

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISA PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA PENDINGIN KOMPONEN ELEKTRONIK**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**DICKY IBNUNIZAR NASUTION**  
**1507230280**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**



## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

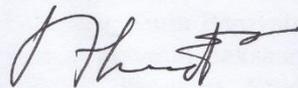
Nama : Dicky IbnuNizar Nasution  
NPM : 1507230280  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisa Perpindahan Panas Konveksi Pada Komponen Pendingin Elektronik  
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 Maret 2019

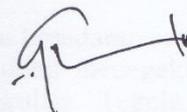
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



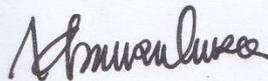
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Peguji II



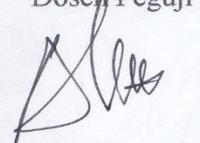
Chandra A. Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Peguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dicky IbnuNizar Nasution  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/19 November 1996  
NPM : 1507230280  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

### **“Analisa Perpindahan Panas Konveksi Pada Pendingin Komponen Elektronik”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 Maret 2019

Saya yang menyatakan,



Dicky IbnuNizar Nasution

## ABSTRAK

Perangkat elektronik memiliki batas temperatur ambient dalam bekerja yaitu - 20°C hingga 40°C berdasarkan IEC 60079-0 untuk mencegah potensi meledak. Sehingga *thermal management* sangatlah dibutuhkan dalam pemeliharaan perangkat elektronik, salah satunya pada green house yang memiliki nilai temperatur bisa lebih besar dari 40°C. Dalam penelitian ini sebuah *Heatsink* berbahan akrilik dengan dimensi panjang 11cm, tinggi 36cm, dan tebal 3cm memiliki nilai koefisien *thermal* 60 W pada pengujian temperatur lingkungan 60°K. Perancangan kotak pendingin dilakukan dengan tiga rancangan.

Rancangan pertama *Heatsink* tersebut menggunakan *heat exchanger* dan *Thermoelectric* yang terintegrasi *water block* pada bagian luar *Heatsink* dapat menahan peningkatan pada temperature  $\pm 34,5^{\circ}\text{C}$ . Rancangan yang kedua kotak pendingin tersebut menggunakan *heat exchanger* dan *Thermoelectric* yang terintegrasi dengan *water block* dipasang didalam *Heatsink* dapat menahan peningkatan pada temperatur  $\pm 35,5^{\circ}\text{C}$ . Rancangan ketiga bagian luar kotak serta bagian dalam kotak akan menggunakan *heat exchanger*, dapat menahan peningkatan pada temperatur  $\pm 28,5^{\circ}\text{C}$ . Pada setiap perancangan, temperatur *Heatsink* dapat menahan temperatur tidak melebihi temperatur ambient tertinggi untuk perangkat elektronik sebesar 40°C.

Katakunci: Perangkat elektronik, Temperatur *ambient*, Termoelektrik, *Heat exchanger*

## **ABSTRACT**

*Electronic devices have ambient ambient temperature limits at  $-20^{\circ}\text{C}$  to  $+40^{\circ}\text{C}$  based on IEC 60079-0 to prevent potential bursts. With the result that thermal management is needed in the maintenance of electronic devices, one of them on the green house that has a temperature value can be greater than  $60^{\circ}\text{K}$ . In this study a cooler box with acrylic material with dimensions of 11cm long, 36cm high and 3cm wide has a cooling load value of 60 W  $60^{\circ}\text{K}$  temperature test. The design of the Heatsink was carried out with three designs. The first design of the Heatsink using heat exchangers and an integrated thermoelectric water block on the outside of the Heatsink can withstand an increase in temperature of  $\pm 34.5^{\circ}\text{C}$ . The second design of this cooler using heat exchangers and thermoelectric integrated with water block installed in Heatsink can withstand temperature at  $\pm 35,5^{\circ}\text{C}$ . The third design on the outside of the Heatsink with the inside of the Heatsink will use a heat exchanger, can withstand the temperature rise  $\pm 28.5^{\circ}\text{C}$ . In each design, the Heatsink can withstand temperatures not exceeding the highest ambient temperature for electronic devices of  $40^{\circ}\text{C}$ .*

*Keywords: Electronic device, Ambient temperature, Thermoelectric, Heat exchanger*

## KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Perpindahan Panas Konveksi Pada Pendingin Komponen Elektronik” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul umurani, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sudirman lubis, S.T., M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., MT, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Chandra A. Siregar, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: M. Ihsan Sabri Nasution dan Nurcahaya Lubis, yang telah bersusah payah membesarkan penuh kasih sayang dan membantu penulis untuk meraih impian dan menyelesaikan S1 Penulis.
8. Orang tua angkat penulis: Syaiful Hadi Jl dan Yuniar R Yoga, yang telah memberikan saya nasihat, bimbingan, arahan, dan fasilitas tempat tinggal kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Sultanul Ari Azkar, Fariz Abdilah, Habiburrahman, Fariz Aulia Rachman, Bagus Rinaldi Afif, Amanda Nastithi dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.
11. Seluruh Kader-kader Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang selalu memberi semangat dan masukan kepada penulis.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Konversi Energi teknik mesin.

Medan, 1 Maret 2019

Dicky IbnuNizar Nasution

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
2.1. Latar Belakang	1
2.2. Rumusan masalah	2
2.3. Tujuan penelitian	2
2.4. Manfaat penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Pengertian Simulasi	4
2.1.1. Klasifikasi Model Simulasi	4
2.2. Perpindahan Panas	5
2.2.1. Konduksi	5
2.2.2. Koveksi	7
2.2.3. Radiasi	8
2.3. Heat Exchanger	8
2.4. Termoelektrik	9
2.5. Analisa numerik panas tak tunak pada <i>Heatsink</i>	10
2.6. Material <i>Heatsink</i>	17
2.7. Karakteristik <i>Heatsink</i>	18
2.8. Laju perpindahan panas pada sirip	18
2.9. Alat penukar kalor kompak	19
2.10. Kalor Jenis	21
2.11. Kapasitas kalor	21
2.12. Sistem <i>Thermal</i>	23
2.13. Transfer Energi Dalam <i>Thermal</i>	24
2.14. Suhu Energi <i>Thermal</i>	24
2.15. Mengukur suhu <i>Thermal</i>	24
2.16. Keseimbangan <i>Thermal</i>	25
2.17. Kalor dan Energi <i>Thermal</i>	25
2.18. Perpindahan Kalor Konveksi Pada Nanofluida	26
2.19. Nano fluida	27
2.20. Perhitungan unjuk kerja <i>Thermal</i>	27
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>29</b>
3.1 Tempat dan Waktu	29

3.1.1.	Tempat	29
3.1.2.	Waktu	29
3.2	Alat dan Bahan	29
3.3	Bagan Alir Penelitian	31
3.4	Prosedur Penelitian	32
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>33</b>
4.1	Rancangan Simulasi Penelitian	33
4.2	Hasil Simulasi	37
4.1.1.	Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Sirip 36 mm	38
4.1.1.1.	Peningkatan Temperatur yang diserap oleh <i>Heatsink</i>	38
4.1.1.2.	Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_C$ )	38
4.1.2.	Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Sirip 30 mm	38
4.1.2.1.	Peningkatan Temperatur yang diserap oleh <i>Heatsink</i>	39
4.1.2.2.	Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_C$ )	39
4.1.3.	Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Sirip 24 mm	39
4.1.3.1.	Peningkatan Temperatur yang diserap oleh <i>Heatsink</i>	40
4.1.3.2.	Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_C$ )	40
4.1.4.	Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Sirip 18 mm	40
4.1.4.1.	Peningkatan Temperatur yang diserap oleh <i>Heatsink</i>	41
4.1.4.2.	Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_C$ )	41
4.1.5.	Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Sirip 12 mm	41
4.1.5.1.	Peningkatan Temperatur yang diserap oleh <i>Heatsink</i>	42
4.1.5.2.	Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_C$ )	42
4.1.6.	Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Sirip 6 mm	42
4.1.6.1.	Peningkatan Temperatur yang diserap oleh <i>Heatsink</i>	43
4.1.6.2.	Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_C$ )	43
4.2.	Pembahasan	44
4.3.	Grafik perbandingan kalor ( $q$ ) terhadap dimensi sirip <i>Heatsink</i>	47
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>48</b>
5.1.	Kesimpulan	48
5.2.	Saran	49
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>50</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	
	<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
	<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konduktifitas Thermal dari beberapa material pada temperatur

Tabel 2.2. Nilai dari koefisien perpindahan panas kalor secara konveksi

Tabel 3.1. Jadwal kegiatan penelitian

Tabel 3.2. Tabel *Thermal conductivities of some materials at room conditions*

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Konduksi pada bidang datar ketebalan  $\Delta x$  dan luas  $A$   
Gambar.2.2. Thermoelectric Cooler (a) logam (b) semikonduktor  
Gambar.2.3. Bentuk-bentuk dari *Heatsink*  
Gambar.2.4. *Heatsink*  
Gambar.2.5. Distribusi Panas pada *Heatsink*  
Gambar.2.6. Titik Node Acuan  
Gambar.2.7. Konveksi Permukaan  
Gambar 3.1. Komputer Laboratorium Komputer Fakultas Teknik  
Gambar 3.2. Perangkat Lunak Solidworks 2014  
Gambar 3.3. Bagan alir penelitian  
Gambar 4.1. Tampilan Awal *Solidworks* 2014  
Gambar 4.2. Ukuran desain simulasi *heatsink*  
Gambar 4.3. Ukuran diameter sirip *heatsink*  
Gambar 4.4. Memebuat *create lids*  
Gambar 4.5. Desain thermal *heatsink*  
Gambar 4.6. Hasil simulasi *Thermal*  
Gambar 4.7. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 36 mm  
Gambar 4.8. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 30 mm  
Gambar 4.9. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 24 mm  
Gambar 4.10. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 18 mm  
Gambar 4.11. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 12 mm  
Gambar 4.12. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 6 mm

## DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
$h$	Koefisien perpindahan panas	$W/m^2.K$
$k$	Konduktifitas <i>thermal</i>	$W/mK$
$q_{kond}$	laju perpindahan panas konduksi	$W$
$A$	luas perpindahan panas	$m^2$
$dt$	gradient suhu pada penampang	$K$
$dx$	jarak dalam arah aliran panas	$m$
$\alpha_m$	Koefisien Seebeck sisi	$V.K^{-1}$
$q_{abs}$	Laju kalor yang diserap pada sisi bagian dingin	$W$
$q_{em}$	Laju kalor yang dilepas pada sisi bagian panas	$W$
$I$	Arus yang mengalir	$A$
$T_h$	Temperatur panas	$K$
$T_c$	Temperatur dingin	$K$
$R_m$	Hambatan	$\Omega$
$\Theta_m$	Hambatan termal	$K W^{-1}$
$U_{max}$	Nilai tegangan arus maksimal	$V$
$\Delta T_{max}$	Selisih temperatur maksimal	$K$
$A$	Luas penampang <i>Heatsink</i>	$m^2$
$L$	Panjang <i>Heatsink</i>	$m$
$\eta_o$	Efisiensi keseluruhan permukaan sirip	
$\alpha$	Disfusi termal	$m^2/s$
$\rho$	Densitas	$kg/m^3$
$U$	Koefisien perpindahan kalor menyeluruh	$W/m^2.C$
$T$	Temperatur	$^{\circ}C$
$Re$	Bilangan <i>reynolds</i>	
$Nu$	Bilangan <i>nusselt</i>	
$Pr$	Bilangan <i>prendelt</i>	

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Penggunaan perangkat elektronik telah menjadi kebutuhan manusia pada zaman ini. Tingkat aktivitas yang tinggi menuntut para engineer untuk membuat suatu alat guna mempermudah kegiatan dari manusia tersebut. Perangkat elektronik seperti handphone, komputer, dan laptop telah menjadi alat yang tidak bisa lepas dari aktivitas manusia. Sejak penemuan alat tersebut hingga sekarang, pengembangan akan alat elektronik tersebut tidak pernah berhenti.

Manajemen termal dalam perangkat elektronik telah menjadi konsentrasi para peneliti pada saat ini. Tingkat temperature tinggi yang diakibatkan oleh hasil kerja dari perangkat elektronik itu sendiri dapat menyebabkan menurunnya performa dari perangkat elektronik tersebut. Oleh karena itu *heat exchanger* merupakan bagian vital dalam sebuah perangkat elektronik yang dapat menjaga suhu optimum dari alat tersebut.

Ada dua fenomena dasar yang terjadi pada *heat exchanger*: aliran fluida dalam komponen dan perpindahan kalor antara fluida dan dinding komponen elektronik. Koefisien perpindahan kalor sangat bergantung pada rasio luas permukaan area dengan volume yang berarti semakin kecil dimensi komponen elektronik memberikan koefisien perpindahan kalor yang lebih baik. Oleh karena itulah sekarang banyak penelitian tentang *heat exchanger* yang menggunakan komponen elektronik.

$$h = \frac{Nu \cdot k}{D} \dots\dots\dots(1.1)$$

Dari persamaan (1.1) diatas dengan D adalah diameter hidrolis, Nu adalah Nusselt Number, k adalah konduktivitas termal, dan h adalah koefisien perpindahan panas, dapat disimpulkan bahwa semakin kecil D (diameter hidrolis) yang digunakan maka semakin besar koefisien perpindahan panasnya.

Koefisien perpindahan kalor juga akan meningkat seiring meningkatnya konduktivitas dari material yang digunakan. Oleh karena itu cara lain meningkatkan koefisien perpindahan kalor adalah dengan menggunakan komponen elektronik yang mempunyai nilai termal yang lebih efisien, metode yang

digunakan dalam pendinginan pada sebuah elektronik biasanya disesuaikan dengan karakteristik perangkat elektroniknya, dengan pendingin. Tujuan dasar pengelolaan termal perangkat elektronik adalah mengurangi kemungkinan kegagalan komponen karena kepanasan dengan mengurangi temperature komponen. Kalor yang terjadi pada saat kondisi operasi merupakan suatu proses irreversible, apabila kalor yang terjadi pada elemen yang menerima arus listrik tersebut berlebihan (overheat) maka akan terjadi perubahan pada sifat mekanis dari elemen tersebut, sehingga untuk menjaga unjuk kerja dari elemen tersebut kalor yang timbul harus dibuang.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membuat simulasi konveksi pada komponen elektronik dengan menggunakan perangkat lunak Solidwork?
2. Bagaimana menganalisa dan menghitung besarnya koefisien konveksi pada komponen elektronik dengan perangkat lunak Solidwork?
3. Bagaimana menganalisis perbandingan perpindahan panas secara numeris dan analitis dengan menggunakan simulasi Solidwork?

## 1.3 Tujuan Penelitian

### 1.3.1. Tujuan Umum

1. Untuk melakukan simulasi konveksi pada komponen elektronik (*Heatsink*) dengan menggunakan aplikasi Solidwork.

### 1.3.2. Tujuan Khusus

1. Untuk menganalisa dan menghitung konveksi perpindahan panas pada komponen elektronik (*Heatsink*).
2. Untuk mengetahui nilai konveksi perpindahan panas pada komponen elektronik (*Heatsink*).

#### 1.4. Manfaat Penelitian

1. Dapat menganalisa dan menghitung konveksi perpindahan panas pada komponen elektronik dengan menggunakan simulasi Solidwork.
2. Dapat mengetahui dan menghitung efisiensi pada temperatur.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Pengertian Simulasi

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah (Law and Kelton,1991). Dalam simulasi digunakan komputer untuk mempelajari sistem secara numerik, dimana dilakukan pengumpulan data untuk melakukan estimasi statistik untuk mendapatkan karakteristik asli dari sistem. Simulasi merupakan alat yang tepat untuk digunakan terutama jika diharuskan untuk melakukan eksperimen dalam rangka mencari komentar terbaik dari komponen – komponen sistem.

Hal ini dikarenakan sangat mahal dan memerlukan waktu yang lama jika eksperimen dicoba secara riil. Dengan melakukan studi simulasi maka dalam waktu singkat dapat ditentukan keputusan yang tepat serta dengan biaya yang tidak terlalu besar karena semuanya cukup dilakukan dengan komputer. Pendekatan simulasi diawali dengan pembangunan model sistem nyata. Model tersebut harus dapat menunjukkan bagaimana berbagai komponen dalam sistem saling berinteraksi sehingga benar-benar menggambarkan perilaku sistem. Setelah model dibuat maka model tersebut ditransformasikan ke dalam program komputer sehingga memungkinkan untuk disimulasikan.

##### 2.1.1. Klasifikasi Model Simulasi

Pada dasarnya model simulasi dikelompokkan dalam tiga dimensi yaitu [Law and Kelton, 1991] :

###### a). Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis.

Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu. Sedangkan model simulasi dinamis digunakan jika sistem yang dikaji dipengaruhi oleh perubahan waktu.

b). Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik. Jika model simulasi yang akan dibentuk tidak mengandung variabel yang bersifat random, maka model simulasi tersebut dikatakan sebagai simulasi deterministik. Pada umumnya sistem yang dimodelkan dalam simulasi mengandung beberapa input yang bersifat random, maka pada sistem seperti ini model simulasi yang dibangun disebut model simulasi stokastik.

c). Model simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskret.

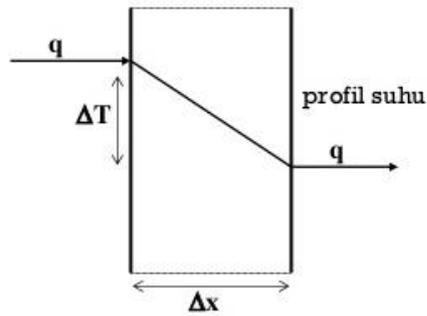
Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskret atau kontinyu, sangat ditentukan oleh sistem yang dikaji. Suatu sistem dikatakan diskret jika variabel sistem yang mencerminkan status sistem berubah pada titik waktu tertentu, sedangkan sistem dikatakan kontinyu jika perubahan variabel sistem berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu.

## 2.2. Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainyasebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut dari temperatur fluida yang lebih tinggi ke fluida yang memiliki temperatur yang lebih rendah. Perpindahan panas umumnya dibedakan menjadi tiga yaitu perpindahan: konduksi, konveksi, radiasi (Frank Kreith dan Arko Prijono, M.sc.) Pada perancangan alat ini hanya terjadi perpindahan panas secara konduksi dankonveksi.

### 2.2.1. Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah mekanisme perpindahan energi tanda disertai dengan perpindahan molekul. Perpindahan panas secara konduksi terjadi pada suatu objek yang memiliki perbedaan temperatur maka kontak fisik diantara ke dua objek (*Dr.Abrar Ismardi M.Sc, Tri Ayodha Ajwiguna, S.T., M.Eng ,2017, Design Of Cooler For Electonic Device On Green House*). Pada Gambar 1 laju konduksi yang melalui medium dipengaruhi oleh ketebalan dan bahan medium, serta perbedaan temperatur antar dua sisi medium.



Gambar.2.1. Konduksi pada bidang datar ketebalan  $\Delta x$  dan luas  $A$

Dasar dari perpindahan panas secara konduksi adalah hukum *fourier*. Hukum ini menyatakan bahwaperpindahan panas berbanding lurus dengan gradien temperatur, luas permukaan, dan jenis bahan. Sehingga secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Dr.Abrar Ismardi M.Sc,Tri Ayodha Ajiwiguna,S.T.,M.Eng,2017,Design Of Cooler For Electronic Device On Green House).

$$q_{kond} = \frac{-kAdT}{dx} \dots\dots\dots(1)$$

Tabel 2.1. Konduktifitas Termal dari Beberapa Material pada Temperatur

Material	Konduktifitas Termal, W/m.K
Copper	401
Silver	429
Gold	317
Aluminium	237
Steel	60,5
Limestone	2,15
Bakelite	1,4
Water	0,613
Air	0,0263

### 2.2.2. Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi adalah perpindahan kalor yang terjadi akibat adanya pergerakan molekul pada suatu zat, hal tersebut yang mengakibatkan perpindahan panas secara konveksi. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas (Dr. Abrar Ismardi M.Sc, Tri Ayodha Ajiwiguna, S.T., M.Eng, 2017, *Design Of Cooler For Electronic Device On Green House*). Perpindahan panas secara konveksi dapat terjadi secara alami dan buatan. Konveksi alami yaitu dimana perpindahan panas yang dipengaruhi oleh fluida yang terjadi tanpa adanya paksaan atau faktor kesengajaan hanya dipengaruhi dari perbedaan temperatur antara permukaan benda dengan fluida pada permukaan benda. Sedangkan konveksi paksa merupakan peristiwa konveksi dengan mengalirkan fluida secara sengaja di sekitar permukaan benda. Perhitungan laju perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan Hukum Pendinginan Newton.

$$\dot{Q}_{konv} = h \cdot A_s (T_s - T_{\infty}) \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(2)$$

Pada penelitian ini yang terjadi adalah konveksi secara alami sehingga koefisien perpindahan panas dipengaruhi oleh beberapa parameter bilangan tak berdimensi seperti bilangan Grashof, bilangan Prandtl, bilangan Rayleigh, dan bilangan Nusselt. Bilangan Grashof merupakan pendekatan rasio antara gaya apung dengan gaya viskos yang bekerja pada fluida. Bilangan Grashof merupakan bilangan yang bertujuan untuk menentukan tipe aliran fluida pada konveksi alami bilangan tersebut dapat didefinisikan pada persamaan 3. Bilangan Prandtl merupakan rasio antara difusivitas momentum dengan difusivitas termal dari fluida dinyatakan dengan persamaan 4. Bilangan Rayleigh menunjukkan besar gaya apung dan gaya viskositas pada konveksi alami dapat dihitung dengan perkalian antara bilangan Grashof dan bilangan Prandtl pada persamaan 5. Bilangan Nusselt adalah bilangan tak berdimensi yang merupakan rasio perpindahan panas antara konveksi dan konduksi dapat dinyatakan dengan persamaan 6.

$$GrL = \frac{g\beta (T_s - T_{\infty}) Lc^3}{\nu^2} \dots\dots\dots(3)$$

$$Pr = \frac{\text{difusivitas momentum}}{\text{difusitastermal}} = \frac{\nu}{\alpha} \dots\dots\dots(4)$$

$$RaL = GrLPPr = \frac{g\beta(Ts-T\infty)3P}{\nu^2} \dots\dots\dots(5)$$

$$Nu = hLc = \frac{(GrLPr) = CRan}{Lk} \dots\dots\dots(6)$$

Tabel 2.2. Nilai dari koefisien perpindahan panas kalor secara konveksi

Proses	h (W/m <sup>2</sup> .K)
Konveksi Natural	
Gas	2-25
Liquid	50-1.000
\Konveksi Paksa	
Gas	25-250
Liquid	5—20.000
Konveksi dengan perubahan fasa	
Kondensasi dan Boiling	2.500-100.000

### 2.2.3. Radiasi

Radiasi merupakan proses perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinar/radiasi gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara. Dasar dari proses radiasi adalah hukum *Stefan-Boltzman*

$$qr = \epsilon\sigma\Delta T_4 \dots\dots\dots(7)$$

$\epsilon$  merupakan emisivitas yang merupakan sifat dari permukaan, apabila permukaan tersebut *black body* maka nilai emisivitasnya adalah 1.  $\sigma$  adalah konstanta *Boltzman* yang memiliki nilai  $5,67 \times 10^{-8}$ . Sedangkan T merupakan temperature absolute dari permukaan.

### 2.3. Heat Exchanger

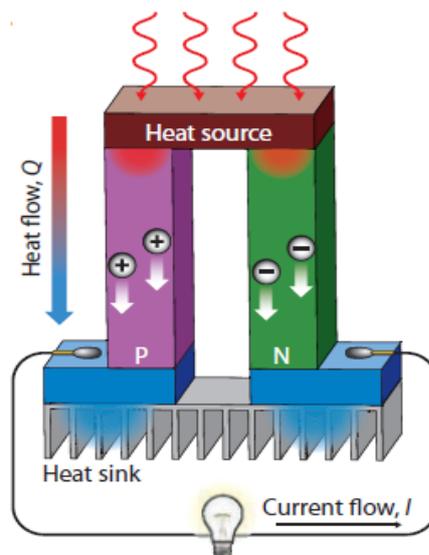
*Heat exchanger* adalah sebuah perangkat yang memfasilitasi perpindahan kalor antara dua buah medium lainnya yang tercampur pada suhu yang berbeda. Berbagai jenis keperluan kalor dibutuhkan pada aplikasi-aplikasi tertentu. Nilai laju kalor aktual pada *heat exchanger* dapat didapat dari nilai temperatur fluida yang masuk dan keluar pada heat exchanger yang diukur secara langsung Pada keluaran fluida panas dengan menggunakan persamaan 7 dan pada keluaran fluida dingin menggunakan persamaan 8.

$$Q = Ch (T_{h, in} - T_{h, out}) \dots\dots\dots(8)$$

$$Q = Cc (T_{c, out} - T_{c, in}) \dots\dots\dots(9)$$

#### 2.4. Termoelektrik

Termoelektrik merupakan alat yang mengubah perbedaan temperature menjadi energi listrik atau sebaliknya dari energi listrik menjadi perbedaan temperatur pada dua sisi bahan. Prinsip kerja dari *Thermoelectric Cooler* ini berdasarkan pada efek Peltier. Efek Peltier terjadi ketika arus DC yang dialirkan pada termoelektrik, maka salah satu sisi dari termoelektrik menjadi dingin dan sisi lainnya menjadi panas. Perubahan suhu pada kedua sisi termoelektrik tersebut tergantung dari aliran arus listrik yang diberikan.



Gambar.2.2. Thermoelectric Cooler (a) logam (b) semikonduktor

Pada gambar 2 (a) menunjukkan *Thermoelectric cooler* yang terbuat dari logam. Efek Peltier merupakan fenomena utama yang diterapkan dalam *thermoelectric cooler* yaitu terjadinya aliran kalor pada dua jenis logam dikarenakan adanya liran arus listrik. Fenomena ini merupakan kebalikan dari efek Seebeck yaitu munculnya beda potensial listrik jika terdapat perbedaan suhu antara dua sisi bahan. Fenomena Efek Peltier pada Gambar 2 (b) saatsemikonduktor tipe p terhubung ke beda potensial negatif, hole akan berkumpul menuju bagian yang terhubung dengan elektroda negatif. Sebaliknya

pada bagian semi konduktor tipe n terhubung ke beda potensial positif, elektron akan berkumpul menuju bagian yang terhubung dengan elektroda positif.

Agar mencapai kesetimbangan, muatan-muatan akan melepas energi dalam bentuk panas keluar lingkungan. Sehingga bagian yang terhubung dengan elektroda akan menjadi sisi panas termoelektrik. Nilai jumlah kalor yang dilepaskan sisi panas sama dengan nilai kalor yang diserap ditambah dengan daya yang diberikan pada termoelektrik.

$$q_{em} = q_{abs} + \dots\dots\dots(10)$$

bagian suatu termoelektrik dapat dihitung dengan:

$$q_{abs} - \alpha m T c I = -\frac{T_c - T_h}{\theta_m} - \frac{l_2}{2} \dots\dots\dots(11)$$

$$q_{em} - \alpha m T h I = -\frac{T_c - T_h}{\theta_m} + \frac{l_2}{2} \dots\dots\dots(12)$$

Menggunakan data  $T_h$ ,  $\Delta T_{max}$ ,  $U_{max}$ , dan  $I_{max}$  dari data sheet pada termoelektrik dapat menemukan parameter pada persamaan 2.18 dan persamaan 2.19 yang belum diketahui:

$$\alpha_m = \frac{U_{max}}{T_h} \dots\dots\dots(13)$$

$$R_m = \frac{U_{max}(T_h - \Delta T_{max})}{I_{max} T_h} \dots\dots\dots(14)$$

$$\theta_m = \frac{\Delta T_{max} 2 T_h}{I_{max} U_{max} (T_h - \Delta T_{max})} \dots\dots\dots(15)$$

### 2.5. Analisa Numerik Panas Tak Tunak Pada Heatsink

Peran penting *heatsink* sebagai pendingin membuat *heatsink* menarik untuk diteliti. Banyak penyelesaian analitik yang menyangkut perpindahan panas namun terkendala situasi praktis yang dihadapi seperti syarat-syarat atau kondisi batas dan geometri. Berdasarkan situasi praktis itu perlu sebuah metoda dalam menyelesaikan situasi tersebut. Penggunaan metoda numerik dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan yang dihadapi dalam solusi analitik. Salah satu metoda numerik yang biasa digunakan dalam permasalahan aliran panas/difusi adalah metoda beda hingga (*finite different*). Metoda beda hingga membuat persamaan analitik yang bersifat kontinu menjadi bersifat diskrit. Bentuk diskrit selanjutnya lebih mudah diprogram dengan bantuan komputer.

Perpindahan panas yang diteliti pada *heatsink* berupa perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Secara konduksi  $q_k$ , panas ditransfer sebanding dengan luas daerah dan perbedaan temperatur panas yang dipindahkan. Tingkat perpindahan panas bergantung kepada konduktivitas bahan  $k$ , untuk medium yang bersifat homogen persamaan konduksi di ungkapkan dalam Persamaan 1 yang disebut juga dengan hukum fourier tentang konduksi panas.

$$q_k = -kA \frac{dt}{dx} \dots\dots\dots(16)$$

Konstanta lainnya yang sering dijumpai dalam masalah analisa panas adalah  $\rho C_p$ , yang disebut sebagai kapasitas panas. Panas jenis  $C_p$  dan kapasitas panas  $\rho C_p$  keduanya menggambarkan kemampuan menyimpan panas dari suatu material. Tapi, panas jenis  $C_p$  menyatakan persatuan massa sedangkan kapasitas panas  $\rho C_p$  menyatakan persatuan volum.

Cepat atau lambatnya penyebaran panas di dalam suatu material dapat di ungkapkan dalam Persamaan 2.

$$A = \frac{k}{\rho C_p} \dots\dots\dots(17)$$

dimana,  $\alpha$  adalah difusivitas panas,  $k$  adalah konduktivitas panas,  $\rho$  adalah massa jenis, dan  $C_p$  adalah panas jenis.

Perpindahan panas lainnya yang terjadi pada *heatsink* adalah perpindahan panas secara konveksi. Konveksi adalah cara perpindahan energi antara permukaan padat dengan pergerakan di permukaan medium cair dan gas, dan konveksi menyatakan perpaduan antara efek dari konduksi dan gerakan fluida. Disamping kompleksitas perpindahan panas konveksi, tingkat perpindahan panas konveksi menjadi sebanding dengan perbedaan temperatur, dan sesuai dalam hukum pendinginan Newton sebagai

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \dots\dots\dots(18)$$

dimana,  $T_s$  dan  $T_\infty$  masing-masing menyatakan Suhu permukaan solid dan suhu fluida,  $A$  adalah luas area permukaan, sedangkan  $h$  adalah koefisien panas konveksi.

Persamaan aliran panas/difusi merupakan persamaan differensial parsial yang mempunyai bentuk umum

$$V^2 = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial u}{\partial t} \dots\dots\dots(19)$$

dimana,  $\alpha$  menyatakan karakteristik medium terjadinya proses difusi (aliran panas), dan  $u$  merupakan fungsi yang mempunyai variabel ruang dan waktu.

Untuk Persamaan aliran panas dua dimensi Persamaan 4 dapat diungkapkan menjadi.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \dots\dots\dots(20)$$

dalam hal ini,  $T$  pada Persamaan 5 merupakan fungsi temperatur keadaan tidak mantap (temperatur berubah terhadap waktu) dalam suatu daerah  $x$  dan  $y$  tidak terdapat sumber panas.

Analisis aliran panas berguna untuk menentukan temperatur bidang dalam sebuah medium yang dihasilkan dari kondisi sarat batas. Hal ini diharapkan untuk mengetahui distribusi temperatur yang menjelaskan bagaimana perubahan temperatur terhadap posisi di dalam medium.

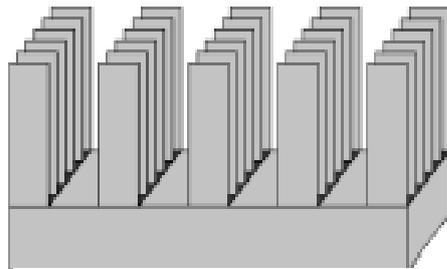
*Heatsink* memanfaatkan konsep perpindahan panas yang akan membantu memindahkan panas dari medium yang bertemperatur tinggi ke medium yang bertemperatur rendah. Kerja dari *heatsink* tergantung pada bahan penyusun dan geometrinya. Bentuk-bentuk *heatsink* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar.2.3. Bentuk-bentuk dari *Heatsink*

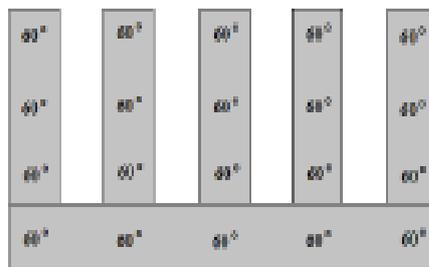
*Heatsink* yang akan menjadi objek penelitian ini adalah *heatsink* dengan geometri sirip persegi dengan sekat udara antar siripnya yang ketebalannya diabaikan

karena sirip *heatsink* yang dibuat tipis. Bentuk *heatsink* dapat dilihat pada Gambar.2.3.Bentuk-bentuk dari *Heatsink*



Gambar.2.4.*Heatsink*

Analisa pada *heatsink* dapat dilakukan dengan membagi *heatsink* beberapa bagian dengan ukuran yang sama (simetris) yang akan menghasilkan penampang *heatsink* dua dimensi dan dapat mewakili bentuk perpindahan panas pada sebuah *heatsink*. Idealnya, panas yang terdistribusi pada sirip *heatsink* seragam dengan panas bagian dasar *heatsink*. Distribusi panas pada *heatsink* dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar.2.5.Distribusi Panas pada *Heatsink*

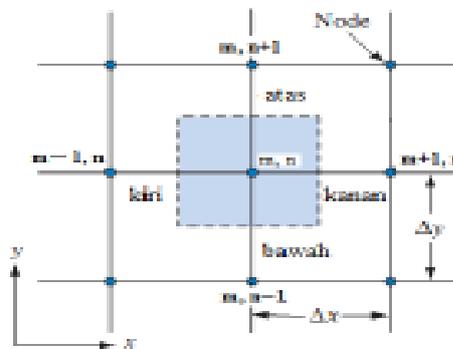
Temperatur pada bagian dasar *heatsink* akan sama dengan temperatur pada setiap titik sirip *heatsink*. Kondisi ini terjadi jika bahan memiliki nilai  $k$  yang besar.

Temperatur yang mengalir pada *heatsink* dapat dijelaskan melalui Persamaan 5. Metoda numerik untuk memecahkan persamaan differensial berdasarkan pada penggantian persamaan differensial dengan persamaan yang

bersifat secara aljabar. Metoda beda hingga membuat persamaan analitik yang bersifat kontinu menjadi bersifat diskrit.

Beberapa metoda numerik yang biasa digunakan dalam menyelesaikan masalah persamaan diferensial baik persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equation*) maupun persamaan diferensial parsial (*partial differential equation*) adalah Metoda Elemen Hingga (MEH) dan Metoda Perbedaan Hingga (MPH). Perbedaan utama dari kedua metoda ini terletak pada solusi yang diperoleh dan juga bentuk (geometri) dari domain. Hubungan derivatif pada MPH didiskritisasikan menurut deret Taylor sedangkan pada MEH fungsi aproksimasi dibuat dalam bentuk fungsi perkiraan mendekati solusi sebenarnya. Distribusi panas pada *heatsink* dalam penelitian ini sudah bisa diterapkan metoda MPH, sedangkan metoda MEH digunakan untuk kasus yang mempunyai kompleksitas yang lebih tinggi.

Pendekatan *finite different* secara diskrit dibuat dari hubungan titik kisi yang berdekatan sesuai Gambar 2.6



Gambar.2.6.Titik Node Acuan.

Bentuk turunan dalam pendekatan *finite different* dua dimensi dapat diikuti dengan cara mencari turunan 1 dan 2 dalam arah x dan y, untuk arah x dapat dijelaskan

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m,n} = \frac{T_{m,n} - T_{m-1,n}}{\Delta x} \dots\dots\dots(21)$$

dan

$$\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{m,n} = \frac{T_{m,n} - T_{m,n-1}}{\Delta y} \dots\dots\dots(22)$$

Serta untuk arah y dijelaskan

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m,n} = \frac{T_{m,n} - T_{m,n-1}}{\Delta y} \dots\dots\dots(23)$$

dan

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m, n + \frac{1}{2}} = \frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta y} \dots\dots\dots(24)$$

sedangkan untuk persamaan diferensial orde 2 menjadi

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Big|_{m, n} = \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m, n + \frac{1}{2}} - \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m, n - \frac{1}{2}} = \frac{T_{m+1,n} + T_{m-1,n} - 2T_{m,n}}{(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(25)$$

dan

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \Big|_{m, n} = \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{m, n + \frac{1}{2}} - \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{m, n - \frac{1}{2}} = \frac{T_{m,n+1} + T_{m,n-1} - 2T_{m,n}}{(\Delta y)^2} \dots\dots\dots(26)$$

Persamaan beda hingga untuk aliran panas/difusi diungkapkan dengan menstutbitusikan Persamaan 6 dan Persamaan 7 ke dalam Persamaan 5 sehingga

$$\frac{T_{m+1,n} + T_{m-1,n} - 2T_{m,n}}{(\Delta x)^2} + \frac{T_{m,n+1} + T_{m,n-1} - 2T_{m,n}}{(\Delta y)^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta T} \dots\dots\dots(27)$$

Jika  $\Delta x = \Delta y$ , persamaan difusi menjadi

$$[1 + 4(Fo)] T_{m,n}^{i+1} - Fo(T_{m-1,n}^{i+1} + T_{m,n+1}^{i+1} + T_{m+1,n}^{i+1} + T_{m,n-1}^{i+1}) - T_{m,n}^i = 0$$

untuk  $Fo$  menyatakan bilangan Fourier

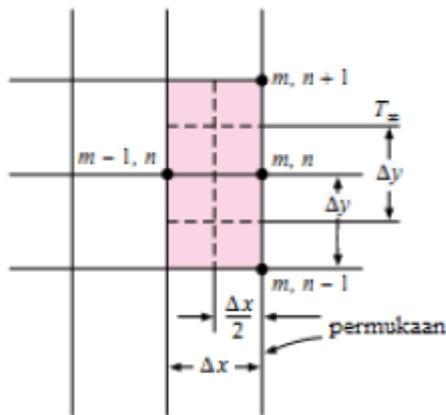
$$Fo = \frac{\alpha \Delta T}{(\Delta x)^2} \dots\dots\dots(28)$$

Berdasarkan Gambar 4, setiap titik acuan pada *heatsink* harus memenuhi syarat kesetimbangan energi yaitu jumlah panas yang masuk pada tiap titik tersebut akan sama dengan jumlah panas yang keluar

$$Q_{kiri} + Q_{kanan} + Q_{atas} + Q_{bawah} + G_{element} = \frac{\Delta E}{\Delta T} = 0 \dots\dots\dots(29)$$

dimana,  $G_{element}$  jumlah panas yang dibangkitkan.

Dengan mempertimbangkan aliran panas dari lingkungan secara konveksi, skema *finite different* dari Persamaan difusi permukaan dapat dijelaskan berdasar Gambar 5



Gambar.2.7.Konveksi Permukaan.

Sesuai Persamaan 10, persamaan aliran panas pada gambar 5 dapat diungkapkan

$$k\Delta y \frac{T^i_{m-1,n} - T^i_{m,n}}{\Delta x} + k \frac{-\Delta x}{2} \frac{T^i_{m,n+1} - T^i_{m,n}}{\Delta y} + k \frac{-\Delta x}{2} \frac{T^i_{m,n-1} - T^i_{m,n}}{\Delta y} + h\Delta y(T_\infty - T^i_{m,n}) = \rho C \frac{\Delta x}{2} \Delta y \frac{T^{i+1}_{m,n}}{\Delta t} \dots\dots\dots(30)$$

selanjutnya dimisalkan dengan bilangan Biot

$$Bi = \frac{h\Delta x}{k} \dots\dots\dots(31)$$

Jika  $\Delta x = \Delta y$ , maka Persamaan 11 menjadi

$$[1 + 2(Fo)(2 + Bi)]T^i_{m,n} - Fo[T^{i+1}_{m,n+1} + T^{i+1}_{m,n-1} + 2T^{i+1}_{m-1,n} + 2(Bi)T^{i+1}_\infty] - T^i_{m,n} = 0 \dots\dots\dots(32)$$

untuk jumlah titik node  $N=1\dots i+1$ , persamaan yang diperoleh dari diskritisasi yang memenuhi kesetimbangan energi berdasarkan Persamaan 10 untuk setiap titik node seperti yang diperoleh pada Persamaan 8 dan 13 akan membentuk sistem persamaan aljabar sebagai

$$AT = B \dots\dots\dots(33)$$

dimana  $A$  adalah matriks koefisien,  $T$  merupakan vektor yang terdiri dari nilai diskrit suhu, dan  $B$  merupakan vektor hasil dari sumber. Yang selanjutnya dapat diselesaikan dengan metoda operasi langsung

$$T = A^{-1}B \dots\dots\dots(34)$$

(steady

*State* yang berjudul *Analisa Numerik Perpindahan Panas Heatsink Menggunakan Metoda Gauss-Seidel Melalui Pendekatan Metoda Finite Element*. Penelitian perpindahan panas pada *heatsink* akan mendapatkan hasil yang lebih jelas dan lebih mudah untuk diamati jika diukur berdasarkan perbedaan waktu/ tak tunak (*unsteady state/transient*), penelitian bertujuan untuk menganalisa model distribusi panas tak tunak pada *heatsink* dan pengaruh bahan/material penyusun *heatsink* terhadap model distribusi panas yang dihasilkannya.

## 2.6. Material *Heatsink*

Konduktivitas panas dari sebuah *Heatsink* adalah faktor utama suatu *Heatsink* dapat mendsisipasi panas dengan baik. Bahan logam yang sering digunakan dalam bahan dasar *Heatsink* adalah:

1. Silver/perak dan emas memiliki konduktivitas tertinggi tetapi dengan harga yang sangat mahal maka tidak dimungkinkan para produsen untuk membuat dan memasarkan produk pendingin dengan bahan dasar ini.
2. *Copper* atau tembaga memiliki konduktivitas tertinggi ke 2 sehingga penyerapan panasnya juga baik. Tembaga memiliki sifat menyerap panas dengan cepat sehingga bias terjadi penumpukan dengan cepat tetapi tidak bisa melepaskan panas dengan cepat sehingga bisa terjadi penumpukkan panas pada 1 tempat. Selain itu, kekurangan yang menyertainya yaitu berat yang lebih besar dari pada Alumunium, harga yang mahal, dan produksi yang rumit.
3. Alumunium memiliki tingkat konduktivitas dibawah tembaga sehingga penyerapannya kurang sempurna, tetapi memiliki kemampuan terbalik dengan tembaga yaitu memiliki kemampuan melepas atau mengurangi panas dengan baik, tetapi bahan alumunium kurang baik dalam penyerapan panas dan memiliki harga yang rendah dengan berat yang ringan.
4. Penggabungan antara kedua material tersebut merupakan kombinasi yang sangat baik. Disatu sisi tembaga dapat menyerap panas dengan

cepat dan disisi lain Alumunium dapat melepaskan panas yang diserap oleh tembaga.

### 2.7. Karakteristik *Heatsink*

1. Luas area *Heatsink* akan menyebabkan disipasi panas menjadi lebih baik karena akan memperluas area pendinginan yang dapat mempercepat proses pembuangan panas yang diserap oleh *Heatsink*
2. Bentuk aerodinamik yang baik dapat mempermudah aliran udara panas agar cepat dikeluarkan melalalui sirip-sirip pendingin. Khususnya pada *Heatsink* dengan jumlah sirip yang banyak tetapi dengan jarak antar sirip berdekatan akan membuat aliran udara tidak sempurna sehingga perlu ditambahkan sebuah kipas untuk memperlancar aliran udara pada jenis *Heatsink* tersebut.
3. Transfer panas yang baik pada setiap *Heatsink* juga akan mempermudah pelepasan panas dari sumber panas ke bagian sirip-sirip pendingin. Desain sirip yang tipis memiliki konduktifitas yang lebih baik.
4. Desain permukaan dasar *Heatsink* sampai pada "*mirror finish*" atau tingkat kedatarannya tinggi sehingga dapat menyentuh permukaan sumber panas lebih baik dan merata. Hal ini dapat menyebabkan penyerapan panas lebih sempurna, tetapi untuk menghindari resistansi dengan sumber panas *Heatsink* tetap harus menggunakan suatu pasta atau *thermal compound* dan agar luas permukaan sentuh juga lebih merata.

### 2.8. Laju perpindahan panas pada sirip

Sirip pada plat *heatsink* adalah berbentuk persegi dengan tebal yang relatif tipis, sehingga dalam analisis perpindahan panasnya didekati dengan ujung sirip yang diisolasi (adiabatis). Laju perpindahan panasnya dapat dinyatakan dengan persamaan 1

$$q = \tanh Ml [hPkA]^{1/4} \theta \dots\dots\dots(35)$$

Disamping laju panas lewat sirip, untuk mengetahui unjuk kerja, ditentukan pula parameter lain yaitu efisiensi sirip, yang dinyatakan dengan persamaan 2. berikut,

$$\eta = mL mL / \tanh \dots\dots\dots(36)$$

Heat sink plat bersirip jenis slot, penurunan persamaan efisiensi sirip yang melibatkan banyak variabel telah dibuat oleh Teertstra, dkk, (ref 3). dengan persamaan 3 berikut

$$\eta = \tanh \sqrt{2 \frac{kf.H.H}{k.b.t}} \left(\frac{t}{L} + 1\right) \dots\dots\dots(37)$$

Karena *heat sink* terdiri dari plat dasar dan sejumlah sirip, maka laju perpindahan panas totalnya adalah dinyatakan dengan persamaan 4 berikut,

$$.qt = h[N.\eta.Af + (At - N.Af)]\theta \dots\dots\dots(38)$$

Persamaan 4 diatas berlaku untuk *heat sink* tanpa slot, sementara oeh Teertstra, dkk, (ref 3), persamaan 4, menjadi

$$.qt = hN.\eta.A.\theta$$

Persamaan diatas adalah persamaan empiris yang dilakukan oleh Teertstra, dkk, untuk bermacam jenis *heat sink* dengan slot. Persamaan tersebut harus memenuhi persamaan dasar untuk pengujian, yaitu,

$$.N_{ub} = \frac{\frac{(Q)}{(N)}}{kf.A\Delta T} \dots\dots\dots(39)$$

## 2.9. Alat Penukar Kalor Kompak

Secara bebas dapat diartikan, alat penukar kalor kompak merupakan salah satu yang tergabung dalam alat penukar kalor yang memiliki bidang perpindahan panas dengan kecepatan tinggi. Kerapatan tinggi yang dimaksud adalah rasio antara luas permukaan bidang yang mengalami perpindahan panas terhadap volume alat penukar kalor. Namun hal tersebut bukan berarti alat penukar kalor kompak harus selalu memiliki dimensi dan massa yang kecil. Dengan pengertian yang sama, juga dapat ditetapkan kerapatan permukaan alat penukar kalor kompak ( $\beta$ ) lebih besar dari  $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .

Seperti yang disebutkan sebelumnya, penukar kalor kompak yang menggunakan udara sebagai fluida kerjanya membutuhkan luas permukaan yang lebih besar dari

pada alat penukar kalor kompak yang menggunakan cairan sebagai fluida kerjanya. Peningkatan luas permukaan dapat dilakukan dengan menaikkan kerapatan permukaan perpindahan panasnya ( $\beta$ ). Jenis konstruksi dasar yang digunakan dalam desain sebuah penukar kalor kompak adalah :

- Menambahkan luas permukaan alat penukar dengan menggunakan sirip pada satu atau lebih sisi-sisinya.
- Pembangkit panasnya menggunakan diameter hidrolis permukaan yang kecil, dan
- Pipa pada alat penukar kalor memiliki diameter yang kecil.

Beberapa yang patut dipertimbangkan adalah biaya, tekanan dan temperature pada saat pengoperasian, pengotoran, kontaminasi fluida, dan pertimbangan produksi. Jenis yang umum digunakan pada alat penukar kalor dengan permukaan yang ditambahkan adalah jenis pelat sirip dan pipa siri. Pada alat penukar kalor jenis plat sirip, sirip-sirip ini diapit oleh pelat secara parallel, terkadang sirip ini digabungkan dengan pipa yang bentuknya telah disesuaikan.

Sirip tersebut dilekatkan pada pelat dengan cara mematri, solder, mengelem, las, dan ekstrusi. Yang tergolong dalam pelat sirip adalah :

- Sirip lurus dan sederhana, misalnya sirip segitiga sederhana dan segiempat.
- Sirip sederhana namun bergelombang (berombak), dan
- Sirip bercelah, misalnya *offset strip*, *louver*, sirip berlubang, dan sirip pin.

Dengan memvariasikan variable geometris dasar untuk setiap jenis permukaan plat sirip, adalah mungkin untuk memperoleh berbagai permukaan geometris spesifik. Walaupun pada umumnya kerapatan sirip antara 120-700 sirip/m, namun aplikasinya memungkinkan hingga 2100 sirip/m. ketebalan sirip pada umumnya antara 0,05-0,25 mm. ketinggian (puncak) sirip antara 2-20 mm. sebuah alat penukar kalor pelat sirip dengan luas permukaan perpindahan panas 1300 m<sup>2</sup> tiap meter kubiknya mampu ditempati sirip dengan kerapatan 600 sirip/m.

## 2.10. Kalor jenis

Kalor jenis adalah banyaknya kalor yang diserap atau diperlukan oleh 1 gram zat untuk menaikkan suhu sebesar 1°C. Kalor jenis juga diartikan sebagai kemampuan suatu benda untuk melepas atau menerima kalor. Masing-masing benda mempunyai kalor jenis yang berbeda-beda. Satuan kalor jenis J/Kg°C.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

## 2.11. Kapasitas kalor

Kapasitas kalor (C) adalah banyaknya kalor yang diserap/dilepas untuk menaikkan/menurunkan suhu sebesar 1 oC. Dari persamaan kalor, bahwa untuk menaikkan/menurunkan suhu suatu benda/sistem sebesar ΔT.

Tabel 3.2. Tabel *Thermal conductivities of some materials at room conditions*

Thermal conductivities of some materials at room conditions	
Material	Thermal conductivity, W/m.K
Diamond	2300
Silver	429
Copper	401
Gold	317
Aluminium	237
Iron	80.2
Mercury	8.54
Glass	1.4
Brick	0.72
Water	0.613
Human Skin	0.37
Wood (oak)	0.17
Helium (g)	0.152
Soft rubber	0.13
Glass fiber	0.043
Air (g)	0.026
Urethane	0.026

---

Sumber : cengel, Y.A & Moran M.J, Thermodynamics an Engineering Approach

## 2.12. Sistem *Thermal*

Sistem Termal adalah sistem yang melibatkan perpindahan kalor (energi panas) dari satu zat ke zat yang lain. Sistem termal dapat dianalisis dalam bentuk tahanan dan kapasitansi, walaupun kapasitansi termal dan tahanan termal tidak dapat menyatakan secara teliti sebagai parameter terkumpul karena biasanya kedua parameter tersebut terdistribusi ke seluruh zat. Untuk analisis yang teliti harus digunakan model dengan parameter terdistribusi. Sistem termal adalah seperangkat komponen (termal) yang memiliki struktur tertentu, misalnya pada sebuah tangki terisolasi.

Dalam sistem termal terjadi suatu proses termal, yaitu suatu proses yang berlangsung akibat dari efek termal. Efek termal terjadi akibat adanya gradien suhu atau gradien kecepatan sehingga ada aliran materi atau energi dan gradien konsentrasi. Sebuah proses adalah serangkaian tahapan yang terjadi antara dua keadaan dari sistem, yang dinamakan keadaan awal dan keadaan akhir. Proses dinamakan *Steady State* jika tidak ada variasi keadaan akhir terhadap waktu. Proses *steady state* merupakan kasus umum dalam analisis sistem termal, Dalam menyelesaikan analisis pada sistem termal ini, dilakukan analisis dan perencanaan dengan menggunakan transformasi Laplace.

Bentuk-bentuk matematis ini dapat dilakukan dalam wawasan (domain) waktu maupun wawasan frekuensi. Persamaan-persamaan dalam wawasan waktu pada umumnya dinyatakan oleh persamaan linear atau persamaan differensial; sedang dalam wawasan frekuensi dinyatakan dalam bentuk fungsi kompleks atau melalui transformasi Laplace ataupun bentuk-bentuk lainnya, di mana frekuensi merupakan variabel bebas. Namun pada kenyataannya, tidak ada analisis matematis yang pasti dari suatu sistem termal. Untuk beberapa penggunaan tertentu, analisis sistem diharapkan dapat menyelesaikan persoalan tanpa membuat persamaan matematik yang terlalu rumit.

Pada analisis termal untuk sebuah tangki cairan yang berisi cairan atau fluida tertentu, ditambahkan dengan cairan dengan suhu yang berbeda-beda, kita menginginkan campuran kedua cairan itu tercampur dengan sempurna dan dihasilkan keluaran cairan yang kita inginkan pada suhu tertentu pula. Ini hanya untuk satu tangki yang sederhana, yang tidak dipakai untuk semua kondisi.

Untuk itu, analisis pada sistem termal ini akan mengembangkan penggunaan transformasi Laplace dan fungsi alih pada tangki yang terisolasi dengan baik. Transformasi Laplace ini akan menjelaskan bagaimana temperatur keluaran merespon terhadap perubahan pada temperatur masukan. Hasil dari penggunaan transformasi Laplace akan menunjukkan kinerja sistem secara keseluruhan.

### 2.13. Transfer Energi Dalam *Thermal*

Energi dalam ditransfer melalui tiga cara, konduksi, yang kebanyakan terjadi pada benda padat, melibatkan transfer energi kinetik ketika partikel-partikel sebuah benda saling menumbuk. Prinsip ini terjadi pada termometer suhu tubuh. Gerakan zat alir yang disebabkan oleh perbedaan kerapatan mentransfer kalor dengancara konveksi. Arus konveksi yang terjadi di atmosfer merupakan peristiwa yang bertanggung jawab terhadap perubahan cuaca. Baik konduksi maupun konveksi bergantung pada ada tidaknya zat yang terlibat pada proses transfer. Cara yang ketiga, radiasi, tidak demikian. Energi termal dapat ditransfer melalui ruang angkasa dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Energi matahari ditransfer menuju Bumi melalui radiasi.

### 2.14. Suhu Energi *Thermal*

Secara keseluruhan partikel-partikel dalam benda yang panas memiliki energi kinetik dan energi potensial lebih besar daripada benda yang lebih dingin. Hal ini tidak berarti bahwa seluruh partikel dalam benda memiliki energi yang sama. Partikel-partikel tersebut memiliki jangkauan energi, beberapa tinggi, beberapa lainnya rendah. Dengan demikian, energi rata-rata dari partikel dalam benda yang panas lebih tinggi daripada benda yang dingin.

### 2.15. Mengukur suhu *Thermal*

Panas/kepanasan, diukur menggunakan skala tertentu adalah sebuah sifat dari sebuah benda yang dinamakan suhu (temperatur). Pada benda yang lebih panas, partikel-partikel bergerak dengan lebih cepat, sehingga memiliki energi kinetik rata-rata lebih besar. Untuk benda-benda tertentu, suhunya tidak bergantung pada jumlah partikel pada sebuah benda. Jika satu kilogram besi

bersuhu sama dengan dua kilogram besi, maka energi kinetik rata-rata untuk kedua benda tersebut sama. Namun, jumlah total energi kinetik partikel dalam besi bermassa 2 kilogram, dua kali lebih besar daripada besi bermassa 1 kilogram. Energi termal dari sebuah benda sebanding dengan jumlah partikel, tetapi tidak pada suhunya.

#### 2.16. Keseimbangan *Thermal*

Termometer terbuat dari tabung kaca. Ketika gelas yang dingin menyentuh tubuh anda yang panas, partikel-partikel di tubuh anda menumbuk partikel kaca. Tumbukan ini menghasilkan transfer energi menuju partikel kaca melalui konduksi. Energi termal partikel-partikel yang menyusun termometer lalu meningkat. Saat partikel-partikel dalam kaca menjadi memiliki energi lebih tinggi dari semula, partikel-partikel tersebut kembali mentransfer energi menuju tubuh anda. Pada suatu ketika, laju transfer energi maju dan mundur antara kaca dan tubuh anda sama. Tubuh anda dan termometer berada dalam keseimbangan termal. Hal ini berarti bahwa laju transfer energi dari tubuh menuju kaca sama dengan laju transfer energi dari kaca menuju tubuh.

#### 2.17. Kalor dan Energi *Thermal*

Salah satu cara untuk meningkatkan suhu suatu benda adalah dengan menyentuhkannya dengan benda yang lebih panas. Energi termal benda yang lebih panas lalu turun, dan energi termal benda yang dingin naik. Energi mengalir dari benda yang lebih panas ke benda yang lebih dingin. Kalor adalah energi yang mengalir sebagai hasil dari perbedaan suhu. Kita akan menggunakan simbol  $Q$  untuk kalor. Sebagaimana bentuk energi lainnya kalor diukur dalam joule. Ketika kalor mengalir ke dalam sebuah benda, energi dalamnya meningkat, juga suhunya. Jumlah kenaikannya bergantung pada ukuran benda dan bahan yang menyusun benda. Kalor jenis sebuah benda adalah jumlah energi yang harus ditambahkan untuk menaikkan suhu benda dengan satu satuan massa sebesar satu satuan suhu. Dalam satuan SI, kalor jenis  $c$  dinyatakan dalam  $J/kg K$ .

## 2.18. Perpindahan Kalor Konveksi Pada Nanofluida

Suatu permodelan yang komprehensif telah diusulkan pula untuk menjelaskan peningkatan yang besar dari konduktivitas termal di dalam nanofluida dan ketergantungannya akan temperatur, dimana teori model konvensional tidak mampu untuk menjelaskannya. Adapun model yang diusulkan tersebut adalah model partikel diam (*stationary particle model*), yang menjelaskan ketergantungan nilai  $k$  pada konsentrasi volume dan ukuran partikel. Kemudian model yang kedua adalah model partikel bergerak (*moving particle model*) yang menjelaskan bahwa ketergantungan yang kuat akan temperatur pada medium dihubungkan dengan variasi kecepatan nano partikel dengan temperatur. Kebanyakan literatur yang ada membahas mengenai pengukuran konduktivitas termal nanofluida, Sedangkan untuk penelitian tentang perpindahan kalor konveksi ternyata masih sedikit dan sampai sekarangpun terus berlanjut. meneliti tentang konveksi bebas pada nanofluida di dalam silinder horizontal yang dipanaskan pada satu ujung dan ujung lainnya didinginkan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa fluida ini berbeda karakter dari *slurry* pada umumnya. Dalam proses perpindahan kalor pendidihan, nanofluida juga diteliti, yaitu proses *pool boiling* dalam nanofluida air- $Al_2O_3$  dan mengindikasikan bahwa nanopartikel mempengaruhi karakteristik proses pendidihan fluida. melakukan percobaan untuk menyelidiki perpindahan kalor konveksi dan karakteristik aliran dari nanofluida di dalam tabung. Peningkatan koefisien perpindahan kalor konveksi nanofluida seiring dengan laju aliran dan juga fraksi volume nano partikel sementara nilai koefisien perpindahan kalornya lebih besar dari pada fluida dasarnya (air) pada laju aliran yang sama. Kemudian mengkombinasikan disipasi enersi dan perpindahan kalor untuk mengoptimalkan aliran pada nanofluida. Penelitian dilakukan pada aliran lapisan turbulen dan laminar, dan sasarannya adalah untuk memaksimalkan perpidahan kalor yang lepas dari sebuah pelat panas dengan nanofluida. melakukan eksperimen tentang perpindahan kalor konveksi paksa pada nanofluida dengan nanopartikel  $Al_2O_3$ . Pengukuran koefisien perpindahan kalor ini dilakukan dengan menggunakan alat penukar kalor pipa ganda dalam susunan tipe aliran berlawanan. Hasil pengukuran menunjukkan peningkatan nilai koefisien konveksi, untuk nanofluida konsentrasi

1% sebesar 6-10% dan konsentrasi 4% sebesar 7-17%. Hal ini juga pernah diprediksikan oleh dan diperkuat dengan penelitian lanjutannya yang menunjukkan peningkatan koefisien perpindahan kalor sebesar 6% - 8% pada konsentrasi 1% - 4% dalam range temperature 40°C – 60°C. meneliti lebih lanjut perpindahan kalor kondensasi film pada kondenser silinder vertikal dengan nanofluida Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – air. Hasil yang didapat yaitu untuk nanofluida konsentrasi 1% terjadi peningkatan koefisiennya sebesar 12% - 19% dan untuk konsentrasi 4% sebesar 23% - 33%.

### 2.19. Nanofluida

Proses persiapan nanofluida harus menjamin terdispersinya nano partikel dengan baik dalam fluida dasar dan mekanisme yang baik seperti pengaturan nilai pH atau penambahan permukaan katalis untuk mempertahankan kestabilan suspensi terhadap sedimentasi. Akibat dari pencampuran nano partikel kedalam fluida dasar, maka akan terbentuk karakteristik baru pada fluida yang dihasilkan. Karakteristik yang terbentuk tergantung pada konsentrasi volume dari partikel yang tercampur. Para peneliti sebelumnya melakukan penelitian dengan melakukan variasi konsentrasi volume dari partikel dengan perlakuan yang berbeda-beda, tergantung proses yang digunakan.

Untuk mencari hasil yang lebih baik melakukan pencampuran menggunakan *ultrasonic vibration* yang menghasilkan campuran yang partikel nanonya terdispersi dengan baik. Dalam persiapan nanofluida perlu diperhatikan densitas dari partikel nano untuk mendapatkan perbandingan campuran yang tepat. Digunakan persentase volume untuk menentukan konsentrasi campuran. Volume partikel ditentukan dengan menggunakan densitas sebenarnya dari partikel nano dan massanya dengan mengabaikan massa udara yang terperangkap didalamnya. Pencampuran partikel nano kedalam fluida dasar mengakibatkan pembentukan karakteristik baru terhadap fluida yang dihasilkan yaitu nanofluida.

### 2.20. Perhitungan Unjuk Kerja *Thermal*

Peningkatan perpindahan panas dicapai dengan mengorbankan penurunan tekanan. Banyak aplikasi praktis hal tersebut diperbolehkan, sehingga perlu untuk

menentukan keuntungan ekonomis karena peningkatan perpindahan panas dan pengaruh sirip-sirip dan susunannya terhadap unjuk kerja energy *overall* dari system perpindahan panas sekarang melalui sebuah analisis unjuk kerja *Thermal*. Daya pemompaan (*pumping power*) adalah daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida pendingin ke susunan sirip, dalam hal ini adalah daya blower. Daya pemompaan blower diukur dari besaran arus dan tegangan listiknya. Untuk sebuah daya pemompaan yang konstan, adalah berguna untuk menentukan efektivitas peningkatan perpindahan kalor dari promotor perpindahan panas dengan permukaan halus.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu

#### 3.1.1. Tempat

Tempat dilaksanakannya kegiatan penelitian simulasi numerik konveksi pada komponen elektronik di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara jalan kapten Muktar Basri No.3 Medan, 20238

#### 3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan studi eksperimental dilakukan setelah mendapatkan persetujuan judul tugas sarjana dari dosen pembimbing.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)			
		1	2	3	4
1.	Pengajuan judul	■			
2.	Studi Literatur	■	■		
3.	Persiapan Bahan		■		
4.	Pelaksanaan penelitian		■	■	
5.	Pengujian Penelitian			■	
6.	Pengolahan Data			■	■
7.	Asistensi dan Perbaikan		■	■	■

### 3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Komputer dengan Spesifikasi

Dikarenakan nantinya simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Solidworks*. Maka alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu komputer. Komputer yang digunakan dalam penelitian ini yaitu komputer milik laboratorium komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Berikut spesifikasinya :

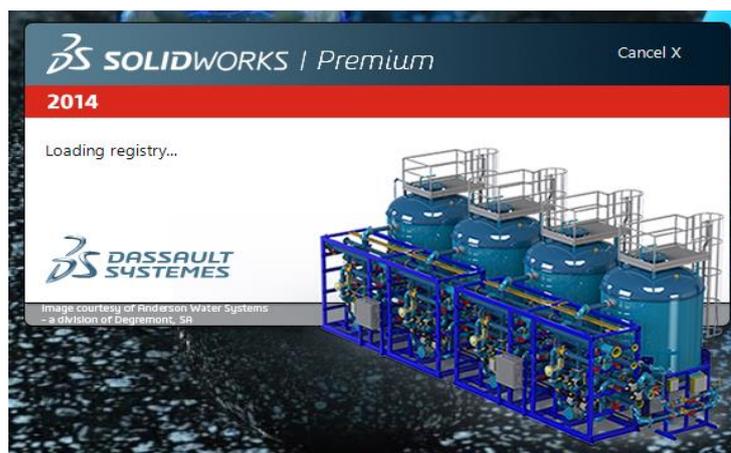
- Prosesor Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1246 v3 @3.50Ghz 3.50Ghz
- Memori 8.00 GB
- Sistem Operasi Windows 7 64-bit



Gambar 3.1 Komputer Laboratorium Komputer Fakultas Teknik

### 3. Perangkat Lunak *Solidworks* 2014

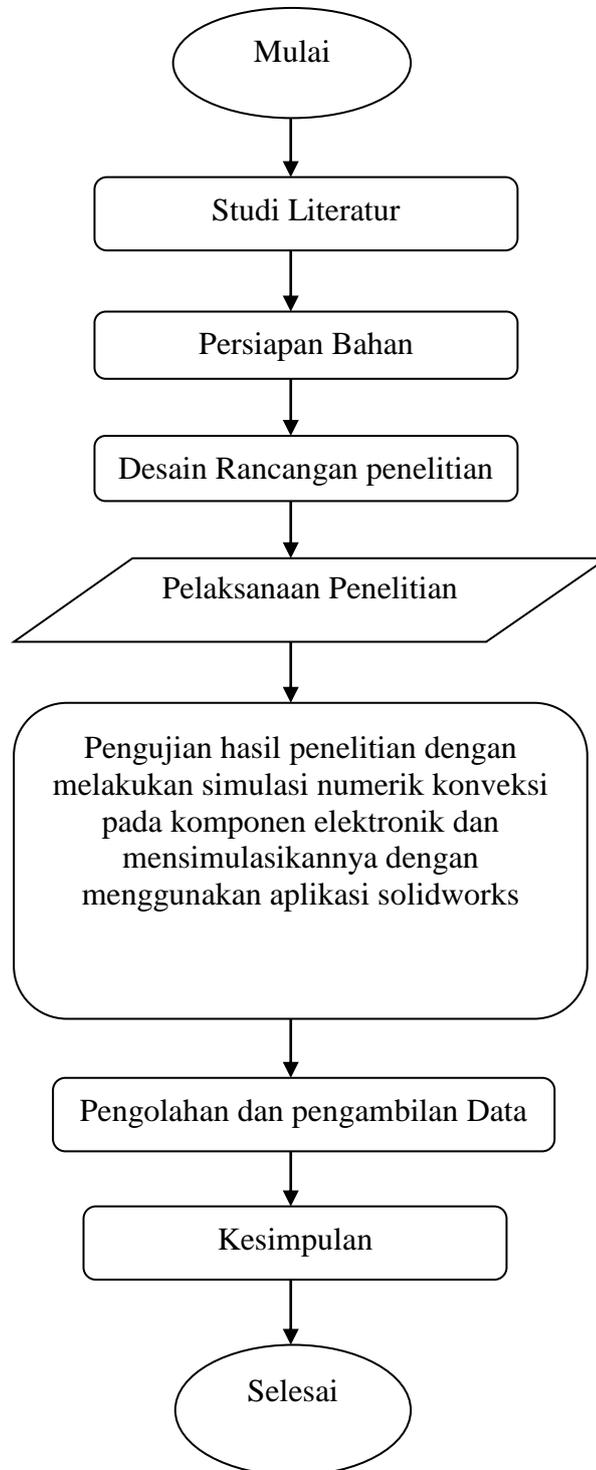
Program *Solidworks* merupakan program komputer yang berfungsi untuk melakukan analisa kekuatan. Program tersebut dapat membantu kita dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, waktu market dari benda pun dapat dipercepat. *Solidworks* dibuat dengan berdasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga.



Gambar 3.2. Perangkat Lunak Solidworks 2014

### 3.3. Bagan Alir penelitian

Berikut adalah proses dilakukannya penelitian dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 3.3. Bagan alir penelitian

### 3.4. Prosedur penelitian

Adapun prosedur / langkah – langkah yang dilakukan dalam menjalankan simulasi pengujian *Thermal* adalah sebagai berikut:

1. Pilih “*simulation*” yang ada pada menu bar pada *software solidworks* 2014
2. Pilih menu “*wizard*” yang ada pada bagian sudut kiri atas pada tampilan
3. Pilih jenis perpindahan panas yang akan disimulasikan (dalam penelitian ini menggunakan konveksi panas pada suhu  $60^{\circ}\text{C} / 120^{\circ}\text{K}$  )
4. Masukkan *thermal*
5. Pilih menu “*Thermal loads*” yang ada pada bagian kanan tampilan kemudian masukkan data pngujian berupa konveksi dan klik pada bagian sirip mana panas akan masuk, kemudian pilih *high power* yang bertujuan sebagai jarak aliran panas yang menyentuh lebih awal dan klik pada bagian bawah *Heatsink* mana panas akan merambat nantinya
6. Pilih menu “*Convection*” lalu *select at exposed faces* dan masukkan nilai kalor dan temperatur, selanjutnya klik create mesh
7. Untuk menjalankan simulasi pilih menu “*run*” yang berada pada bagian atas menu bar.
8. Tunggu hingga *running* selesai.
9. Setelah simulasi selesai, pilih menu “*Configurations*” yang ada pada bagian tengah tampilan lalu pilih “*Config Heatsink*” setelah itu *default Heatsink*
10. Tunggu beberapa detik maka hasil simulasi pun ditampilkan yang berupa data – data yang diinginkan.
11. Selesai

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Rancangan Simulasi Penelitian

Simulasi penelitian menggunakan perangkat lunak *solidworks* 2014. Model thermal konveksi pada komponen elektronik berupa (*Heatsink*). Dalam simulasi ini menggunakan *Heatsink* 110 mm × 36 mm × 40 mm dengan standart ukuran *solidworks* 2014.

Berikut ini adalah langkah-langkah perancangan model thermal dengan menggunakan *software Solidworks* 2014 sebagai berikut :

1. Nyalakan komputer yang akan digunakan untuk desain simulasi.
2. Buka *software Solidworks* 2014 pada komputer



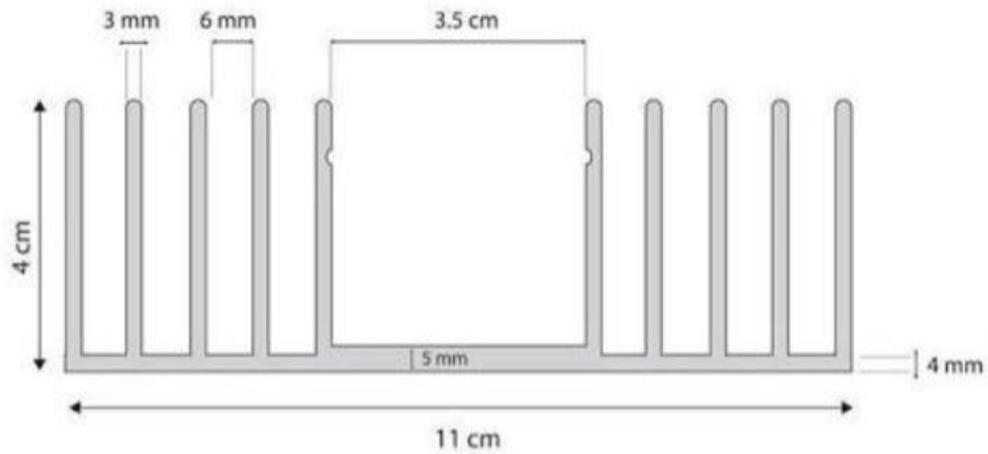
Gambar 4.1 Tampilan Awal *Solidworks* 2014

3. Pilih “*New Document*” pada sudut kanan tampilan *software Solidworks*2014, kemudian pilih “*Part*” dan pilih “*OK*”.
4. Pilih menu “*Sketch*” pada bagian kiri atas tampilan kemudian pilih bagian “*Top Plane*”.
5. Membuat desain thermal

Desain simulasi thermal memiliki ukuran sebagai berikut :

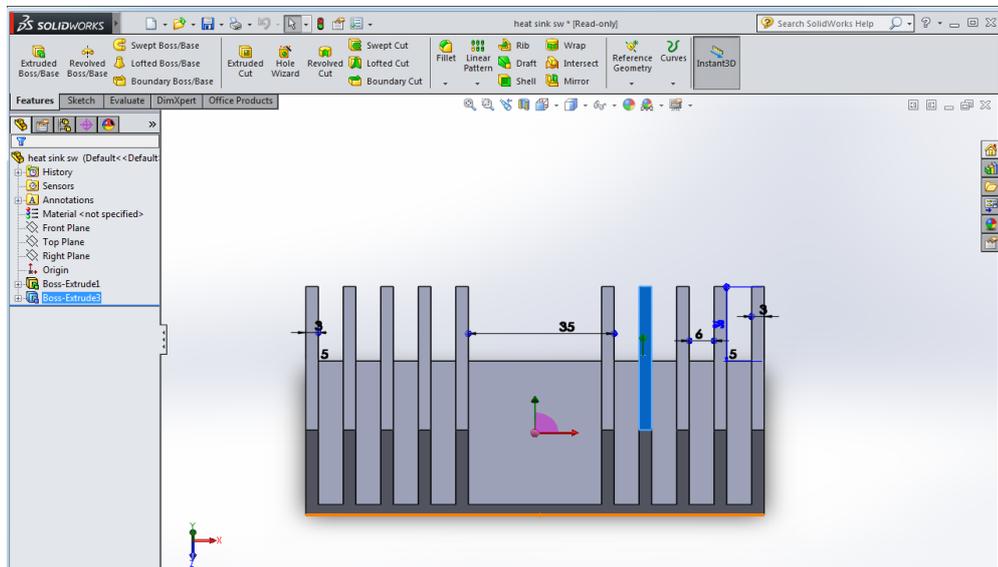
- Panjang : 110 mm
- Tinggi : 36 mm

- Tebal : 30 mm
- Menggunakan panas laten
- Menggunakan Alumunium



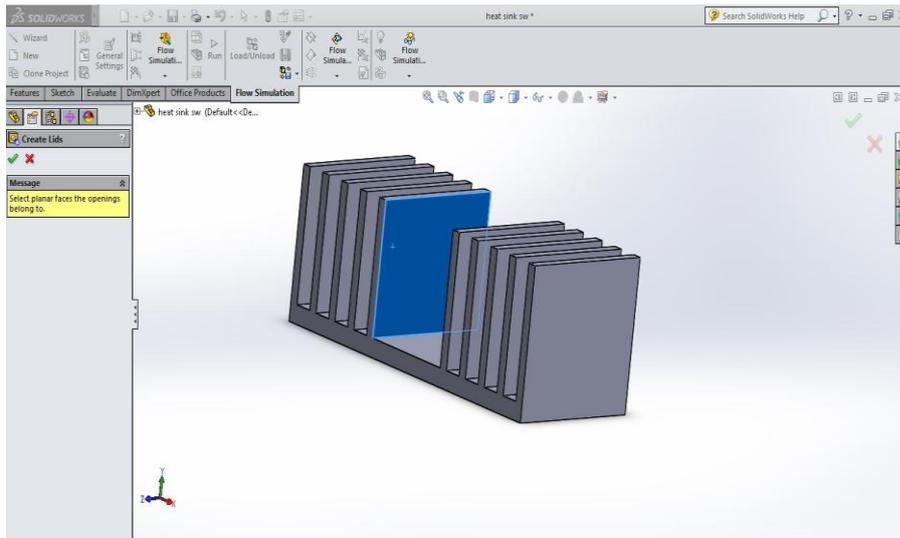
Gambar 4.2 Ukuran desain simulasi *heatsink*

6. Membuat ukuran diameter sirip *heatsink* dengan memasukkan size



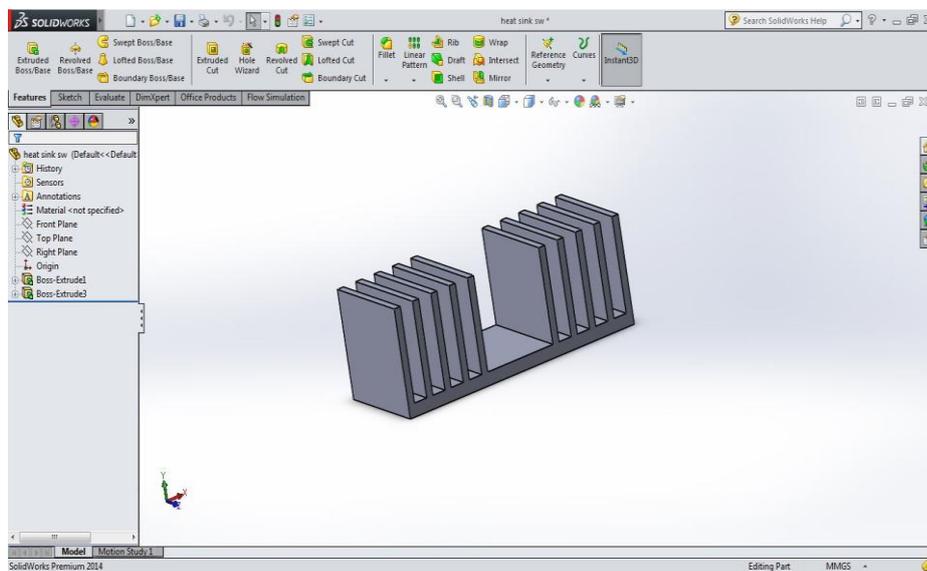
Gambar 4.3 Ukuran diameter sirip *heatsink*

7. Klik *create lids* untuk menentukan aliran pada sirip



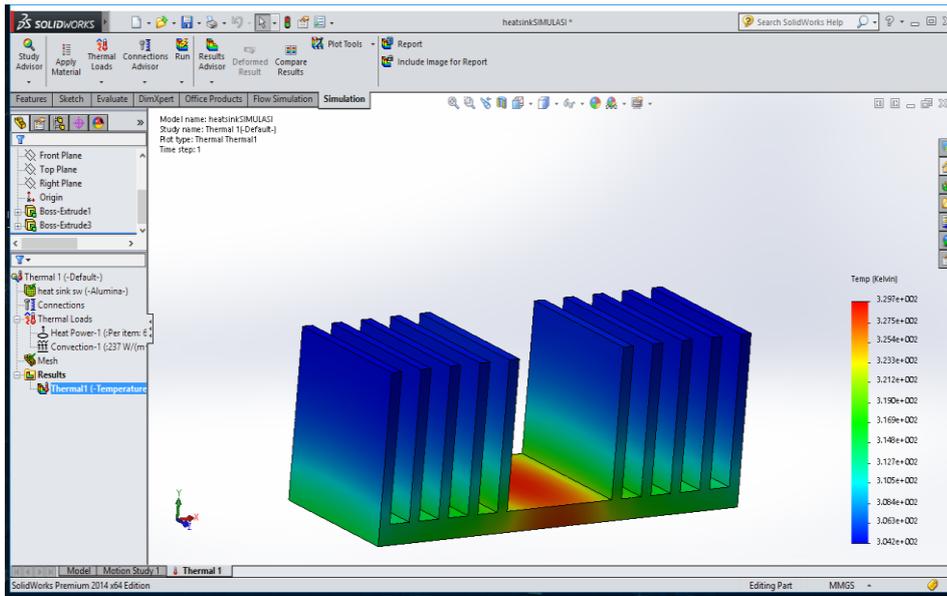
Gambar 4.4. Memebuat *create lids*

8. Setelah desain ukuran *heatsink* di buat, pilih “*features*” kemudian pilih “*Extruded boss/base*”



Gambar 4.5 Desain thermal *heatsink*

9. Setelah membuat cut plot, klik *wizard* masukan nilai temperatur dan nilai konveksi lalu klik *Run*.



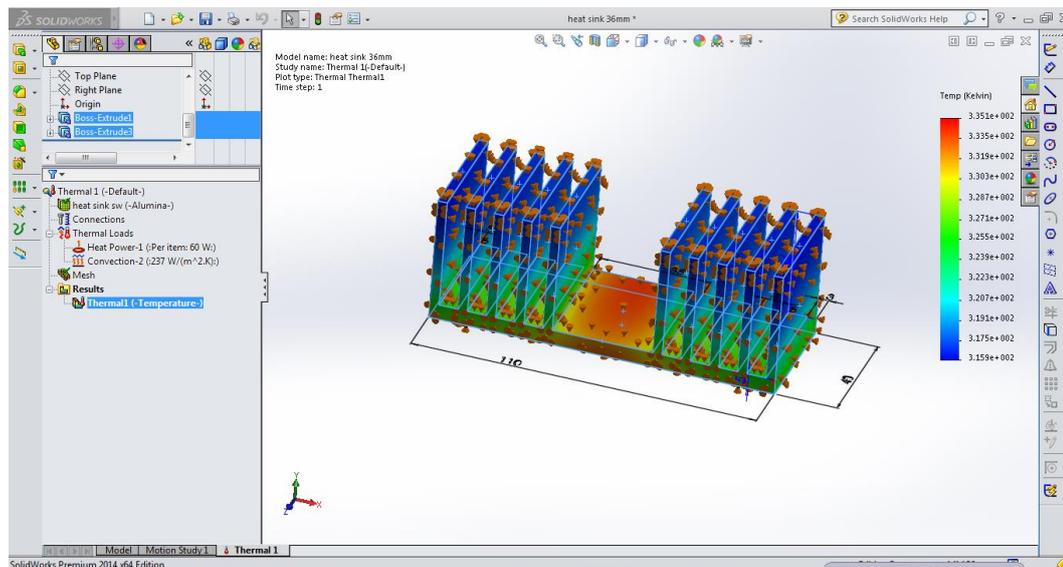
Gambar 4.6 Hasil simulasi *Thermal*

## 4.2. Hasil Simulasi

Data hasil simulasi yang diperoleh dari hasil pengolahan data disusun dalam bentuk tabel dan grafik. Grafik ini terdiri dari beberapa hubungan antar variabel yang diamati, yaitu grafik laju perpindahan panas ( $q$ ), dan Konduktivitas thermal ( $k$ ). Dari berbagai hasil grafik yang telah didapat diharapkan dapat menemukan fenomena yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini yaitu perpindahan panas konveksi pada komponen elektronik yang berupa *Heatsink*.

### 4.1.1. Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Pada Sirip 36 mm

Adapun simulasi pada *Heatsink* ini menggunakan jenis material Aluminium (*Alloy steel 1060*) dengan nilai Thermal loads yang diasumsikan pada heat power sebesar 60 W, dan nilai konveksi ( $k$ ) yang diasumsikan sebesar 237 W/m<sup>2</sup> k, serta mengasumsikan temperature yang diberikan terhadap *Heatsink* sebesar 120 K. Berdasarkan nilai-nilai yang telah diasumsikan maka diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.1. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 36 mm

#### 4.1.1.1. Peningkatan Temperatur yang diserap oleh *Heatsink* ( $\Delta T$ )

##### 1. Peningkatan temperatur pada *Heatsink*

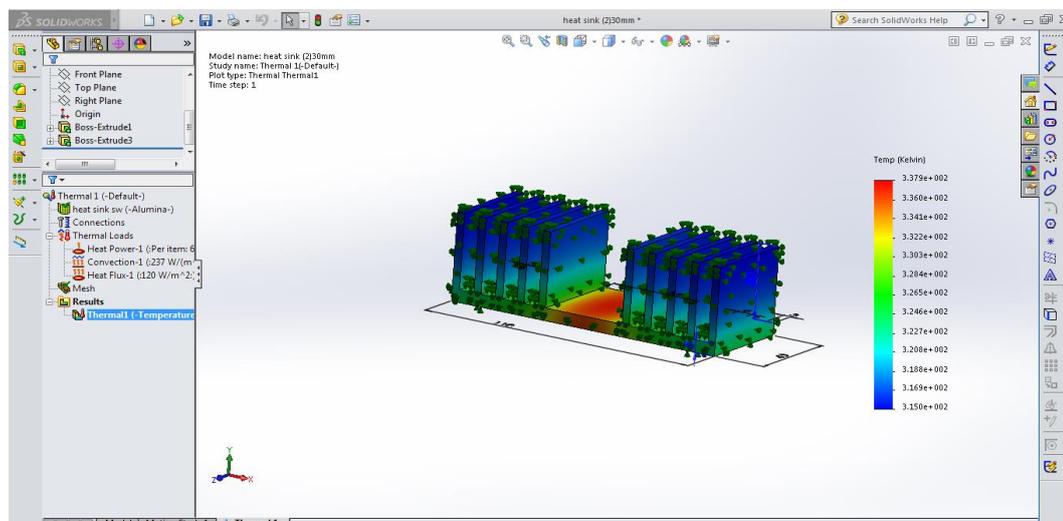
hasil simulasi pada *Heatsink* menunjukkan adanya peningkatan temperatur. Untuk mencari nilai peningkatan pada *Heatsink* maka dilakukan perhitungan yaitu nilai temperatur awal dikurang nilai temperatur akhir yang diserap oleh *Heatsink*. Pada simulasi pertama ini sirip-sirip yang berdimensi 36 mm diperoleh nilai temperatur awal sebesar (315,9 K) dan nilai temperatur akhir sebesar (335,1K), maka didapat nilai peningkatan temperatur sebesar (19,2K).

#### 4.1.1.2. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_c$ )

Harga koefisien perpindahan panas total untuk konveksi pada *Heatsink* dengan menggunakan bahan Alumunium memiliki nilai koefisien perpindahan panas sebesar 237 W/m<sup>2</sup>K sebagaimana didapat pada proses simulasi menggunakan *software solidworks*.

#### 4.1.2. Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Pada Sirip 30 mm

Adapun simulasi pada *Heatsink* ini menggunakan jenis material Alumunium (*Alloy steel 1060*) dengan nilai *Thermal loads* yang diasumsikan pada *heat power* sebesar 60 W, dan nilai konveksi ( $k$ ) yang diasumsikan sebesar 237 W/m<sup>2</sup> k, serta mengasumsikan temperatur yang diberikan terhadap *Heatsink* sebesar 120 K. Berdasarkan nilai-nilai yang telah diasumsikan maka diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.2. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 30 mm

#### 4.1.2.1. Peningkatan Temperatur yang diserap oleh *Heatsink* ( $\Delta T$ )

##### 1. Peningkatan temperatur pada *Heatsink*

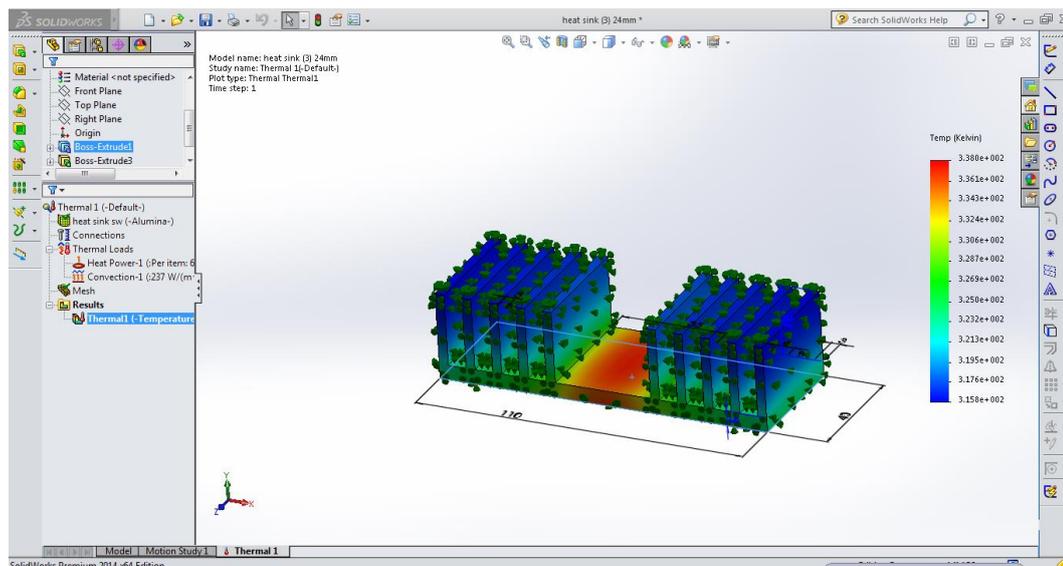
hasil simulasi pada *Heatsink* menunjukkan adanya peningkatan temperatur. Untuk mencari nilai peningkatan pada *Heatsink* maka dilakukan perhitungan yaitu nilai temperatur awal dikurang nilai temperatur akhir yang diserap oleh *Heatsink*. Pada simulasi pertama ini sirip-sirip yang berdimensi 30 mm diperoleh nilai temperatur awal sebesar (315,0 K) dan nilai temperatur akhir sebesar (337,9 K), maka didapat nilai peningkatan temperatur sebesar (22,9K).

#### 4.1.2.2. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_c$ )

Harga koefisien perpindahan panas total untuk konveksi pada *Heatsink* dengan menggunakan bahan Alumunium memiliki nilai koefisien perpindahan panas sebesar 237 W/m<sup>2</sup>K sebagaimana didapat pada proses simulasi

#### 4.1.3. Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Pada Sirip 24 mm

Adapun simulasi pada *Heatsink* ini menggunakan jenis material Alumunium (*Alloy steel 1060*) dengan nilai *Thermal loads* yang diasumsikan pada *heat power* sebesar 60 W, dan nilai konveksi ( $k$ ) yang diasumsikan sebesar 237 W/m<sup>2</sup> k, serta mengasumsikan temperature yang diberikan terhadap *Heatsink* sebesar 120 K. Berdasarkan nilai-nilai yang telah diasumsikan maka diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.3. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 24 mm

#### 4.1.3.1. Peningkatan Temperatur yang diserap oleh *Heatsink* ( $\Delta T$ )

##### 1. Peningkatan temperatur pada *Heatsink*

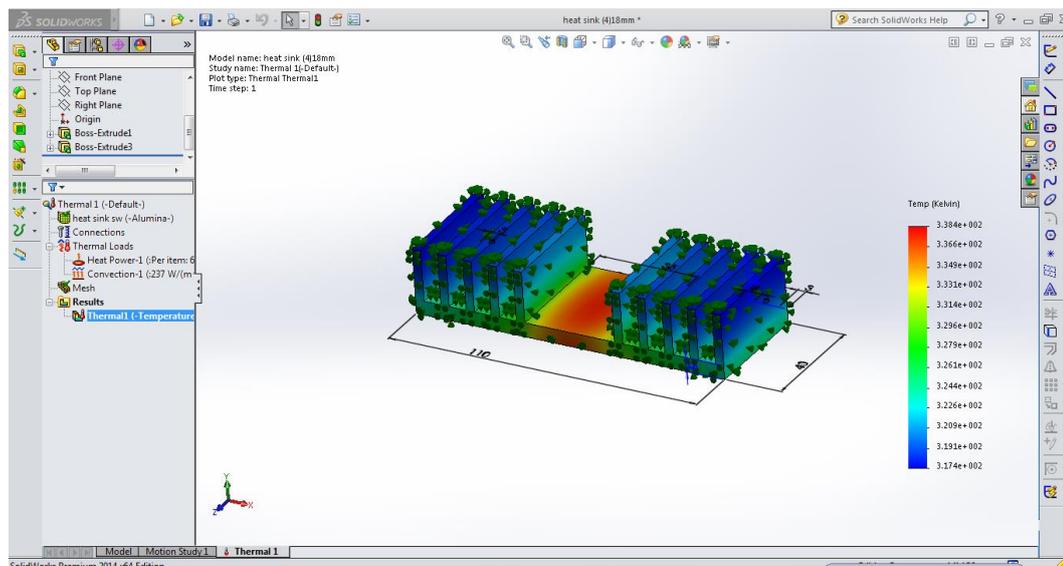
hasil simulasi pada *Heatsink* menunjukkan adanya peningkatan temperatur. Untuk mencari nilai peningkatan pada *Heatsink* maka dilakukan perhitungan yaitu nilai temperatur awal dikurang nilai temperatur akhir yang diserap oleh *Heatsink*. Pada simulasi pertama ini sirip-sirip yang berdimensi 24 mm diperoleh nilai temperatur awal sebesar (315,8 K) dan nilai temperatur akhir sebesar (338,0 K), maka didapat nilai peningkatan temperatur sebesar (22,2K).

#### 4.1.3.2. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_c$ )

Harga koefisien perpindahan panas total untuk konveksi pada *Heatsink* dengan menggunakan bahan Alumunium memiliki nilai koefisien perpindahan panas sebesar 237 W/m<sup>2</sup>K sebagaimana didapat pada proses simulasi

#### 4.1.4. Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Pada Sirip 18 mm

Adapun simulasi pada *Heatsink* ini menggunakan jenis material Alumunium (*Alloy steel 1060*) dengan nilai *Thermal loads* yang diasumsikan pada *heat power* sebesar 60 W, dan nilai konveksi ( $k$ ) yang diasumsikan sebesar 237 W/m<sup>2</sup> k, serta mengasumsikan temperature yang diberikan terhadap *Heatsink* sebesar 120 K. Berdasarkan nilai-nilai yang telah diasumsikan maka diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.4. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 18 mm

#### 4.1.4.1. Peningkatan Temperatur yang diserap oleh *Heatsink* ( $\Delta T$ )

##### 1. Peningkatan temperatur pada *Heatsink*

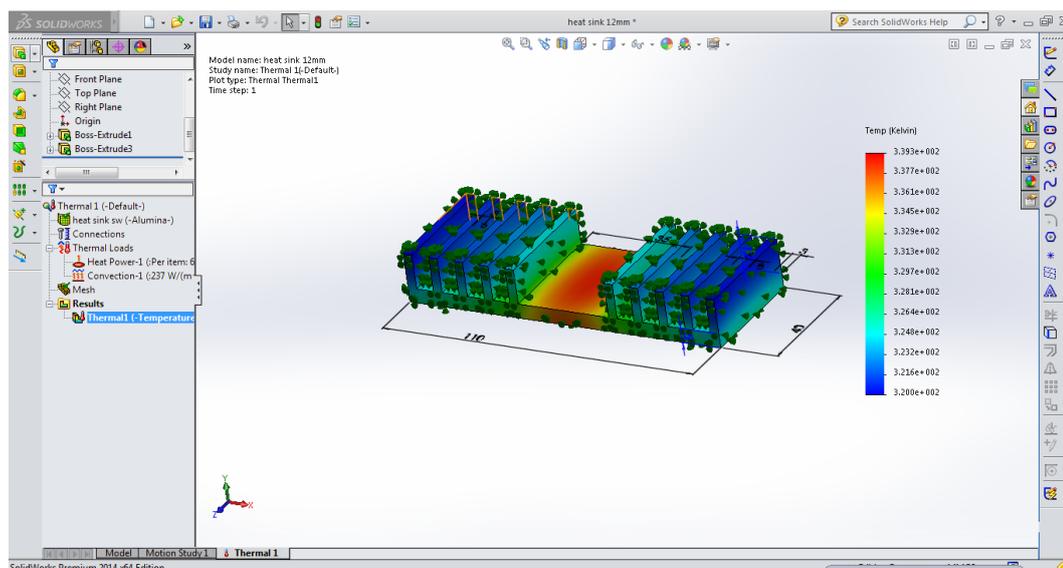
hasil simulasi pada *Heatsink* menunjukkan adanya peningkatan temperatur. Untuk mencari nilai peningkatan pada *Heatsink* maka dilakukan perhitungan yaitu nilai temperatur awal dikurang nilai temperatur akhir yang diserap oleh *Heatsink*. Pada simulasi pertama ini sirip-sirip yang berdimensi 18 mm diperoleh nilai temperatur awal sebesar (317,4 K) dan nilai temperatur akhir sebesar (338,4 K), maka didapat nilai peningkatan temperatur sebesar (21 K).

#### 4.1.4.2. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_c$ )

Harga koefisien perpindahan panas total untuk konveksi pada *Heatsink* dengan menggunakan bahan Alumunium memiliki nilai koefisien perpindahan panas sebesar 237 W/m<sup>2</sup>K sebagaimana didapat pada proses simulasi

#### 4.1.5. Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Pada Sirip 12 mm

Adapun simulasi pada *Heatsink* ini menggunakan jenis material Alumunium (*Alloy steel 1060*) dengan nilai *Thermal loads* yang diasumsikan pada *heat power* sebesar 60 W, dan nilai konveksi ( $k$ ) yang diasumsikan sebesar 237 W/m<sup>2</sup> k, serta mengasumsikan temperature yang diberikan terhadap *Heatsink* sebesar 120 K. Berdasarkan nilai-nilai yang telah diasumsikan maka diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.5. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 12 mm

#### 4.1.5.1. Peningkatan Temperatur yang diserap oleh *Heatsink* ( $\Delta T$ )

##### 1. Peningkatan temperatur pada *Heatsink*

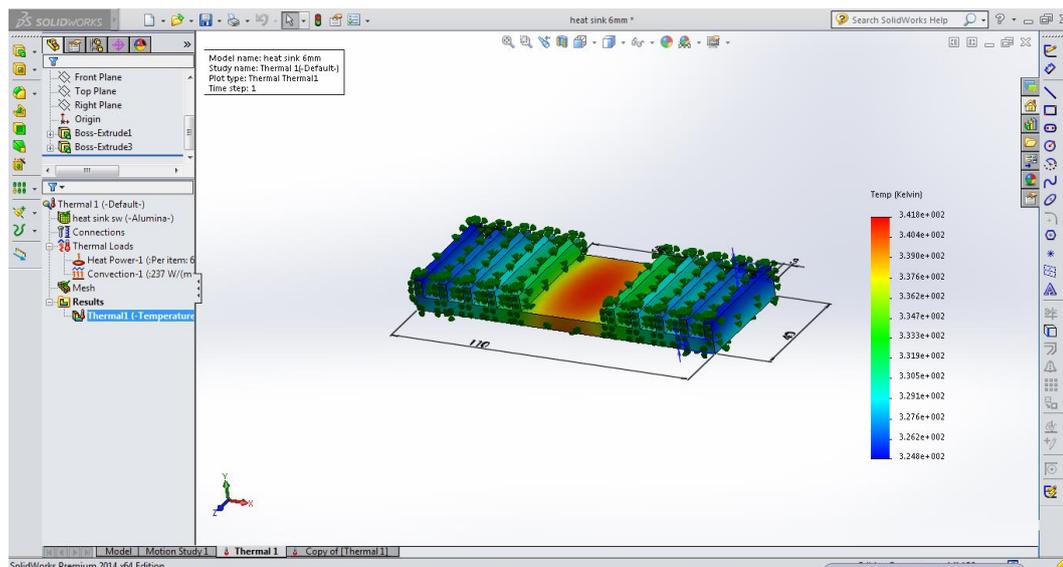
hasil simulasi pada *Heatsink* menunjukkan adanya peningkatan temperatur. Untuk mencari nilai peningkatan pada *Heatsink* maka dilakukan perhitungan yaitu nilai temperatur awal dikurang nilai temperatur akhir yang diserap oleh *Heatsink*. Pada simulasi pertama ini sirip-sirip yang berdimensi 12 mm diperoleh nilai temperatur awal sebesar (320,0 K) dan nilai temperatur akhir sebesar (339,3 K), maka didapat nilai peningkatan temperatur sebesar (19,3 K).

#### 4.1.5.2. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_c$ )

Harga koefisien perpindahan panas total untuk konveksi pada *Heatsink* dengan menggunakan bahan Aluminium memiliki nilai koefisien perpindahan panas sebesar 237 W/m<sup>2</sup>K sebagaimana didapat pada proses simulasi

#### 4.1.6. Hasil Simulasi Pada Perpindahan Panas Pada Sirip 6 mm

Adapun simulasi pada *Heatsink* ini menggunakan jenis material Aluminium (*Alloy steel 1060*) dengan nilai *Thermal loads* yang diasumsikan pada *heat power* sebesar 60 W, dan nilai konveksi ( $k$ ) yang diasumsikan sebesar 237 W/m<sup>2</sup> k, serta mengasumsikan temperature yang diberikan terhadap *Heatsink* sebesar 120 K. Berdasarkan nilai-nilai yang telah diasumsikan maka diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.6. Visualisasi *Thermal Convection* pada sirip 6 mm

#### 4.1.6.1. Peningkatan Temperatur yang diserap oleh *Heatsink* ( $\Delta T$ )

##### 1. Peningkatan temperatur pada *Heatsink*

hasil simulasi pada *Heatsink* menunjukkan adanya peningkatan temperatur. Untuk mencari nilai peningkatan pada *Heatsink* maka dilakukan perhitungan yaitu nilai temperatur awal dikurang nilai temperatur akhir yang diserap oleh *Heatsink*. Pada simulasi pertama ini sirip-sirip yang berdimensi 6 mm diperoleh nilai temperatur awal sebesar (324,8 K) dan nilai temperatur akhir sebesar (341,8 K), maka didapat nilai peningkatan temperatur sebesar (17 K).

#### 4.1.6.2. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_c$ )

Harga koefisien perpindahan panas total untuk konveksi pada *Heatsink* dengan menggunakan bahan Alumunium memiliki nilai koefisien perpindahan panas sebesar 237 W/m<sup>2</sup>K sebagaimana didapat pada proses simulasi.

#### 4.2. Pembahasan

1. Pada simulasi pertama dengan dimensi sirip *Heatsink* 36 mm  
Diketahui :

$$\begin{aligned}k \text{ (konduksi thermal)} &= 237 \text{ W/m}^2 \text{ K} \\A \text{ (luas penampang)} &= 3,3912 \text{ m}^2 \\ \Delta T \text{ (perubahan suhu)} &= 19,2 \text{ K} \\L \text{ (panjang Heatsink)} &= 0,11 \text{ m}\end{aligned}$$

Maka analisisnya :

$$q = k A \frac{\Delta T}{L}$$

$$\begin{aligned}q &= 237 \times 3,3912 \text{ m}^2 \frac{19,2 \text{ K}}{0,11 \text{ m}} \\ &= 1402,48 \text{ W}\end{aligned}$$

2. Pada simulasi pertama dengan dimensi sirip *Heatsink* 30 mm  
Diketahui :

$$\begin{aligned}k \text{ (konduksi thermal)} &= 237 \text{ W/m}^2 \text{ K} \\A \text{ (luas penampang)} &= 2,826 \text{ m}^2 \\ \Delta T \text{ (perubahan suhu)} &= 22,9 \text{ K} \\L \text{ (panjang Heatsink)} &= 0,11 \text{ m}\end{aligned}$$

Maka analisisnya :

$$q = k A \frac{\Delta T}{L}$$

$$\begin{aligned}q &= 237 \times 2,826 \text{ m}^2 \frac{22,9 \text{ K}}{0,11 \text{ m}} \\ &= 1393,7 \text{ W}\end{aligned}$$

3. Pada simulasi pertama dengan dimensi sirip *Heatsink* 24 mm  
Diketahui :

$$\begin{aligned}k \text{ (konduksi thermal)} &= 237 \text{ W/m}^2 \text{ K} \\A \text{ (luas penampang)} &= 2,2608 \text{ m}^2 \\ \Delta T \text{ (perubahan suhu)} &= 22,2 \text{ K} \\L \text{ (panjang Heatsink)} &= 0,11 \text{ m}\end{aligned}$$

Maka analisisnya :

$$q = k A \frac{\Delta T}{L}$$

$$q = 237 \times 2,2608 \text{ m}^2 \frac{22,2 \text{ K}}{0,11 \text{ m}}$$

$$= 1081,2 \text{ W}$$

4. Pada simulasi pertama dengan dimensi sirip *Heatsink* 18mm  
Diketahui :

k (konduksi thermal)	= 237 W/m <sup>2</sup> K
A (luas penampang)	= 1,6956m <sup>2</sup>
ΔT (perubahan suhu)	= 21 K
L (panjang <i>Heatsink</i> )	= 0,11 m

Maka analisisnya :

$$q = k A \frac{\Delta T}{L}$$

$$q = 237 \times 1,6956 \text{ m}^2 \frac{21 \text{ K}}{0,11 \text{ m}}$$

$$= 767,1 \text{ W}$$

5. Pada simulasi pertama dengan dimensi sirip *Heatsink* 12 mm  
Diketahui :

k (konduksi thermal)	= 237 W/m <sup>2</sup> K
A (luas penampang)	= 1,1304 m <sup>2</sup>
ΔT (perubahan suhu)	= 19,3 K
L (panjang <i>Heatsink</i> )	= 0,11 m

Maka analisisnya :

$$q = k A \frac{\Delta T}{L}$$

$$q = 237 \times 1,1304 \text{ m}^2 \frac{19,3 \text{ K}}{0,11 \text{ m}}$$

$$= 469,9 \text{ W}$$

6. Pada simulasi pertama dengan dimensi sirip *Heatsink* 6 mm  
Diketahui :

k (konduksi thermal)	= 237 W/m <sup>2</sup> K
A (luas penampang)	= 565,2 m <sup>2</sup>
ΔT (perubahan suhu)	= 17 K

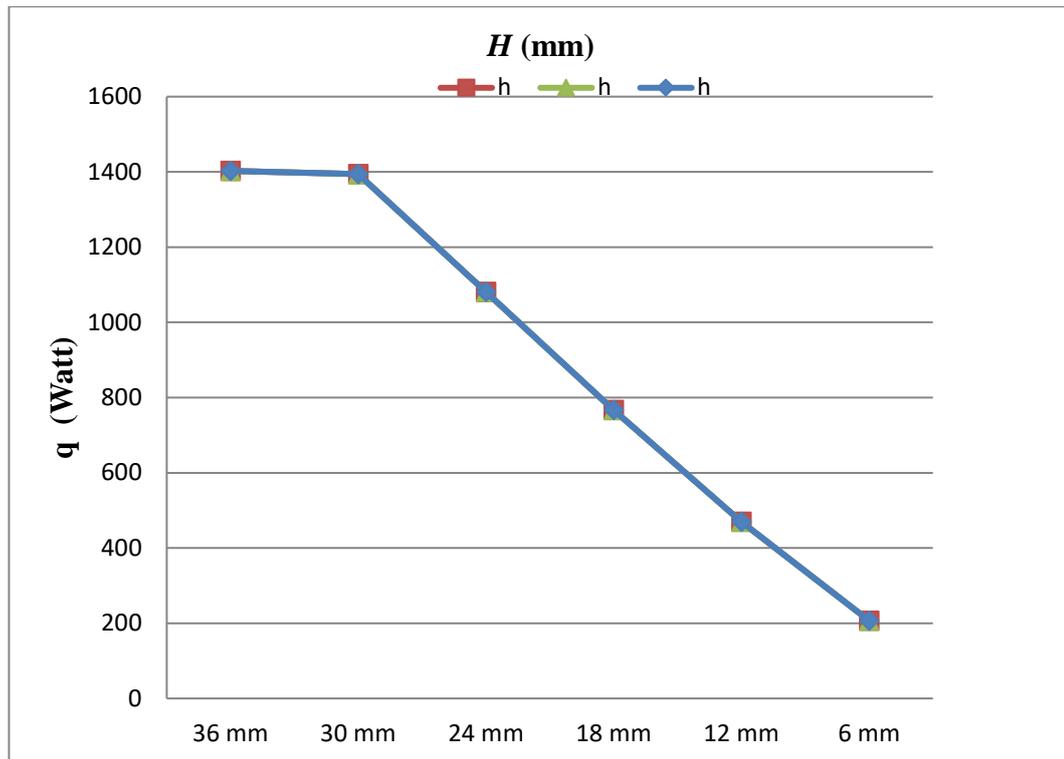
$$L \text{ (panjang Heatsink)} = 0,11 \text{ m}$$

Maka analisisnya :

$$q = k A \frac{\Delta T}{L}$$

$$\begin{aligned} q &= 237 \times 565,2 \text{ m}^2 \frac{17 \text{ K}}{0,11 \text{ m}} \\ &= 206,9 \text{ W} \end{aligned}$$

**Grafik Perbandingan Kalor ( $q$ ) Terhadap Dimensi Sirip Heatsink ( $H$ )**



Dari hasil analisa simulasi 6 variasi pada *Heatsink* maka diperoleh hasil perhitungan juga grafik perbandingan ( $q$ ) terhadap dimensi tiap-tiap sirip yang mana pada tiap variasi dimensi awalnya 36 mm – 6 mm penulis mengurangi sebanyak 6 mm pada tiap sirip, sehingga dapat dilihat pada grafik jika dikurangi dimensinya sebanyak 6 mm tiap-tiap sirip ( $H$ ) maka nilai kalor ( $q$ ) akan mengalami penurunan yang cukup signifikan.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Alhamdulillahirabbal alaamiin bersyukur kepada Allah SWT, Karena atas Ridho-Nya saya dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Saya sangat menyadari bahwa masih banyak sekali kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan ini. Tugas akhir ini merupakan bentuk simulasi *Thermal* perpindahan panas konveksi pada komponen elektronik yang berupa *Heatsink*. Secara garis besar, isi dari tugas akhir ini ialah materi matakuliah yang ada di diklat LKK, seperti Perpindahan Panas-I, Perpindahan Panas-II, Dan Teknik Pendingin, dan matakuliah lainnya yang mendukung penyelesaian tugas akhir ini.

Adapun kesimpulan yang diambil dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Pada *Heatsink* yang penulis analisa nilai kalor yang telah diserap oleh *Heatsink* lalu kalor tersebut dilepaskan, dari tiap-tiap variasi simulasi yang penulis asumsikan dapat diketahui bahwa jika dimensi sirip dikurangi sebanyak (6 mm) maka akan berpengaruh terhadap nilai kalor yang mengalami penurunan cukup signifikan yang telah diserap oleh *Heatsink*.
- 2) Sebaliknya pada temperatur tiap *Heatsink* yang telah disimulasikan diperoleh hasil temperatur yang mengalami peningkatan jika dimensi tiap-tiap variasi sirip dikurangi sebanyak (6 mm), maka kalor yang diserap oleh *Heatsink* ini mengalami nilai konveksi yang besar dan lebih cepat menyerap dan melepaskan kalor.
- 3) Sudah merancang dan menganalisa alat perpindahan panas konveksi pada komponen elektronik (*Heatsink*) pada penelitian ini dengan temperatur tiap-tiap *Heatsink* dibawah temperatur ambient elektronik yaitu sebesar  $\pm 40^{\circ}\text{C}$  dan  $45^{\circ}\text{C}$ .

## 5.2. Saran

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis sadar bahwa ada ketidak sempurnaan baik dalam materi maupun cara penyajiannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dikemudian hari penulis dapat menghasilkan karya yang lebih baik lagi.

Pada akhir pembuatan tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan beberapa saran kepada pembaca pada umumnya, yaitu :

- 1) Menganalisis Simulasi tidak hanya menggunakan *Software Solidwork* ssaja, tapi menggunakan *Software Ansys* agar simulasi dan analisa lebih akurat dan lebih teliti lagi.
- 2) Membuat lebih banyak lagi variasi untuk disimulasikan dengan dimensi *Heatsink* yang lebih besar sehingga dapat diperoleh eksperimen baru.

## DAFTAR PUSTAKA

- Law and Kelton, 1991, “Simulasi” *journal of the American Statistical Association*, University of Cincinnati.
- Kreith, Frank dan Prijono, M.sc, Arko. “Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas”, Edisi Ketiga. Jakarta, Penerbit Erlangga.1997.
- Putra Anugrah Galih. dan Ismardi, M.Sc Dr.Abrar, dan Ajiwiguna,S.T,M.Eng Tri Ayodha. (2017) Rancang Bangun Pendingin Untuk Perangkat Elektronik Pada Green House : Program studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- Bayu, 2010, “(steady state yang berjudul Analisa Numerik Perpindahan Panas Heatsink Menggunakan Metoda Gauss-Seidel Melalui Pendekatan Metoda Finite Element”.