

Pengujian Konstanta Daya Hantar Panas Gabus Menggunakan Regresi Linier Least-Square

Muhammad Nadzhif Fikri
NPM: 2306210102
Universitas Indonesia
Teknik Komputer

Abstract—Konstanta daya hantar panas, dengan satuan $W/(m.K)$ (Watt per meter-kelvin) merupakan besaran kemampuan suatu zat untuk menghantarkan panas. Laporan ini menguji daya hantar panas zat gabus berdasarkan pengukuran waktu terhadap perubahan temperatur. Melalui metode numerik interpolasi linier regresi least square, laporan ini menghitung hubungan dua buah variabel percobaan tersebut serta beberapa konstan hasil ukur untuk menguji konstanta daya hantar panas gabus terhadap data literatur yang ada.

Index Terms—daya hantar panas, regresi linier

I. PENDAHULUAN

Daya hantar panas (*heat conductivity*) dari sebuah zat merupakan ukuran kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan panas melalui konduksi. Perpindahan panas terjadi secara lebih lambat pada zat dengan daya hantar panas yang lebih kecil.

Least Squares Linear Regression atau regresi linier least square merupakan metode aproksimasi fungsi linier dari data. Metode ini digunakan untuk menemukan hubungan dari sekumpulan data observasi.

Sebuah fungsi kemiringan dari sekumpulan data observasi perpindahan thermal dapat didapatkan melalui metode least square untuk diolah lebih lanjut sehingga daya hantar panas sebuah zat dapat diaproksimasi berdasarkan model teoritis Hukum Fourier untuk konduksi panas.

II. STUDI LITERATUR

Hukum Fourier menyatakan bahwa kecepatan transfer panas per area (fluks panas) melalui suatu zat proporsional dengan negatif gradien temperatur lokal dan daya hantar panas k . Dalam bentuk satu dimensi, persamaan tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan kecepatan transfer kalor sumbu satu dimensi x dengan dinyatakan sebagai

$$\frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

di mana

$\frac{dQ}{dt}$ kecepatan transfer kalor [W atau J/s]
 k merupakan daya hantar panas zat [$W/m.K$]
 A merupakan luas penampang zat [m^2]
 $\frac{dT}{dx}$ merupakan gradien temperatur zat [K/m]

Termodinamika menyatakan bahwa jumlah kalor berbanding dengan massa, kalor jenis, serta perubahan temperatur suatu zat

$$Q = mc\Delta T \quad (2)$$

sehingga dengan menurunkan (2) terhadap perubahan waktu dt , didapat

$$\frac{dQ}{dT} = mc \frac{dT}{dt} \quad (3)$$

Dalam keadaan setimbang, kalor yang diterima dan dipancarkan zat penerima harus sama sehingga dengan menggabungkan (1) dengan (3) dan menyelesaikan untuk daya hantar panas untuk keadaan setimbang, persamaan dapat dinyatakan sebagai

$$k = \frac{mcx}{A(T_2 - T_1)} \left(\frac{dT}{dt} \right)_s \quad (4)$$

di mana

k merupakan daya hantar panas zat [$W/m.K$]
 m merupakan massa zat [g]
 c merupakan kapasitas kalor jenis penerima [$J/g.K$]
 x merupakan panjang sumbu transfer kalor zat [m]
 A merupakan luas penampang zat [m^2]
 $(T_2 - T_1)$ perbedaan temperatur sumber T_1 dengan penerima T_2 [K]
 $\left(\frac{dT}{dt} \right)_s$ laju perubahan temperatur pada suhu setimbang T_s [K/s]

III. DATA YANG DIGUNAKAN

Data yang didapatkan merupakan hasil pengukuran percobaan yang dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar UI pada 29 Februari 2024 dengan langkah-langkah:

- 1) Dimensi lembaran gabus (massa, diameter, dan tebal) diukur.
- 2) Peralatan disusun berdasarkan Fig. 1.
- 3) Suhu awal silinder aluminium (T_1) diukur.
- 4) Air dalam bejana mulai dipanaskan dan temperatur silinder aluminium pada suhu setimbang (T_2) dicatat.
- 5) Lembaran gabus disingkirkan sehingga temperatur silinder aluminium (T_2) meningkat 5 derajat di atas T_s .
- 6) Pemanas dimatikan dan lembaran gabus diletakkan kembali.
- 7) Perubahan waktu Δt dicatat untuk setiap perubahan temperatur ΔT hingga suhu silinder aluminium 5 derajat di bawah T_s .

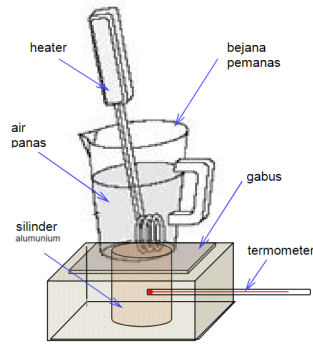


Fig. 1. Susunan peralatan percobaan.

Berdasarkan percobaan tersebut, didapat data percobaan dan literatur Table 1 serta pengukuran perubahan waktu dan temperatur Table 2.

TABLE I
DATA HASIL PERCOBAAN DAN NILAI LITERATUR

Parameter	Nilai
Massa tembaga, m	4.3 g
Luas penampang, A	$7.76 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Tebal gabus, x	$3.80 \times 10^{-3} \text{ m}$
Kapasitas kalor jenis tembaga, c	900 J/kg·K
Suhu air panas, T_1	49.6°C
Suhu setimbang, T_2	26.2°C
Nilai Literatur	
Kapasitas kalor jenis tembaga, c	900 J/kg·K ¹
Konduktivitas termal gabus, k_{lit}	$4.20 \times 10^{-2} \text{ W/m·K}^2$

TABLE II
DATA PERUBAHAN SUHU TERHADAP WAKTU PENDINGINAN

ΔT (K)	Δt (s)
1.00	2.96
2.00	5.29
3.0	7.45
4.00	9.40
5.00	1.14×10^1
6.00	1.34×10^1
7.00	1.56×10^1
8.00	1.77×10^1
9.00	2.04×10^1
1.00	2.24×10^1

IV. METODE YANG DIGUNAKAN

Dengan melakukan regresi linier untuk fungsi temperatur y (ΔT) terhadap waktu x (Δt), didapatkan kemiringan b yang setara dengan $\frac{dT}{dt}$. Sehingga, daya hantar panas dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$k = \frac{mcx}{A(T_2 - T_1)} \cdot (b) \quad (5)$$

dengan m massa aluminium, c kapasitas kalor jenis, x tebal gabus, A luas penampang, dan T_1 , T_2 masing-masing suhu awal dan suhu setimbang. Untuk memperoleh nilai b , digunakan metode regresi linier:

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (6)$$

di mana x_i adalah nilai Δt , y_i adalah nilai ΔT , dan n adalah jumlah data sebanyak 10.

V. ANALISA HASIL

Program mendapatkan kemiringan $b = 4.71 \times 10^{-1}$ sehingga menggunakan (5), didapatkan $k = 3.81 \times 10^{-2}$. Dibandingkan dengan k_{lit} gabus, kesalahan relatif dapat dihitung sebesar $\left| \frac{3.81 \times 10^{-2} - 4.2 \times 10^{-2}}{4.2 \times 10^{-2}} \right| \cdot 100\% = 9.3\%$.

Data yang ada di-export ke sebuah file CSV serta sebuah function fit yang didapatkan dengan $y = xb$ dengan $x = dt$. File tersebut lalu digunakan untuk melakukan plotting menggunakan library matplotlib dalam sebuah program Python yang menghasilkan Fig. 2.

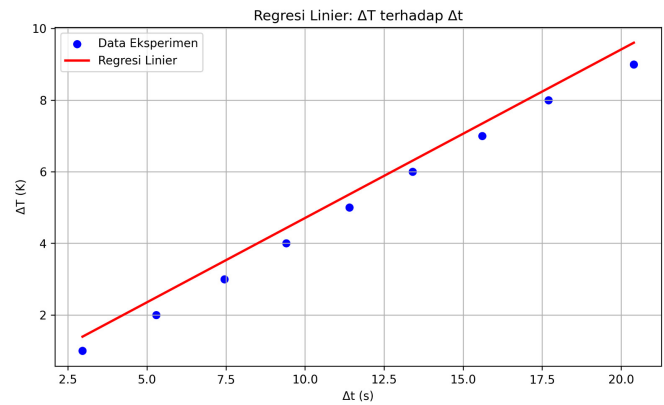


Fig. 2. Plot temperatur waktu serta fungsi fit berdasarkan regresi.

VI. KESIMPULAN

Implementasi pengujian daya hantar panas gabus menggunakan regresi linier least square berhasil menemukan kemiringan Temperatur-Waktu untuk menghitung daya hantar panas. Metode regresi linier least square dapat digunakan dalam berbagai pengujian fisika lainnya yang memiliki hubungan variabel dengan mencocokkan fungsi kemiringan dengan persamaan.

VII. LINK GITHUB

https://github.com/Kutukobra/ProyekUAS_2306210102_Nadzhif.

REFERENCES

- [1] BYJU'S, "Thermal conductivity," BYJUS, Jun. 02, 2016. <https://byjus.com/chemistry/thermal-conductivity/>
- [2] University of Texas, "Heat Capacities for Some Select Substances," gchem. <https://gchem.cm.utexas.edu/data/section2.php?target=heat-capacities.php>
- [3] Georgia State University, "Thermal Conductivity," Gsu.edu, 2019. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Tables/thrcn.html>