

# Pengantar Pemodelan Iklim

**Bidang Pemodelan Iklim**  
**Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim**  
**LAPAN**

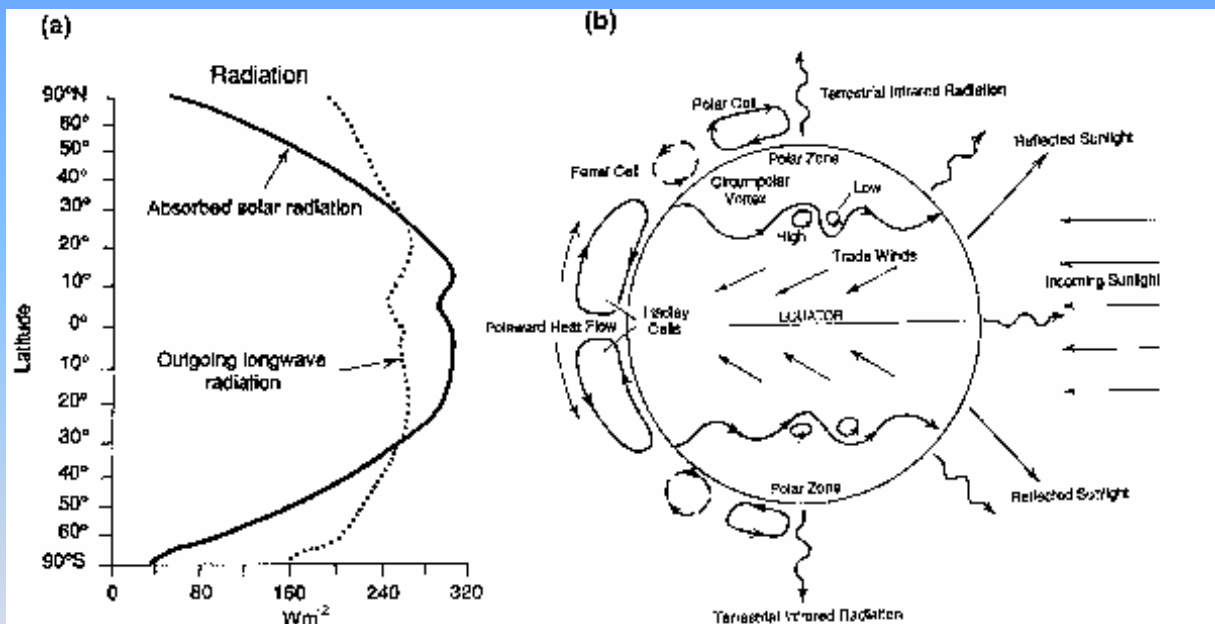
## Pengertian Iklim

- Iklim dalam pengertian sempit biasanya didefinisikan sebagai “cuaca rata-rata”, atau lebih jelas lagi sebagai penggambaran statistik dalam rata-rata dan variabilitas dari kuantitas yang relevan selama satu perioda waktu berkisar dari bulanan sampai ribuan tahun. Kuantitas ini seringkali berupa variabel permukaan seperti temperatur, curah hujan, dan angin.
- Perioda klasiknya adalah 3 dekade, seperti yang didefinisikan oleh Organisasi Meteorologi Dunia (World Meteorological Organization atau WMO).
- Iklim dalam pengertian luas adalah keadaan sistem iklim termasuk penggambaran statistiknya.

# Sistem Iklim

- Sistem iklim adalah sistem yang sangat rumit yang terdiri dari lima komponen utama: atmosfer, hidrosfer, kriosfer, permukaan tanah, dan biosfer, dan interaksinya di antara mereka.
- Sistem iklim ber-evolusi dalam waktu di bawah pengaruh dinamika internalnya sendiri dan disebabkan oleh kekuatan eksternal seperti letusan gunung berapi, variasi matahari dan forcing yang dipicu oleh manusia seperti berubahnya komposisi atmosfer dan tata guna lahan.

## Fitur Utama Sistem Iklim



### Prime features of the climate system:

- global radiation balance: absorbed solar equals emitted infrared (b)
- latitudinal radiation imbalance: surplus in low latitudes, deficit in high latitudes (a)
- planetary rotation: disturbs simple cell into large-scale waves (b).

# Pengertian Model Iklim

- Suatu representasi numerik sistem iklim berdasarkan atas sifat-sifat fisis, kimiawi, dan biologis komponen-komponennya, interaksinya dan proses umpan baliknya, dan memperhitungkan semua atau sebagian sifat-sifatnya yang diketahui.
- Sistem iklim dapat direpresentasikan dengan model yang bervariasi kerumitannya (yaitu, untuk setiap komponen atau kombinasi komponen hirarki modelnya dapat dikenali), membedakannya dalam aspek seperti jumlah dimensi ruang; seberapa jauh proses-proses fisis, kimiawi, atau biologis secara eksplisit direpresentasikan; atau tingkat di mana parameterisasi empiris dilibatkan.

## Komponen Model Iklim

- Radiasi: radiasi matahari yang masuk dan diserap oleh atmosfer dan permukaan bumi, dan radiasi infra merah yang dipancarkan oleh bumi.
- Dinamika atmosfer: pergerakan energi di sekeliling planet bumi oleh angin dan lautan dan pergerakan vertikal.
- Proses-proses permukaan: dimasukkannya pengaruh-pengaruh topografi, jenis tanah, tumbuhan, es, salju, dll.
- Kimia: komposisi kimia atmosfer, lautan, antar muka permukaan, dan dengan komponen-komponen lainnya.

# Mengapa Model Iklim Diperlukan?

- Keadaan planet bumi yang berubah sepanjang sejarahnya, misalnya awal musim hujan atau musim kemarau yang bergeser.
- Model statistik atau empiris belum mampu memenuhi kebutuhan perkiraan perubahan musim atau iklim yang diperlukan, misalnya dalam bidang pertanian.
- Model statistik atau empiris juga belum sepenuhnya memperhitungkan pengaruh kegiatan manusia yang juga turut berperan dalam perubahan iklim.

© Lant Van Heerstem/Orbis

## Tipe-tipe Model Iklim

- Menurut struktur modelnya: model sederhana, model tingkat menengah, dan model kompleks.
- Menurut teknik komputasinya: model spektral dan model grid.
- Menurut cakupan wilayahnya: model iklim global (GCM) dan model area terbatas (LAM).
- Menurut tipe modelnya: model atmosfer, model lautan, dan model kopel (gabungan model atmosfer dan model lautan).

# Contoh model sederhana

- Model kesetimbangan radiasi bumi

$$S(1-\alpha) = \sigma T_e^4 \quad \text{dan} \quad T_s = T_e + T_{RK}$$

**S = radiasi surya per satuan luas yang diterima bumi  $\approx 342 \text{ Wm}^{-2}$**

**$\alpha = \text{albedo bumi} = 0.3$**

**$\sigma = \text{konstanta Stefan-Boltzmann}$**

**$T_e = \text{temperatur benda gelap efektif yang dipancarkan bumi}$**

**$T_s = \text{temperatur permukaan bumi}$**

**$T_{RK} = \text{temperatur karena pengaruh gas rumah kaca}$**

# Teknik komputasi

- **Model spektral.**
  - menggunakan FFT untuk menyelesaikan persamaan yang diperlukan dalam sebuah formulasi gelombang
  - misalnya dengan resolusi T63, perhitungan dihentikan pada suku gelombang ke 63 dengan spektrum berbentuk segitiga.
- **Model grid.**
  - penyelesaian persamaan dilakukan langsung pada grid berbentuk persegi panjang/bujur sangkar
  - misalnya dalam grid 100 km x 100 km

# Sejarah Model Iklim

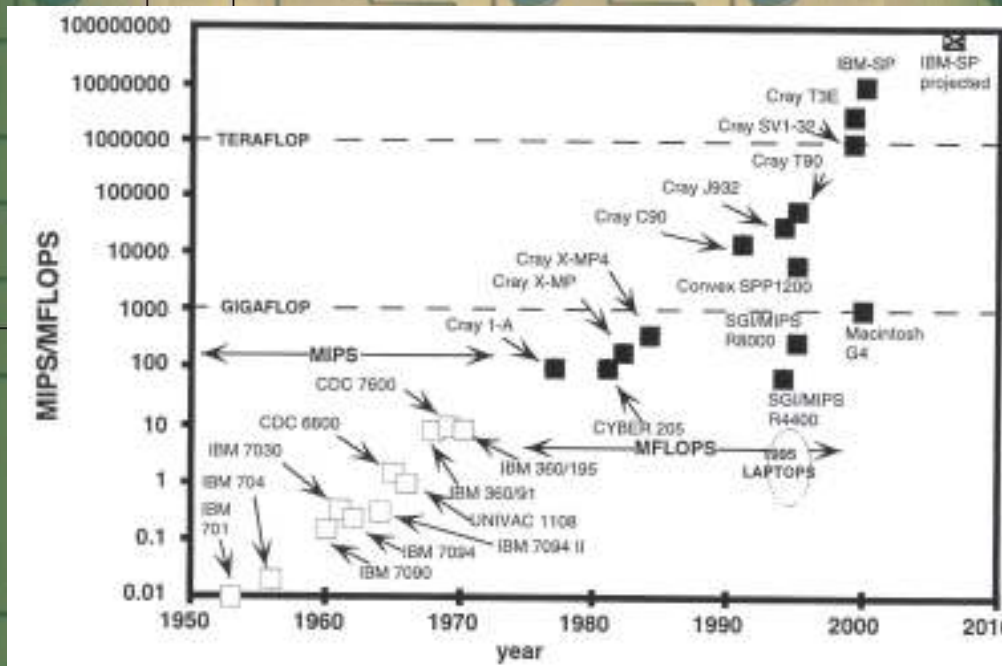
- L.F. Richardson (1922) menggunakan sebuah metoda perhitungan numerik untuk membuat sebuah prediksi cuaca.
- 1961-1969: prediksi cuaca numerik dikembangkan lebih lanjut, era model atmosfer global dimulai.
- 1969-1981: penambahan komponen lautan ke dalam model atmosfer.
- 1981-1989: model sirkulasi global (GCM) menjadi dominan dengan bantuan kemajuan di bidang teknologi komputer dan satelit.
- 1989-1990: penggunaan model area terbatas (LAM) mulai diperkenalkan.
- 1995-kini: model iklim resolusi variabel dikembangkan.
- 2000-an: evolusi pada model yang lebih rumit dengan aspek kimia dan biologi aktif.

## Model Iklim dan Teknologi Komputer

- Penyelesaian persamaan-persamaan dasar model iklim memerlukan iterasi (perulangan) yang sangat besar. Makin kompleks sebuah model memerlukan kecepatan dan memori komputer yang makin besar.
- Perkembangan model iklim kurang lebih mengikuti perkembangan teknologi komputer

# Perkembangan Teknologi Komputer

## Sebagai Penunjang Perkembangan Pemodelan Iklim



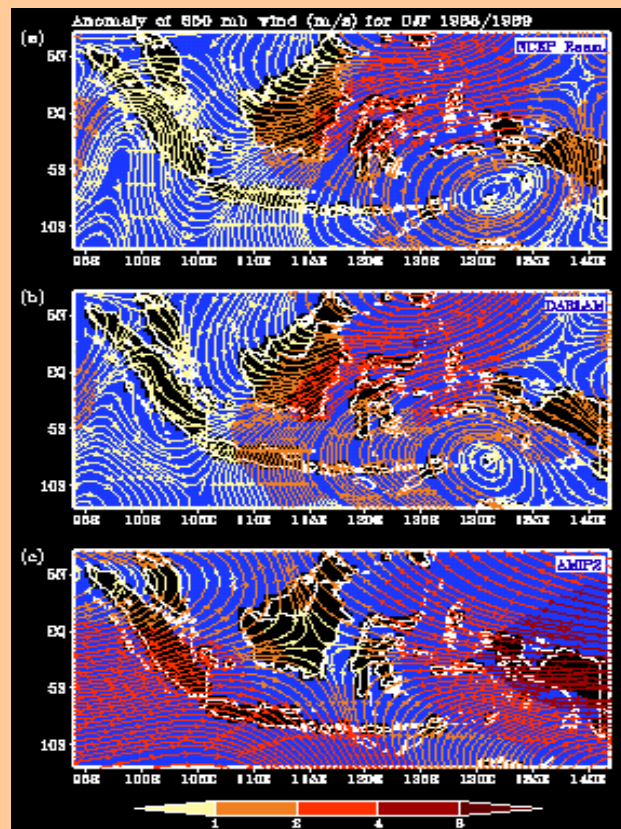
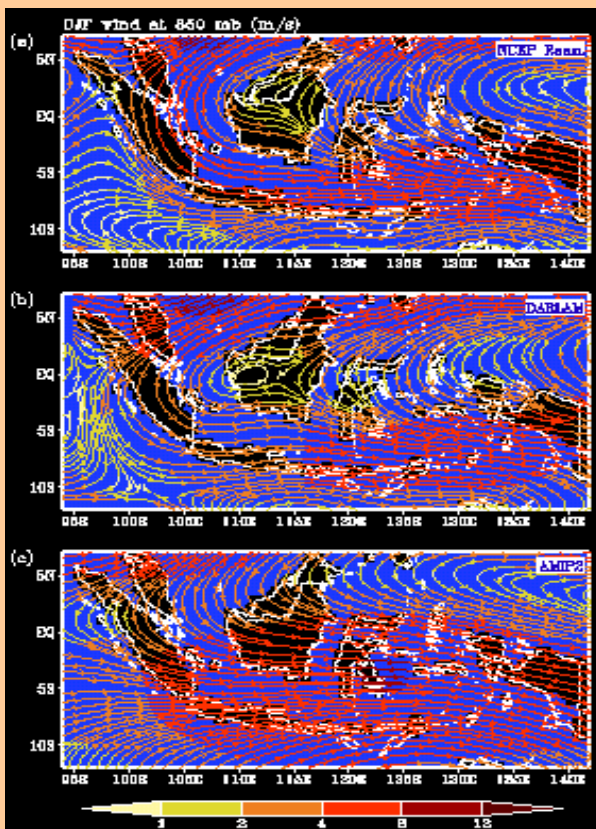
## Model Iklim Global

- Model Sirkulasi Umum atau Model Iklim global, yang dikenal sebagai GCM (General Circulation Model) merupakan representasi 3 dimensi dari seluruh atau sebagian besar aspek sistem iklim.
- Ada tiga jenis GCM: GCM atmosfer (AGCM), GCM lautan (OGCM), dan GCM kopel (CGCM).
- Model-model iklim dipakai sebagai alat riset untuk mempelajari dan mensimulasikan iklim, dan juga untuk tujuan operasional, termasuk prediksi iklim (bulanan, musiman, dan antar tahunan), proyeksi iklim, dan skenario iklim.

# Jenis Simulasi Iklim

- **Validasi Model:** bertujuan untuk meniru keadaan iklim rata-rata sekarang dan/atau variabilitasnya.
- **Eksperimen Sensitivitas:** bertujuan untuk mempelajari pengaruh modifikasi tertentu dalam parameter atau kondisi batas terhadap kondisi iklim yang dihasilkan model.
- **Simulasi Perubahan Iklim:** bertujuan untuk menghitung seberapa besar perubahan iklim yang terjadi jika perubahan kondisi luar yang realistis terjadi baik di masa lalu ataupun di masa mendatang.

## Validasi Model



# Eksperimen Sensitivitas

- Studi proses: untuk meningkatkan pemahaman peranan dan umpan balik dari suatu proses fisis tertentu dalam sistem iklim.

Contoh: proses radiasi, proses awan, konveksi, resolusi model, proses permukaan tanah, dan difusi horizontal.

- Pengkajian dampak potensial dari faktor di luar atmosfer yang dapat berpengaruh pada perilaku iklim.

Contoh: orografi, intensitas dan distribusi sinar matahari, laju putaran bumi, komposisi atmosfer, aerosol, letusan gunung berapi, suhu permukaan laut, es laut dan tutupan salju, albedo, dan distribusi vegetasi.

## Prediksi Iklim

- Suatu prediksi iklim atau prakiraan iklim merupakan sebuah hasil usaha untuk memproduksi gambaran atau estimasi yang paling mungkin dari evolusi iklim sebenarnya di masa depan (misalnya, pada skala waktu musiman, antar tahunan, atau jangka panjang).

# Proyeksi Iklim

- Suatu proyeksi tanggapan dari sistem iklim terhadap skenario emisi atau konsentrasi *gas-gas rumah kaca* dan *aerosol*, atau skenario *penguatan radiasi*, sering didasarkan atas simulasi dengan model iklim. Proyeksi iklim dibedakan dari *prediksi iklim* agar menekankan bahwa proyeksi iklim bergantung pada skenario emisi/konsentrasi/penguatan radiasi yang digunakan, yang didasarkan pada asumsi, menyangkut pengembangan sosioekonomi dan teknologi masa mendatang yang mungkin atau tidak bisa direalisasikan dan oleh karena itu terpengaruh ketidakpastian yang cukup besar.

# Skenario Iklim

- Suatu representasi iklim masa mendatang yang bisa diterima akal dan sering kali dalam bentuk yang sederhana, berdasar atas satu set hubungan klimatologis yang konsisten, yang telah disusun untuk penggunaan eksplisit dalam menyelidiki akibat potensial perubahan iklim antropogenik.
- Skenario iklim sering bertindak sebagai masukan untuk model dampak. Proyeksi iklim sering digunakan sebagai bahan mentah untuk menyusun skenario iklim, tetapi skenario iklim biasanya memerlukan informasi tambahan seperti tentang data iklim sekarang.
- Sebuah “skenario perubahan iklim” adalah perbedaan antara sebuah skenario iklim dengan iklim sekarang.