

# Proyek Akhir Kompunasi Numerik: Analisis Laju Pendinginan Menggunakan Metode Numerik

Muhammad Rafli

2306250730

Teknik Komputer

Universitas Indonesia

Email: muhammad.raffi36@ui.ac.id

**Abstract**—Laporan ini membahas penerapan metode numerik diferensiasi dan regresi linier untuk menentukan laju pendinginan sebuah benda berdasarkan data temperatur diskrit. Data temperatur bola logam yang dipanaskan hingga 80°C dan kemudian didinginkan dalam air dengan temperatur konstan 20°C dianalisis untuk menghitung laju perubahan suhu serta konstanta laju pendinginan. Hasil menunjukkan bahwa metode numerik dapat memodelkan laju pendinginan secara akurat sesuai dengan hukum Newton.

**Index Terms**—Diferensiasi Numerik, Regresi Linier, Pendinginan Newton, Metode Numerik, Data Diskrit

## I. PENDAHULUAN

Fenomena perpindahan panas merupakan salah satu konsep dasar dalam bidang teknik yang memiliki implikasi besar dalam desain dan operasi sistem termal. Salah satu proses penting yang sering diamati adalah pendinginan benda panas dalam lingkungan bersuhu lebih rendah. Pemahaman yang tepat mengenai proses pendinginan sangat penting untuk menjamin efisiensi dan keamanan dalam sistem termal, termasuk pada industri manufaktur, otomotif, dan sistem pendinginan elektronik.

Newton's Law of Cooling menjelaskan bahwa laju perubahan suhu suatu benda sebanding dengan selisih antara suhu benda dan suhu lingkungan sekitarnya. Secara matematis, hubungan ini dinyatakan sebagai:

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

dengan  $T$  adalah temperatur benda,  $T_a$  adalah temperatur lingkungan, dan  $k$  adalah konstanta pendinginan. Nilai  $k$  bergantung pada sifat benda dan kondisi lingkungan.

Dalam praktiknya, data temperatur biasanya diperoleh dalam bentuk diskrit berdasarkan pengukuran waktu-ke-waktu. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan numerik untuk menganalisis laju pendinginan secara akurat.

## II. STUDI LITERATUR

Newton's Law of Cooling telah lama digunakan untuk menjelaskan proses pendinginan dalam berbagai sistem fisik. Dalam studi [2], metode numerik diaplikasikan untuk menyimulasikan pendinginan logam menggunakan persamaan Newton. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan numerik mampu memberikan estimasi yang mendekati nilai eksperimen.

Sementara itu, [3] menekankan pentingnya pemilihan metode regresi linier untuk menentukan konstanta  $k$ . Ketika data eksperimen tersedia dalam bentuk diskrit, metode beda hingga seperti beda maju, tengah, dan mundur menjadi alat yang efektif untuk memperkirakan turunan waktu dari suhu.

Selain itu, buku [1] menyajikan berbagai teknik numerik yang dapat diterapkan untuk menyelesaikan persamaan diferensial. Di antaranya adalah metode beda hingga dan least squares fitting yang cocok digunakan untuk data eksperimen seperti yang dianalisis dalam laporan ini.

## III. DATA EKSPERIMEN

Suhu bola logam yang dipanaskan hingga 80°C diukur selama pendinginan tiap 5 menit hingga menit ke-25.

TABLE I: Data Temperatur Eksperimen

Waktu (m)	0	5	10	15	20	25
Suhu (°C)	80	44.5	30	24.1	21.7	20.7

## IV. METODE PENYELESAIAN

### A. Diferensiasi Numerik

Rumus umum metode beda hingga:

- Beda maju:  $\frac{dT}{dt}\bigg|_{t=0} = \frac{T_1 - T_0}{\Delta t}$
- Beda tengah:  $\frac{dT}{dt}\bigg|_{t=i} = \frac{T_{i+1} - T_{i-1}}{2\Delta t}$
- Beda mundur:  $\frac{dT}{dt}\bigg|_{t=n} = \frac{T_n - T_{n-1}}{\Delta t}$

Dengan  $\Delta t = 5$  menit:

- $t = 0 : \frac{44.5 - 80}{5} = -7.1$
- $t = 5 : \frac{30 - 80}{10} = -5$
- $t = 10 : \frac{24.1 - 44.5}{10} = -2.04$
- $t = 15 : \frac{21.7 - 30}{10} = -0.83$
- $t = 20 : \frac{20.7 - 24.1}{10} = -0.34$
- $t = 25 : \frac{20.7 - 21.7}{5} = -0.20$

### B. Selisih Temperatur dari Lingkungan

$T_a = 20^\circ\text{C}$ , sehingga:

$$T - T_a = [60, 24.5, 10, 4.1, 1.7, 0.7]$$

TABLE II: Perhitungan Regresi Linier (Least Squares)

$x$	$y$	$x^2$	$xy$
60	-7.1	3600	-426
24.5	-5	600.25	-122.5
10	-2.04	100	-20.4
4.1	-0.83	16.81	-3.403
1.7	-0.34	2.89	-0.578
0.7	-0.20	0.49	-0.14
<b>Total</b>	<b>-15.51</b>	<b>4320.45</b>	<b>-573.02</b>

### C. Perhitungan Regresi Linier Lengkap

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_a) \Rightarrow y = mx + c$$

Dengan  $x = T - T_a$ ,  $y = \frac{dT}{dt}$ :

Rumus:

$$m = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{6(-573.02) - (101)(-15.51)}{6(4320.45) - 101^2} = -0.119$$

$$c = \frac{\sum y - m \sum x}{N} = \frac{-15.51 - (-0.119 \times 101)}{6} = -0.582$$

$$k = -m = 0.119 \text{ per menit}$$

### V. VISUALISASI REGRESI

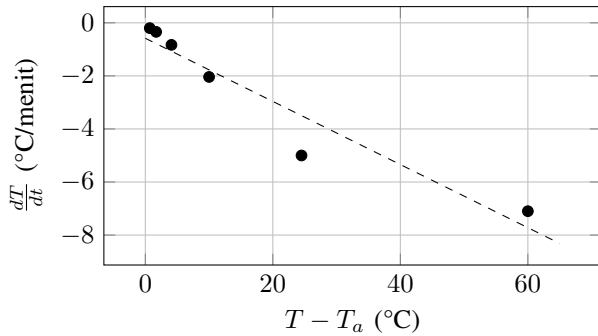


Fig. 1: Plot Regresi Linier dari Data Eksperimen

### VI. REKAPITULASI

TABLE III: Rekap Data dan Hasil Perhitungan

Waktu	Suhu	$dT/dt$	$T - T_a$
0	80	-7.1	60
5	44.5	-5	24.5
10	30	-2.04	10
15	24.1	-0.83	4.1
20	21.7	-0.34	1.7
25	20.7	-0.20	0.7

### VII. KESIMPULAN

Analisis metode numerik berhasil menggambarkan proses pendinginan benda logam. Konstanta laju pendinginan  $k = 0.119$  per menit diperoleh dari regresi linier. Metode ini cocok diterapkan dalam kondisi eksperimen dengan data diskrit. Keakuratan regresi menunjukkan bahwa hukum Newton valid secara numerik untuk sistem ini.

### LINK GITHUB DAN VIDEO

<https://github.com/MRafli127/ProyekUASMuhammadRafli>

### REFERENSI

#### REFERENCES

- [1] GDC Boysang, *Numerical Methods Lecture Notes*. [https://gdcboysang.ac.in/...](https://gdcboysang.ac.in/)
- [2] A. Suyitno and M. A. Fadli, "Simulasi sederhana pada hukum pendinginan Newton," *ResearchGate*, 2021.
- [3] N. Suryani and I. E. Santosa, "Pengukuran konstanta pendinginan berdasarkan hukum Newton," *Prosiding SNF*, UKSW, 2012.