan luaran simulasi DARLAM dengan hasil observasi 15 stasiun di Indonesia untuk kasus-kasus tahun El Nino (1982), tahun La Nina (1988/89), dan tahun 'normal' (1990) menjadi perhatian utama dalam studi ini. Beberapa hal penting yang dapat disimpulkan dari reanalisis ini adalah (1) meskipun perbedaan nilai variabel masih cukup besar, model area terbatas beresolusi tinggi yang digunakan dalam eksperimen ini dapat dipandang telah mampu mensimulasikan *pola umum* curah hujan untuk ketiga kasus yang ditinjau. Hal ini mengindikasikan bahwa kaidah-kaidah fisika dan dinamika sistem iklim regional yang dilibatkan dalam model dan berperan sebagai "the first principles" telah mampu mendeskripsikan mekanisma-mekanisma utama sistem iklim regional di Indonesia dan sekitarnya; (2) penyimpangan-penyimpangan yang cukup signifikan, seperti dalam kasus Amahai, Ambon, Manokwari, dan Medan, kemungkinan besar disebabkan oleh dinamika lautan yang belum direpresentasikan dengan baik dalam model.; (3) pada umumnya rata-rata curah hujan hasil simulasi model lebih kecil atau kira-kira sama dengan hasil observasi, kecuali dalam sejumlah kecil kasus seperti Banjarmasin (1990), Kendari (1988/89), dan Medan (1990) yang dengan jelas menunjukkan eksese relatif terhadap observasi.

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dasawarsa terakhir ini sejumlah besar model iklim global telah dikembangkan dan digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan simulasi, prediksi dan pembuatan skenario iklim. Model-model tersebut telah dimanfaatkan untuk mengkaji variabilitas dan perubahan iklim.

Hampir dapat dipastikan bahwa dalam beberapa dasawarsa mendatang GCM 3-dimensi dengan resolusi tertinggi tidak akan mampu memiliki grid yang berukuran jauh lebih kecil daripada 100 kilometer. Karenanya, model-model tersebut dipastikan tidak akan mampu meresolusikan peristiwa thunderstorm tunggal, atau efek-efek penting berskala meso dan lokal dari keberadaan bukit-bukit, variasi garis pantai, danau-

danau, lingkungan vegetasi, atau struktur dan komposisi tanah yang heterogen. Untuk wilayah-wilayah dengan ciri-ciri topografi yang relatif homogen, seperti pada kawasan savannah atau hutan tropis berskala ribuan kilometer dengan perubahan ketinggian yang cukup kecil, parameterisasi-parameterisasi skala-kecil GCM untuk albedo permukaan, tipe tanah, dan evapotranspirasi dapat dengan memadai digunakan untuk menaksir variabilitas dan perubahan-perubahan lokal. Perubahan-perubahan iklim yang diprediksikan terjadi dalam suatu kotak grid kemungkinan besar berlaku secara merata pada wilayah-wilayah homogen tersebut. Sebaliknya, pada kawasan dengan variasi topografi yang besar, misalnya yang menjadi ciri khas daerah

'watershed', walaupun berukuran lebih kecil daripada grid-grid GCM dapat sangat mempengaruhi iklim regional. Oleh sebab itu, meskipun prediksi-prediksi iklim berbasis GCM bisa akurat pada skala grid, prediksi-prediksi tersebut belum tentu sesuai bagi kondisi-kondisi lokal.

Kini telah pesat berkembang teknik-teknik 'nesting' dan 'multiple nesting' yang pada prinsipnya menempatkan sebuah model berskala meso dengan resolusi sangat tinggi pada beberapa kotak grid GCM dan menggunakan syarat-syarat batas suhu, angin, dan variabel-variabel lain hasil prediksi GCM pada batas-batas model berskala meso tersebut. Model skala meso beresolusi tinggi tersebut, dengan grid-grid berukuran jauh lebih kecil daripada grid-grid GCM, selanjutnya dapat memperhitungkan topografi lokal, jenis tanah, danau-danau dan tutupan vegetasi, dan kemudian mentranslasikan ramalan-ramalan GCM tersebut pada skala lokal.

2. DESKRIPSI MODEL DAN DESAIN EKSPERIMEN

Dalam makalah ini disajikan reanalisis curah hujan di Indonesia yang merupakan luaran dari model area terbatas beresolusi tinggi. Model area terbatas CSIRO DARLAM (Division of Atmospheric Research Limited Area Model) yang digunakan adalah model yang dikembangkan oleh CSIRO Australia (lihat misalnya McGregor et al, 1993, 1998 untuk deskripsi tentang model ini). Model beresolusi tinggi (44 kilometer) dengan 9 level vertikal yang didesain untuk meliputi kawasan Asia Tenggara ini ditempatkan *nested* di dalam model-model global ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts) atau NCEP (National Center for Environmental Prediction, USA). Kedua model global tersebut mempunyai resolusi spasial beberapa ratus kilometer untuk daerah-daerah di dekat ekuator. Dalam eksperimen yang dideskripsikan di sini, kita akan memusatkan perhatian

pada hasil simulasi curah hujan di wilayah Indonesia untuk tahun El Nino (1982), tahun La Nina (1988/89) dan tahun 'normal' (1990). Rentang bujur yang diliput dibagi atas 149 grid sedangkan dalam arah lintang terdapat 122 grid. Dalam arah vertikal digunakan koordinat $\sigma = p/p_s$, dengan p adalah tekanan pada titik tengah level yang bersangkutan dan p_s adalah tekanan di permukaan. Sembilan level vertikal yang digunakan adalah $\sigma = 0.983, 0.920, 0.807, 0.662, 0.5, 0.338, 0.193, 0.08, \text{ dan } 0.017$.

Data Observasi

Data observasi curah hujan yang digunakan dalam reanalisis ini sebagian besar diperoleh dari kompilasi data yang dikumpulkan dari sekitar 11800 stasiun cuaca di seluruh dunia yang diperoleh dari Global Historical Climatology Network (GHCN). Rincian penjelasan tentang Network ini diberikan oleh Hulme (1992, 1994). Data tambahan diperoleh dari kompilasi yang dibuat oleh Sribimawati dkk. (1998, 1999).

Sebanyak 15 stasiun cuaca yang tersebar di berbagai kota di Indonesia dipilih untuk diteliti dalam riset ini. Tabel 1 memberikan nama kota, posisi geografis, dan posisi dalam grid DARLAM dari stasiun-stasiun tersebut.

Tabel 1. Posisi Geografis dan Posisi Grid DARLAM Stasiun-Stasiun Uji

No.	Kota	Posisi Geografis		Posisi Grid DARLAM	
		Lintang	Bujur (E)	i	j
1	Amahai	-3.30	129.00	90.68	58.19
2	Ambon	-3.70	128.00	88.19	57.19
3	Ampenan	-8.53	116.07	58.50	45.09
4	Bandung	-6.90	107.00	35.92	49.20
5	Banjarmasin	-3.45	114.75	55.21	57.83
6	Biak	-1.18	136.12	108.39	63.45
7	Denpasar	-8.80	115.02	55.88	44.41
8	Javapura	-2.37	140.71	119.82	60.53
9	Kendari	-4.10	122.40	74.25	56.19
10	Manado	+1.50	124.90	80.47	70.14
11	Manokwari	-0.88	134.05	103.24	64.22
12	Medan	+3.57	98.48	14.73	75.31
13	Palembang	-2.90	104.70	30.20	59.19
14	Palu	-0.70	119.73	67.62	64.66
15	Poso	-1.40	120.70	70.02	62.92

3. HASIL REANALISIS

Gambar 1-1 hingga 1-15 menunjukkan perbandingan antara curah hujan luaran simulasi DARLAM dengan hasil observasi 15 stasiun di Indonesia untuk kasus-kasus tahun El Nino (1982), tahun La Nina (1988/89), dan tahun 'normal' (1990). Korelasi pola dan rms-error dihitung berdasarkan prosedur statistik baku. Beberapa hal penting yang dapat disimpulkan dari reanalisis ini adalah sebagai berikut.

- Meskipun perbedaan nilai variabel masih cukup besar – beberapa stasiun mempunyai rms-error yang lebih besar daripada 3σ , pada sebagian besar stasiun, model area terbatas beresolusi tinggi yang digunakan dalam eksperimen ini mampu mensimulasikan *pola umum* curah hujan untuk ketiga kasus yang ditinjau. Hal ini mengindikasikan bahwa kaidah-kaidah fisika dan dinamika sistem iklim regional yang dilibatkan dalam model dan berperan sebagai “the first principles” telah mampu mendeskripsikan mekanisme-mekanisme utama sistem iklim regional di Indonesia dan sekitarnya.
- Penyimpangan-penyimpangan yang cukup signifikan, seperti dalam kasus Amahai, Ambon, Manokwari, dan Medan, kemungkinan besar disebabkan oleh dinamika lautan yang belum direpresentasikan dengan baik dalam model.
- Pada umumnya rata-rata curah hujan hasil simulasi model lebih kecil atau kira-kira sama dengan hasil observasi, kecuali dalam sejumlah kecil kasus seperti Banjarmasin (1990), Kendari (1988/89), dan Medan (1990) yang dengan jelas menunjukkan ekse relatif terhadap observasi.

Kegiatan simulasi di sini dimaksudkan untuk mereproduksi variabel curah hujan dalam suatu selang waktu tertentu untuk daerah-daerah tertentu di Indonesia. Korelasi antara hasil simulasi model dan hasil observasi iklim yang sesungguhnya dapat

dijadikan tolok ukur *reliability* model yang bersangkutan. Hal ini juga digunakan sebagai dasar pengembangan/ perbaikan model. Hasil simulasi yang baik menjadi dasar bagi pembuatan skenario dan prediksi yang terpercaya.

Model yang mampu menghasilkan simulasi iklim dengan baik kemudian dapat digunakan untuk memprediksi kondisi iklim dalam perioda waktu di luar selang waktu simulasi yang bersangkutan. Untuk suatu model tertentu tingkat akurasi yang dapat dicapai dalam sejumlah variabel iklim dapat sangat bervariasi. Adanya variasi semacam ini mengindikasikan adanya sejumlah proses fisis dan dinamika yang perlu diperbaiki.

Validasi, atau evaluasi kinerja (*performance*) model yang digambarkan di atas adalah upaya memastikan apakah kecermatan model area terbatas DARLAM telah memadai untuk mensimulasikan curah hujan di kawasan Indonesia. Dalam hal ini sasaran utamanya adalah diperolehnya rentang ketidakpastian yang mungkin bagi variabel curah hujan yang disimulasikan atau diprediksi oleh model yang bersangkutan. Dalam prakteknya, kekompleksan interaksi antara komponen-komponen sistem iklim, terutama di kawasan tropis, membuat kajian teoritis tentang rentang ketidakpastian tersebut diatas menjadi sangat sukar untuk dilakukan. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menyarankan bahwa model area terbatas DARLAM telah mampu mendeskripsikan curah hujan di sebagian besar wilayah Indonesia. Sejumlah parameterisasi proses masih perlu diperbaiki untuk meminimalkan disparitas nilai absolut.

Di samping masalah penting yang menyangkut konveksi, umpanbalik penting yang perlu memperoleh perhatian adalah yang berkaitan dengan uap air di troposfer atas. Meskipun banyaknya air yang terkandung di lapisan tersebut jauh lebih sedikit daripada yang terdapat di troposfer bawah, tingkat kepentingan radiatifnya per molekul jauh lebih besar.

Sebagian besar pakar sains atmosfer sepakat bahwa penyediaan air bagi troposfer atas terbanyak diperoleh melalui konveksi kumululus (Betts, 1982, 1996). Dalam model-model iklim proses ini diparameterisasikan, dan komponen-komponen neraca uap air tampaknya tidak realistik. Hal ini bisa mempengaruhi kehandalan umpanbalik uap air dalam model-model iklim dan seterusnya mempengaruhi reliabilitas mekanisme pembentukan hujan yang dideskripsikan.

4. KESIMPULAN

Dalam makalah ini, reanalisis curah hujan di Indonesia luaran dari model area terbatas beresolusi tinggi menjadi fokus. Model area terbatas yang digunakan adalah DARLAM (Division of Atmospheric Research Limited Area Model) yang dikembangkan oleh CSIRO Australia.

Perbandingan antara curah hujan luaran simulasi DARLAM dengan hasil observasi 15 stasiun di Indonesia untuk kasus-kasus tahun El Nino (1982), tahun La Nina (1988/89), dan tahun 'normal' (1990) menjadi perhatian utama dalam studi ini. Beberapa hal penting yang dapat disimpulkan dari reanalisis ini adalah sebagai berikut. Meskipun perbedaan nilai variabel masih cukup besar, model area terbatas beresolusi tinggi yang digunakan dalam eksperimen ini dapat dipandang telah mampu mensimulasikan pola umum curah hujan untuk ketiga kasus yang ditinjau. Hal ini mengindikasikan bahwa kaidah-kaidah fisika dan dinamika sistem iklim regional yang dilibatkan dalam model telah mampu mendeskripsikan mekanisme-mekanisme utama sistem iklim regional di Indonesia dan sekitarnya. Selanjutnya, penyimpangan-penyimpangan yang cukup signifikan, seperti dalam kasus Amahai, Ambon, Manokwari, dan Medan, kemungkinan besar disebabkan oleh dinamika lautan yang belum direpresentasikan dengan baik dalam model. Pada umumnya rata-rata curah hujan hasil simulasi model lebih kecil atau kira-kira sama dengan

hasil observasi, kecuali dalam sejumlah kecil kasus seperti Banjarmasin (1990), Kendari (1988/89), dan Medan (1990) yang dengan jelas menunjukkan eksese relatif terhadap observasi.

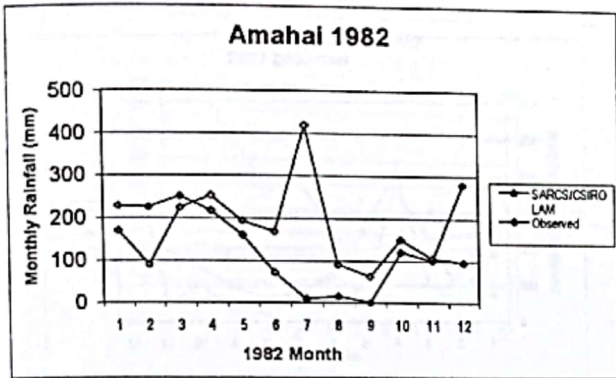
Validasi, atau evaluasi kinerja (*performance*) model yang digambarkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kecermatan model area terbatas DARLAM telah memadai untuk mensimulasikan curah hujan di kawasan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA:

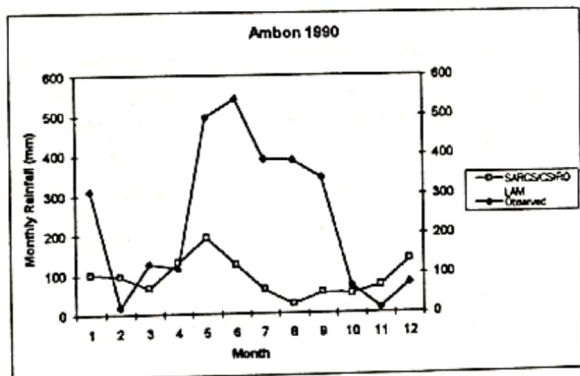
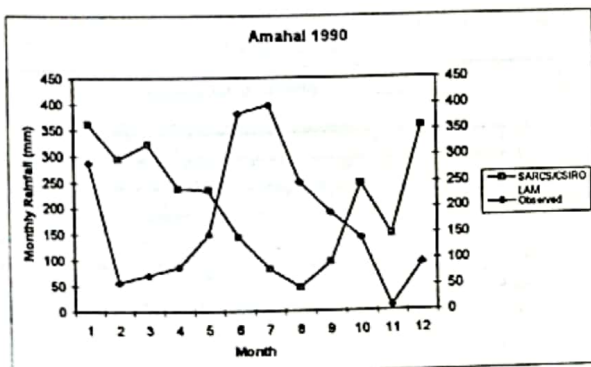
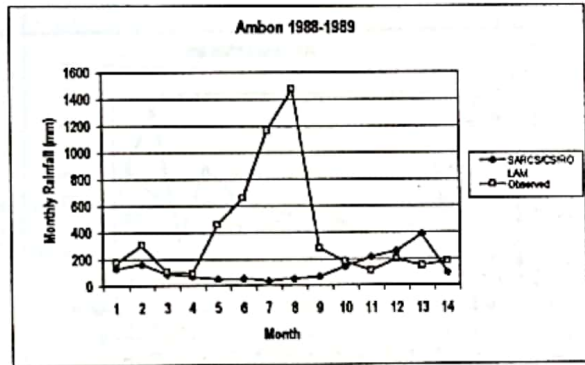
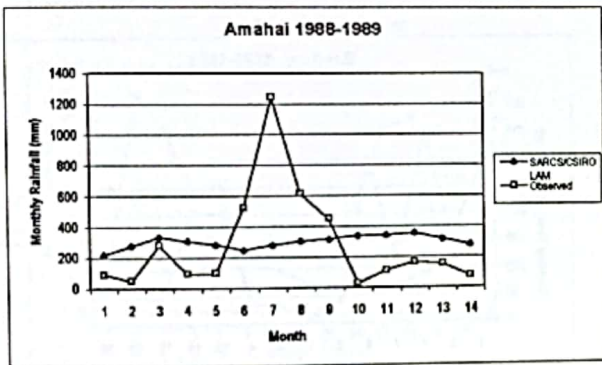
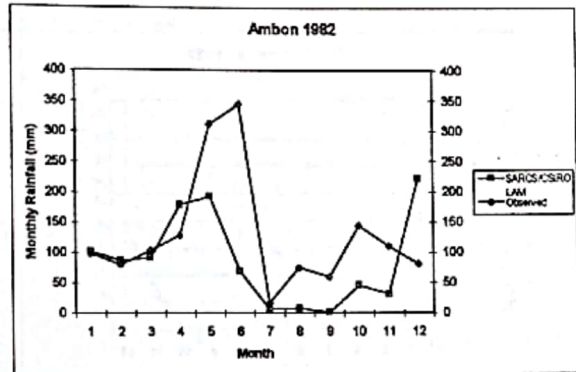
1. Betts, A.K., 1982. *Saturation point analysis of moist convective overturning. Journal of the Atmospheric Sciences*, 39, 1484-1505.
2. Betts, A.K., J.H. Ball, A.C.M. Beljaars, M.J. Miller and P.A. Viterbo, 1996. *The land-surface atmosphere interaction, Journal of Geophysical Research*. 101, 7209-7225.
3. Hulme, M., 1992. *Global land precipitation climatology for the evaluation of general circulation models. Clim. Dyn.*, 7, 57-72
4. Hulme, M., 1994. *Validation of large-scale precipitation fields in general circulation models. In: Global Precipitation and Climate Change*. Desbois, M., and F. Desalmand, Eds., NATO ASI Series, Springer Verlag, Berlin.
5. McGregor, J.L., K.J. Walsh, and J.J. Katzfey, 1993. *Nested modelling for regional climate studies. In: Modelling Change in Environmental Systems*. A.J. Jakeman, M.B. Beck and M.J. McAleer, Eds., John Wiley, 367-386.
6. McGregor, J.L., J.J. Katzfey, and K.C. Nguyen, 1998. *Fine Resolution Simulations of Climate Change for South-East Asia*. Final Report for a SARCS Research Project, CSIRO.
7. Sribimawati, T. dkk, 1998. *Laporan Tahun I Riset Unggulan Terpadu*. Kantor MNRT.
8. Sribimawati, T. dkk, 1999. *Laporan Tahun II Riset Unggulan Terpadu*. Kantor MNRT.

LAMPIRAN : Gambar 1-1 - Gambar 1-15

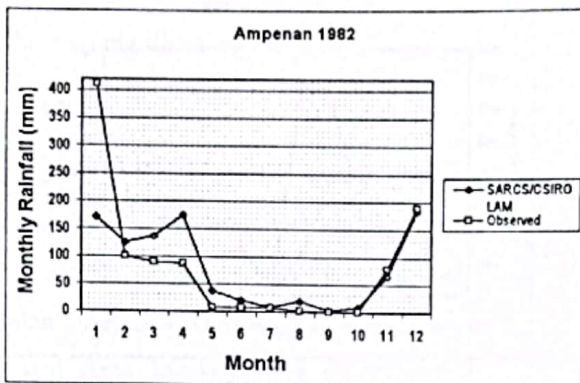
Gambar 1-1



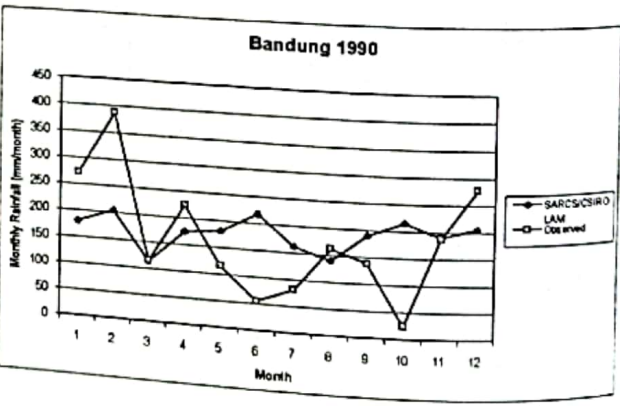
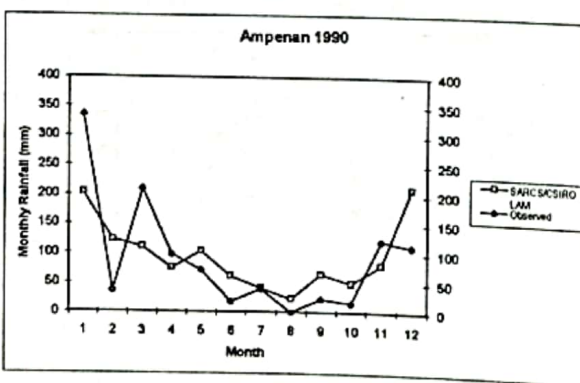
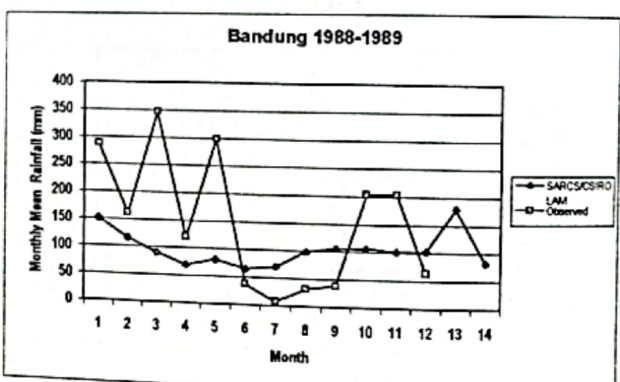
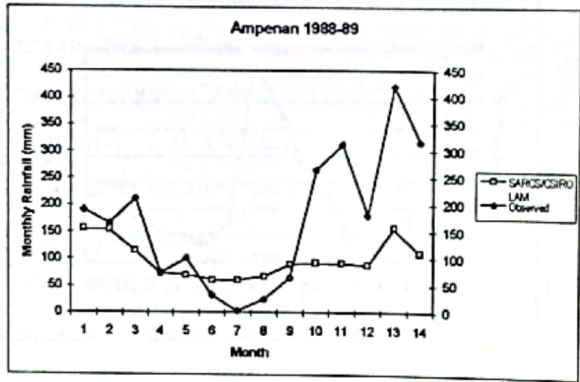
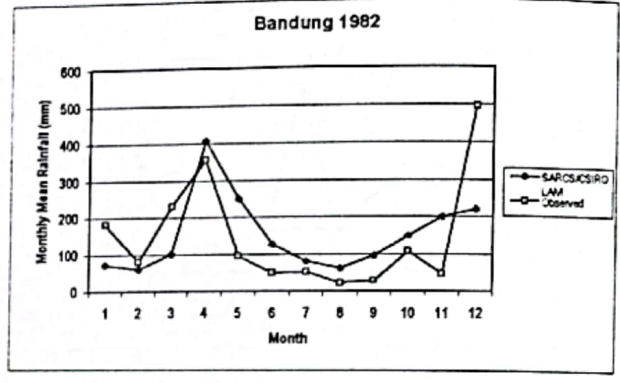
Gambar 1-2



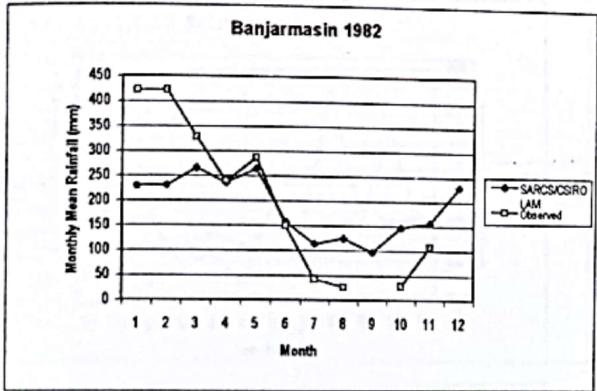
Gambar 1-3



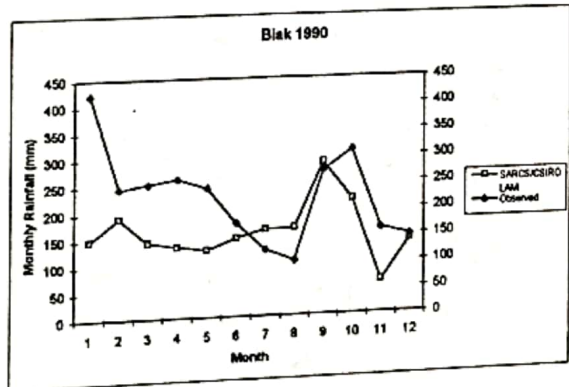
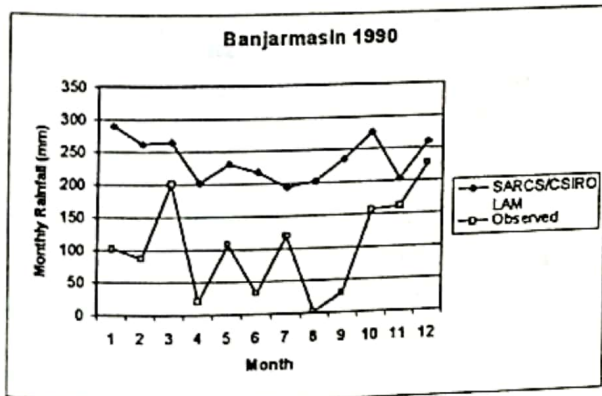
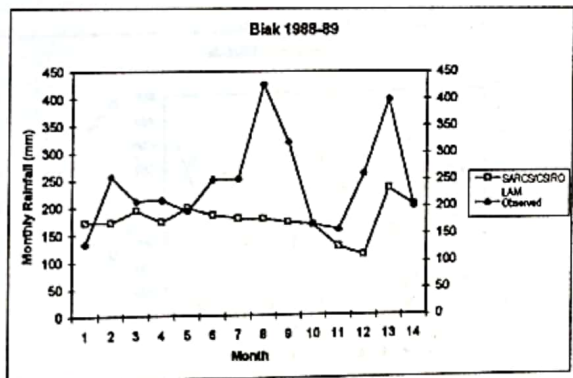
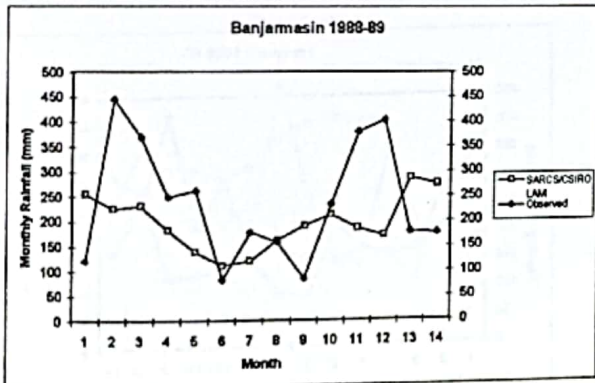
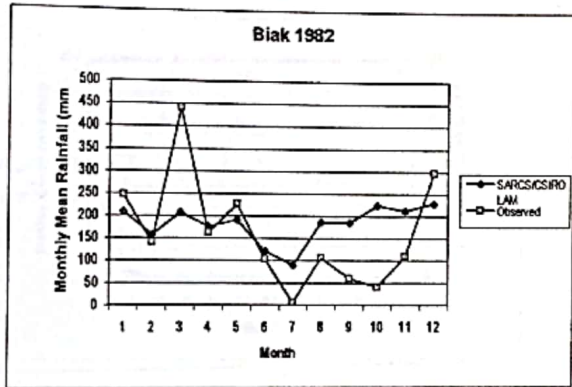
Gambar 1-4



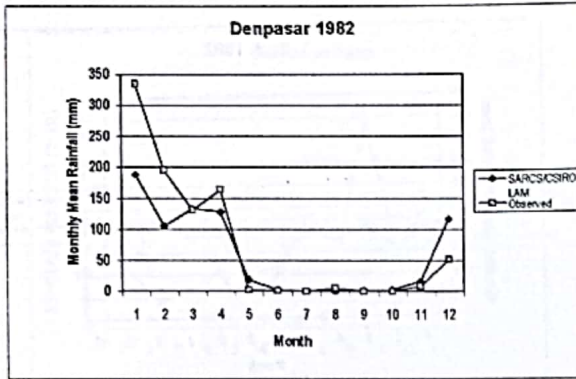
Gambar 1-5



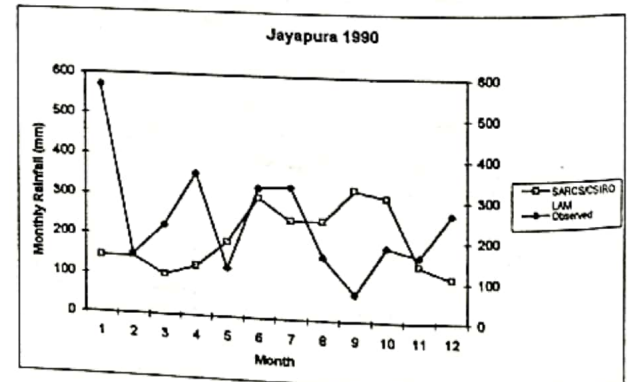
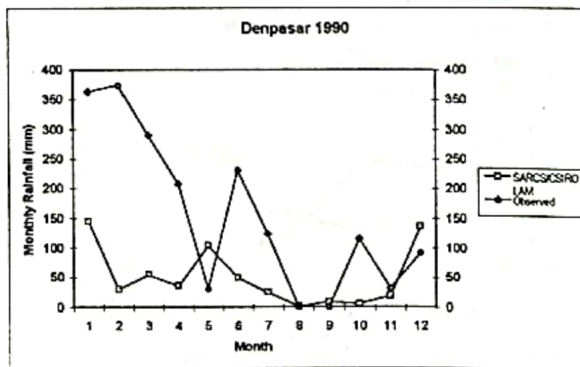
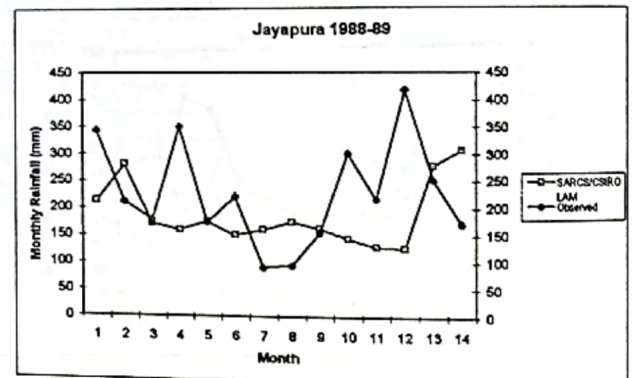
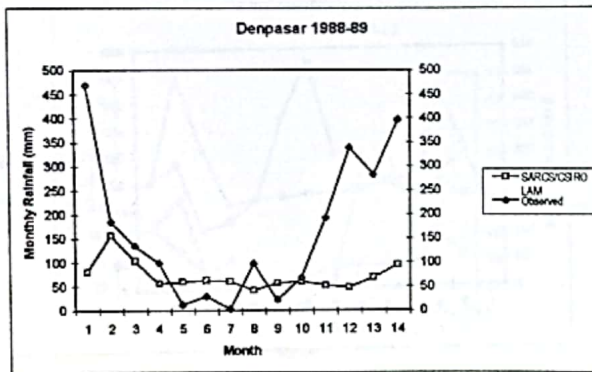
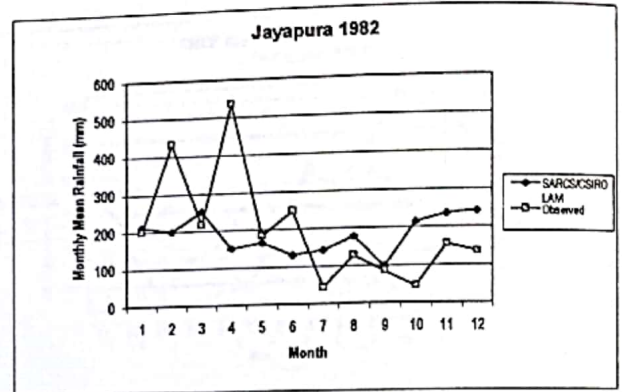
Gambar 1-6



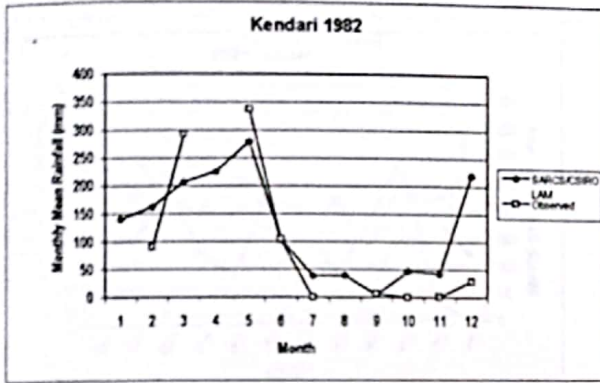
Gambar 1-7



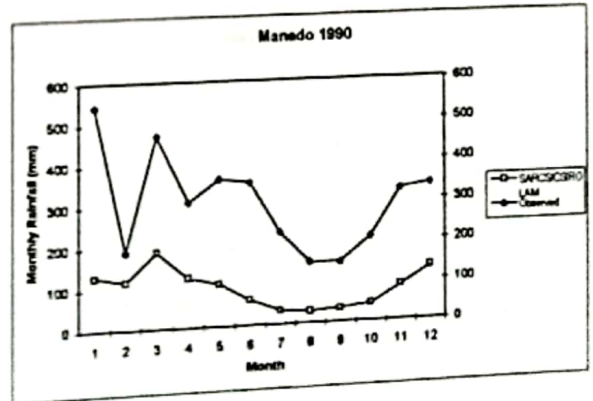
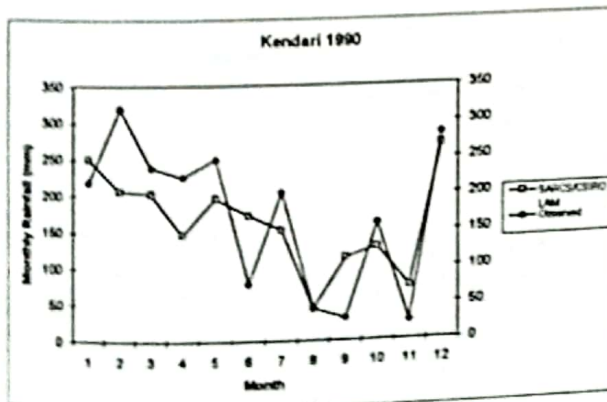
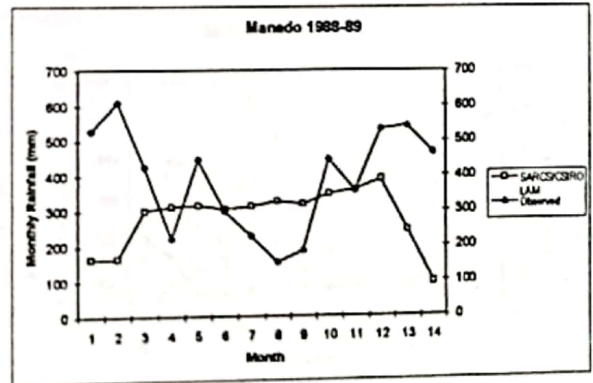
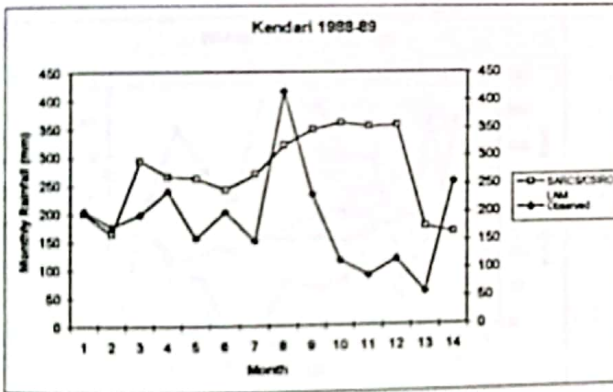
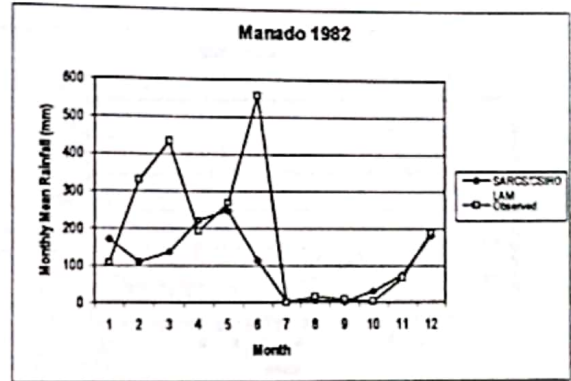
Gambar 1-8



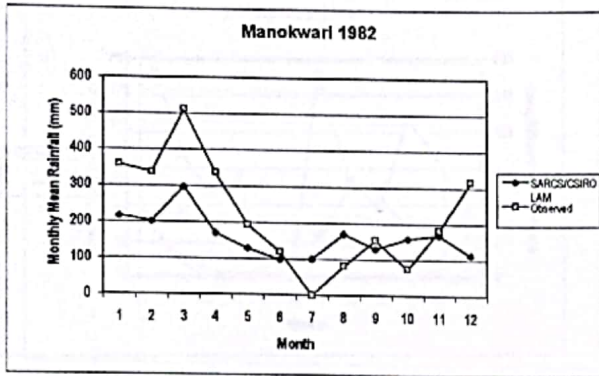
Gambar 1-9



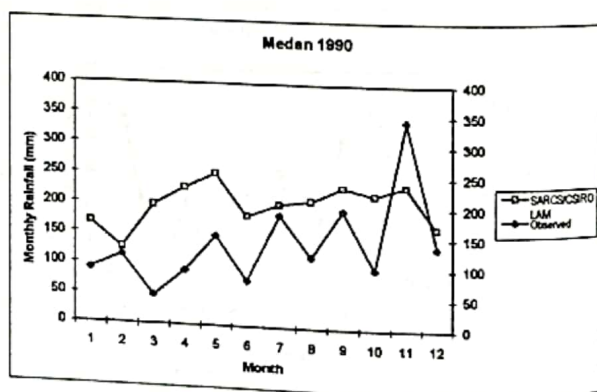
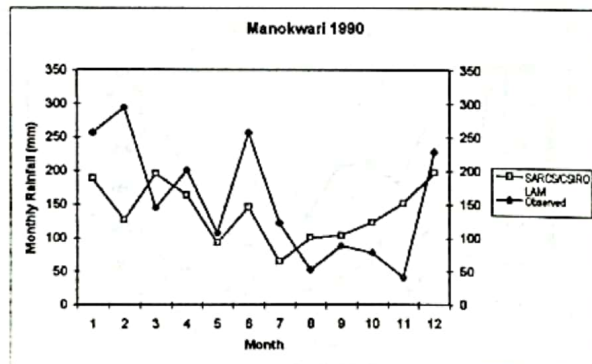
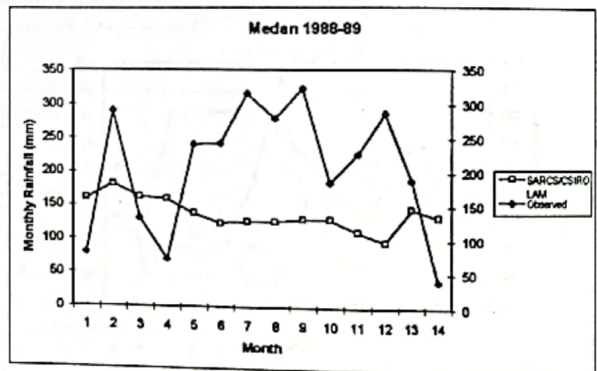
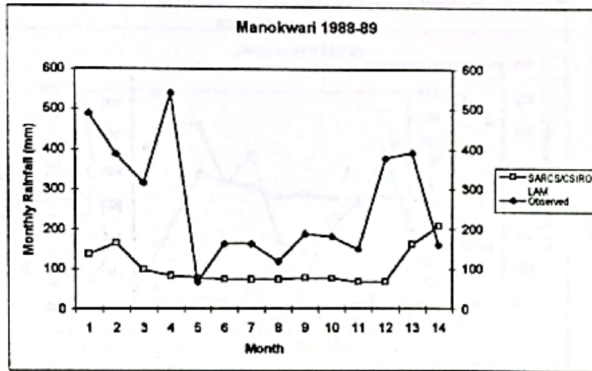
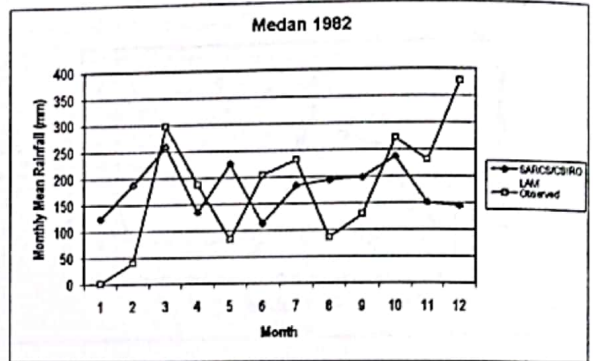
Gambar 1-10



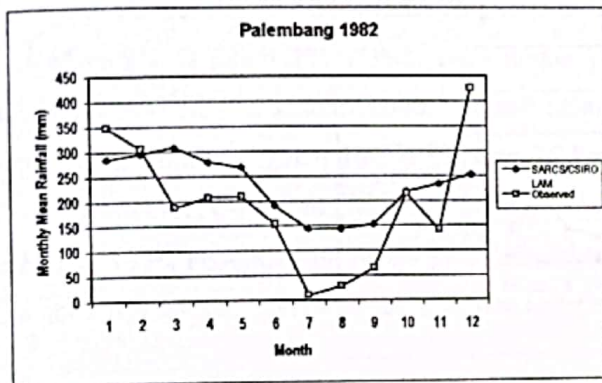
Gambar 1-11



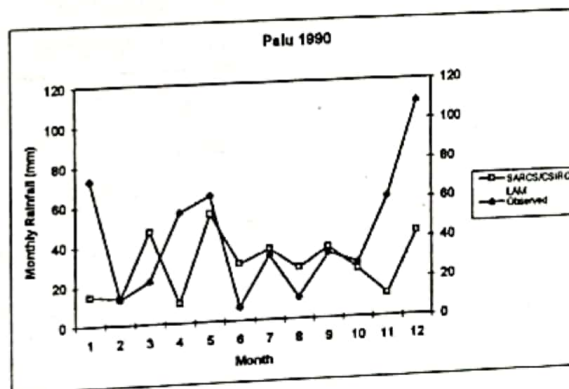
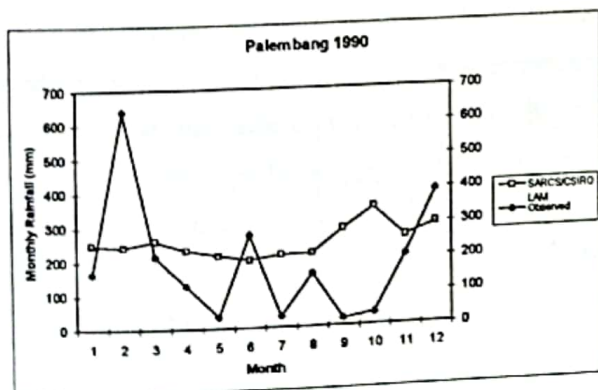
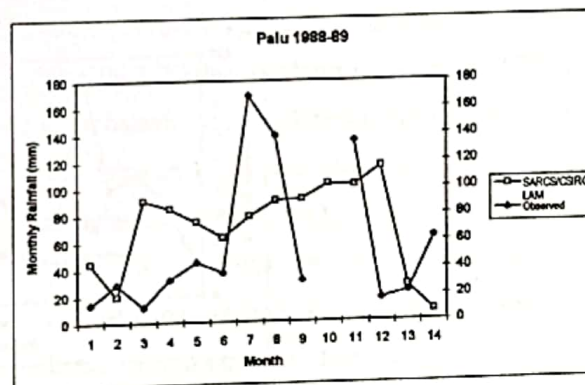
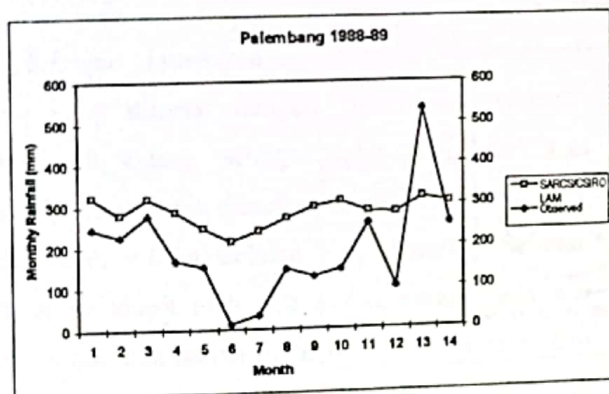
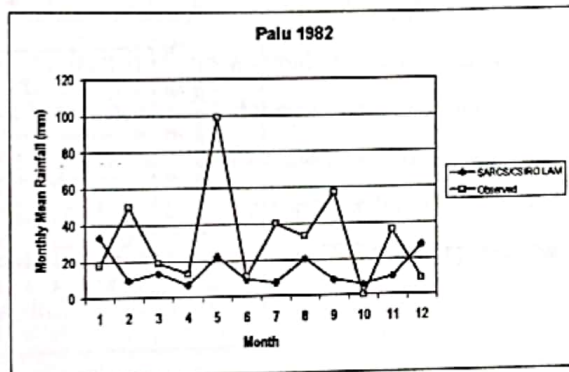
Gambar 1-12



Gambar 1-13



Gambar 1-14



Gambar 1-15

