

Nama : Muhammad Hisyam Kamil  
NIM : 202210370311060  
Mata Kuliah : Pemodelan dan Simulasi Data  
Kelas : 6B  
Source Code : <https://github.com/hisyam99/data-modelling-task5>  
Google Colab (IPYNB) : <https://mil.kamil.my.id/data-modelling-task5-hisyam99>  
Google Drive (Result Files) : <https://mil.kamil.my.id/data-modelling-task5-files-hisyam99>

# Laporan Simulasi Perpindahan Panas dengan Data Cuaca Kaggle

## Pendahuluan

Simulasi perpindahan panas ini bertujuan untuk memodelkan perubahan suhu sebuah objek dalam berbagai skenario menggunakan pendekatan numerik. Simulasi ini terdiri dari empat tugas utama:

1. **Tugas 1:** Menganalisis efek laju pendinginan yang berbeda terhadap penurunan suhu objek.
2. **Tugas 2:** Membandingkan proses pendinginan dan pemanasan objek.
3. **Tugas 3:** Mensimulasikan perpindahan panas menggunakan data suhu lingkungan nyata dari dataset Kaggle.
4. **Tugas 4:** Membandingkan simulasi menggunakan pendekatan Continuous Event Simulation (CES) dan Discrete Event Simulation (DES).

Simulasi dilakukan dengan parameter sebagai berikut:

- Suhu awal objek (INITIAL\_TEMP): 100°C
- Suhu lingkungan konstan (AMBIENT\_TEMP): 25°C (untuk Tugas 1, 2, dan 4)
- Total waktu simulasi (SIM\_TIME): 20 unit (dianggap 20 jam)
- Jumlah langkah waktu (TIME\_STEPS): 200
- Langkah waktu (DT): 0.1 unit

Dataset cuaca diambil dari Kaggle (bhanupratapbiswas/weather-data) dan digunakan pada Tugas 3. Dataset ini berisi data suhu per jam (Temp\_C) dari tanggal 1 Januari 2012, yang diinterpolasi untuk mencocokkan langkah waktu simulasi.

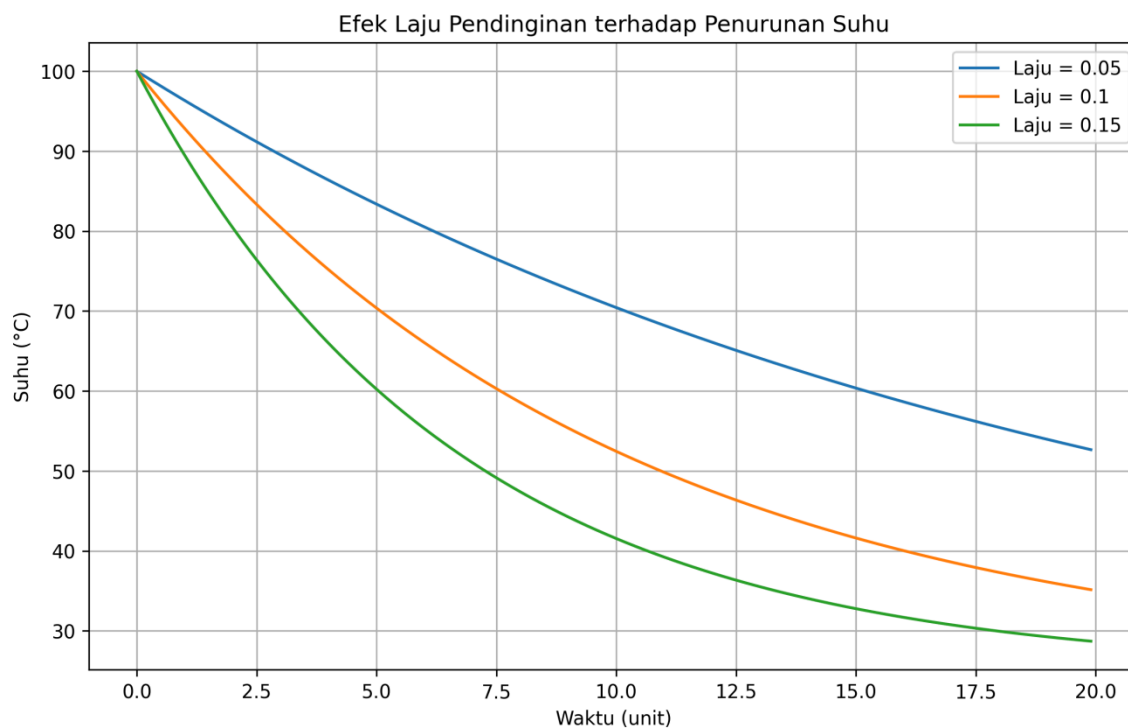
## Hasil dan Analisis

### Tugas 1: Efek Laju Pendinginan terhadap Penurunan Suhu

Pada tugas ini, simulasi dilakukan dengan tiga laju pendinginan berbeda: 0.05, 0.1, dan 0.15. Suhu lingkungan konstan sebesar 25°C. Berikut adalah hasilnya:

- **Laju 0.05:** Suhu akhir = 52.66°C
- **Laju 0.1:** Suhu akhir = 35.15°C
- **Laju 0.15:** Suhu akhir = 28.71°C
- **Suhu Minimum (Laju 0.15):** 28.71°C
- **Suhu Maksimum (Laju 0.05):** 100.00°C (suhu awal)

**Analisis:** Grafik berikut menunjukkan penurunan suhu objek seiring waktu untuk masing-masing laju pendinginan.



Laju pendinginan yang lebih besar (0.15) menghasilkan penurunan suhu yang lebih cepat, sehingga suhu akhir lebih mendekati suhu lingkungan (25°C). Sebaliknya, laju 0.05 memberikan penurunan suhu yang lebih lambat, dengan suhu akhir yang lebih tinggi (52.66°C). Hal ini sesuai dengan persamaan perpindahan panas yang digunakan:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{lingkungan})$$

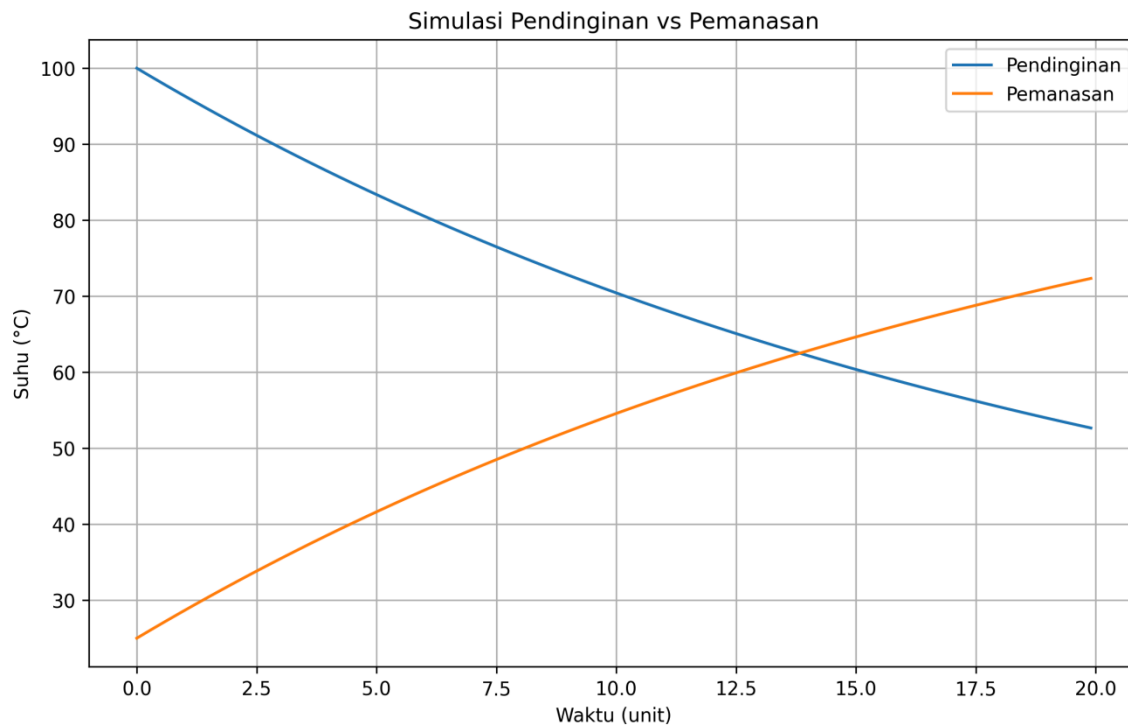
di mana  $k$  adalah laju pendinginan.

## Tugas 2: Simulasi Pendinginan vs Pemanasan

Tugas ini membandingkan proses pendinginan (dari 100°C menuju suhu lingkungan 25°C) dan pemanasan (dari 25°C menuju suhu target 100°C) dengan laju yang sama, yaitu 0.05. Berikut adalah hasilnya:

- **Pendinginan:**
  - Suhu akhir: 52.66°C
  - Suhu minimum: 52.66°C
- **Pemanasan:**
  - Suhu akhir: 72.34°C
  - Suhu maksimum: 72.34°C

**Analisis:** Grafik berikut membandingkan proses pendinginan dan pemanasan.



Proses pendinginan menunjukkan penurunan suhu secara eksponensial dari 100°C menuju 25°C, tetapi tidak mencapai suhu lingkungan dalam waktu simulasi (20 jam), berhenti di 52.66°C. Sebaliknya, proses pemanasan menunjukkan kenaikan suhu dari 25°C menuju 100°C, tetapi juga tidak mencapai suhu target, berhenti di 72.34°C. Hal ini disebabkan oleh laju perpindahan panas yang sama (0.05) dan durasi simulasi yang terbatas. Persamaan yang digunakan untuk kedua proses adalah:

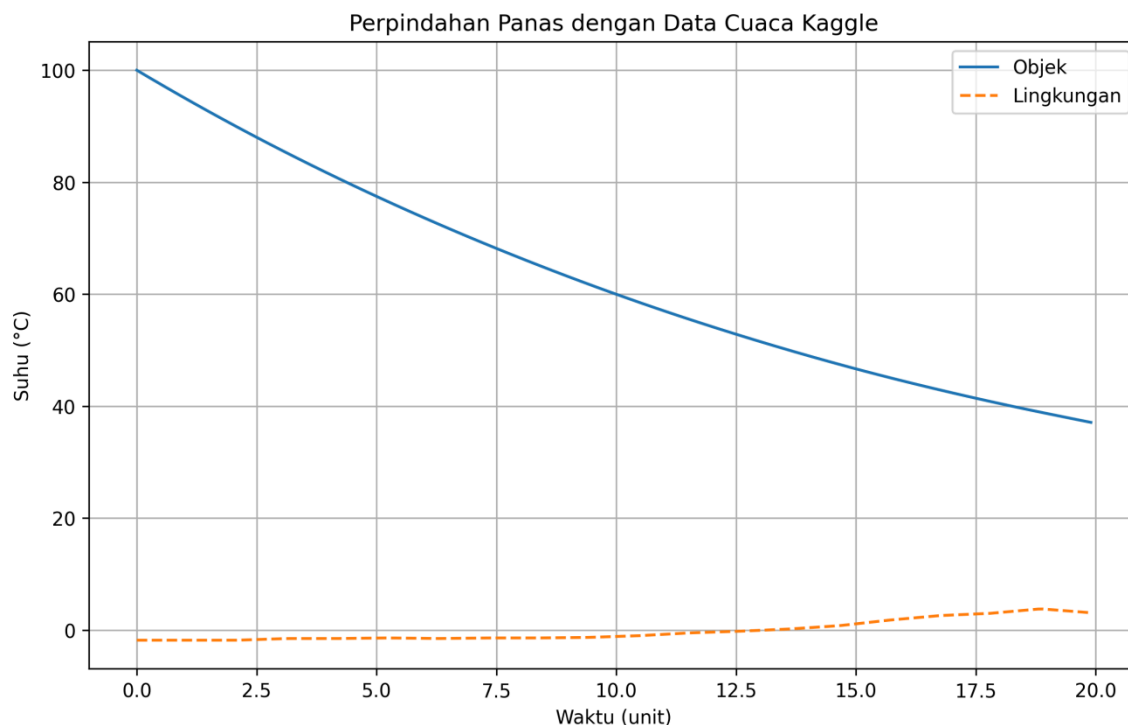
- Pendinginan:  $\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{lingkungan})$
- Pemanasan:  $\frac{dT}{dt} = k(T_{target} - T)$

### Tugas 3: Perpindahan Panas dengan Data Cuaca Kaggle

Pada tugas ini, suhu lingkungan tidak konstan, melainkan diambil dari dataset cuaca Kaggle. Dataset berisi data suhu per jam dari 1 Januari 2012 (0:00 hingga 19:00), yang diinterpolasi untuk menghasilkan 200 titik data sesuai langkah waktu simulasi. Suhu awal objek tetap  $100^{\circ}\text{C}$ , dan laju pendinginan 0.05. Berikut adalah hasilnya:

- **Suhu Akhir Objek:**  $37.10^{\circ}\text{C}$
- **Rata-rata Suhu Lingkungan:**  $-0.13^{\circ}\text{C}$
- **Suhu Minimum Objek:**  $37.10^{\circ}\text{C}$
- **Suhu Maksimum Lingkungan:**  $3.77^{\circ}\text{C}$

**Analisis:** Grafik berikut menunjukkan suhu objek dan suhu lingkungan seiring waktu.



Suhu lingkungan bervariasi antara sekitar  $-1.8^{\circ}\text{C}$  hingga  $3.77^{\circ}\text{C}$ , dengan rata-rata  $-0.13^{\circ}\text{C}$ , mencerminkan data cuaca dunia nyata pada musim dingin (Januari 2012). Suhu objek turun dari  $100^{\circ}\text{C}$  ke  $37.10^{\circ}\text{C}$ , lebih cepat dibandingkan Tugas 1 (laju 0.05, suhu akhir  $52.66^{\circ}\text{C}$ ), karena suhu lingkungan rata-rata jauh lebih rendah ( $-0.13^{\circ}\text{C}$  dibandingkan  $25^{\circ}\text{C}$ ). Variasi suhu lingkungan yang kecil tidak terlalu memengaruhi tren penurunan suhu objek secara signifikan, tetapi memberikan konteks realistis pada simulasi.

### Tugas 4: CES vs DES untuk Simulasi Perpindahan Panas

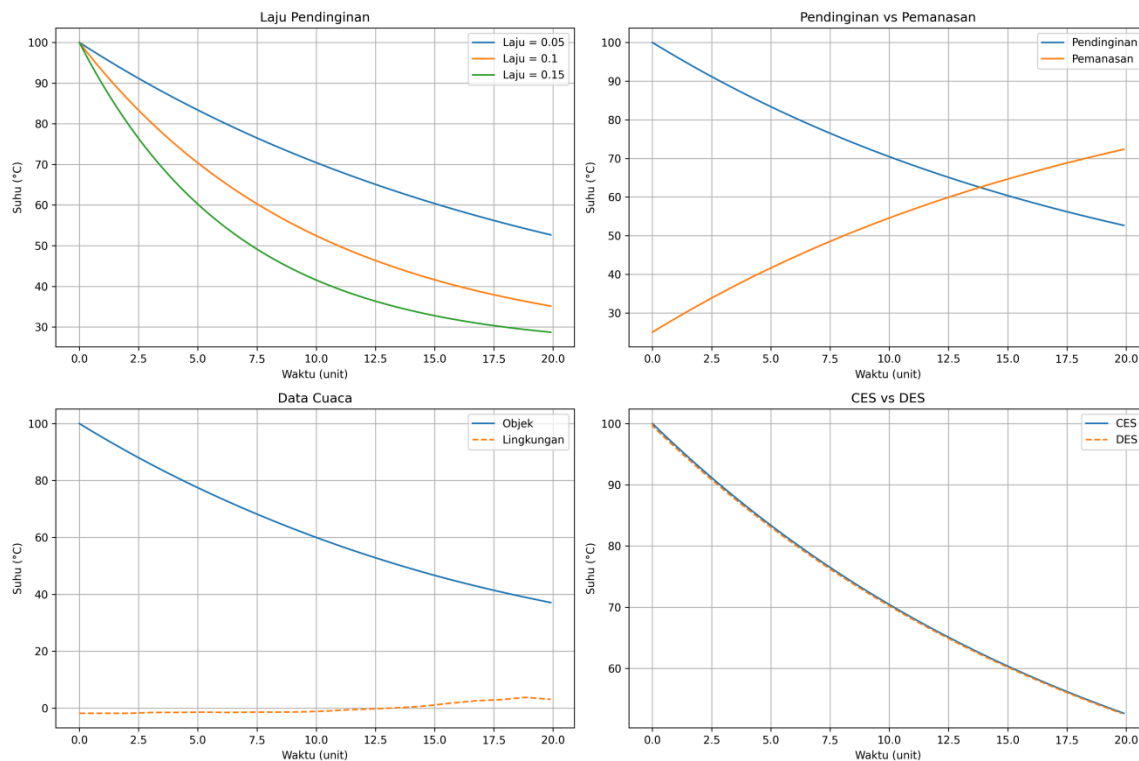
Tugas ini membandingkan dua pendekatan simulasi: Continuous Event Simulation (CES) dan Discrete Event Simulation (DES). Simulasi dilakukan dengan laju pendinginan 0.05 dan suhu lingkungan konstan  $25^{\circ}\text{C}$ . Berikut adalah hasilnya:

- **CES:**
  - Suhu akhir: 52.66°C
  - Suhu minimum: 52.66°C
- **DES:**
  - Suhu akhir: 52.66°C
  - Suhu maksimum: 100.00°C

**Analisis:** Grafik berikut membandingkan hasil CES dan DES [CES\_vs\_DES.png]. Kedua pendekatan menghasilkan suhu akhir yang identik (52.66°C), menunjukkan bahwa implementasi CES (menggunakan iterasi langsung) dan DES (menggunakan `simpy`) memberikan hasil yang konsisten untuk simulasi ini. Perbedaan utama terletak pada pendekatan komputasi: CES menghitung suhu pada setiap langkah waktu secara eksplisit, sedangkan DES menggunakan event scheduling untuk memperbarui suhu pada interval waktu diskret. Namun, karena langkah waktu ( $DT = 0.1$ ) sama, hasilnya identik.

## Visualisasi Gabungan

Grafik gabungan berikut merangkum hasil dari semua tugas dalam satu tampilan.



Grafik ini mempermudah perbandingan antar skenario:

- **Efek Laju Pendinginan:** Menunjukkan penurunan suhu dengan laju 0.05, 0.1, dan 0.15.
- **Pendinginan vs Pemanasan:** Membandingkan tren pendinginan dan pemanasan.
- **Data Cuaca:** Menampilkan suhu objek dengan suhu lingkungan nyata.
- **CES vs DES:** Menunjukkan kesamaan hasil antara dua metode simulasi.

## Ringkasan

Berikut adalah ringkasan komprehensif hasil simulasi:

### 1. Laju Pendinginan:

- Laju 0.05: Suhu akhir =  $52.66^{\circ}\text{C}$
- Laju 0.1: Suhu akhir =  $35.15^{\circ}\text{C}$
- Laju 0.15: Suhu akhir =  $28.71^{\circ}\text{C}$
- Suhu minimum (laju 0.15):  $28.71^{\circ}\text{C}$
- Suhu maksimum (laju 0.05):  $100.00^{\circ}\text{C}$

### 2. Pendinginan vs Pemanasan:

- Suhu akhir pendinginan:  $52.66^{\circ}\text{C}$
- Suhu akhir pemanasan:  $72.34^{\circ}\text{C}$
- Suhu minimum pendinginan:  $52.66^{\circ}\text{C}$
- Suhu maksimum pemanasan:  $72.34^{\circ}\text{C}$

### 3. Data Cuaca:

- Suhu akhir objek:  $37.10^{\circ}\text{C}$
- Rata-rata suhu lingkungan:  $-0.13^{\circ}\text{C}$
- Suhu minimum objek:  $37.10^{\circ}\text{C}$
- Suhu maksimum lingkungan:  $3.77^{\circ}\text{C}$

### 4. CES vs DES:

- Suhu akhir CES:  $52.66^{\circ}\text{C}$
- Suhu akhir DES:  $52.66^{\circ}\text{C}$
- Suhu minimum CES:  $52.66^{\circ}\text{C}$
- Suhu maksimum DES:  $100.00^{\circ}\text{C}$

## Kesimpulan

Simulasi ini berhasil memodelkan perpindahan panas dalam berbagai skenario:

- Laju pendinginan yang lebih besar menghasilkan penurunan suhu yang lebih cepat, sesuai dengan teori perpindahan panas.
- Proses pendinginan dan pemanasan dengan laju yang sama memiliki tren simetris, meskipun tidak mencapai suhu target dalam waktu simulasi.
- Pendekatan CES dan DES dapat menghasilkan hasil yang identik untuk simulasi sederhana seperti ini, selama langkah waktu konsisten.