

Sistem Instrumentasi Alat Uji Konduktivitas *Thermal* Logam

Moch. Gani Auliansyah, Ali Akbar, Yasinta Sindy Pramesti

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: nizaoldiek@gmail.com

Abstrak – suatu metode pengukuran dengan menggunakan batang probe dari logam yang dialiri panas dan dengan sensor suhu di tengah bagian dalam pemanas probe untuk mengetahui perubahan suhu yang terjadi di dalam probe. Penelitian ini menggunakan elemen pemanas sebagai sumber panas yang menggunakan tenaga listrik, sementara sensor temperatur yang digunakan yaitu thermocouple yang linear terhadap perubahan suhu. Tegangan listrik akan dikonversikan dari thermocouple diubah menjadi secara digital oleh Temperatur Kontrol, sehingga diperoleh nilai konduktivitas thermal oleh alat uji. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, maka telah didapatkan hasil bahan yang diuji kekonduktivitas termalnya yang memiliki nilai rata-rata konduktivitas pada logam stainless yaitu 49,158 W/m °C lalu untuk logam besi 81,1696 W/m °C. Faktor yang mempengaruhi hasil uji coba dengan hasil referensi konduktivitas berbeda, dikarenakan kendala sensor thermocouple kurang rapatnya antara sensor dengan benda uji.

Kata Kunci — konduktivitas thermal, logam, sistem instrumentasi

1. PENDAHULUAN

Bidang konstruksi sudah tidak asing lagi dikalangan masyarakat. Apalagi saat ini banyak banyak bangunan yang didirikan dipelosok desa. Masyarakat selalu menginginkan adanya bahan yang ringan tetapi kokoh dan tahan terhadap perubahan temperatur, pada dasarnya bahan (material) selalu memiliki karakteristik berbeda seperti sifat penghantar panas yang berbeda, ada yang bersifat radiasi, konveksi, dan konduksi, sifat-sifat dari setiap bahan tidak bisa diamati secara langsung oleh mata. Maka dari itu dilakukan suatu percobaan untuk mengamati karakter dan sifat dari setiap material. Pada suatu industri terdapat alat instrumen yang digunakan untuk memberi informasi secara kuantitatif. Kualitas produksi intrustri dipengaruhi oleh alat instrumentasi yang digunakan. Temperatur merupakan besaran fisis yang paling penting sehingga sangat diperlukan instrumen untuk mengukur temperatur yang sangat handal.

Setiap bahan teknik memiliki suatu kemampuan untuk menghantarkan panas. Kemampuan menghantarkan panas ini disebut konduktivitas termal. Konduktivitas termal adalah kemampuan bahan dalam meneruskan panas dari suatu tempat ke tempat lainnya. Perpindahan panas dapat terjadi di bahan padat salah satu contoh yakni pada logam. Misalnya, besi (Fe), kuningan (CuZn), aluminium (Al), dan stainless. Setiap logam tersebut memiliki tingkat konduktivitas yang berbeda-beda. Laju perpindahan panas yang terjadi pada logam ketika dipanaskan memiliki tingkatan yang berbeda karena nilai konduktivitas dimiliki tiap logam berbeda-beda. Semakin tinggi nilai konduktivitas logam tersebut, maka dari itu laju perpindahan panasnya juga semakin tinggi [1][2].

Menurut penelitian terdahulu konduktivitas thermal adalah laju perpindahan panas melalui ketebalan unit material per satuan luas per gradien suhu, nilai konduktivitas termal tertinggi menunjukkan bahwa material tersebut adalah konduktor, sementara konduktivitas termal yang rendah menunjukkan material tersebut adalah isolator. Pada penelitian terdahulu menunjukkan nilai konduktivitas thermal kuningan sebesar 49% dari nilai referensi. Nilai konduktivitas tembaga 346, kuningan 120, besi 80 [3][4][5].

Konduktivitas panas yang diartikan sebagai kemampuan suatu materi untuk menghantarkan panas, merupakan salah satu parameter yang diperlukan dalam mendapatkan material dengan konduktivitas panas yang rendah. Penelitian-penelitian mengenai konduktivitas panas terhadap berbagai lapangan yang berbeda-beda telah dilakukan para geofisikawan sejak periode tahun 1800, seperti halnya yang telah dilakukan oleh Poulsen pada tahun 1981 dengan menggunakan metode Needle Probe. Suhu merupakan ukuran mengenai panas atau dinginnya suatu benda. Kalor adalah suatu bentuk energi yang diterima oleh suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berubah suhu atau wujud bentuknya. Kalor berbeda dengan suhu, karena suhu adalah ukuran dalam satuan derajat panas [6].

Mengingat dan menimbang pentingnya alat ukur uji konduktivitas untuk mengetahui besarnya nilai suhu kesetimbangan, ditambah lagi ketersediaan alat yang sangat terbatas dan besarnya biaya yang dibutuhkan dalam pembelian atau pengadaan alat uji konduktivitas panas ini, maka atas dasar tersebut perlu adanya dilakukan penelitian dan pengembangan sistem instrumentasi uji konduktivitas. Maka dari itu dilakukan perancangan ulang alat uji dengan sistem parallel, karena alat sebelumnya menggunakan sistem seri.

Pada rancangan alat percobaan dibutuhkan dua sensor suhu untuk mengukur suhu pada bagian ujung-ujung logam. Logam tersebut dililiti elemen panas berupa nikelin sehingga mampu menghantarkan panas pada logam. Setelah dihubungkan ke sumber tegangan dan diukur kuat arus listriknya, selanjutnya didapatkan nilai perbedaan suhu antar ujung-ujung logam dan nilai arus listrik (i) dan tegangan listrik (V) yang dapat dilihat dari rancangan alat percobaan.

Dari percobaan konduktivitas termal yang telah dilakukan, maka telah didapatkan hasil bahwa variasi bahan yang diuji kekonduktivitas termalnya yang memiliki nilai rata-rata konduktivitas termal terbesar adalah kayu 1 yaitu $209.4279196 \text{ W/mo}^\circ\text{C}$ lalu disusul dengan kayu 2 yaitu $9.847679647 \text{ W/mo}^\circ\text{C}$ dan yang memiliki nilai konduktivitas termal terkecil adalah tanah liat atau lempung yaitu $2.306233691 \text{ W/mo}^\circ\text{C}$. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal adalah suhu antar muka logam besi dan penambahan energy yang dapat menggerakkan elektron yang dapat menghasilkan panas/termal [7].

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengambilan data suhu dan penentuan nilai konduktivitas termal. Pada tahap pengambilan data suhu, diperoleh nilai perbedaan suhu (ΔT) antara sensor terdekat dengan pemanas (T_1) dan sensor terjauh (T_2). Tahap penentuan nilai konduktivitas dilakukan melalui perhitungan menggunakan data pengukuran, diperoleh nilai konduktivitas untuk logam aluminium, logam aluminium, baja, stainless steel, dan tembaga masing-masing adalah $258,41 \text{ J/s.m.}^\circ\text{C}$; $736,62 \text{ J/s.m.}^\circ\text{C}$; $93,50 \text{ J/s.m.}^\circ\text{C}$; $509,55 \text{ J/s.m.}^\circ\text{C}$. Jika dibandingkan dengan referensi.

Konduktivitas thermal merupakan suatu sifat material yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Proses penghantaran panas terjadi melalui media logam yang diukur konduktivitasnya. aliran panas yang diarahkan untuk satu dimensi) pada teknik ini aliran panas dikondisikan dengan yang digunakan untuk mengetahui karakteristik material tersebut dengan cara mengukur perbedaan suhu antar permukaan material yang berbeda. Sumber panas yang diterima berasal dari heater yang dialiri oleh aliran listrik [8].

2. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini yang dilakukan adalah perancangan, yang dimana dalam perancangan ini harus melewati tahapan-tahapan dibawah ini agar sesuai dengan perancangan yang dibuat.

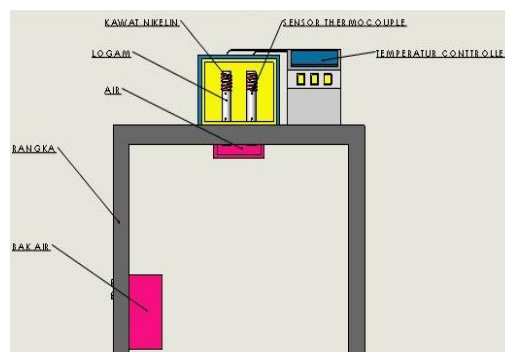
Berikut gambar diagram perancangan dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alur Perancangan

2.1 Desain Alat

Perancangan adalah kegiatan awal dalam proses pembuatan produk. Dalam pembuatan alat proses perancangan desain sangat lah penting, sebagai contoh apabila perancangan akan mendesain sebuah alat uji maka hal yang diperlukan yaitu merancang desain dengan gambar skets terlebih dahulu. Perancangan dan pembuatan konsep adalah kegiatan yang sangat berkaitan, begitupun sebaliknya pembuatan tidak dapat terealisasikan alat yang akan dibuat tanpa adanya perancangan terlebih dahulu.

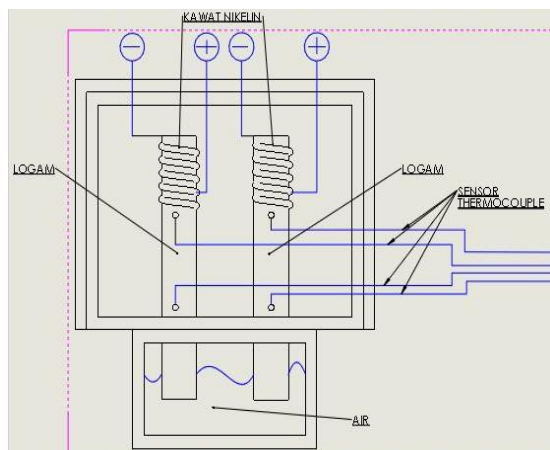


Gambar 2. Desain Keseluruhan Alat Uji Konduktivitas

Didapat perencanaan gambar rancang bangun alat uji konduktivitas thermal sebagai Berikut

Keterangan :

1. Tangki Air : 5 liter
2. Besi Beton (2) : P. 25cm L.3cm
3. Semen Tahan Api : 5 kg
4. Rangka : besi 3x3
5. Pemanas Nikelin : 2 pcs
6. Temperatur Control: Input 5-CH
7. Box : Plat besi 0,9
8. Thermocouple : 4 sensor



Gambar 3. Desain Sistem Instrumentasi Alat Uji Konduktivitas

2.2 Langkah Pembuatan

Metodologi percobaan ini diawali dengan menyiapkan dua logam besi berbentuk silinder yang akan diuji sifat konduktivitas termalnya. Kemudian bahan yang akan diuji konduktivitas termalnya dililit elemen pemanas nikelin diantara 2 buah logam besi tersebut, seperti pada gambar.

Pada saat logam dipanaskan selama waktu yang telah ditentukan, maka sensor termocouple akan membaca suhu yang dapat dilihat melalui temperatur control, begitupun juga pendingin air dibagian bawah bersirkulasi pada saat logam sedang dipanaskan, agar suhu kedua logam bagian bawah tetap normal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komponen Alat Uji Konduktivitas Logam

Alat uji ini memiliki beberapa komponen untuk mendukung agar alat uji konduktivitas ini berjalan dengan maksimal sebagai berikut :

1. Logam uji

Logam yang akan diuji memiliki 2 jenis yaitu logam besi dan logam *Stainless*. Di setiap logam memiliki karakteristik berbeda-beda dan tentunya memiliki nilai konduktivitas yang berbeda, maka dari itu kedua logam ini akan di uji guna mengetahui perbedaan nilai konduktivitas



Gambar 4. Logam Uji

2. Elemen pemanas

Sebagai pemanas logam uji untuk menentukan nilai konduktivitas dengan daya sebesar 350watt.



Gambar 5. Elemen Pemanas

3. Sensor *thermocouple*

Thermocouple adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu, thermocouple terdiri dari dua kabel yang terbuat dari logam yang berlainan jenis. Kedua kabel tersebut kemudian disatukan di salah satu ujungnya membentuk sebuah simpul (*junction*). Berguna untuk mentranfer suhu yang dicapai oleh logam yang dibaca melalui *temperature control*.



Gambar 6. Sensor *Thermocouple*

4. Temperatur kontrol

Temperatur kontrol berfungsi untuk menampilkan hasil suhu yang dicapai logam uji melalui sambungan sensor thermocouple.



Gambar 7. Temperatur Kontrol

5. *Glasswool*

Glasswool berfungsi sebagai pelapis logam pada saat logam uji sedang dipanaskan agar panas yang dirambat tidak menyebar dan tetap fokus terhadap logam tersebut.



Gambar 8. *Glasswool*

6. Cor Castable

Semen castable TNC 17 ini berfungsi sebagai cor anti panas, pengecoran dilakukan ketika logam telah dilapisi oleh glasswool lalu mulailah pengecoran semen hingga logam uji tertutup agar panas tidak menyebar keluar.



Gambar 9. Cor Castable TNC 17

7. box logam uji

Sebagai tempat uji kedua logam, agar panas tidak tersebar keluar ruang uji logam dan menghindari apabila tersentuh pada saat berlangsungnya penelitian konduktivitas.



Gambar 10. Box Logam Uji

Berikut gambar hasil keseluruhan alat uji konduktivitas *thermal* logam yang sudah dirancang menjadi satu.



Gambar 11. Hasil keseluruhan alat

3.2 Cara Kerja Alat

Prosedur pengujian data alat ini adalah sebagai berikut :

1. Memeriksa jaringan air pendingin masuk dan keluar peralatan konduksi, diperiksa apakah air pendingin mengalir ke dalam alat dengan membuka kran pengontrol.
2. Mengalirkan air pendingin dengan laju sangat kecil.
3. Menyalakan termometer digital.
4. Menyalakan heater pada putaran setengah.
5. Mengamati suhu tiap node 1 s/ 4 setiap 3 menit sekali untuk unit 1 dan 2.
6. Menghentikan pengamatan apabila suhu node 10 telah tidak berubah pada 3 kali pengamatan.

Tabel 1. Refrensi Konduktivitas

Bahan	W/m.°K
Aluminium	237
Baja Stainless	14
Besi	79.5
Emas	314
Tembaga	390
Kuningan	151
Intan	2000

3.3 Hasil Uji Coba

Tabel 2. Hasil Penelitian

No.	t(min)	Logam Stainless		Logam Besi	
		T1	T2	T3	T4
1	0	32°C	32°C	32°C	32°C
2	3	58°C	39°C	65°C	34°C
3	6	120°C	48°C	120°C	37°C
4	9	173°C	52°C	160°C	45°C
5	12	226°C	58°C	179°C	53°C
6	15	255°C	69°C	201°C	59°C
7	18	278°C	57°C	215°C	62°C
8	21	297°C	60°C	222°C	68°C
9	24	306°C	61°C	224°C	75°C
10	27	316°C	63°C	238°C	85°C

Rumus Konduktivitas:

$$K = \frac{H.L}{A.\Delta T} \dots \dots \dots (1)$$

Perhitungan

a) Logam Stainless

Diketahuinya:

$$T = 316^{\circ}\text{C} - 63^{\circ}\text{C} = 253^{\circ}\text{C}$$

$$L = 25 \text{ cm}$$

$$A = \pi.r^2 = 3,14 \times 1,5^2 = 7,065 \text{ cm}^2 = 0,0007065 \text{ m}^2$$

$$H = 300,93 \text{ kkal/jam atau } 0,084 \text{ kkal/detik}$$

Penyelesaian:

$$K = \frac{0,084 \cdot 25}{0,0007065 \cdot 253}$$

$$K = \frac{2,1}{0,179}$$

$$K = 11,749 \text{ kkal/m}^2.\text{s}^{\circ}\text{C atau } 1 \text{ kkal/s} = 4,184 \text{ W}$$

$$K = 49,158 \text{ W/m }^{\circ}\text{C}$$

b) Logam Besi

Diketahuinya:

$$T = 238^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C} = 153^{\circ}\text{C}$$

$$L = 25 \text{ cm}$$

$$A = \pi.r^2 = 3,14 \times 1,5^2 = 7,065 \text{ cm}^2 = 0,0007065 \text{ m}^2$$

$$H = 300,93 \text{ kkal/jam atau } 0,084 \text{ kkal/detik}$$

Penyelesaian:

$$K = \frac{0,084 \cdot 25}{0,0007065 \cdot 153}$$

$$K = \frac{2,1}{0,108}$$

$$K = 19,4 \text{ kkal/m}^2.\text{s}^{\circ}\text{C atau } 1 \text{ kkal/s} = 4,184 \text{ W}$$

$$K = 81,1696 \text{ W/m }^{\circ}\text{C}$$

3.4 Pembahasan

Dari hasil yang telah di uji, setiap bahan memiliki sifat daya penghantaran panas yang berbeda beda, ada bahan yang bersifat konduksi, konveksi dan radiasi. Konduksi merupakan perpindahan kalor melalui suatu benda tanpa disertai perpindahan partikel benda tersebut, namun partikel hanya bergetar disekitar posisinya saja. Perpindahan kalor secara konduksi terjadi pada benda padat, terutama logam. Pada percobaan ini kami memakai 2 jenis logam, nilai konduktivitas termal logam stainless berdasarkan hasil uji yang kami dapat yaitu 49,158 W/m °C, sedangkan logam besi 81,1696 W/m °C.

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian penentuan konduktivitas termal logam stainless, dan besi dengan metode seri dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat layak digunakan dalam praktikum dan memiliki kemampuan untuk membedakan nilai konduktivitas termal .
2. Error relatif ini terlalu besar dikarenakan pada waktu percobaan berlangsung penggantian antara sensor termocouple logam kurang rapat sehingga terdapat kebocoran aliran panas. Ini akan mempengaruhi perubahan suhu yang berakibat nilai konduktivitas termal jauh dari nilai referensi.

5. SARAN

Pada penelitian ini pengujian alat eksperimen baru dilakukan dengan logam stainless, dan besi. Diharapkan pada penelitian berikutnya untuk meneliti logam lain seperti aluminium, perak, baja, dan lain ± lain. Dibutuhkan ketelitian dalam memasang alat sensor suhu untuk dua logam, agar tidak ada panas yang keluar atau terjadi kebocoran saat dua logam ditempelkan, sehingga bisa diperoleh nilai konduktivitas termal logam yang mendekati referensi yang sudah ada sebelumnya. Pada saat melakukan eksperimen kondisi logam harus terisolasi dengan baik dari lingkungan sehingga akan terjaga kualitas panas logamnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arwizet, K (2014). *Ilmu Perpindahan Panas*. Padang: UNP Press.
- [2] Astuti, I. D. (2015). Universitas Indraprasta PGRI. Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, dan Besi dengan Metode Gandengan , Hal. 32-33.
- [3] Charles Kittel, H. K. (1980). *Thermal Physics*. WIT Freman: San Fransisco.
- [4] Crankovic, G. M. (1986). *Hand Book in Material Characterization*. Amerika: ASM.
- [5] Cengel, Y.A. (2010). *Thermodinamics An Engineering Approach*. New York: McGraw-Hill Higher Education.
- [6] J.P. Holman, (2010) Heat Transfer. New York: Mc. Graw-Hill, Companies Inc, tenth Edition (2010).
- [7] Pertiwi, P. K., Ristiana, D., Isnaini, N., & Prajitno M.Si, G. (2015). Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) . Uji Konduktivitas Termal pada Interaksi Dua Logam Besi (Fe) dengan 3 Variasi Bahan Berbentuk Silinder, 4.
- [8] Mufarrih, A. A. (2017). Modul Fenomena Dasar Mesin. Kediri.UniversitasNusantara PGRI Kediri.