

KAJI EKSPERIMENTAL ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL BAHAN

Afdhal Kurniawan Mainil

Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu

e-mail: Afdhal_km@yahoo.com

Abstract

Based on heat transfer properties, materials can be categorized into conductor and insulator. Conductor is material that can transfer heat, while insulator is worse material to transfer heat. To know whether a material is conductor or insulator, its thermal conductivity property has to be measured. Thermal conductivity property data are needed in engineering applications such as heat exchanger, air conditioning system, building wall and pipe insulation. Thermal conductivity data of some materials are available on heat transfer books, material science books and other handbooks. Nevertheless, some of the materials available on the market have no thermal conductivity data, so that we need to measure this property before use these materials. Measurement device of thermal conductivity that is designed and made in this research is tested in an experiment. From the experiment, we get variation of temperature distributions and thermal conductivity value of cast iron, brass and stainless steel AISI304 as specimen. From experiment, thermal conductivity average value of cast iron is 73,48 W/(m°C) with reference value of 70 - 80 W/(m°C), brass is 163,27 W/(m°C) with reference value of 109-160 W/(m°C) and Stainless Steel AISI304 is 15.58 W/(m°C) with reference value of 14,9-16,2 W/(m°C). Thermal conductivity experiment data of cast iron and stainless steel is close to the literature data.

Key words: thermal conductivity, steady, 1-dimension.

1. PENDAHULUAN

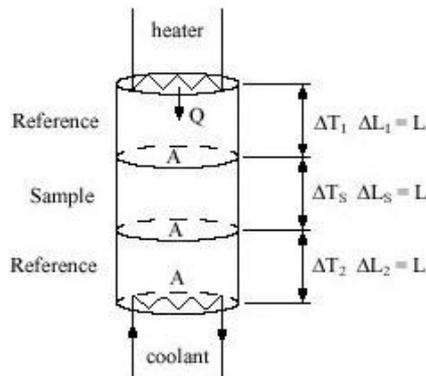
Bila di dalam suatu sistem terdapat gradien temperatur, atau bila dua sistem yang temperaturnya berbeda disinggungkan, maka akan terjadi perpindahan energi. Proses perpindahan energi itu disebut dengan perpindahan panas. Perpindahan panas tidak dapat diukur dan diamati secara langsung, tetapi pengaruhnya dapat diamati dan diukur [1,2,3,4].

Dari titik pandang perancangan (*engineering*), masalah kunci adalah penentuan laju perpindahan panas pada beda temperatur yang ditentukan. Untuk menentukannya diperlukan suatu peralatan atau alat uji yang dapat dengan mudah digunakan menurut tuntutan kebutuhan[5].

Dengan melakukan pengujian konduktivitas termal bahan yang merupakan salah satu sifat fisik yang penting untuk menunjukkan berapa cepat kalor yang mengalir dalam bahan tertentu, kita dapat mengetahui apakah suatu bahan dapat digolongkan sebagai konduktor atau sebagai isolator, dimana bahan yang mempunyai harga konduktivitas termal bahan yang besar dapat dipergunakan sebagai konduktor dan begitu juga sebaliknya dipergunakan sebagai isolator [6,7], maka dari itu perlu untuk membuat sebuah alat uji konduktivitas termal bahan dan mengujinya.

Hasil pengujian dari alat uji konduktivitas adalah distribusi temperatur dari bahan yang diuji dan menentukan besar dari harga konduktivitas termalnya. Setiap bahan memiliki distribusi temperatur yang berbeda, hal ini dipengaruhi oleh jenis bahan itu sendiri. Selain itu dengan alat uji konduktivitas termal bahan dapat melanjutkan eksperimen dengan menggunakan bahan uji yang lain sesuai kebutuhan, disamping itu diharapkan adanya pengembangan guna penyempurnaan dari alat uji tersebut.

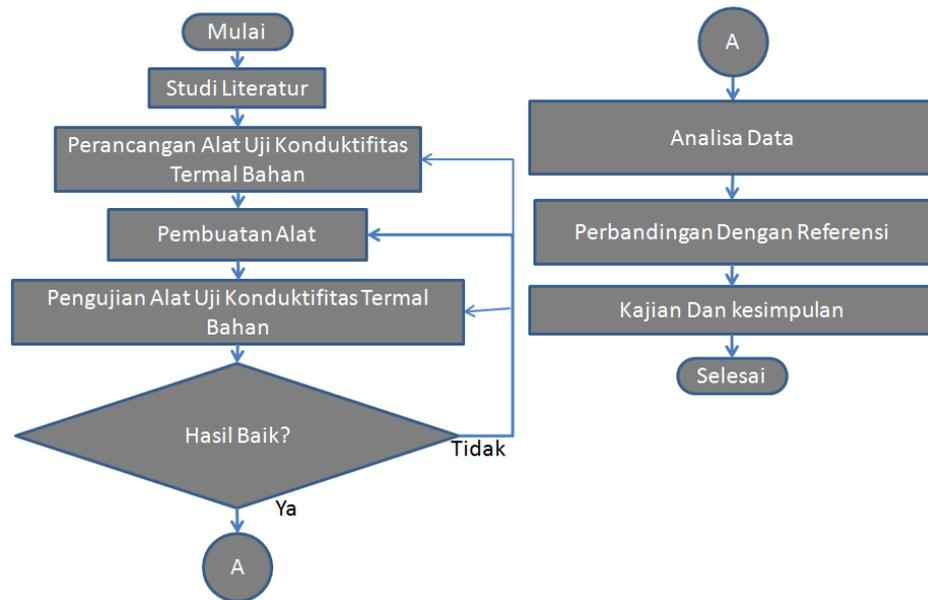
Dalam penelitian ini akan dilakukan sebuah kajian ekperimental alat uji konduktivitas termal bahan menggunakan beberapa specimen berbeda untuk mendapatkan harga konduktivitas termal bahan serta memahami fenomena-fenomena yang terjadi dalam perpindahan panas konduksi. Jenis perangkat uji yang dipilih adalah bentuk batang, yang terdiri dari dua bahan referensi dan satu specimen, konsep dasarnya dapat dilihat pada gambar 1.1:



Gambar 1.1. Konsep dasar konfigurasi alat [8]

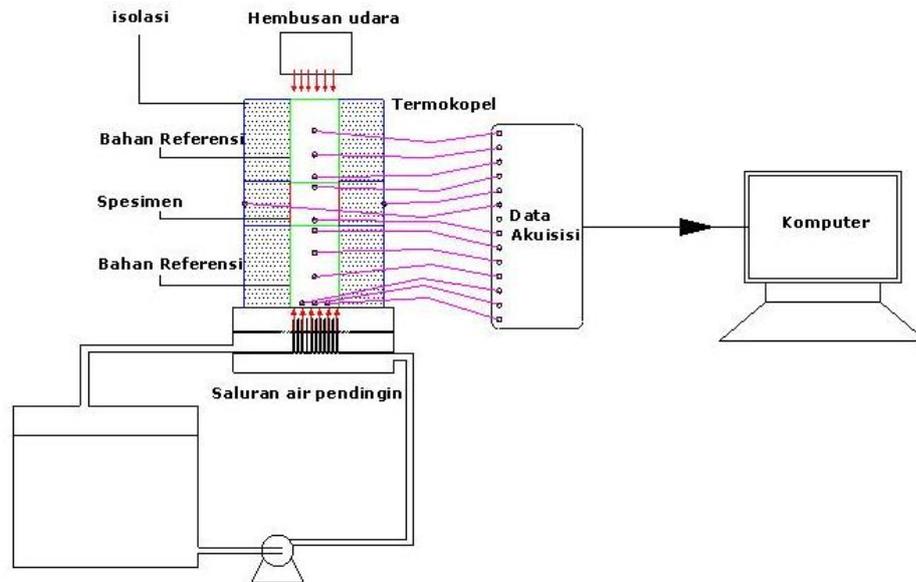
2. METODOLOGI

Pada makalah ini lebih difokuskan pada kaji eksperimental alat uji konduktivitas termal bahan. Sebelumnya peneliti telah melakukan perancangan terhadap alat dan pembuatan alat uji konduktivitas termal bahan. Secara umum penelitian tersebut dapat dilihat dari diagram alir di bawah ini.



Gambar 2.1. Diagram alir

Seperti yang dijelaskan pada pendahuluan bahwa alat uji yang telah dibuat dan akan diuji adalah jenis batang dengan dua material referensi yang telah diketahui konduktivitas termalnya dan spesimen uji di tengah yang akan dicari harga konduktivitas termalnya, material referensi yang digunakan adalah stainless steel AISI304 dengan material spesimen uji Stainless Steel AISI304, besi cor dan kuningan. Pada Gambar 2.2 terlihat konfigurasi alat uji yang terdiri dari dua bahan referensi dan sebuah spesimen yang akan diuji dan pada skema tersebut terlihat bahwa untuk menjaga temperatur konstan di bagian atas digunakan hembusan udara dan untuk menjaga temperatur konstan yang berada di bawah digunakan sirkulasi air es.

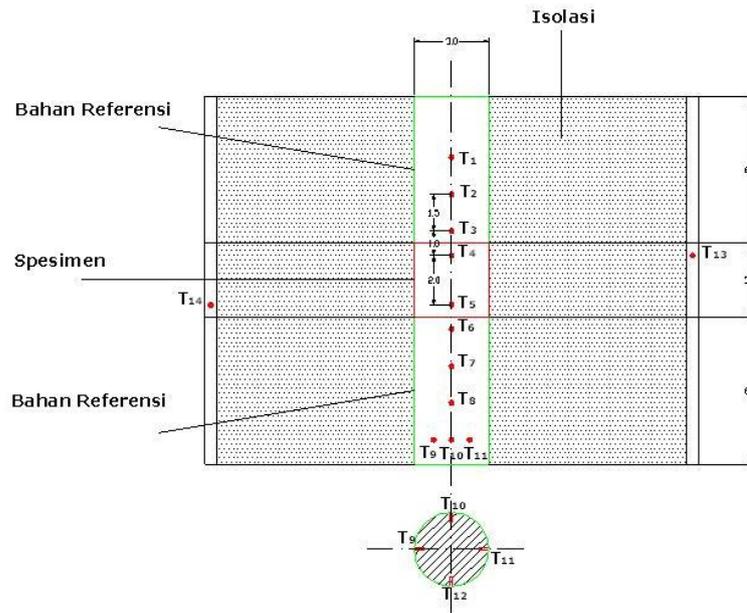


Gambar 2.2. Skema Perangkat Pengujian

Untuk mengukur temperatur digunakan sensor termokopel yang dipasang pada bahan referensi dan spesimen dan sisi terluar isolator pada spesimen. Sensor termokopel dihubungkan ke data akuisisi yang akan membaca termokopel. Data yang dibaca oleh data akuisisi ditampilkan oleh komputer. Termokopel yang menempel pada komponen bahan referensi dan spesimen dengan jumlah masing-masing 3, 2, 3 secara berurutan. Termokopel dimasukkan ke dalam batang. Jarak tiap termokopel pada bahan referensi 1,5 cm dan pada spesimen 2 cm, dan setiap termokopel diberi nomor. Nomor 1 dimulai dari bahan referensi paling atas dan nomor 8 pada bahan referensi paling bawah secara berurutan, Selain termokopel diatas juga dipasang 4 termokopel pada penampang di bahan referensi dengan jarak 1 cm dari penampang bawah batang dingin dan 1 cm dari sisi kanan bahan referensi, penempatan termokopel ini berguna untuk mengukur kesamaan temperatur dipenampang untuk memastikan perbedaan temperatur hanya dalam satu dimensi yaitu ke arah aksial, penomoran keempat termokopel ini adalah termokopel 9, 10, 11 dan 12.

Di sisi terluar spesimen dipasang 2 termokopel lagi untuk mengukur temperatur yang berguna untuk memastikan apakah isolator berfungsi dengan baik dalam arti tidak terjadi kebocoran termal atau menekan sekecil mungkin kebocoran termal. Dengan penomoran Termokopel adalah nomor 13 dan 14. Konfigurasi pemasangan dan penomoran seluruh termokopel bisa dilihat pada Gambar 2.3. Selain termokopel yang dipasang pada media uji yang telah diberi nomor di atas, juga dipasang 2 termokopel yaitu pada masukan komponen penyerap panas dan keluaran untuk mengukur temperatur masuk (Tin) dan keluar (Tout) dari komponen pendingin atau penyerap panas. Jadi jumlah total termokopel yang dipasang pada alat uji adalah 16 buah termokopel.

Pada permukaan kontak antara bahan referensi dan spesimen dioleskan pasta silikon yang berguna untuk mengurangi tahanan kontak termal.



Gambar 2.3. Konfigurasi Termokopel dan penomoran pada Perangkat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data temperatur oleh termokopel dilakukan dalam selang satu detik setelah mencapai keadaan tunak selama kurang lebih 2 menit. Selama pengambilan data juga dilakukan pengamatan temperatur udara saat pengujian dengan menggunakan termometer digital, dan diambil rata-ratanya. dilakukan beberapa kali pengujian dengan variasi spesimen dan pada laporan ini akan ditampilkan hasil dari 5 kali pengujian untuk masing-masing spesimen.

Tabel 3.1. Data Temperatur rata-rata beberapa pengujian dengan spesimen Stainless Steel AISI304 (Dalam °C)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T1 | 21,269 | 20,694 | 21,976 | 21,104 | 21,449 |
| T2 | 18,903 | 18,425 | 19,553 | 18,765 | 19,065 |
| T3 | 16,544 | 16,128 | 17,138 | 16,412 | 16,689 |
| T4 | 14,178 | 13,821 | 14,684 | 14,078 | 14,304 |
| T5 | 11,022 | 10,674 | 11,316 | 10,921 | 11,096 |
| T6 | 8,659 | 8,373 | 8,865 | 8,551 | 8,725 |
| T7 | 6,294 | 6,089 | 6,445 | 6,235 | 6,338 |
| T8 | 3,936 | 3,805 | 4,028 | 3,897 | 3,96 |
| T9 | 1,609 | 1,527 | 1,683 | 1,533 | 1,609 |
| T10 | 1,610 | 1,552 | 1,654 | 1,503 | 1,612 |
| T11 | 1,620 | 1,542 | 1,652 | 1,542 | 1,652 |
| T12 | 1,620 | 1,5 | 1,681 | 1,557 | 1,632 |
| T13 | 25,187 | 24,472 | 25,685 | 24,569 | 25,754 |
| T14 | 25,192 | 24,328 | 25,692 | 24,582 | 25,695 |
| T Air Masuk (Tin) | 0,0015 | 0,0017 | 0,0013 | 0,0014 | 0,0013 |
| T Air Keluar (Tout) | 0,0033 | 0,0034 | 0,0031 | 0,0033 | 0,0032 |
| Temp Udara | 25,2 | 24,5 | 25,7 | 24,6 | 25,8 |

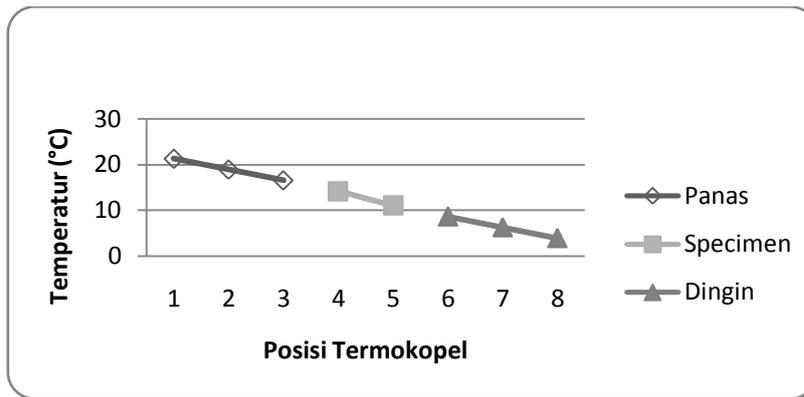
Tabel 3.2. Temperatur rata-rata beberapa pengujian dengan spesimen besi cor (dalam °C)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T1 | 20,826 | 20,665 | 21,237 | 20,425 | 21,402 |
| T2 | 15,214 | 15,106 | 15,521 | 14,935 | 15,655 |
| T3 | 18,026 | 17,883 | 18,375 | 17,69 | 18,531 |
| T4 | 13,146 | 13,05 | 13,411 | 12,903 | 13,525 |
| T5 | 12,356 | 12,251 | 12,59 | 12,097 | 12,675 |
| T6 | 10,286 | 10,199 | 10,479 | 10,15 | 10,545 |
| T7 | 7,49 | 7,416 | 7,612 | 7,32 | 7,669 |
| T8 | 4,676 | 4,635 | 4,763 | 4,575 | 4,793 |
| T9 | 1,870 | 1,854 | 1,905 | 1,83 | 1,917 |
| T10 | 1,756 | 1,842 | 1,952 | 1,756 | 1,952 |
| T11 | 1,862 | 1,954 | 1,920 | 1,956 | 1,854 |
| T12 | 1,754 | 1,752 | 1,962 | 1,845 | 1,982 |
| T13 | 25,489 | 25,214 | 25,954 | 24,956 | 26,164 |
| T14 | 25,475 | 25,284 | 25,910 | 24,856 | 26,185 |
| T Air Masuk (Tin) | 0,001 | 0,0014 | 0,0013 | 0,0012 | 0,0015 |
| T Air Keluar (Tout) | 0,003 | 0,0034 | 0,0033 | 0,0032 | 0,0035 |
| Temp Udara | 25,5 | 25,3 | 26 | 25 | 26.2 |

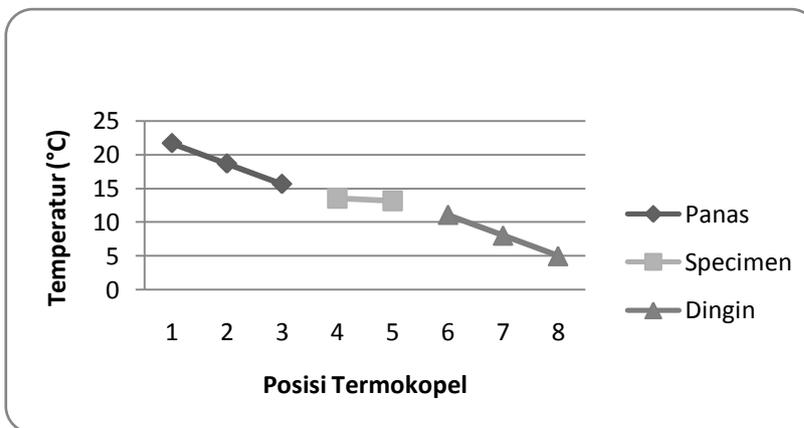
Tabel 3.3. Temperatur rata-rata beberapa pengujian dengan spesimen kuningan (dalam °C)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T1 | 21,682 | 20,796 | 21,518 | 20,71 | 21,689 |
| T2 | 18,665 | 17,903 | 18,532 | 17,821 | 18,67 |
| T3 | 15,655 | 15,017 | 15,531 | 14,95 | 15,646 |
| T4 | 13,548 | 12,995 | 13,441 | 12,937 | 13,540 |
| T5 | 13,152 | 12,605 | 13,059 | 12,563 | 13,16 |
| T6 | 11,103 | 10,585 | 10,97 | 10,56 | 11,059 |
| T7 | 8,033 | 7,697 | 7,978 | 7,673 | 8,041 |
| T8 | 5,020 | 4,811 | 4,986 | 4,796 | 5,025 |
| T9 | 2,008 | 1,924 | 1,994 | 1,918 | 2,01 |
| T10 | 2,102 | 1,932 | 1,983 | 1,926 | 2,159 |
| T11 | 1,999 | 1,946 | 2,006 | 1,899 | 2,036 |
| T12 | 2,012 | 1,925 | 1,973 | 1,925 | 2,026 |
| T13 | 26,655 | 25,561 | 26,499 | 25,481 | 26,689 |
| T14 | 26,685 | 25,581 | 26,485 | 25,477 | 26,685 |
| T Air Masuk (Tin) | 0,001 | 0,001 | 0,0016 | 0,001 | 0,0013 |
| T Air Keluar (Tout) | 0,0031 | 0,0031 | 0,0037 | 0,0032 | 0,0035 |
| Temp Udara | 26,7 | 25,6 | 26,5 | 25,5 | 26,7 |

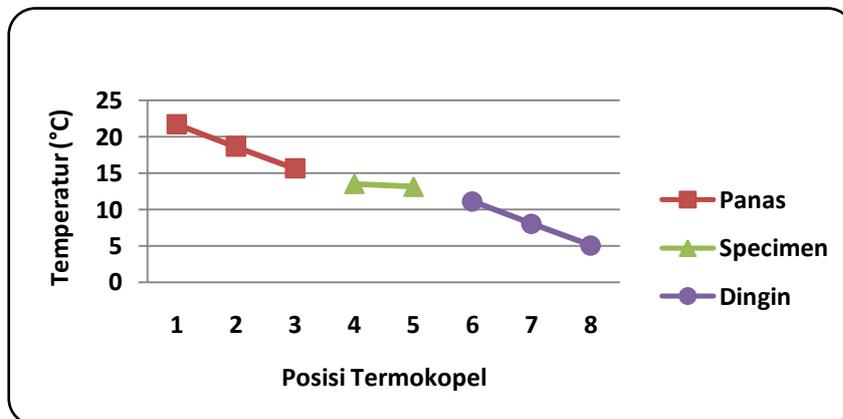
Distribusi Temperatur untuk setiap spesimen pada Pengujian pertama bisa dilihat pada grafik di bawah ini,



Gambar 3.4. Grafik distribusi temperatur pengujian 1 spesimen Stainless Steel AISI 304

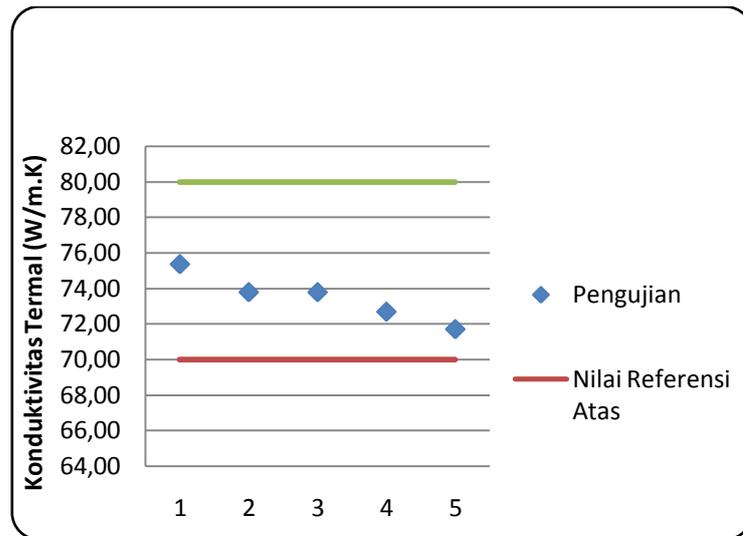


Gambar 3.5. Grafik distribusi temperatur Pengujian 1 spesimen besi Cor



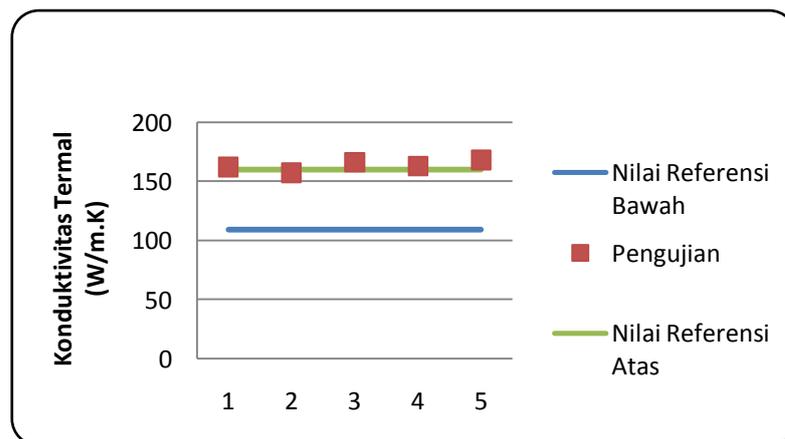
Gambar 3.6. Grafik distribusi temperatur Pengujian 1 dengan spesimen Kuningan

Berdasarkan hasil perhitungan dari beberapa pengujian, harga rata-rata konduktivitas termal besi cor $73,48 W/mK$ dan dibandingkan dari daftar referensi yang mana dari tabel literatur tersebut harga konduktivitas termal besi cor berkisar antara $(70 - 80) W/mK$ [9,10,11]. Hasil percobaan berada pada kisaran harga harga yang ada pada literatur. Seperti yang terlihat di Gambar 3.7. Harga ini menjadi indikasi bahwa alat uji ini untuk saat ini baik, dan pengambilan panjang spesimen untuk besi cor sudah sesuai.



Gambar 3.7. Grafik harga konduktivitas termal Pengujian besi cor terhadap harga konduktivitas termal referensi

Dan untuk spesimen dari kuningan harga konduktivitas termal hasil perhitungan sebesar $163,27 W/m.K$. Berdasarkan literatur harga konduktivitas termal kuningan berada pada kisaran $(109 - 160) W/m.K$ [9,11]. Seperti terlihat pada Gambar 3.8, hasil pengujian berada diatas kisaran harga yang ada pada literatur, dinalisa ini akibat besarnya harga konduktivitas termal kuningan dan pengambilan panjang spesimen yang pendek sehingga pengukuran temperatur pada kedua titik pada spesimen memiliki perbedaan temperatur yang kecil sehingga terjadi ketidak cermatan dalam pengukuran dan juga keterbasaan dari kecermatan alat ukur dan dalam proses pengukuran. Atau analisa yang lain diperkirakan adanya campuran bahan berkonduktivitas termal berbeda di dalam bahan kuningan seperti tembaga yang menyebabkan laju perpindahan panas menjadi besar, dalam artian komposisi specimen kuningan tidak sama dengan referensi.



Gambar 3.8. Grafik harga konduktivitas termal Pengujian kuningan terhadap harga konduktivitas termal referensi.

4. KESIMPULAN

Telah dibuat perangkat uji konduktivitas termal bahan yang berfungsi dengan baik. Pada bahan dasar (stainless Steel), distribusi temperatur melihtakan kelinierannya. Harga Konduktivitas termal besi Cor dari beberapa pengujian adalah rata-rata $73,48 W/m.K$ dengan tertinggi tinggi $75,38 W/m.K$, paling rendah $71,71 W/m.K$, harga ini masuk dalam kisaran harga konduktivitas termal besi cor referensi. Harga konduktivitas termal besi

Kuningan dari beberapa pengujian adalah rata-rata 163,27 W/m.K dengan harga tertinggi 168,10 W/mK, dan terendah 157,18 W/m.K, harga rata-rata ini berada sedikit diluar kisaran harga konduktivitas termal referensi kuningan, kemungkinan komposisi yang tidak sama dengan referensi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Halim Abdurrachim atas bimbingan dan arahan selama penelitian ini dilakukan dan Rahmat Iman M, S.T., M.T atas bantuan dan dukungannya serta Laboratorium Surya Program Studi Teknik Mesin ITB.

DAFTAR PUSTAKA

1. Frank. P Incropera & David. P De Hewitt., (1996), *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, 4th, USA.
2. J.P Holman., (1988)., *Perpindahan Kalor*, Erlangga.
3. Cengel, Yunus A., (2003), *Heat Transfer A Practical Approach*, Mc.Graw Hill.
4. Ozisik & Bayazitoglu., (1988), *Element of Heat Transfer*, Mc.Graw Hill.
5. Johannes Aditya., (2007), *Perancangan Pembuatan dan Pengujian Perangkat Uji Konduktivitas Termal Bahan*, ITB, Bandung.
6. Irnas Muhammad., (2007), *Perancangan Pembuatan dan Pengujian Perangkat Uji Konduksi 1 Dimensi Model Longitudinal*, Unand, Padang.
7. Prayudi Andoko., (1981), *Pengembangan dan Pembuatan Perangkat Percobaan Penentuan Konduktivitas Termal Bahan*, ITB, Bandung.
8. ASM Aerospace Specification Metals Inc, <http://www.astm.org/Standards/D5930.htm>.
9. Thermal Conductivity of some common Materials and Gases, http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-metals-d_858.html
10. Thermal Properties of Cast Iron, http://www.ehow.com/list_7651262_thermal-properties-cast-iron.html.
11. Thermal Conductivity of some common Materials and Gases, http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-metals-d_858.html