

Uji Konduktivitas Termal Material Non Logam

Mohammad Istajarul Alim, Dina Mardiana, Anita Dwi A, Diky Anggoro
 Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Raya ITS, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: dinamardiana2411@gmail.com

Abstrak—Konduktivitas termal merupakan nilai yang menyatakan kemampuan material dalam menghantarkan panas. Pada percobaan ini memiliki tujuan untuk menentukan nilai konduktivitas termal beberapa material serta mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal pada beberapa material. Prinsip dari percobaan kali ini yaitu berdasarkan hukum Fourier dan perpindahan panas pada arah aksial satu dimensi. Ketika suatu sisi bahan aluminium diberikan energi panas, maka panas tersebut akan dihantarkan menuju sisi lain. Panas tersebut akan ditransferkan ke suatu sisi material non logam dan dihantarkan menuju sisi lainnya. Berdasarkan hal tersebut, maka berlaku perbandingan hukum Fourier yang mana besarnya laju perpindahan kalor konduksi memiliki nilai yang sama. Suhu pada masing-masing sisi tersebut kemudian dapat digunakan untuk menentukan nilai konduktivitas termal pada suatu material non logam. Hasil akhir pada yang didapatkan yaitu nilai konduktivitas termal rata-rata pada material arang adalah $22 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, material kayu adalah $74 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, dan material karet adalah $39 \text{ W/m}^\circ\text{C}$,

Kata Kunci—Hukum Fourier, kalor, konduksi, konduktivitas termal.

I. PENDAHULUAN

Panas yang berpindah merupakan fenomena alam yang dapat dianalisa berdasarkan hukum-hukum fisika. Banyak faktor yang mempengaruhi dalam perpindahan panas. Tentunya panas yang berpindah sangat erat hubungannya dengan kehidupan bagi seluruh makhluk hidup di bumi ini. Sebagai contoh seperti panas yang dihasilkan oleh pancaran sinar matahari. Panas yang dihasilkan oleh matahari dihantarkan melalui ruang hampa dan atmosfer bumi. Perjalanan hantaran tersebut merupakan contoh perpindahan panas secara radiasi. Artinya, panas yang berasal dari matahari dihantarkan secara menyeluruh dengan pertambahan jarak seperti pada bola. Sehingga panas yang telah sampai di muka bumi bukan merupakan panas total dari pancaran matahari, melainkan hanya sebagian kecil saja karena perpindahannya secara radiasi. Selain itu dapat kita ambil contoh yang lain semisal dalam memanaskan air. Panas yang dihasilkan oleh kompor api dipindahkan menuju ke air di panci. Ketika air bagian bawah telah memiliki perbedaan suhu dengan yang atas, maka air yang memiliki kelebihan panas akan bergerak ke atas. Hal ini merupakan contoh perpindahan panas secara konveksi. Berdasarkan contoh-contoh tersebut, maka perpindahan panas merupakan suatu hal yang mutlak ada dalam kehidupan di muka bumi ini. Sehingga perlu dilakukan analisa mendalam mengenai faktor-faktor terjadinya perpindahan panas.

Panas atau yang bisa disebut dengan kalor merupakan bentuk energi yang tersimpan dan keadaannya selalu tidak setimbang apabila tidak berada dalam daerah yang terisolasi. Artinya, energi panas akan selalu bergerak menuju ke daerah yang memiliki energi panas yang sedikit atau disebut daerah

yang memiliki suhu yang lebih rendah. Satuan panas secara internasional merupakan joule. Energi yang dimiliki oleh panas nilainya akan sebanding dengan suhu suatu benda. Artinya, semakin besar suhu suatu benda maka energi yang tersimpan didalam benda tersebut juga semakin besar [1].

Perpindahan panas atau secara internasional disebut dengan *heat transfer* merupakan fenomena alam yang berkaitan dengan kalor yang mengalami perpindahan. Hukum yang menyatakan terjadinya perpindahan panas pada material padat dan *rigid* merupakan hukum Fourier yang persamaannya dapat dituliskan seperti pada persamaan 1. Berdasarkan hukum Fourier tersebut, nilai q merupakan laju perpindahan kalor konduksi yang memiliki satuan watt. Kemudian nilai A adalah luas penampang searah terjadinya perpindahan panas yang memiliki satuan m^2 . K sendiri merupakan nilai konduktivitas bahan dalam satuan $\text{W/m}^\circ\text{C}$. Sedangkan T merupakan nilai perbedaan suhu diantara dua titik pengukuran yang memiliki satuan $^\circ\text{C}$. Dan yang terakhir yaitu l yang merupakan panjangnya pengukuran T di dua titik dengan satuan m [2].

$$q = -kA \frac{dT}{dl} \quad (1)$$

Panas yang melakukan perpindahan, secara umum dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan cara menghantarnya. Ketiga jenis perpindahan panas tersebut yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Dimana perpindahan panas secara konduksi merupakan panas yang berpindah pada material padat dan *rigid*. Dimana perpindahan panas tersebut hanyalah energinya, tanpa terjadi perpindahan material penghantar. Material sebagai penghantar hanya bergetar dan berputar saja. Dengan begitu perpindahan panas secara konduksi bisa dikatakan lebih cepat. Kemudian, perpindahan panas yang kedua yaitu secara konveksi. Dimana panas yang berpindah secara konveksi akan mengalami perpindahan energi panas beserta materi penghantarnya. Biasanya, perpindahan panas secara konveksi terjadi pada berbagai jenis fluida cair maupun fluida gas. Perpindahan panas secara konveksi terjadi lebih lambat daripada konduksi. Hal ini karena didalam konveksi selain memindahkan energi panas itu sendiri juga membutuhkan energi untuk memindahkan material penghantarnya. Dan yang terakhir yaitu perpindahan panas secara radiasi. Panas yang berpindah secara radiasi merupakan perpindahan panas secara menyebar kesegala arah membentuk bidang permukaan bola. Perpindahan panas dengan cara radiasi terjadi tanpa harus ada sentuhan antara dua buah benda. Hal ini dapat memungkinkan terjadinya perpindahan panas yang tidak membutuhkan material perantara atau pada ruang hampa [3].

Konduktivitas termal merupakan besaran yang menyatakan kemampuan suatu material dalam menghantarkan suatu panas. Nilai konduktivitas termal suatu bahan tentunya berbeda beda. Hubungan nilai konduktivitas termal dengan kemampuan menghantarkan panas adalah

sebanding. Artinya semakin besar nilai konduktivitas termalnya, maka semakin besar kemampuan dalam menghantarkan panas [4].

Nilai konduktivitas termal pada berbagai material memiliki perbedaan secara signifikan. Hal ini tentunya dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor utama yaitu ada pada nilai densitas dan porositas material. Untuk faktor densitas merupakan ukuran kemampatan pada material, jadi semakin besar densitasnya, maka nilai konduktivitas termalnya juga semakin besar. Kemudian yang kedua yaitu porositas. Dimana porositas merupakan kemungkinan ruang kosong pada suatu material. Porositas selalu berbanding terbalik dengan densitas, maka pada nilai konduktivitas termal nilainya juga akan berbanding terbalik. Berdasarkan hal tersebut tentunya nilai konduktivitas termal pada berbagai material akan memiliki nilai yang berbeda-beda. Untuk dapat membandingkannya antar berbagai material, dapat ditulis pada tabel 1 [5].

Tabel 1. Nilai konduktivitas termal pada berbagai material

Material	Konduktivitas Termal (W/m°C)
Perak murni	410
Alumunium murni	202
Nikel murni	93
Besi murni	73
Kayu ek	0,17
Karet mentah	0,15
Arang kayu	0,084
Udara	0,024

II. METODE PENELITIAN

Pada percobaan uji konduktivitas termal material non logam dilakukan berdasarkan perbandingan dengan menggunakan hukum Fourier. Dimana dalam menentukan besaran-besarnya dapat dilakukan berdasarkan metode berikut ini.

2.1. Alat dan bahan

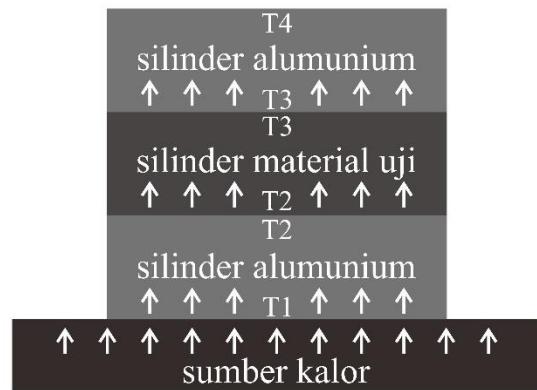
Peralatan dan bahan yang digunakan pada percobaan ini yaitu kompor listrik yang digunakan sebagai sumber panas. Kemudian digunakan dua buah silinder alumunium sebagai material acuan dalam hukum Fourier. Digunakan material kayu, karet, dan arang sebagai objek yang akan dicari nilai konduktivitas termalnya. Gelas beker dan air juga digunakan untuk dipercepatnya proses pendinginan pada silinder alumunium. Tisu digunakan untuk membersihkan silinder alumunium dari air. Untuk mengukur suhu digunakan *pyrometer*. Digunakan pula *stopwatch* untuk mengukur waktu berjalan dalam proses perpindahan panas.

2.2. Skema alat

Skema alat yang pada percobaan ini ditampilkan pada gambar 1 dan skema percobaan pada gambar 2.



Gambar 1. Peralatan dan bahan pada percobaan



Gambar 2. Skema percobaan distribusi kalor

2.3. Langkah kerja

Langkah kerja dilakukannya percobaan uji konduktivitas termal material non logam adalah dengan disiapkan peralatan dan bahan yang digunakan. Kemudian peralatan disusun seperti pada gambar 2. Kompor listrik dinyalakan dan dihitung untuk perubahan waktu untuk 10 menit. T1, T2, T3, dan T4 diukur suhunya dengan menggunakan *pyrometer*. Silinder alumunium kemudian didinginkan dengan digunakannya air hingga menuju ke suhu ruangan. Percobaan tersebut dilakukan pengulangan tiga kali. Dilakukan pula variasi material uji berupa arang, kayu, dan karet.

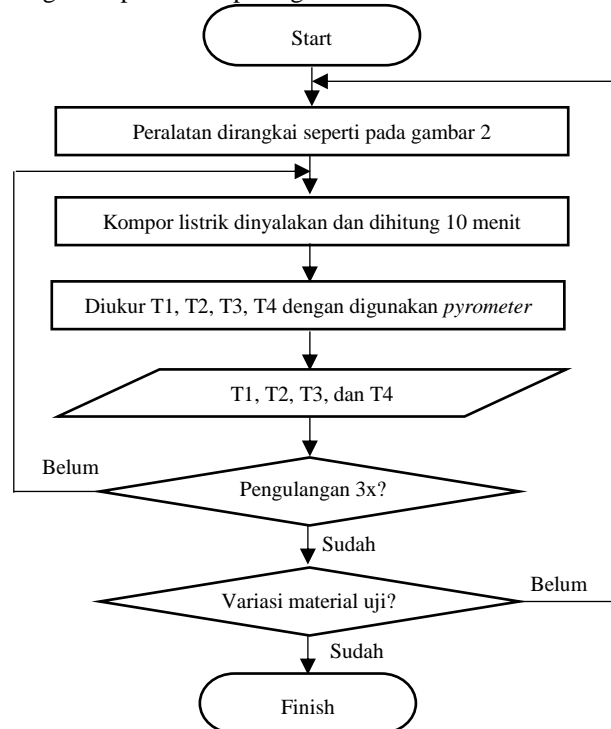
2.4 Persamaan

Dalam menentukan besarnya uji konduktivitas termal material uji, dapat dilakukan pencarian dengan perbandingan hukum fourier untuk nilai laju perpindahan panasnya. Dimana nilai laju perpindahan panas untuk material alumunium dan material uji adalah sama. Maka persamaan yang digunakan dapat dituliskan pada persamaan 2.

$$-\frac{k_{al} \cdot A_{al} \cdot \Delta T_{al}}{l_{al}} = -\frac{k_{uji} \cdot A_{uji} \cdot \Delta T_{uji}}{l_{uji}} \quad (2)$$

2.5 Diagram alir

Diagram alir pada percobaan konduktivitas termal material non logam dapat ditulis pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir percobaan

III. HASIL DAN DISKUSI

Data yang telah didapatkan pada percobaan uji konduktivitas termal material non logam dapat disusun dalam bentuk tabel. Kemudian berdasarkan hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan nilai konduktivitas termal berdasarkan persamaan 2. Hasil tersebut kemudian dapat dilakukan analisa mengenai nilai konduktivitas termal material non logam yang didapatkan.

3.1 Analisa Data

Berdasarkan hasil percobaan, didapatkan nilai diameter bahan, panjang penghantar, dan suhu disetiap sisi silinder alumunium. Selain itu didapatkan pula nilai diameter alumunium sebesar 3 cm dan panjang penghantar alumunium sebesar 1,5 cm. Adapun data untuk material uji dapat ditulis pada tabel 1.

Tabel 2. Data percobaan uji konduktivitas termal material non logam

No	Bahan	d (m)	L (m)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)
1	Arang	0,033	0,01	59	55	33	31
				60	56	36	33
				55	51	32	30
2	Kayu	0,033	0,015	45	42	36	33
				47	44	37	34
				50	48	43	39
3	Karet	0,033	0,008	57	54	47	42
				60	56	48	45
				56	53	45	40

3.2 Perhitungan

Dari data percobaan yang telah didapatkan, maka nilai konduktivitas termal suatu material uji dapat dihitung berdasarkan persamaan 2 yang ditentukan seperti pada contoh berikut ini dengan menggunakan konduktivitas termal alumunium referensi 202 W/m°C berdasarkan tabel 1. Sedangkan untuk data konduktivitas termal selengkapnya dapat ditulis pada tabel 3.

- Diketahui : T1 = 60 °C
- T2 = 56 °C
- T3 = 48 °C
- dbahan = 0,033 m
- lbahan = 0,008 m
- dal = 0,03 m
- lal = 0,015 m
- k_{al} = 202 W/m°C

Ditanya : k_{bahan}?
 Jawab :

$$-\frac{k_{al} \cdot A_{al} \cdot \Delta T_{al}}{l_{al}} = -\frac{k_{uji} \cdot A_{uji} \cdot \Delta T_{uji}}{l_{uji}}$$

$$k_{uji} = \frac{k_{al} \cdot A_{al} \cdot \Delta T_{al} \cdot l_{uji}}{l_{al} \cdot A_{uji} \cdot \Delta T_{uji}}$$

$$k_{uji} = \frac{202 \cdot 3,14 \cdot 0,015^2 \cdot (56-60) \cdot 0,008}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 0,0165^2 \cdot (48-56)}$$

$$k_{uji} = 44,5179 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Tabel 3. Hasil nilai densitas dan porositas batuan

No	Bahan	k (W/m°C)	k rata-rata (W/m°C)
1	Arang	20,2354	21,9749
		22,2590	
		23,4305	
		83,4711	
2	Kayu	71,5466	73,9315
		66,7769	
		38,1582	
3	Karet	44,5179	38,6882
		33,3884	

3.3 Pembahasan

Percobaan uji konduktivitas termal material non logam telah digunakan berdasarkan perbandingan pada hukum Fourier. Dimana sebagai acuan perbandingan merupakan silinder alumunium yang dipanaskan. Hukum kekekalan energi pun akan dapat terjadi, sehingga besarnya nilai laju perpindahan kalor pada silinder alumunium akan memiliki nilai yang sama dengan laju perpindahan kalor pada silinder material non logam sebagai material uji.

Nilai konduktivitas termal tentunya akan berbeda pada setiap material yang ada. Perbedaan nilai konduktivitas termal tersebut terjadi karena komposisi material itu sendiri. Hal yang paling mendasar mengenai komposisi material adalah densitas dan porositas. Dimana nilai densitas merupakan kerapatan massa penyusun material berdasarkan suatu luasan. Dengan begitu, apabila material memiliki massa yang besar dengan volume yang kecil maka akan memiliki densitas yang besar. Artinya, materi-materi penyusun material tersebut akan terkompresi pada satuan volume sehingga materi yang ada hanya bergetar atau berputar saja. Material yang semacam itu akan memiliki kemampuan dalam menghantarkan panas lebih baik. Kemudian untuk porositas merupakan ukuran ruang kosong pada suatu material. Semakin banyak ruang kosong, maka kemampuan dalam menghantarkan panas lebih sedikit. Hal ini dikarenakan ruang kosong akan mempengaruhi luas permukaan penghantar yang notabennya luas permukaan nilainya sebanding dengan kemampuan dalam menghantarkan panas. Artinya, suatu material yang memiliki porositas tinggi maka akan lebih sulit dalam menghantarkan panas karena pengaruh luas permukaanya.

Hasil nilai konduktivitas termal pada percobaan ini didapatkan untuk masing-masing material yang diuji cobakan dan tiap pengulangannya. Adapun daam menentukan perbandingan nilai laju perpindahan panas pada alumunium digunakan silinder alumunium yang paling dekat dengan sumber panas. Untuk hasil nilai konduktivitas termalnya sendiri masing-masing material didapatkan paling besar ada pada material kayu. Sedangkan untuk nilai konduktivitas termal paling kecil ada pada material arang. Seacara awam, hal ini sudah jelas terjadi karena densitas arang lebih kecil dari pada densitas kayu. Pada paragraf sebelumnya juga telah dibahas mengenai hubungan densitas dengan kemampuan dalam menghantarkan panas yang nilainya adalah berbanding lurus.

Berdasarkan nilai referensi konduktivitas termal pada tabel 1, antara material non logam arang, kayu, dan karet yang memiliki nilai konduktivitas termal terbesar adalah kayu. Sedangkan nilai konduktivitas termal terkecil adalah arang. Hal ini tentunya sangat berkesesuaian dengan hasil yang didapatkan pada percobaan ini yang mana nilai konduktivitas termal terbesar adalah kayu dan nilai konduktivitas termal terkecil adalah arang. Namun, dalam bahasan mengenai nilai riilnya didapatkan perbedaan yang begitu signifikan antara hasil yang didapatkan pada percobaan ini dengan nilai konduktivitas termal secara litelatur. Adapun hasil yang didapatkan pada percobaan ini lebih besar berkali-kali lipat daripada hasil secara litelatur. Hal ini tentunya sangat mungkin terjadi karena didalam percobaan ini dilakukan tidak dengan cara isolasi. Artinya faktor-faktor lingkungan akan terjadi dalam perpindahan panas itu sendiri. Sebagai contoh faktor yang paling besar pengaruhnya yaitu tanpa adanya isolasi antara kompor listrik dengan material uji. Dimana kompor listrik tersebut akan menghasilkan

perpindahan panas juga selain konduksi dengan silinder aluminium yaitu perpindahan panas secara radiasi. Pengaruh tersebut sangat besar terjadi karena lingkungan disekitar area material uji coba sama panasnya dengan lingkungan disekitar silinder aluminium. Selain faktor utama mengenai ketiadaan isolasi, faktor kedua yaitu mengenai kepresisian dalam pengukuran. Dimana material uji yang dilakukan tidak murni dalam bentuk silinder. Masing ada ketidak teraturan material uji yang digunakan karena pengaruh pemotongan secara manual, tida dengan menggunakan mesin otomatis yang memiliki tingkat kepresisian yang tinggi.

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh pada percobaan uji konduktivitas termal material non logam yaitu didapatkan nilai konduktivitas termal rata-rata pada material arang adalah 21,9749 W/m°C, material kayu adalah 73,9315 W/m°C dan material karet adalah 38,6882 W/m°C. Kemudian faktor-faktor yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal adalah susunan material uji itu sendiri yaitu porositas dan densitas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya selaku penulis laporan ini dan praktikan dari percobaan uji konduktivitas termal material non logam mengucapkan terimakasih kepada segenap asisten laboratorium Fisika Material. Terimakasih saya sampaikan kepada saudara Dina mardiana dan Anita Dwi A sebagai asisten laboratorium dari percobaan uji konduktivitas termal material non logam. Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada rekan-rekan dan semua pihak yang terkait dalam praktikum uji onduktivitas termal material non logam baik saat melakukan percobaan serta dalam melakukan penyusunan laporan praktikum ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yunus A Cengel. "Heat and Mass Transfer". New York : Prentice Hall Publisher (1998)
- [2] Frank P Incropera. "Fundamental of Heat and Mass Transfer". New York : John Wiley & Sons (2011)
- [3] Ingo Müller. "A History of Thermodynamics". New York : Springer (2007)
- [4] Frank Kreith. "Principles of Heat Transfer". New York : CL Engineering (2010)
- [5] J P Holman. "Heat Transfer". New York : McGraw-Hill Company (2010)