



PERBANDINGAN KONDUKTIVITAS TERMAL LOGAM BESI DAN KUNINGAN MENGGUNAKAN METODE EKSPERIMEN SEDERHANA

Athfatullaila Elyo Falakh^{1*}, Sausan Nada Widana², Fuji Hernawati Kusumah³

^{1,2,3}Jurusan Pendidikan Fisika UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta

[*Athfatullaila@gmail.com](mailto:Athfatullaila@gmail.com)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan konduktivitas termal dua jenis logam, yaitu kuningan dan besi melalui eksperimen sederhana berbasis pengukuran suhu. Masing-masing logam memiliki bentuk silinder dengan diameter 0,5 cm dengan panjangnya 29,8 cm. Percobaan dilakukan secara bergantian pada masing-masing logam guna menjaga konsistensi hasil. Salah satu logam dipanaskan menggunakan lilin dan 2 termometer digantungkan pada jarak yang berbeda yaitu 12 cm dan 20 cm dihitung dari ujung logam yang dipanaskan. Hasil menunjukkan bahwa kuningan meningkat lebih cepat dibandingkan besi. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa kuningan memiliki konduktivitas termal lebih tinggi dibanding besi. Penelitian ini memberikan pemahaman dasar mengenai perbedaan kemampuan penghantaran panas antar logam.

Kata Kunci: konduksi; konduktivitas termal; logam silinder; perpindahan panas

ABSTRACT

This study aims to compare the thermal conductivity of two types of metals, namely brass and iron through a simple experiment based on temperature measurement. Each metal has a cylindrical shape with a diameter of 0.5 cm and a length of 29.8 cm. Experiments were carried out alternately on each metal to maintain the consistency of the results. One of the metals is heated using wax and 2 thermometers are hung at different distances i.e. 12 cm and 20 cm are calculated from the heated ends of the metal. The results show that brass increases faster than iron. The results of this experiment show that brass has a higher thermal conductivity than iron. This study provides a basic understanding of the differences in heat transfer capabilities between metals.

Keywords: conduction; thermal conductivity; cylindrical metal; heat transfe

A. PENDAHULUAN

Energi termal dijelaskan sebagai hasil dari getaran partikel pada skala mikroskopis. Suhu, yang mencerminkan kondisi suatu objek, merupakan karakteristik fisik yang mengindikasikan tingkat getaran termal dari partikel tersebut. Panas, yang berkaitan langsung dengan konduktivitas termal, didefinisikan sebagai perpindahan energi

termal dari satu partikel ke partikel lainnya. Suhu menggambarkan seberapa besar partikel bergetar, sedangkan panas menunjukkan jumlah energi yang dipindahkan, kecepatannya, dan arah perpindahannya (Burger, 2016).

Konduktivitas termal adalah parameter yang menunjukkan sejauh mana suatu bahan dapat menghantarkan energi panas. Dalam logam, perpindahan energi termal terutama

disebabkan oleh getaran kisi dan pergerakan elektron bebas. Elektron bebas ini memungkinkan energi panas berpindah dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah dengan efisien (Kurniawati, 1999). Mekanisme ini sesuai dengan hukum kedua termodinamika yang menyatakan bahwa panas mengalir secara alami dari suhu tinggi ke suhu rendah (Frank Kreith, 2010). Proses perpindahan energi panas melalui suatu medium secara langsung tanpa perpindahan massa disebut konduksi. Laju perpindahan kalor melalui konduksi dapat dihitung secara makroskopik berdasarkan hukum Fourier dimana laju aliran panas melalui suatu bahan sebanding dengan gradien suhu dan luas penampang, serta berbanding terbalik dengan panjang lintasan panas. Secara matematis dapat ditulis sebagai $Q = -k \cdot A \cdot dT/dx$ tanda minus adalah konsekuensi dari perpindahan energi yang mengikuti arah penurunan temperatur (Shapiro, 2000).

Sifat konduktivitas termal suatu bahan dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi kemampuan bahan tersebut sebagai penghantar atau isolator panas. Logam umumnya memiliki nilai konduktivitas termal yang lebih tinggi dibandingkan bahan non-logam (Sucipto, 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Astuti (2015) menunjukkan konduktivitas termal besi memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan kuningan. Nilai konduktivitas termal suatu bahan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya perbedaan suhu antar titik pengamatan serta karakteristik mikroskopik logam seperti kerapatan atom dan jumlah elektron bebas.

Menurut Zemansky, M. W., & Dittman (1986), kuningan memiliki konduktivitas termal yang relatif tinggi dibandingkan besi, sehingga panas lebih cepat merambat dan tersebar merata dalam logam tersebut. Secara mikroskopik, besi memiliki koefisien panas spesifik elektron bebas γ^e sebesar $5,02 \text{ j/mol} \cdot \text{K}^2$, sedangkan tembaga komponen utama kuningan memiliki γ^e sebesar $0,695 \text{ j/mol} \cdot \text{K}^2$. Nilai γ^e yang lebih kecil pada tembaga menunjukkan bahwa meskipun kontribusi panas dari elektron lebih kecil, hambatan terhadap pergerakan elektron juga

lebih rendah sehingga aliran panas menjadi lebih efisien. Perbedaan ini memberikan gambaran bahwa kuningan secara struktur mikroskopik memiliki sifat termal yang lebih unggul dibandingkan besi.

Logam	$\theta, \text{ K}$	$\gamma^e, \text{ j/mol} \cdot \text{K}^2$	Logam	$\theta, \text{ K}$	$\gamma^e, \text{ j/mol} \cdot \text{K}^2$	Logam	$\theta, \text{ K}$	$\gamma^e, \text{ j/mol} \cdot \text{K}^2$
Li	344	1,63	Rb	56	2,4	Yb	120	2,9
Be	1440	0,17	Sr	147	3,6	Lu	210	11,3
Na	158	1,4	Y	280	10,2	Hf	252	2,16
Mg	400	1,3	Zr	291	2,80	Ta	240	5,9
Al	428	1,35	Nb	275	7,79	W	400	1,3
K	91	2,1	Mo	450	2,0	Re	430	2,3
Ca	230	2,9	Ru	600	3,3	Os	500	2,4
Sc	360	10,7	Rh	480	4,9	Ir	420	3,1
Ti	420	3,5	Pd	274	9,42	Pt	240	6,8
V	380	9,8	Ag	225	0,650	Au	165	0,69
Cr	630	1,40	Cd	209	0,69	Hg	72	1,79
Mn	410	1,4	In	108	1,6	Tl	79	1,47
Fe	420	3,1	Sn	199	1,78	Pb	105	3,0
Co	445	4,7	Sb	211	0,112	Bi	119	0,021
Ni	450	7,1	Cs	38	3,2	Th	163	4,3
Cu	343	0,688	Ba	110	2,7	U	207	10,0
Zn	327	0,65	La	142	10	Pu	160	13
Ga	320	0,60	Dy	210				
As	282	0,19	Tm	200	10,5			

Penelitian ini mengkaji bagaimana perbedaan konduktivitas termal antara logam aluminium, kuningan, dan besi dapat diamati secara langsung melalui eksperimen sederhana. Selain itu, penelitian ini menelaah secara teoritis bagaimana sifat mikroskopik seperti jumlah elektron bebas dan kerapatan atom memengaruhi laju perambatan panas pada masing-masing logam.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan konduktivitas termal dua jenis logam yang digunakan yaitu, kuningan dan besi melalui pendekatan eksperimen sederhana. Masing-masing logam memiliki bentuk silinder dengan diameter 0,5 cm dengan panjang 29,8 cm. salah satu ujung logam dipanaskan menggunakan lilin sebagai sumber panas tetap, sementara suhu diamati pada dua titik berbeda, titik 1 (jarak 12 cm) dan titik 2 (jarak 20 cm) dari ujung yang dipanaskan. Pengukuran suhu setiap titik menggunakan termometer air raksa untuk menganalisis kecepatan perambatan panas pada masing-masing logam.

Melalui eksperimen sederhana ini, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam dua hal yang paling utama. Pertama, sebagai metode pembelajaran yang sederhana, dan mudah diakses untuk membantu peserta didik maupun masyarakat umum memahami konsep induksi panas secara nyata. Kedua, sebagai ilustrasi awal mengenai pentingnya memahami sifat termal material dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam bidang teknik, manufaktur dan rekayasa material.

B. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium untuk membandingkan konduktivitas termal dua jenis logam yaitu kuningan dan besi. Masing-masing logam berbentuk silinder dengan panjang 29,8 cm dan diameter 0,5 cm guna menjaga keseragaman dimensi fisik yang dapat memengaruhi laju perambatan panas.

Setiap batang logam dipasang secara horizontal dengan cara menjepit salah satu ujungnya menggunakan statif dan klem, sementara ujung lainnya dibiarkan bebas untuk dipanaskan menggunakan lilin. Pemanasan dilakukan menggunakan lilin sebagai sumber panas tetap. Berdasarkan literatur, suhu nyala api lilin berkisar dari 800°C - 1400°C (Raharja et al., 2019). Dalam eksperimen ini api lilin dianggap memberikan suhu konstan selama proses pemanasan.

Pengamatan suhu dilakukan pada dua titik tetap yang telah ditentukan, yaitu pada jarak 12 cm dan 20 cm dari ujung yang dipanaskan. Termometer air raksa diletakkan tegak menyetuk batang logam pada masing-masing titik tersebut. Pengukuran suhu dilakukan sebanyak dua kali, yakni pada menit ke-5 dan menit ke-10 sejak pemanasan dimulai. Prosedur yang sama diulang untuk masing-masing logam secara terpisah guna menjaga konsistensi kondisi lingkungan dan sumber panas.

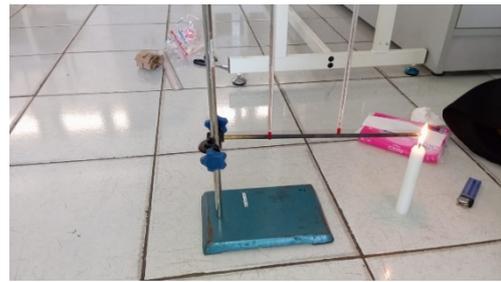
Data suhu yang diperoleh dicatat dalam bentuk tabel, kemudian dianalisis secara komparatif untuk menentukan perbedaan laju perambatan panas. Grafik hubungan waktu terhadap suhu juga dibuat untuk memvisualisasikan kemampuan konduktivitas termal dari kedua jenis logam yang diuji.

Gambar 1. Pengujian konduktivitas pada besi



Gambar 2. Pengujian konduktivitas pada

kuningan



C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian konduktivitas termal secara sederhana dengan suhu awal 30°C yang diukur 5 menit sekali selama 10 menit pada 2 titik pengukuran dengan 2 termometer air raksa.

Tabel 1. hasil percobaan konduktivitas termal pada besi

Termometer	5 menit	10 menit
Titik 1	34°C	39°C
Titik 2	30°C	31°C

Tabel 2. hasil percobaan konduktivitas termal pada kuningan

Termometer	5 menit	10 menit
Titik 1	39°C	46°C
Titik 2	31°C	33°C

Eksperimen ini bertujuan untuk membandingkan laju perambatan panas pada dua jenis logam, yaitu kuningan dan besi melalui pendekatan sederhana menggunakan lilin sebagai sumber panas. Berdasarkan hasil pengukuran, logam kuningan menunjukkan peningkatan suhu yang lebih signifikan dibandingkan besi. Pada lima menit pertama, suhu termometer 2 (jarak 20 cm dari sumber panas) sudah meningkat sebesar 1°C , sedangkan suhu termometer 1 (jarak 12 cm) meningkat hingga 12°C dari suhu awal. Setelah 10 menit, suhu pada termometer 1 mencapai 46°C (kenaikan 16°C) dan termometer 2 mencapai 33°C (kenaikan 3°C). Sebaliknya, logam besi hanya menunjukkan kenaikan 1°C pada termometer 1 di 5 menit awal. Pada menit ke-10, suhu akhir mencapai 39°C (kenaikan 9°C) di termometer 1 dan 31°C (kenaikan 1°C) di termometer 2. Perbedaan ini menunjukkan bahwa panas merambat lebih cepat dan lebih jauh pada logam kuningan dibandingkan besi.

Grafik yang ditampilkan pada gambar 1 dan 2 memperkuat kesimpulan tersebut. Kurva suhu logam kuningan memiliki kemiringan lebih curam dibandingkan besi, baik pada titik 1

maupun titik 2. Hal ini menunjukkan bahwa konduktivitas termal kuningan lebih tinggi karena mampu menghantarkan panas dengan lebih cepat dan merata sepanjang silinder. Sebaliknya grafik suhu logam besi menunjukkan kenaikan yang lebih landai dan stabil, yang menandakan bahwa laju perpindahan panas pada besi jauh lebih lambat. Penyebaran panas berlangsung secara bertahap dari sumber panas menuju seluruh bagian logam. Fenomena ini menguatkan bahwa jenis logam sangat memengaruhi seberapa cepat panas dapat merambat dalam material padat.

Secara teoritis, fenomena ini dapat dijelaskan dengan menggunakan ukum Fourier yang menyatakan bahwa laju aliran panas (Q) berbanding lurus dengan konduktivitas termal bahan (k) dan gradien suhu terhadap panjang (A). Pada percobaan ini silinder dan luas penampang dibuat sama, maka perbedaan nilai gradien suhu ($\frac{dT}{dx}$) mencerminkan besarnya konduktivitas termal k . Karena logam kuningan memiliki perubahan suhu yang lebih besar dalam rentang panjang sama, maka nilai k -nya lebih tinggi dibandingkan besi. Hasil ini konsisten dengan data literatur bahwa konduktivitas termal kuningan berada di kisaran 109 W/m.K sedangkan besi sekitar 80 W/m.K

Secara mikroskopik, perbedaan ini dapat dijelaskan oleh karakteristik internal masing-masing bahan. Dalam logam, energi panas ditransfer melalui gerakan elektron bebas yang membawa energi dari daerah panas ke daerah dingin. Kuningan, sebagai paduan tembaga dan seng dengan jumlah elektron bebas yang lebih tinggi serta struktur kisi yang lebih teratur dibandingkan dengan besi. Berdasarkan data mikroskopik, nilai koefisien panas spesifik elektron bebas γ' pada tembaga adalah $0,695 \frac{J}{mol} \cdot K^2$ sedangkan besi sebesar $5,02 \frac{J}{kmol} \cdot K^2$. meskipun γ' besi lebih besar, hal ini menunjukkan bahwa elektron pada besi menyumbang kapasitas panas yang lebih besar, juga mengalami lebih banyak hambatan dalam pergerakannya. Sebaliknya pada kuningan dengan γ' lebih rendah justru memiliki pergerakan elektron yang lebih efisien dan minim hambatan, sehingga laju aliran panas menjadi lebih cepat. Fakta ini mendukung hasil eksperimen dan memperkuat pemahaman bahwa kuningan merupakan konduktor panas yang lebih baik dibandingkan besi.

Hasil eksperimen ini tidak hanya memberikan pemahaman empiris mengenai perbedaan konduktivitas termal antar logam, tetapi juga menawarkan pendekatan pembelajaran yang sederhana dan aplikatif. Melalui pengamatan langsung terhadap perambatan panas pada kuningan dan besi, peserta didik dapat memahami konsep induksi panas secara konkret. Selain itu, pemahaman mengenai sifat termal material memiliki relevansi penting dalam bidang teknik, manufaktur dan rekayasa material terutama dalam pemilihan bahan untuk aplikasi yang melibatkan penghantaran panas.

D. PENUTUP

1. Kesimpulan

Eksperimen ini menunjukkan bahwa kuningan memiliki konduktivitas termal yang lebih tinggi dibandingkan besi. Hal ini terlihat dari peningkatan suhu yang lebih besar dan lebih cepat pada titik pengamatan yang sama serta grafik suhu yang menunjukkan gradien lebih curam pada logam kuningan perbedaan ini mengindikasikan bahwa panas merambat lebih efisien dalam kuningan dibandingkan besi.

Secara mikroskopik, kuningan memiliki lebih banyak elektro bebas dan hambatan internal yang lebih rendah yang mendukung perambatan panas yang lebih cepat. Meskipun koefisien panas spesifik elektron bebas γ' besi lebih tinggi, hal tersebut tidak menjamin efisiensi perambatan panas karena hamburan energi lebih besar. Eksperimen sederhana ini sekaligus menjadi sarana pembelajaran yang efektif untuk memahami konsep perpindahan panas dan pentingnya memilih bahan berdasarkan sifat termalnya dalam aplikasi teknik dan industri.

2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menguji berbagai jenis material lainnya dan membandingkan konduktivitas termalnya, serta meningkatkan akurasi pengukuran menggunakan alat yang lebih sensitif. Penggunaan teknologi simulasi dalam pembelajaran dapat diperluas untuk mempermudah pemahaman konsep perpindahan panas. Selain itu, penelitian lebih lanjut tentang pengaruh komposisi material terhadap konduktivitas termal sangat diperlukan, terutama untuk aplikasi industri yang membutuhkan efisiensi perpindahan panas.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, I. A. 2015. "Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, Dan Besi Dengan Metode Gandengan." In *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-6*, , 33.
- Burger, A. L.N. 2016. "Review of Thermal Conductivity in Composites: Mechanisms, Parameters and Theory." *Progress in Polymer Science* 2.
- Frank Kreith, R. M. 2010. *PRINCIPLES OF HEAT TRANSFER SEVENTH EDITION*. New York: Cengage Learning.
- Kurniawati, N. 1999. "PENENTUAN KONDUKTIVITAS TERMAL (k) BEBERAPA JENIS LOGAM: ALUMINIUM MURNI, BAJA TAHAN KARAT (18% Cr, 6% Ni) Dan BAJA KARBON (0,5% C)." *Jurnal Penelitian Sains* 5: 38–39.
- Sucipto, T. P. 2013. "ANALISA KONDUKTIVITAS TERMAL BAJA ST-37 DAN KUNINGAN." *Momentum* 9(1).
- Zemansky, M. W., & Dittman, R. H. 1986. *Kalor Dan Termodinamika (Terj. Ed. Indonesia)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.