

Nama : Erdianti Wiga Putri Andini
NIM/Kelas : 13522053/K2

Climate Models

1. Introduction to Climate Modeling

Pemodelan iklim adalah alat penting untuk memahami sistem iklim Bumi dan memprediksi perubahan di masa depan. Dengan model ini, kita dapat mensimulasikan berbagai kondisi "bagaimana jika" untuk melihat dampaknya, seperti pengaruh kenaikan permukaan laut atau perubahan iklim global. Model iklim menggabungkan prinsip fisika, kimia, dan biologi untuk menggambarkan pergerakan massa dan energi antar komponen sistem iklim Bumi.

1.1. Dasar-Dasar Pemodelan dan Pengujian Model Iklim

Pemodelan iklim dibangun berdasarkan hukum fisika dasar, seperti konservasi massa, energi, dan hukum gerak, serta reaksi kimia yang terjadi di atmosfer dan lautan. Model-model ini menggunakan persamaan matematis yang diselesaikan dengan bantuan komputer untuk menggambarkan bagaimana proses-proses tersebut bekerja dan berinteraksi satu sama lain. Hasil model ini diuji dengan membandingkan prediksi yang dihasilkan dengan data observasi dunia nyata. Jika hasil prediksi tidak sesuai dengan observasi, model akan diperbaiki atau disesuaikan agar lebih akurat.

Misalnya, model iklim memperhitungkan siklus air, di mana proporsi air yang berada dalam bentuk uap atau cair berubah seiring dengan perubahan suhu. Hubungan ini didasarkan pada data pengamatan yang diambil dari alam, yang kemudian dimasukkan dalam model untuk menghasilkan simulasi yang lebih akurat.

1.2. Interaksi Antara Model dan Observasi

Model iklim tidak hanya bergantung pada data observasi yang ada, tetapi juga memberikan wawasan baru yang dapat memperdalam penelitian lebih lanjut, seperti memprediksi lokasi penting untuk observasi, seperti hutan tropis atau lautan yang menyerap CO₂. Model iklim juga memberikan gambaran tentang aliran energi atmosfer, seperti Persamaan Stefan-Boltzmann yang menghubungkan suhu dan energi yang dipancarkan, serta memperhitungkan elemen lain seperti albedo dan gas rumah kaca untuk mendekati kondisi iklim Bumi yang kompleks.

1.3. Contoh Pemodelan Energi Bumi

Tanpa matahari, Bumi akan memancarkan sedikit energi dari panas internalnya, dan suhu permukaan Bumi akan sangat rendah (-241°C). Namun, dengan adanya sinar matahari, Bumi mulai menyerap energi, yang membawa suhu rata-rata hingga sekitar 5°C . Ketika kita menambahkan refleksi sinar matahari (albedo) ke dalam model, suhu Bumi turun menjadi sekitar -18°C . Selanjutnya, dengan memasukkan gas rumah kaca dalam model, yang menyerap dan memancarkan radiasi dari permukaan Bumi, suhu Bumi meningkat menjadi sekitar 30°C , mendekati suhu yang kita rasakan saat ini.

2. Choices Climate Modelers Make

Pemodelan iklim bergantung pada berbagai pilihan yang dibuat oleh ilmuwan, tergantung pada pertanyaan yang ingin dijawab dan keterbatasan sumber daya yang ada, seperti waktu dan daya komputasi. Pilihan-pilihan ini termasuk skala spasial, resolusi vertikal, pilihan variabel, dan tingkat kompleksitas model.

2.1. Pilihan Spasial

Pemodelan iklim dapat dibagi menjadi model dengan skala global yang sederhana atau model dengan skala yang lebih kecil dan lebih kompleks untuk mempelajari fenomena lokal. Sebagai contoh, model-model yang digunakan untuk mempelajari suhu rata-rata global Bumi sering kali menggunakan skala besar yang menganggap Bumi sebagai satu kesatuan. Namun, untuk mempelajari pola hujan di benua tertentu atau fenomena lokal lainnya, Bumi dibagi menjadi grid cells kecil, dengan rincian yang lebih tinggi dalam tiga dimensi (lintang, bujur, dan ketinggian). Namun, semakin kecil grid cell yang digunakan, semakin besar daya komputasi yang dibutuhkan.

2.2. Pilihan Temporal

Dalam pemodelan iklim, pilihan waktu juga sangat penting. Untuk model dengan resolusi tinggi, dibutuhkan langkah waktu (time step) yang lebih kecil agar simulasi bisa menangani detail yang lebih banyak. Misalnya, model sirkulasi umum (GCM) dengan grid cell 100–200 km membutuhkan langkah waktu antara 20 menit hingga satu jam. Sementara itu, untuk proses yang lebih lambat seperti pertumbuhan lapisan es, langkah waktu yang lebih besar bisa digunakan.

2.3. Variabel yang Dimasukkan

Model iklim dapat melacak berbagai variabel seperti suhu, kelembapan, fase air (es, cair, uap), massa atmosfer, aliran energi, dan pergerakan udara serta laut. Variabel-variabel tambahan seperti aerosol atau debu dapat ditambahkan untuk membuat model lebih kompleks dan akurat.

2.4. Rentang Waktu Simulasi

Model iklim dapat digunakan untuk simulasi dalam rentang waktu yang bervariasi, dari jangka pendek (beberapa dekade) hingga jangka panjang (ribuan tahun). Model jangka pendek sering digunakan untuk prediksi dengan resolusi tinggi, sementara model jangka panjang lebih digunakan untuk memahami dampak perubahan iklim yang lebih luas, seperti dampak emisi CO₂ terhadap suhu global.

2.5. Biaya Komputasi

Semakin kompleks model, semakin banyak persamaan yang harus diselesaikan sehingga membutuhkan daya komputasi lebih besar dan membatasi jumlah simulasi. Keterbatasan ini semakin berkurang seiring perkembangan teknologi komputer.

3. Climate Model Output

Model iklim digunakan untuk memprediksi variabel iklim di masa depan, seperti suhu atau permukaan laut. Prediksi ini memberikan kisaran kemungkinan dengan beberapa nilai yang lebih mungkin terjadi dibandingkan yang lain. Meskipun masa depan tidak sepenuhnya dapat diprediksi, model iklim membantu mengidentifikasi tren dan kemungkinan yang lebih realistis.

3.1. Evaluasi dan Output Model Iklim

Model iklim memberikan prediksi yang berguna, tetapi tidak sepenuhnya dapat memprediksi masa depan secara akurat. Model ini memberikan kisaran hasil untuk perencanaan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Evaluasi kinerja model dapat dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi dengan data observasi.

Sebagai contoh, pada tahun 2007, Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) membandingkan hasil dari 58 simulasi model iklim yang berbeda dengan data suhu yang diamati sejak tahun 1900. Rata-rata hasil model cocok dengan tren pemanasan yang diamati meskipun terdapat variabilitas tahunan. Model-model ini juga berhasil menangkap efek pendinginan sementara yang disebabkan oleh letusan gunung berapi besar.

3.2. Atribusi Perubahan Iklim

Salah satu tujuan penting model iklim adalah untuk menentukan apakah perubahan iklim disebabkan oleh faktor alami (seperti fluktuasi aktivitas matahari atau letusan gunung berapi) atau aktivitas manusia (seperti emisi gas rumah kaca). Model yang hanya memasukkan faktor alami memprediksi sedikit pendinginan, sementara ketika aktivitas manusia dimasukkan, model mampu mereproduksi pemanasan yang diamati dengan lebih akurat.

3.3. Uji Prediksi Masa Lalu

Studi yang dilakukan oleh James Hansen pada tahun 1988 mengembangkan tiga skenario emisi CO₂, sebagai berikut:

- Skenario A: Pertumbuhan eksponensial emisi.
- Skenario B: Laju emisi melambat tetapi tetap meningkat.
- Skenario C: Emisi menurun setelah tahun 2000.

Skenario ini digunakan untuk memprediksi perubahan suhu global. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi dunia lebih mendekati Skenario B, namun prediksi suhu yang dihasilkan sedikit lebih tinggi dari kenyataan karena model yang digunakan memiliki sensitivitas iklim yang terlalu tinggi.

3.4. Proyeksi Masa Depan

Model iklim yang sudah divalidasi dengan data historis lebih dipercaya untuk memprediksi masa depan. Misalnya, animasi NASA yang menggambarkan pemanasan global dari tahun 1880 hingga 2100 menunjukkan bahwa pemanasan lebih cepat terjadi di wilayah lintang utara yang tinggi (Arktik) dan bahwa daratan memanas lebih cepat daripada lautan.

4. Kesimpulan

Model iklim adalah alat yang berguna untuk memahami dan memprediksi perubahan iklim di masa depan. Meskipun tidak ada model yang sempurna, mereka memberikan kisaran kemungkinan yang dapat digunakan untuk merencanakan respons terhadap perubahan iklim, baik melalui mitigasi maupun adaptasi. Penggunaan berbagai model yang beragam dan pendekatan multi-model dapat meningkatkan akurasi prediksi dan kepercayaan terhadap hasil yang diperoleh.