

PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA TERHADAP HAMBATAN TERMAL *HEAT SINK FAN*
THE EFFECT OF AIR FLOW RATE ON *HEAT SINK FAN*
THERMAL RESISTANCE

Abdillah Barkah¹, Abrar², Tri Ayodha Ajiwiguna³

^{1,2,3}, Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹abdillahbarkah14@gmail.com, ²abrarselah@gmail.com, ³tri.ayodha@gmail.com

Abstrak

Hambatan termal dan laju aliran volume udara merupakan aspek paling penting dalam pembuangan kalor dari sistem ke lingkungan, khususnya pada *heat sink fan*. Penelitian ini bertujuan merancang alat uji dan menganalisis hubungan pengaruh laju aliran volume udara secara vertikal terhadap hambatan termal *heat sink fan* dari pengujian 5 jenis berbeda. Untuk mendapatkan jenis *heat sink fan* yang efektif dilakukan pengujian dengan cara membandingkan nilai hambatan termal setiap *heat sink fan* dengan variasi laju aliran yang sama yaitu 0.6, 0.9, 0.11, 0.13, 0.16 m³/s dan sebagai sumber panas digunakan termoelektrik TEC 12706 dengan suhu sisi panas (Th) dijaga 60°C. Dari perbandingan ini untuk perlakuan yang sama, didapat *heat sink fan* yang paling efektif dan efisien dengan hambatan termal paling rendah sebesar 0.06 °C/W saat diberikan laju aliran volume udara 0.16 m³/s, Semakin tinggi laju aliran volume udara dari 0.06-0.16 m³/s, maka hambatan termalnya akan semakin rendah. Hal ini terjadi karena perubahan laju aliran udara dapat merubah koefisien konveksi, sehingga perpindahan konveksi mengalami kenaikan dan hambatan termal akan semakin rendah.

Kata Kunci : Hambatan termal, Laju aliran volume udara, Perpindahan panas

Abstract

Thermal resistance and the flow rate of air is the most important aspect in the exhaust heat from the system to the environment, particularly on the *heat sink fan*. This research aims to design and test tools to analyze the relationship influence the flow rate of air vertically on the *heat sink fan* thermal resistance of five different types. To get this kind of *heat sink fan* which effectively tested by comparing the value of thermal resistance each *heat sink fan* with a variation of the flow rate is the same, namely 0.6, 0.9, 0.11, 0.13, 0.16 m³/s and as the heat source used thermoelectric TEC 12706 with temperature side hot (Th) is maintained at 60°C. From this comparison to the same treatment, obtained *heat sink fan* of the most effective and efficient with the lowest thermal barriers at 0.06 °C/W at a given flow rate of air 0.16 m³/s, higher flow rate of air from 0.06 – 0.16 m³/s, then the thermal resistance would be lower. This occurs because of changes in the air flow rate can change a convection coefficient, so that the displacement experienced an increase convection and thermal resistance would be lower.

Keywords : Thermal Resistance, Air Flow, Heat Sink

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada saat ini semakin pesat, terutama pada performansi sistem elektronik dalam suatu rangkaian. Hal ini menyebabkan komponen elektronik menjadi semakin cepat panas, bahkan pada kondisi lebih serius akan mengakibatkan komponen tersebut mengalami kerusakan. Sejalan dengan masalah tersebut, Diperlukan komponen pendukung untuk menurunkan panas pada komponen elektronik. komponen *heat sink fan* merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut^[12].

Dalam kinerja *heat sink fan* sangat dipengaruhi oleh nilai hambatan termalnya. Hambatan termal menjadi tolok ukur kemampuan suatu *heat sink fan* untuk melepaskan panas. Oleh sebab itu, diperlukan alat ukur hambatan termal *heat sink fan*. Sebagian besar produsen *heat sink fan* tidak menyediakan spesifikasi secara lengkap seperti, hambatan termal (R). Disamping itu variasi laju udara akan berpengaruh terhadap perubahan temperatur permukaan *heat sink fan*.^[10] Semakin tinggi kecepatan udara mengalir pada permukaan, maka akan terjadi penurunan temperature. Hal ini terbukti terjadinya peningkatan perpindahan panas dari *heat sink fan* ke udara yang mengalir^[13].

Dalam pengukuran hambatan termal *heat sink* secara umum sudah dapat dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu dengan metode suplai *air flow rate* secara vertikal^[1], namun dalam pengukuran hambatan termal dengan pengaruh laju udara khususnya pada *heat sink fan* masih jarang ditemui, maka untuk merealisasikan alat ukur hambatan termal *heat sink fan* dengan variasi laju aliran volume udara secara horizontal, dalam tugas akhir ini dibuat suatu perangkat dengan menggunakan sensor suhu termokopel, *blower* sebagai aktuator laju aliran volume udara dan pengolahan data menggunakan mikrokontroller arduino mega.

Maka dari itu, dalam tugas akhir ini, penulis mengambil judul "PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA TERHADAP HAMBATAN TERMAL *HEAT SINK FAN*" dengan alat ukur hambatan termal, penulis

memungkinkan untuk menganalisis hubungan laju aliran udara terhadap hambatan termal pada beberapa jenis *heat sink fan*.

Tujuan

Tujuan dari penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini yaitu:

1. Merancang alat ukur hambatan termal *heat sink fan*.
2. Mengetahui pengaruh laju aliran udara terhadap hambatan termal *heat sink fan*.

2. Dasar Teori

2.1 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor yaitu ilmu untuk mempresentasikan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur diantara benda atau bahan. Energi yang berpindah ini dinamakan kalor atau panas (*heat*). Perpindahan kalor ini menjelaskan bagaimana energi kalor itu berpindah dari satu benda ke benda lain, begitu juga dapat meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu^[4].

2.1.1 Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi terjadi akibat adanya perpindahan energi dari partikel yang memiliki energi lebih tinggi ke partikel yang energinya lebih rendah. Perpindahan kalor secara konduksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = kA \frac{(T_1 - T_2)}{l} \quad (2.1)$$

Keterangan:

q	= laju perpindahan kalor	[Watt]
$(T_1 - T_2)/l$	= gradien ke arah perpindahan kalor	[K/m]
k	= konduktifitas termal	[W/m.K]
A	= luas permukaan benda	[m ²]

Perpindahan kalor secara konduksi dapat dianalogikan bahwa laju kalor mengalir dari suhu tinggi (T_1) ke suhu yang lebih rendah (T_2) yang menembus luas bidang (A) dengan ketebalan (l) yang memiliki nilai konduktifitas termal bahan (K)

2.1.2 Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi yaitu perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida (cairan/gas) yang mengalir disekitarnya. Persamaan dasar untuk perpindahan kalor secara konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = h \cdot A (T_w - T_\infty) \quad (2.2)$$

Keterangan :

q	= laju perpindahan kalor	[Watt]
T_w	= suhu permukaan	[K]
T_∞	= suhu fluida	[K]
A	= luas permukaan	[m ²]
h	= koefisien perpindahan kalor konveksi	[W/m ² .K]

2.1.3 Hambatan Termal

Hambatan termal merupakan sifat kemampuan suatu bahan menghambat laju aliran kalor yang mengalir dengan perbedaan temperatur antar sisinya. Dapat dituliskan persamaanya seperti berikut.

$$R = \frac{\Delta T}{q} \quad (2.3)$$

Keterangan :

R	= Hambatan Termal pada material	(°C/w)
ΔT	= Perbedaan temperatur	(°C)
q	= Laju perpindahan kalor pada material	(Watt)

2.2 Heat Sink

Komponen elektronik yang baik tidak terlepas dari alat pendingin yang bagus yaitu *heat sink*. Desain dan pemilihan peredam panas sangat krusial dan mempengaruhi secara keseluruhan pada sistem kerja termoelektrik dalam mempercepat laju pendinginan.

Peredam panas yang optimal akan meningkatkan *coefficient of performance* dari sistem elektronik^[5]. Hal ini dapat dilakukan dengan memaksimalkan luas permukaan atau menggunakan peredam panas yang mempunyai kapasitas penyimpanan kalor yang besar sehingga dapat menjaga peredam panas pada temperatur rendah.

3. Perancangan Alat Ukur dan Pengambilan Data

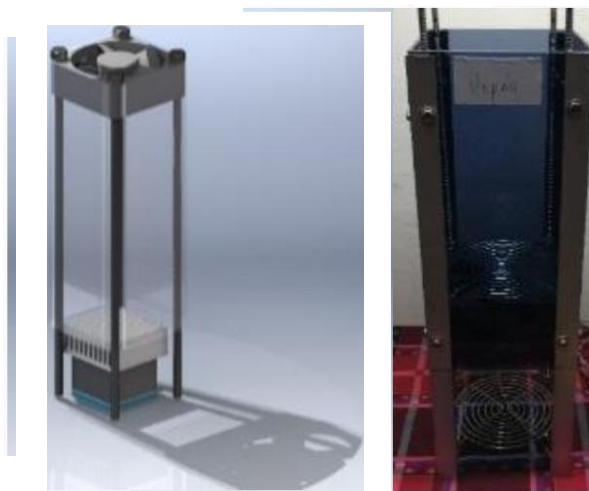
3.1 Metode Penelitian

Berikut adalah alir penelitian secara umum:

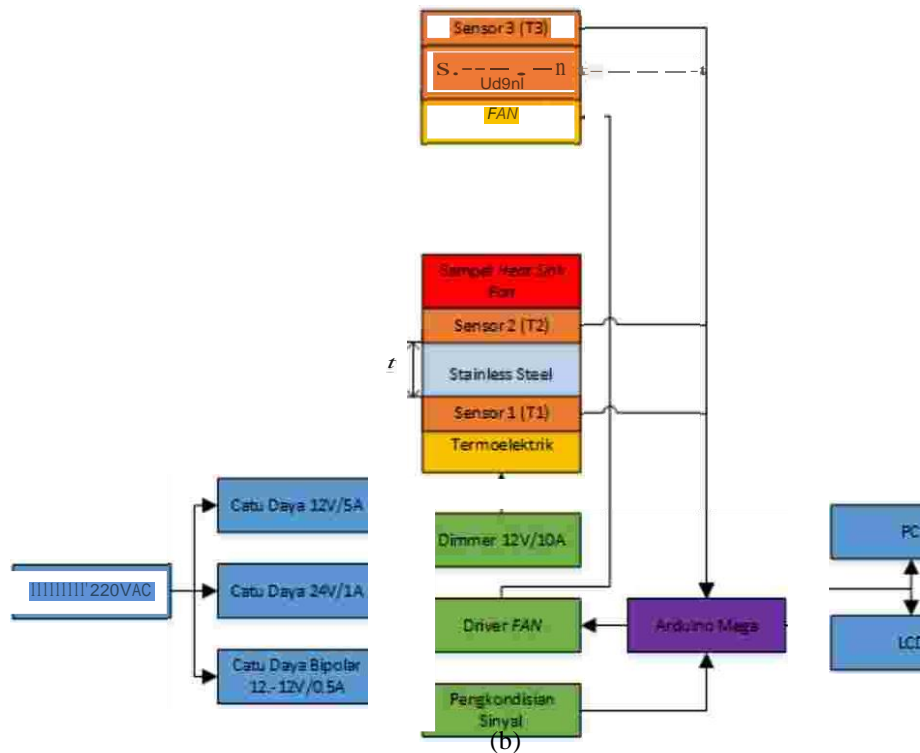
1. Perancangan Sistem
Perancangan dan pemodelan sistem yang di dapatkan dengan mengumpulkan data dari penelitian sebelumnya^[1].
2. Perancangan Sensor
Penetapan sensor dalam alat ukur diposisikan sesuai model sistem yang telah dirancang.
3. Pengkondisian Suhu Tinggi
Dilakukan pengkondisian suhu tinggi dengan menggunakan termoelektrik sebagai pemanas.
4. Pembuatan Perangkat Lunak
Perangkat lunak yang digunakan dalam sistem ini bertujuan sebagai akuisisi data.
5. Integrasi Instrumen
Dalam proses ini dilakukan penggabungan dari masing-masing sensor pada pemroses sinyal hingga akuisisi data yang akan di tampilkan.
6. Kalibrasi
Diperlukan kalibrasi dengan tujuan untuk mengetahui apakah $error < 5\%$ (limit error)^[11]. Apabila terjadi $error > 5\%$, maka akan dilakukan *adjustment* pada alat ukur hambatan termal *heat sink fan*.
7. Pengujian *Heat Sink Fan*
Pengujian *heat sink fan* dilakukan saat laju perpindahan kalor konstan dengan memvariasikan laju aliran udara dari fan.
8. Analisis
Analisis dapat dilakukan dari pembacaan grafik keluaran pengaruh laju aliran udara terhadap hambatan termal *heat sink fan*.

3.2 Desain Alat

Desain alat ukur hambatan termal dengan kontrol variasi laju aliran udara yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



(a)



Gambar 3. 1 (a) sketsa&real dan (b) Diagram alir alat ukur hambatan termal heat sink fan dengan variasi laju udara

Alat terdiri dari termoelektrik, fan DC, sensor suhu, arduino UNO dan catu daya. Dari rangkaian tersebut diharapkan alat dapat mengukur hambatan termal dengan variasi laju aliran udara, dengan fungsi kerja alat ukur diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Alat dapat dihubungkan langsung ke sumber tegangan AC 220V.
2. Termoelektrik dihungkan dengan catu daya 12 V dengan daya sebesar 60W.
3. Sampel jenis *Heat Sink Fan* harus memiliki dimensi maksimal 12x12 cm.
4. Pembacaan sensor suhu yang telah dirancang akan diolah oleh mikrokontroller dengan proses seperti berikut,
 - a. Sensor suhu 1 dijaga pada suhu 60°C dan suhu 2 digunakan untuk perhitungan laju aliran kalor pada *stainles steels*, laju perpindahan kalor konduksi akan sama dengan laju perpindahan kalor pada *heat sink fan*, karena rangkaian disusun secara seri.

$$q_{konduksi} = kA \frac{T_2 - T_3}{l} \tag{3.1}$$

$$q_{stainless\ steel} = q_{heat\ sink} \tag{3.2}$$

- b. Sensor 2 dan 3 digunakan untuk mendapatkan nilai *thermal resistance* dari *heat sink fan*.

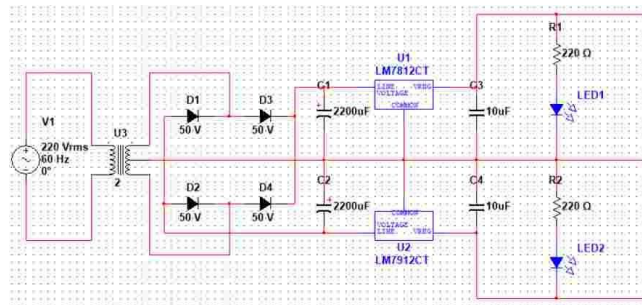
$$R = \frac{T_2 - T_3}{q_{konduksi}} \tag{3.3}$$

- c. Input laju aliran udara dari *blower* akan di kontrol menggunakan mikrokontroller dan didapatkan hasil hambatan termal *heat sink fan* akibat pengaruh variasi laju aliran udara dengan ditampilkannya melalui LCD.

3.3 Perancangan Perangkat Keras

3.3.1 Catu daya bipolar

Catu daya ini dirancang dengan keluaran 12,-12 volt dan 1 ampere sebagai suplai pengkondisi sinyal dan mikrokontroller. Rangkaian catu daya bipolar ini ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Rangkaian Catu Daya Bipolar 12,-12V/1 A

3.3.2 Pengkondisi Suhu Tinggi

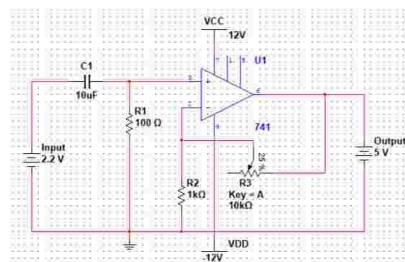
Pengkondisi suhu tinggi menggunakan TEC 12706 dilakukan dengan cara mengatur PWM Switch Controller Volt Regulator Dimmer 12V 10A.

3.3.3 Sensor Suhu

Sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu Tipe K, Konduktor positif terbuat dari nikel-chromium, dan yang negative terbuat dari nikel-aluminium yang memiliki range pengukuran -270 sampai 1350 °C. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternative sejak penelitian kawat tembaga. Tipe T memiliki sensitifitas $\sim 41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

3.3.4 Sensor Laju Aliran Udara

Sensor yang akan digunakan adalah *fan DC brushless* dengan keluaran tegangan 2.2V saat kecepatan maksimal yang diterima sensor. maka diperlukan pengkondisian sinyal hingga tegangan 5V agar dapat diterima secara maksimal pada pin analog dari sistem minimum arduino. Gambar 3.3 adalah rangkaian filter aktif sebagai pengkndisi sinyal sensor laju aliran udara



Gambar 3. 3 Pengkondisian Sinyal Sensor Laju Aliran Udara

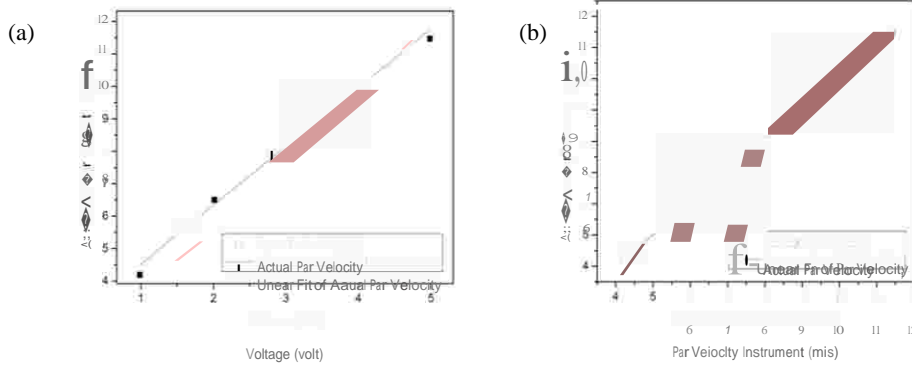
4. Hasil dan Analisis

4.1 Hasil Uji Alat Ukur

Hasil pengujian alat ukur dilakukan untuk validasi keakuratan alat ukur hambatan termal *heat sink fan* dengan pengaruh laju aliran udara sehingga dapat di implementasikan sebagai alat uji *heat sink fan*. Hasil pengujian perangkat keras dilakukan untuk mendapatkan validasi keakuratan setiap komponen. Perangkat keras yang diuji meliputi instrumen pengukur suhu dan laju aliran udara.

4.1.1 Instrumen Ukur Kecepatan

Kalibrasi bertujuan untuk mengetahui nilai error pada instrumen ukur Kecepatan udara. Nilai error yang diharapkan tidak lebih besar dari limit error suatu instrumen ukur yaitu 5%. Grafik hasil Kalibrasi dan *Adjustment* ditunjukkan pada gambar 4.1.



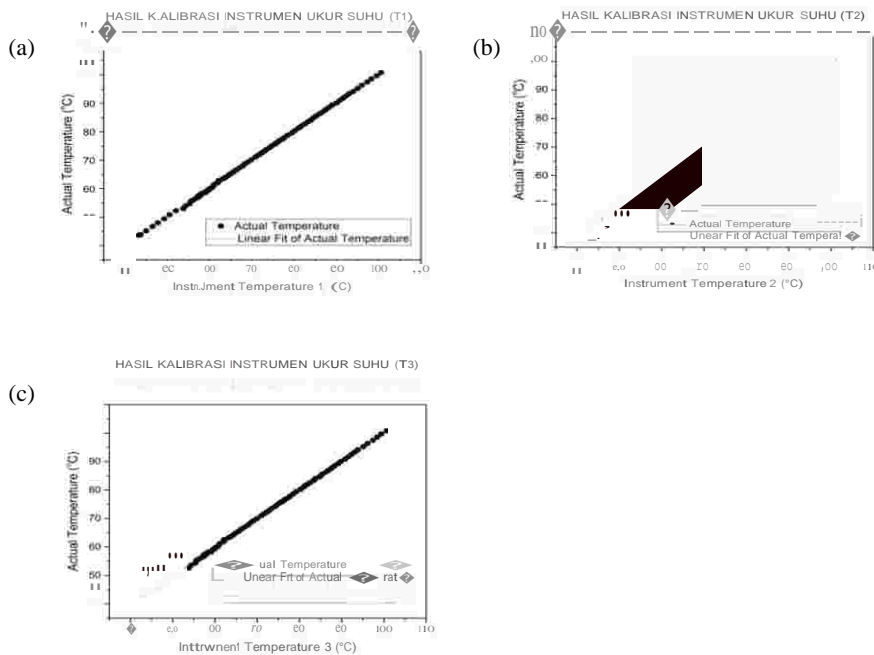
Gambar 4. 1 (a) Kurva Karakterisasi Tegangan Terhadap Laju Aliran Udara. (b) Kalibrasi Instrumen Ukur Laju Aliran Udara Terhadap Instrumen Standar

Dari gambar 4.1 (a) diperoleh data karakterisasi dan kalibrasi yang terdapat pada Lampiran 5 dan kurva hasil konversi tegangan dari kalibrator anemometer hot wire YK-2005AH ke nilai ADC. Pengujian dilakukan pada range 0.98 volt sampai 4.98 volt. Diperoleh persamaan konversi dari ADC ke kecepatan udara dengan persamaan 4.2. Gambar 4.1 (b) merupakan grafik hasil kalibrasi persamaan 4.1 instrumen ukur kecepatan udara yang menghasilkan error rata-rata 1%. dengan range 4.5-11.7 m/s dan nilai span 7.2.

$$K_{\text{actual}} = 1.5577 \left(\frac{\text{ADC}}{1023} \times 5 \right) + 3.7306 \quad (4.1)$$

4.1.2 Instrumen Ukur Suhu

Kalibrasi bertujuan untuk mengetahui nilai error pada instrumen ukur suhu. Nilai error yang diharapkan tidak lebih besar dari limit error suatu instrumen ukur yaitu 5%. Grafik hasil Kalibrasi ditunjukkan pada gambar 4.2.



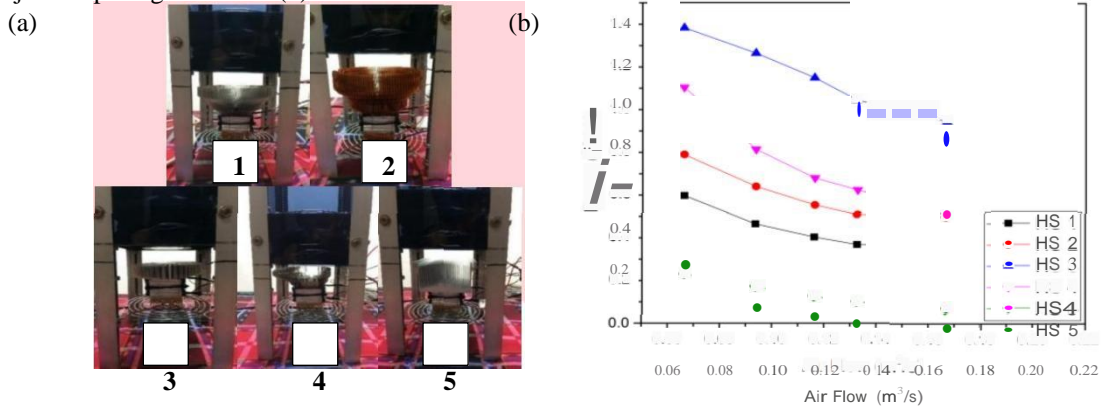
Gambar 4. 2 (a) Hasil Kalibrasi Instrumen Ukur Suhu 1 (b) Hasil Kalibrasi Instrumen Ukur Suhu 2 (c) Hasil Kalibrasi Instrumen Ukur Suhu 3

Dari gambar 4.2 merupakan hasil kalibrasi instrumen temperatur 1,2 dan 3 menggunakan kalibrator HE804 datalogger yang menghasilkan data kalibrasi yang terdapat pada Lampiran 6 secara linear dengan resolusi

pengukuran 0.25°C dengan nilai error masing-masing sebesar 0.1% . Dapat disimpulkan sensor temperatur dapat digunakan dalam penelitian ini.

4.2 Hasil Uji Heat Sink Fan

Pengujian *heat sink fan* dari 5 jenis yang berbeda pada gambar 4.3 (a) dilakukan untuk mendapatkan hubungan pengaruh laju aliran udara terhadap hambatan termal *heat sink fan*. Grafik hasil pengujian *heat sink fan* ditunjukkan pada gambar 4.3 (b).



Gambar 4. 3 (a) Jenis-jenis *Heat Sink Fan* (b) Grafik Pengaruh Laju Aliran Volume Udara Terhadap Hambatan Termal *Heat Sink Fan*

Dari gambar 4.3 (b) grafik pengaruh laju aliran udara terhadap hambatan termal untuk 5 jenis *heat sink fan* didapatkan bahwa semakin tinggi laju aliran udara hambatan termal semakin rendah. Karena semakin tinggi laju aliran udara maka akan semakin tinggi perbedaan temperatur yang terjadi pada perpindahan panas konveksi. Sedangkan hambatan termal berbanding terbalik dengan perpindahan konveksi maka hambatan termalnya akan semakin rendah. Laju aliran udara disini didapatkan dari instrumen ukur kecepatan udara dikalikan dengan luas penampang suplai *fan* yang berdiameter 12 cm. Hambatan termal paling tinggi pada laju aliran udara $0.16 \text{ m}^3/\text{s}$ sebesar $0.94 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ yang dimiliki oleh *heat sink fan* jenis 3 (HS 3) dan paling rendah sebesar $0.06 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ yang dimiliki oleh *heat sink fan* jenis 5 (HS 5).

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh laju aliran udara terhadap hambatan termal *heat sink fan* menggunakan instrumen ukur yang telah dibuat berbasis mikrokontroler arduino mega terdapat kesimpulan yang didapat oleh peneliti, diantaranya:

1. Alat ukur hambatan termal dengan variasi laju aliran udara dari $0.06\text{-}0.16 \text{ m}^3/\text{s}$ memiliki tingkat error kurang dari 5% . Maka dapat disimpulkan alat ukur dapat digunakan dalam penelitian^[11].
2. *Heat sink fan* jenis 4 (HSF4) memiliki perubahan hambatan termal paling tinggi terhadap perubahan laju aliran udara $\frac{\Delta R_{th}}{\Delta v}$ sebesar $0.59 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$.
3. *Heat sink fan* jenis 5 (HSF5) memiliki hambatan termal paling rendah sebesar $0.06 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ saat diberikan laju aliran volume udara $0.16 \text{ m}^3/\text{s}$. maka dapat dikatakan bahwa HSF5 termasuk dalam *heat sink fan* paling efektif dan efisien dalam pebuangan panas ke lingkungan.
4. Semakin tinggi laju aliran volume udara dari $0.06\text{-}0.16 \text{ m}^3/\text{s}$, maka hambatan termalnya akan semakin rendah. Hal ini terjadi karena perubahan laju aliran udara dapat merubah koefisien konveksi, sehingga perpindahan konveksi mengalami peningkatan dan hambatan termal akan semakin rendah.

6. Daftar Pustaka

- [1] Yunianto, B. (2008). Pengujian Perpindahan Panas Konveksi Pada Heat Sink Jenis Extruded. ROTASI, 1-6.
- [2] PRANITA, N. H. (2015). RANCANG BANGUN ALAT UJI TERMOELEKTRIK PORTABEL DAN ANALISIS RANGKAIAN TERMOELEKTRIK. Bandung: repository.telkomuniversity.ac.id.
- [3] Silaen, D. A. (2015). Pengaruh PH Saliva Terhadap Ion Nikel Pada Beberapa jenis Braket Stainless Steels dalam Saliva Buatan. repository.usu.ac.id, 20-27. Diambil kembali dari repository.usu.ac.id/bitstream/.../3/Chapter%20II.pdf.
- [4] Tinton Dwi Atmaja, G. P. (2011). Managemen Termal Heat Sink Pada Modul Kendali Motor Kendaraan Hibrid. ISBN 978-604-19028-0-6, 1-5.
- [5] Tresna Dwi Sugiarto, I. P. (2015). Analisis dan Simulasi Distribusi Panas pada Heat Sink Processor CPU dengan Comsol Multiphysics. repository.telkomuniversity.ac.id, 1-6.
- [6] Ella Oktari, R. R. (2014). Sensor dan Transducer "Thermocouple". Padang: Scribd.
- [7] Simatupang, H. (2011, Juni 04). Diambil kembali dari Scribd: Konveksi Paksa Handout
- [8] china, G. (2010, february 2). *Peltier TEC1-12706*. Diambil kembali dari AliExpress: <http://www.aliexpress.com>
- [9] Maratur Gabe, S. (2013). *Perancangan Prototipe Smart Building Berbasis Arduino UNO*. Medan: Repository.usu.ac.id.
- [10] Cengel, Y.A. (2013). *Heat Transfer : A Practical Approach Second Edition*. New york: McGraw-Hill
- [11] Bentley, J. P. (1995). *Principles of Measurement System*. London: Longman Group UK.
- [12] Seri, L. (1995). *How to Select a Heat Sink*. New Hampshire: IEEE.
- [13] Ko-Ta Chiang, F.-P. C. (2006). *Aplication of Response Surface Methodology in The Parametric Optimazion of a Pin-Fin Type Heat Sink*. Taiwan: Science Direct.

