

TUGAS AKHIR
ANALISA ALIRAN KALOR PADA SISTEM PENDINGIN
MENGGUNAKAN MODUL *THERMOELEKTRIK COOLER*
DENGAN TIPE SILINDER

*Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna menempuh gelar
Sarjana pada Program Teknik Mesin*



OLEH :

MUHAMMAD IBNY RAFIQ

NPM : 15.331.0287

Bidang Konversi Energi

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ibnu Rafiq

Npm : 153310287

Fakultas/Prodi : Teknik / Program Studi Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Analisa Aliran Kalor Pada Sistem Pendingin
Menggunakan modul Thermoelektrik Cooler Dengan Tipe
Silinder

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa penulisan tugas akhir ini adalah hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari karya tulis saya sendiri, baik dari naskah laporan maupun data-data yang tercantum sebagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya tulis ini milik orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas di daftar pustaka.

Surat Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta ketidak benar dalam pernyataan ini, maka saya bersedia dan meminta maaf dan menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Islam Riau.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan kondisi sehat serta tanpa paksaan dari pihak manapun.

Pekanbaru, Januari 2022

Yang Bertanda Tangan



Munammad Ibnu Rafiq

NPM : 153310285

**ANALISA ALIRAN KALOR PADA SISTEM PENDINGIN MENGGUNAKAN MODUL
THERMOELEKTRIK COOLER DENGAN TIPE SILINDER**

Muhammad Ibnu Rafiq, Eddy Elfiano

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Riau

Jl. Kaharudin Nasution No.133 perhentian

Marpoyan, Pekanbaru

Email : ibnyrafiq@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Thermoelectric cooler (TEC) adalah salah satu alternatif teknologi pendingin, dikarenakan TEC memiliki kelebihan seperti berukuran kecil, kebisingan dan getaran yang lebih rendah, lebih mudah dalam pengaturan suhu, membutuhkan perawatan yang sedikit, dapat menyerap panas dengan menggunakan prinsip perbedaan panas sehingga selain dapat menjadi pendingin dapat juga menjadi penghangat, dan selain itu dapat dihidupkan dengan arus DC. Penelitian ini bertujuan untuk Untuk Menghitung laju aliran kalor modul termoelektrik cooler tipe silinder, mengetahui cara pengaplikasian modul termoelektrik sebagai alat pendingin pada modul termoelektrik cooler tipe silinder, mengetahui penghambat kinerja alat pendingin showcase mini tipe silinder. Hasil penelitian ini diperoleh Hasil pengujian menunjukkan laju perpindahan panas konduksi pada seluruh permukaan dalam dinding ruangan showcase mini adalah sebesar 948,89 K/W, pada perhitungan beban perpindahan panas konduksi pada variasi tanpa beban pendingin dengan durasi 10 menit didapatkan 0,003 watt, dan hasil perhitungan beban perpindahan panas konduksi pada variasi dengan beban pendingin didapatkan hasil 0,003 watt. Dalam perhitungan hasil didapatkan nilai COP (Coefficient Of Performance) yang tertinggi sebesar 18,61 dan terendah sebesar 4,43.

Kata Kunci: *Showcase*, Termoelektrik, Analisa Termal

HEAT FLOW ANALYSIS IN THE COOLING SYSTEM USING THE COOLER THERMOELECTRIC MODULE WITH CYLINDER TYPE

Muhammad Ibnu Rafiq and Eddy Elfiano

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Riau

Jl. Kaharudin Nasution No.133 perhentian

Marpoyan, Pekanbaru

Email : ibnyrafiq@student.uir.ac.id

ABSTRACT

Thermoelectric cooler (TEC) is an alternative cooling technology, because TEC has advantages such as small size, lower noise and vibration, easier temperature regulation, requires less maintenance, can absorb heat using the principle of heat difference so that apart from being a the cooler can also be a heater, and besides that it can be turned on with DC current. This study aims to calculate the heat flow rate of the cylindrical type thermoelectric cooler module, to find out how to apply the thermoelectric module as a cooling device to the cylindrical type thermoelectric cooler module, to find out the barriers to the performance of the cylindrical mini showcase cooler. The results of this study are obtained. The test results show the rate of conduction heat transfer on all surfaces in the walls of the mini showcase room is 948.89 K/W, in the calculation of the conduction heat transfer load on variations without a cooling load with a duration of 10 minutes, it is obtained 0.003 watts, and the calculation results the conduction heat transfer load on the variation with the cooling load resulted in 0.003 watts. In calculating the results, the highest COP (Coefficient Of Performance) value is 18.61 and the lowest is 4.43.

Keywords: Showcase, Thermoelectric, Thermal Analysis

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “*Analisa Aliran Kalor Pada Sistem Pendingin Menggunakan Modul Thermoelektrik Cooler Dengan Tipe Silinder*” ini dapat diselesaikan guna memenuhi salah satu persyaratan Mata Kuliah Tugas Akhir pada program studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini patutlah kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Jhonni Rahman B.Eng.,M.Eng.,P,Hd. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Bapak Rafil Arizona ST.,M.Eng selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Eddy Elfiano,ST.,M.Eng selaku dosen pembimbing

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada penulisan Proposal Tugas Akhir ini, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak orang khususnya bagi penulis pribadi.

Pekanbaru, Januari 2022

Penulis

MUHAMMAD IBNY RAFIQ

NPM : 153310287

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB I: PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II :DASAR TEORI	
2.1 Termoelektrik <i>Cooler</i>	5
2.2 <i>Showcase</i> Mini	5
2.3 Jenis-jenis Alat	6
2.3.1 Showcase Cooler	6
2.3.2 Curve Glass Door	7
2.3.3 Salad Cooler	7
2.4 Sistem Pendinginan.....	8
2.5 Perpindahan Panas	9
2.5.1 Perpindahan Panas Konduksi	10
2.5.2 Perpindahan Panas Konveksi	13
2.6 Sejarah Termoelektrik.....	15
2.7 Termoelektrik.....	16
2.8 Efek Termoelektrik	17
2.8.1 Efek Seebeck.....	17

2.8.2	Efek Peltier.....	18
2.9	Modul Termoelektrik	19
2.10	Cara Kerja Termoelektrik	20
2.11	Beban Pendinginan.....	23
2.11.1	Beban Perpindahan Panas Konduksi.....	23
2.11.2	Beban Panas Produk.....	24
2.12	Persamaan-Persamaan Perhitungan laju Aliran Kalor Pada Sistem Pendingin.....	25
2.12.1	Aliran Panas Tabung Silinder	23
BAB III :METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2	Diagram Alir Penelitian	28
3.3	Skema Rancangan	29
3.4	Metodologi Prosedur Analisa Alat.....	31
3.5	Alat dan Bahan.....	32
3.5.1	Alat.....	32
3.5.2	Bahan.....	32
3.6	Prosedur Pengujian Alat Penelitian.....	35
3.6.1	Variasi Pengujian Alat Penelitian	35
3.6.2	Pengambilan Data Pengujian 1	36
3.6.3	Pengambilan Data Pengujian 2	36
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data Hasil Penelitian.....	38
4.2	Beban Perpindahan Panas Konduksi.....	43
4.2.1	Hasil Perhitungan Beban Perpindahan Panas Konduksi Pada Variasi Tanpa Beban Pendingin	44
4.2.1	Hasil Perhitungan Beban Perpindahan Panas Konduksi Pada Variasi Tanpa Beban Pendingin	41
4.2.2	Hasil Perhitungan Beban Perpindahan Panas Konduksi	

	Pada Variasi Dengan Beban Pendingin.....	41
4.3	Beban Kalor Produk.....	43
4.3.1	Hasil Perhitungan Beban Kalor Produk.....	44
4.3.2	Daya Input.....	46
4.3.3	COP (<i>Coefficient of Performance</i>).....	47
4.3.4	Hasil Perhitungan COP.....	47
4.3.5	<i>Cost</i>	49

BAB V :KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran.....	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Showcase Cooler</i>	6
Gambar 2.2. <i>Curve Glass Door</i>	7
Gambar 2.3. <i>Salad Cooler</i>	7
Gambar 2.4. Perpindahan Panas.....	10
Gambar 2.5. Perpindahan Panas Konduksi	11
Gambar 2.6. Skema Perpindahan Panas Konduksi	11
Gambar 2.7. Perpindahan Panas Konveksi	13
Gambar 2.8. Koveksi Paksa	13
Gambar 2.9. Konveksi Alami	14
Gambar 2.10. Skema Perpindahan Panas Konveksi	14
Gambar 2.11. Termoelektrik	16
Gambar 2.12. efek Seebeck.....	17
Gambar 2.13. Efek Peltier	18
Gambar 2.14. Skematik dari pendingin termoelektrik	19
Gambar 2.15. Aliran panas untuk jenis P efek peltier.....	20
Gambar 2.16. Aliran panas untuk jenis N efek peltier	21
Gambar 2.17. Aliran panas untuk beberapa jenis N terhubung paralel	21
Gambar 2.18. Aliran panas untuk beberapa jenis N terhubung seri.....	21
Gambar 2.19. Aliran panas pada gabungan jenis P dan N dari efek peltier.....	22
Gambar 2.20. Aliran panas pada gabungan	22
beberapa jenis P dan N dari efek peltier.....	22
Gambar 2.21. Konfigurasi beberapa susunan	22
jenis P dan N dari sistem pendingin dengan efek peltier	22
Gambar 2.22. Skema Beban Perpindahan Panas Konduksi.....	23
Gambar 2.23. Skema Beban Panas Produk.....	24
Gambar 2.24 Aliran panas tabung silinder.....	25
Gambar 2.25 Analogi listrik system radial	26
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2. Skema Rancangan <i>Showcase Mini</i>	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koefisien Konduktivitas Panas (C).....	12
Tabel 2.2. Nilai Koefisien Konveksi (h)	15
Tabel 3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian	37



DAFTAR NOTASI

\dot{Q}	Laju perpindahan panas konduksi	Watt
k	Konduktifitas Thermal	W/mk
A	Luas permukaan tegak lurus arah aliran panas	m^2
ΔT	Perbedaan suhu	$^{\circ}C$
Δx	Panjang atau ketebalan bahan	m
Q	Laju perpindahan panas konveksi	Watt
h	Koefisien perpindahan panas konveksi	$W/m^{2\circ}C$
A_s	Luas permukaan benda yang bersentuhan dengan fluida	m^2
T_s	Suhu permukaan	$^{\circ}C$
T_f	Suhu fluida,	$^{\circ}C$
$Q_{transmisi}$	beban panas yang mengalir	Watt
U	koefisien perpindahan panas menyeluruh	$W/m^2.C$
h_i	koefisien panas daya konduksi dinding dalam	$W/m^2.C$
h_o	koefisien panas daya konduksi dinding luar	$W/m^2.C$
x	ketebalan dinding	m
Q_{produk}	beban panas produk yang dibuang	kJ
m	massa produk	kg
c_{produk}	panas jenis dari produk	kJ/kg.C
T_1	temperatur awal	C
T_2	temperatur akhir	C

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendinginan merupakan salah satu teknologi yang memiliki berbagai macam aplikasi, misalnya untuk menjaga produk makanan dari kebusukan dan berbagai pengendalian suhu dalam bidang elektronik dan industri lainnya. Salah satu teknologi pendinginan yang sekarang ini sering digunakan adalah teknologi berbasis kompresi uap karena mempunyai *coefficient of performance*(COP) yang tinggi dan mempunyai harga yang lebih murah dibandingkan teknologi alternatif lainnya.

Dalam proses pendinginan, teknologi kompresi uap menggunakan gas pendingin yang berfungsi untuk menyerap panas pada udara dalam lemari pendingin, sehingga menjadi bersuhu rendah. Gas pendingin yang digunakan secara luas adalah tipe R134a dan R600a, tetapi tipe R134a mengandung gas HFCs yang sudah dilarang penggunaannya dan tipe R600a mengandung gas HF yang dapat mengurangi lapisan ozon . Selain itu, pada sistem kompresor satu kipas yang menggunakan gas pendingin pada kompresor uap memiliki kesulitan dalam pengaturan temperatur dari kompartemen target. Berdasarkan hal tersebut diperlukan suatu teknologi pendingin alternatif.

Thermoelectric cooler (TEC) adalah salah satu alternatif teknologi pendingin, dikarenakan TEC memiliki kelebihan seperti berukuran kecil, kebisingan dan getaran yang lebih rendah, lebih mudah dalam pengaturan suhu, membutuhkan perawatan yang sedikit, dapat menyerap panas dengan menggunakan prinsip perbedaan panas sehingga selain dapat menjadi pendingin dapat juga menjadi penghangat, dan selain itu dapat dihidupkan dengan arus DC . (Wisnu Indrawan dan Suryono, 2019)

Termoelektrik merupakan alat yang bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin

termoelektrik) (Riffat dkk,2003). Ada berbagai macam jenis penggunaan modul termoelektrik atau peltier antara lain pendingin makanan, pendingin obat-obatan, pendingin air minum pada dispenser, dan pendingin prosesor komputer. Selain mudah dalam pengaplikasiannya, dengan alat ini diharapkan mampu membuka gagasan dalam penggunaan modul termoelektrik yang lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan refrigran (Mirmanto, 2018).

Oleh sebab itu, alat pendingin minuman menggunakan modul termoelektrik yang nantinya dapat dihasilkan koefisien perpindahan panas yang baik. Dari keadaan tersebut, menunjukkan pentingnya penelitian ini perlu dilakukan, mengingat pentingnya penggunaan modul termoelektrik di masa kini. Maka peneliti sangat tertarik meneliti lebih lanjut tentang penggunaan modul termoelektrik dalam peralatan pendingin.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana mendapatkan pola pendinginan pada modul *thermoelektrik cooler* tipe silinder?
2. Bagaimana cara pengaplikasian pendingin di modul *thermoelektrik cooler* tipe silinder?
3. Apakah faktor penghambat kinerja alat pendingin modul *thermoelektrik cooler* tipe silinder?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk Menghitung laju aliran kalor modul *thermoelektrik cooler* tipe silinder
2. Untuk mengetahui cara pengaplikasian modul termoelektrik sebagai alat pendingin pada modul *thermoelektrik cooler* tipe silinder.
3. Untuk mengetahui penghambat kinerja alat pendingin *showcase* mini tipe silinder.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menganalisis masalah tulisan ini, maka perlu diambil batasan masalah yang meliputi :

1. Sistem pendinginan dengan menggunakan modul termoelektrik *cooler* tipe silinder.
2. Sistem pendingin harus menggunakan arus listrik agar dapat digunakan.
3. Alat pendingin membutuhkan waktu agar alat bekerja dengan maksimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai media untuk mendinginkan minuman.
2. Menjadi salah satu alternatif dalam pengaplikasian sistem pendinginan yang ramah lingkungan.
3. Dapat dibawa kemana saja dan kapan saja.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan dalam penulisan tugas akhir ini dikelompokkan kedalam beberapa bab yaitu :

BAB I : Berisi pendahuluan yang menjelaskan latar belakang , rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : Menjelaskan tinjauan pustaka yang memaparkan tentang teori - teori alat modul *thermoelektrik cooler*.

BAB III : Metodologi Penelitian berisi tempat dan waktu penelitian, skema rancangan, alat dan bahan, prosedur pengujian alat penelitian

BAB IV :Hasil dan pembahasan berisikan tentang hasil penelitian, hasil pembahasan data penelitian.

BAB V : Kesimpulan dan Saran berisi simpulan dari hasil penelitian dan saran-saran yang dapat mendukung pengembangan dalam penelitian selanjutnya.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

DASAR TEORI

2.1 *Thermoeletrik Cooler*

Teknologi termoelektrik merupakan alternative dalam menjawab kebutuhan energi listrik. Namun, pengembangan teknologi termoelektrik sebagai energi alternatif perlu diperhatikan baik dari pemerintah, industri, perguruan tinggi, dan masyarakat. Bahan termoelektrik atau yang biasa disebut elemen peltier adalah bahan yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik secara langsung (termoelektrik generator), atau sebaliknya sebagai penyerap panas (pendingin termoelektrik), tanpa menghasilkan gas beracun karbondioksida maupun polutan lain seperti elemen logam berat. Termoelektrik generator telah lama digunakan untuk menghasilkan energy listrik dimana ketika perbedaan temperature terjadi antara dua logam yang berbeda, elemen peltier ini akan mengalirkan arus sehingga menghasilkan perbedaan tegangan. Prinsip ini dikenal dengan efek seebeck yang merupakan fenomena kebalikan dari efek peltier. Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Pada penelitian ini dilakukan berbagai percobaan rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin dengan elemen peltier, hal ini dilakukan untuk mengetahui rangkaian hubungan sumber panas dan dingin dengan elemen peltier yang lebih optimal dalam menghasilkan energi listrik. (Heri Heryanto, dkk, 2015)

2.2 *Showcase Mini*

Showcase adalah perpaduan dari dua kata yaitu *show* dan *coldcase*. *Show* adalah menampilkan, sedangkan *coldcase* adalah lemari pendingin. Jadi *showcase* adalah lemari pendingin yang digunakan untuk menampilkan makanan atau minuman yang ingin ditampilkan

menggunakan media kaca sebagai penonjol produk yang ditampilkan. Banyak jenis dari *showcase* yang ada dilingkungan sekitar kita. Hampir disetiap tempat usaha menggunakan *showcase* seperti restoran, toko kue, warung, swalayan, dan masih banyak lagi. Namun selama ini pada kenyataannya *showcase* pada umumnya tidak dapat dibawa kemana saja dikarenakan dimensinya yang cukup besar dan tidak mudah untuk di bawa kemana saja. Oleh karena itu diperlukan suatu modifikasi pada kulkas agar dapat dibawa kemana saja (*portable*). (derry 2016)

2.3 Jenis-Jenis Alat

Showcase mempunyai beberapa tipe dalam menampilkan produk, tergantung dari apa yang akan ditampilkannya. Ini adalah beberapa tipe *showcase* sesuai dengan kegunaannya.

2.3.1 *Showcase Cooler*



Gambar 2. 1 *Showcase Cooler*

Showcase ini biasa digunakan untuk menyimpan minuman dan makanan ringan. Tipe ini banyak ditemukan di swalayan dan toko biasa untuk menampilkan minuman kaleng, pudding, dll.

2.3.2 *Curve Glass Door*



Gambar 2.2. *Curve Glass Door*

Showcase tipe ini biasanya menyajikan eskrim, karena lebih menarik ketimbang tipe *showcase cooler*. *Showcase* tipe ini sering kita jumpai di supermarket. Selain menampilkan eskrim, *showcase* ini juga menampilkan nugget, sosis, bakso, dan makanan beku lainnya.

2.3.3 *Salad Cooler*



Gambar 2.3. *Salad Cooler*

Showcase ini memiliki keunggulannya sendiri dikarenakan memiliki dua fungsi. Yang dimana bagian atas menampilkan salad atau sayur-sayuran, sedangkan yang dibawah menampilkan sushi atau jenis seafood lainnya. *Showcase* ini biasa dijumpai di restoran *seafood* dan sejenisnya.

Masih banyak tipe-tipe dari *showcase* serta kegunaannya yang belum dijelaskan. Peneliti hanya menjelaskan beberapa tipe yang sering digunakan saja. Fokus dalam rancang bangun ini adalah *showcase mini*. Yang dimana *showcase* yang berukuran kecil atau minimalis. Mengingat kegunaannya sebagai pendingin minuman portable.

2.4 Sistem Pendinginan

Sistem pendinginan adalah suatu sistem yang berfungsi menjaga agar temperatur dalam kondisi ideal. Sistem pendinginan juga disebut dengan sistem refrigrasi. Refrigrasi adalah proses pengambilan kalor dari ruang atau benda untuk menurunkan temperaturnya. Kalor adalah salah satu bentuk dari energi, sehingga mengambil kalor suatu benda sama dengan mengambil sebagian energi dari molekul-molekulnya. metode pengkondisian temperatur ruangan agar tetap berada dibawah temperatur lingkungan adalah metode dari refrigrasi, sehingga metode refrigrasi sama dengan metode pendinginan (Nugroho, 2016).

Refrigrasi adalah suatu penggunaan yang luas dari termodinamika. Refrigrasi adalah produksi dan pemeliharaan temperatur dari suatu benda atau ruangan pada tingkat yang lebih rendah dari pada temperatur lingkungan sekitarnya dengan cara penyerapan kalor dari suatu benda atau ruangan tersebut. Refrigrasi dapat dikatakan juga dengan proses pemindahan kalor dari suatu benda atau ruangan ke suatu benda atau ruangan lainnya (Purwanto, 2014).

Sistem refrigrasi pada dasarnya dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Sistem refrigrasi mekanik

Sistem refrigrasi ini menggunakan mesin-mesin penggerak dan alat mekanik lain dalam menjalankan siklusnya. Yang termasuk dalam sistem refrigrasi mekanik di antaranya adalah:

1. Siklus Kompresi Uap (SKU)
2. Refrigrasi siklus udara

3. Kriogenik atau refrigrasi temperatur ultra rendah
4. Siklus Sterling
2. Sistem refrigrasi non mekanik

Berbeda dengan sistem refrigrasi mekanik, sistem ini tidak memerlukan mesin-mesin penggerak seperti kompresor dalam menjalankan siklusnya. Yang termasuk dalam sistem refrigrasi non mekanik di antaranya:

1. Refrigrasi Termoelektrik
2. Refrigrasi Siklus absorpsi
3. Refrigrasi *steam jet*
4. Refrigrasi *magnetic*
5. *Heat pipe*

2.5 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda dan material. Ilmu perpindahan panas tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi kalor itu berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi juga dapat meramal laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Panas telah diketahui dapat berpindah dari tempat dengan temperatur yang lebih tinggi ke tempat dengan temperatur lebih rendah. Hukum percampuran panas juga terjadi karena panas itu berpindah, sedangkan pada kalorimeter, perpindahan panas dapat terjadi dalam bentuk pertukaran panas dengan luar sistem. Jadi pemberian atau pengurangan panas tidak saja mengubah temperatur atau fasa zat suatu benda secara lokal, melainkan panas itu merambat ke bagian lain atau tempat lain. Peristiwa ini disebut dengan perpindahan panas. Menurut penyelidikan, perpindahan tenaga panas dapat dibagi dalam beberapa golongan cara perpindahan. Panas itu dapat merambat dari suatu bagian ke bagian lain melalui zat atau benda yang diam. Panas juga dibawah

partikel-partikel zat mengalir. Pada radiasi panas, tenaga panas berpindah melalui pancaran yang merupakan juga satu cara perpindahan panas (Tulak, 2013).

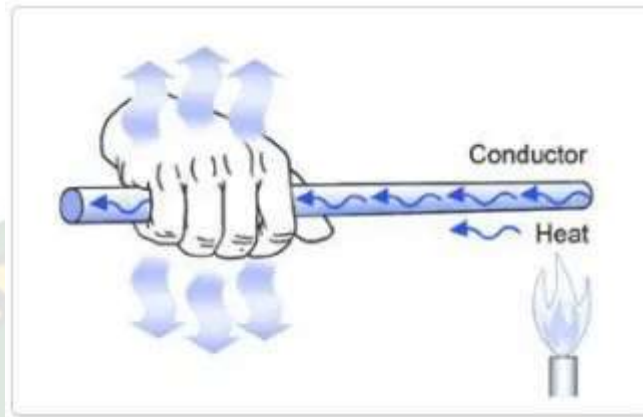
Perpindahan panas berlangsung sekaligus dengan ketiga cara ini. Perpindahan panas melalui cara pertama yang disebut perpindahan panas melalui konduksi. Cara kedua, perpindahan panas melalui konveksi dan cara ketiga melalui radiasi. Ilustrasi ditunjukkan ada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Perpindahan Panas
(Sumber: Cengel, 2002)

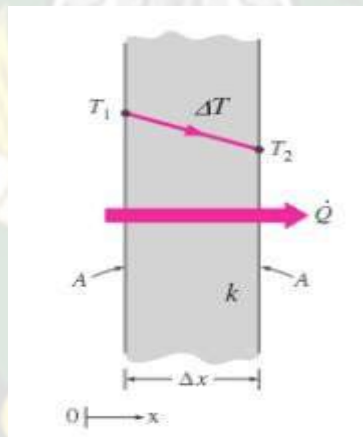
2.5.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi yaitu perpindahan energi panas tanpa terjadi perpindahan pada media perambatan panas tersebut dan umumnya terjadi pada benda padat seperti terlihat pada Gambar 2.5, walaupun tidak menutup kemungkinan pada benda cair dan gas dapat terjadi perpindahan panas konduksi meskipun kecil (Munis, 2013).



Gambar 2.5. Perpindahan Panas Konduksi
(Sumber: Cengel, 2002)

Besarnya laju perpindahan panas konduksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1) :



Gambar 2.6. Skema Perpindahan Panas Konduksi
(Sumber: Cengel, 2002)

$$\dot{Q} = kA\left(\frac{\Delta T}{\Delta x}\right) \dots \dots \dots \text{Pers (2.1)}$$

Keterangan:

\dot{Q} : Laju perpindahan panas konduksi, Watt

k : Konduktivitas Thermal W/mk

A : Luas permukaan tegak lurus arah aliran panas, m^2

ΔT : Perbedaan suhu, $^{\circ}C$

Δx : Panjang atau ketebalan bahan, m

Nilai koefisien konduktivitas panas (k) berbagai bahan disajikan pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Koefisien Konduktivitas Panas (C)

Jenis Bahan	Koefisien Konduktivitas Panas (C)	
	Satuan SI W(m ²) (°C/m)	Satuan British Btu/(hr.ft ²) (oF/in.)
Udara	0,024	0,168
Aluminium	212	1480
Dinding Bata (rendah)	0,72	5,0
Dinding Bata (tinggi)	1,33	9,2
Dinding Beton	1,72	12,0
Tembaga	378	2640
Papan Gabus	0,05	0,34
Fiberglass	0,037	0,23
Gelas	0,79	5,5
Papan Isolasi Fiber	0,04 - 0,05	0,28 – 0,35
Besi	50,5	350
Kapok	0,034	0,24
GlassWool	0,037	0,27
Perak	412	2880
Baja	44,6	312
Air (liquid)	0,61	4,28
Air (es)	2,23	15,6
Kayu Maple	0,17	1,20
Kayu Oak	0,16	1,10
Kayu Pinus	0,12	0,84
Kayu Redwood	0,11	0,74

(Sumber: Cengel, 2002)

2.5.2 Perpindahan Panas Konveksi

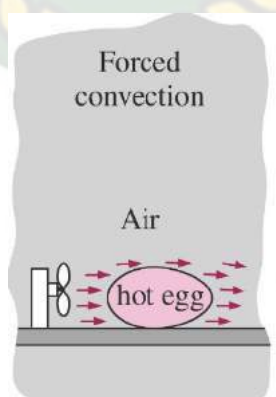
Perpindahan panas konveksi tidak dapat terjadi pada benda padat, karena proses perpindahan panas konveksi hanya terjadi pada fluida baik zat cair maupun gas yang disertai dengan perpindahan zat perantaranya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. (Setyadi, 2014).



Gambar 2.7. Perpindahan Panas Konveksi
(Sumber: Cengel, 2002)

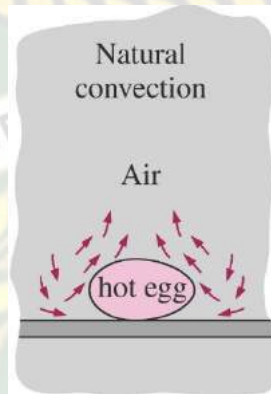
Ada dua jenis perpindahan panas konveksi, yaitu:

1. Konveksi paksa, perpindahan panas ini terjadi karena adanya alat tambahan yang digunakan untuk mengalirkan fluida seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Koveksi Paksa
(Sumber: Cengel, 2002)

2. Konveksi alami, perpindahan panas ini terjadi karena adanya perbedaan suhu yang menyebabkan perbedaan kerapatan massa. Jadi konveksi ini terjadi secara alami dan tidak menggunakan bantuan alat untuk mengalirkan fluida. Ilustrasi seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Konveksi Alami
 (Sumber: Cengel, 2002)

Besarnya laju perpindahan panas konveksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) :



Gambar 2.10. Skema Perpindahan Panas Konveksi
 (Sumber: Cengel, 2002)

$$Q = h A_s (\Delta T) = h A_s (T_s - T_f) \quad (2.2) \dots \dots \dots \text{Pers}(2.2)$$

Keterangan:

Q : Laju perpindahan panas konveksi, Watt

h : Koefisien perpindahan panas konveksi, $W/m^2\text{°C}$

A_s : Luas permukaan benda yang bersentuhan dengan fluida, m^2

T_s : Suhu permukaan, $^{\circ}\text{C}$

T_f : Suhu fluida, $^{\circ}\text{C}$

Untuk beberapa kasus tertentu, nilai koefisien perpindahan panas konveksi disajikan pada Tabel 2.2 :

Tabel 2.2. Nilai Koefisien Konveksi (h)

No	Proses	Koefisien perpindahan panas Konveksi ($W/m^2\text{°C}$)
1	Konveksi bebas, udara	2 – 25
2	Konveksi bebas, air	10 – 1000
3	Konveksi paksa, udara	25 – 250
4	Konveksi paksa, air	50 – 20000
5	Air mendidih	2500 – 100000

(Sumber: Cengel, 2002)

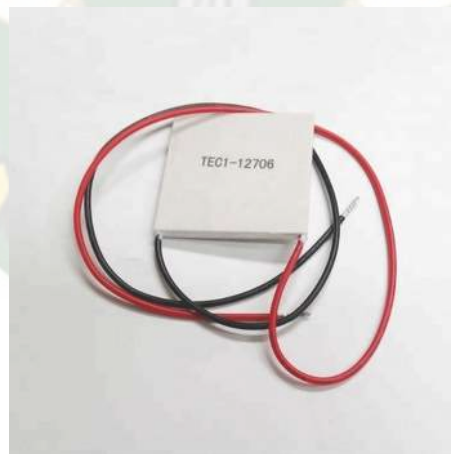
2.6 Sejarah Termoelektrik

Fenomena termoelektrik pertama kali ditemukan oleh ilmuwan Jerman bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821. Ia menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian, dimana di antara kedua logam tersebut diletakkan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas tersebut bergerak. Belakangan diketahui, hal ini terjadi karena adanya aliran listrik pada logam yang menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas tersebut. Fenomena ini kemudian dikenal dengan efek seebeck (Selviana, 2017).

Penemuan seebeck ini memberikan inspirasi kepada Jean Charles Peltier untuk melihat kebalikan dari fenomena tersebut. Arus listrik searah dialirkan pada suatu rangkaian tertutup yang terdiri dari sambungan dua material logam. Pada sambungan ini, salah satu sisi melepaskan panas sedangkan sisi yang lain menyerap panas, dan sebaliknya bila arus dibalik. Fenomena ini dikenal sebagai efek peltier (Selviana, 2017).

2.7 Termoelektrik

Teknologi termoelektrik adalah teknologi yang bekerja dengan mengkonversikan energi panas menjadi energi listrik secara langsung atau sebaliknya, dari energi listrik menghasilkan energi dingin. Termoelektrik terbuat dari *solid state material* (material zat padat) yang dapat mengkonversikan energi dari perbedaan temperatur ke beda potensial atau sebaliknya. Pada skala atom, perbedaan temperatur menyebabkan muatan pembawa berdifusi dari permukaan panas menuju ke permukaan dingin (Tulak, 2013).



Gambar 2.11. Termoelektrik

Teknologi termoelektrik yang banyak beredar dipasaran ada dua jenis, yaitu tipe TEG (*Thermo Electric Generator*) yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan aliran panas dan tipe TEC (*Thermo Electric Cooler*) yang digunakan untuk pendinginan. Prinsip kerja

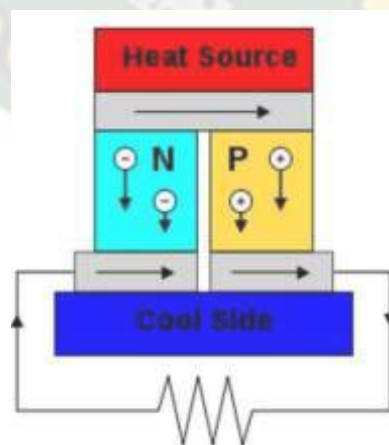
termoelektrik tipe TEG dan TEC sama yang membedakan adalah bahan atau material yang digunakan. Termoelektrik tipe TEG menggunakan material PbTe dan SiGe, sedangkan termoelektrik tipe TEC menggunakan material Bi^2Te^3 , PbSe, dan SiGe (Setyadi, 2014).

2.8 Efek Termoelektrik

Efek termoelektrik merupakan proses konversi energi langsung akibat perbedaan temperatur atau setelah diberi tegangan listrik. Perbedaan temperatur akan dihasilkan jika termoelektrik diberikan tegangan listrik, dan sebaliknya tegangan listrik akan dihasilkan oleh termoelektrik jika kedua sisi permukaan memiliki temperatur yang berbeda (Ihza, 2016).

2.8.1 Efek Seebeck

Efek seebeck merupakan fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi tegangan listrik. Jika ada dua bahan yang berbeda material kemudian kedua ujungnya disambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. Jika terjadi perbedaan temperatur diantara kedua sambungan ini, maka akan menimbulkan aliran arus listrik. prinsip inilah yang digunakan termoelektrik sebagai generator.

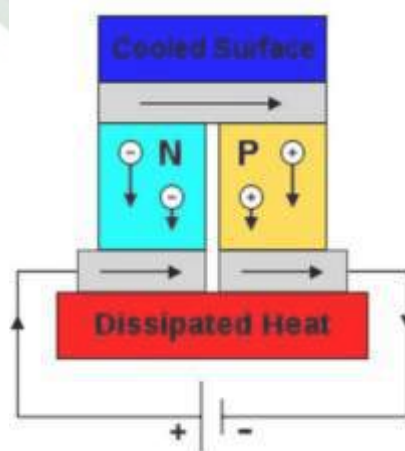


Gambar 2.12. efek Seebeck
(Mainil, 2015)

Setiap bahan memiliki koefisien seebeck yang berbeda-beda. Semakin besar koefisien seebeck ini, maka beda potensial yang dihasilkan juga semakin besar. Karena perbedaan temperatur disini dapat diubah menjadi tegangan listrik, maka prinsip ini juga digunakan sebagai sensor temperatur yang dinamakan *thermocouple* (Ihza, 2016).

2.8.2 Efek Peltier

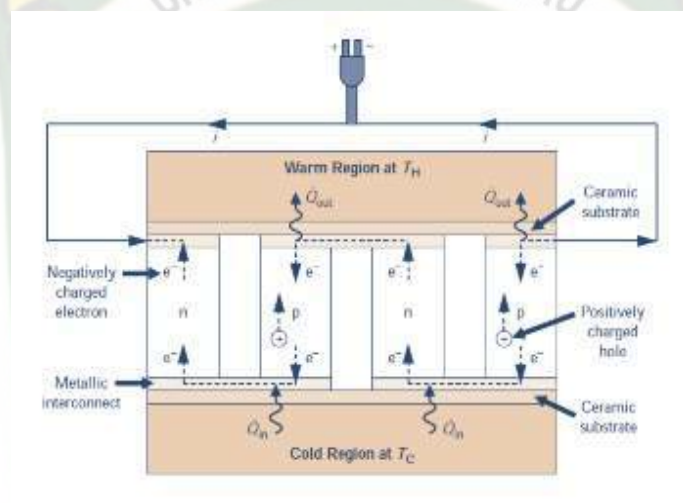
Kebalikan dari efek seebeck, yaitu jika dua logam yang berbeda bahan disambungkan kemudian arus listrik dialirkan pada sambungan tersebut, maka akan terjadi fenomena pompa kalor. Prinsip inilah yang disebut dengan efek peltier, digunakan sebagai pemanas ataupun pendingin. Jika dibandingkan dengan teknologi refrigrasi kompresi uap, termoelektrik memiliki kelebihan antara lain: pemanas atau pendingin dapat dengan mudah diatur dengan menyesuaikan arah arusnya, sangat ringkas, tidak berisik, tidak butuh perawatan khusus, tidak butuh refrigan (freon), dan tidak ada getaran. Tetapi termoelektrik masih memiliki kekurangan yaitu peformanya masih rendah (Ihza, 2016).



Gambar 2.13. Efek Peltier
(Mainil, 2015)

2.9 Modul Termoelektrik

Modul termoelektrik yang kita gunakan dalam penelitian ini adalah elemen peltier atau pendingin termoelektrik (TEC). Elemen peltier adalah alat yang dapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah (DC) pada kedua kutub materialnya. Keramik peltier sering dikenal dengan nama lempengan peltier yang dimana lempengannya berbahan keramik yang memiliki fungsi yang sangat unik (Delly, 2016).



Gambar 2.14. Skematik dari pendingin termoelektrik
(Mainil, 2015)

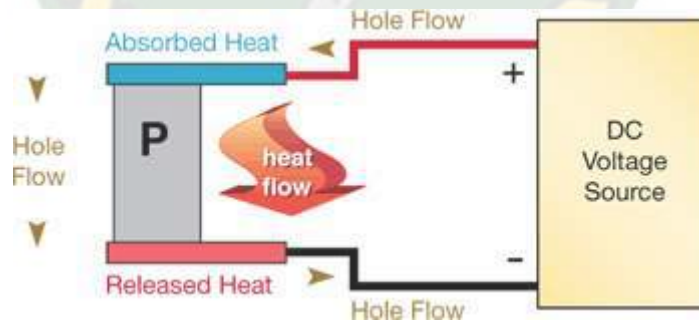
Menurut (Delly, 2016) elemen peltier umumnya dibungkus dengan keramik tipis yang berisikan batang-batang *Bismuth Telluride* (Bi^2Te^3) didalamnya. Ketika dialiri tegangan DC 12 volt – 15 volt salah satu sisi akan menjadi panas dan sisi lainnya menjadi dingin. Elemen peltier memiliki 2 bagian yang berbeda yaitu:

1. *Cool Side (Heat Absorbed)* yang bekerja menyerap panas sehingga bagian ini menjadi lempengan dingin.
2. *Hot Side (Heat Realeased)* yang bekerja melepaskan panas sehingga bagian ini menjadi lempengan panas.

Bismuth Telluride (Bi^2Te^3) adalah bahan semikonduktor yang paling sering digunakan pada elemen peltier. *Bismuth Telluride* (Bi^2Te^3) diolah untuk menghasilkan blok atau elemen yang memiliki karakteristik individu yang berbeda yaitu N dan P. Tipe P adalah semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah, sedangkan tipe N adalah semikonduktor dengan tingkat energi yang lebih tinggi. Bahan termoelektrik atau peltier yang lainnya termasuk *Timbal Telluride* (PbTe), *Silicon Germanium* (SiGe), dan *Bismuth-Antimony* (SbBi) adalah paduan bahan yang dapat digunakan dalam situasi tertentu. Namun, *Bismuth Telluride* (Bi^2Te^3) adalah bahan terbaik dalam hal pendinginan (Jatmiko, 2016).

2.10 Cara Kerja Termoelektrik

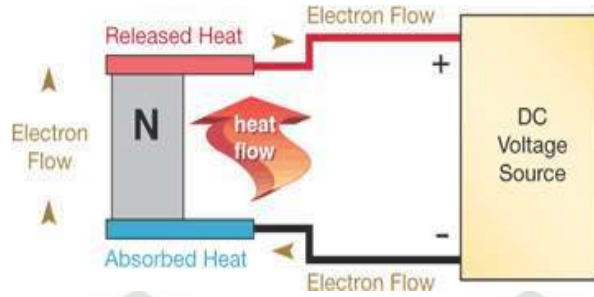
Cara kerja termoelektrik atau cara kerja elemen peltier ini didasarkan pada efek peltier. Menurut (Setyadi, 2014) ketika arus DC dialirkan ke elemen peltier semikonduktor tipe P dan tipe N akan menyebabkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin (panas diserap) dan disisi lain menjadi panas (panas dilepas). Seperti yang terlihat pada Gambar 2.15. dan Gambar 2.16.



Gambar 2.15. Aliran panas untuk jenis P efek peltier

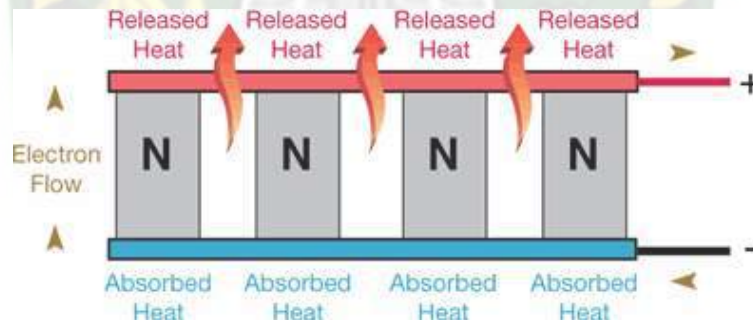
(Sumber: Tellurex, 2010)

Jika salah satu dari sambungan yang menyerap panas ditempatkan pada suatu ruangan yang terisolasi maka panas yang terdapat pada ruangan tersebut akan mengalir ke sisi sambungan yang menyerap panas dari peralatan pendingin

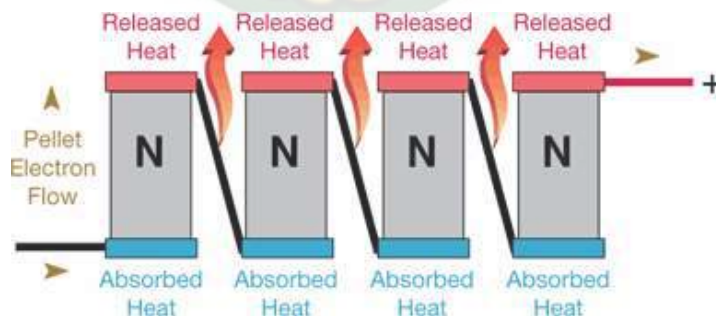


Gambar 2.16. Aliran panas untuk jenis N efek peltier
 (Sumber: Tellurex, 2010)

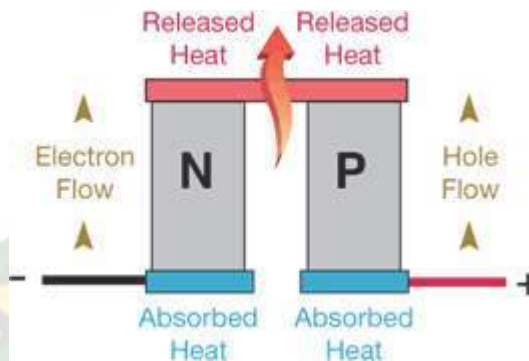
Semikonduktor jenis P dan jenis N dapat dirangkai baik secara paralel maupun seri yang terlihat pada Gambar 2.17. dan Gambar 2.18. atau dirangkai secara gabungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19. dan Gambar 2.20. Pada umumnya elemen peltier menggunakan sambungan semikonduktor jenis P dan jenis N seperti yang terlihat pada Gambar 2.21.



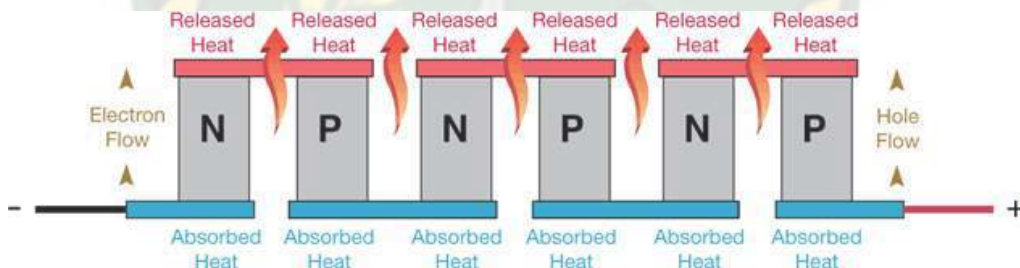
Gambar 2.17. Aliran panas untuk beberapa jenis N terhubung paralel
 (Sumber: Tellurex, 2010)



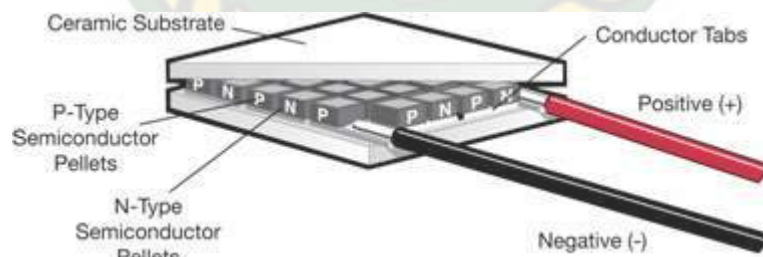
Gambar 2.18. Aliran panas untuk beberapa jenis N terhubung seri
 (Sumber: Tellurex, 2010)



Gambar 2.19. Aliran panas pada gabungan jenis P dan N dari efek peltier
(Sumber: Tellurex, 2010)



Gambar 2.20. Aliran panas pada gabungan beberapa jenis P dan N dari efek peltier
(Sumber: Tellurex, 2010)



Gambar 2.21. Konfigurasi beberapa susunan jenis P dan N dari sistem pendingin dengan efek peltier
(Sumber: Tellurex, 2010)

Menurut (Delly, 2016) perbedaan suhu diantara kedua sisi itu berkisar 30°C. Fenomena ini dimanfaatkan orang dalam proses pendinginan. Agar panas yang timbul dari sisi sebaliknya tidak mengintervensi suhu dingin yang telah dihasilkan, maka bagian sisi yang panas ditemplei dengan *heatsink* (keping pendingin) lalu radiasi panas yang menjalar di *heatsink* tersebut disemburkan ke luar dengan bantuan kipas agar panas terbuang. Dalam prakteknya, penggunaan elemen pertier atau TEC (*Thermo Electric Cooler*) sebagai pendingin *solid state* tidak pernah lepas dari *heatsink* dan kipas pembuang panas.

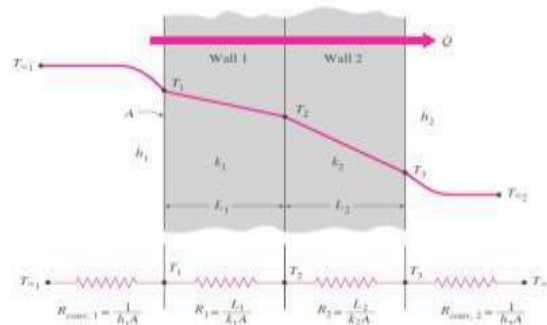
2.11 Beban Pendinginan

Beban pendinginan merupakan jumlah panas yang dipindahkan dari suatu sistem pendingin. Beban pendinginan total merupakan jumlah beban pendinginan suatu ruangan. Beban ruang tiap jam dipengaruhi oleh perubahan temperatur udara luar, perubahan efek penyimpanan panas pada dinding bagian luar wadah pendingin (Delly, 2016).

Sumber utama beban pendinginan, yaitu:

1. Beban perpindahan panas konduksi melalui dinding dan tutup pada sistem pendingin.
2. Beban panas produk yang akan diletakkan di dalam *showcase mini*.

2.11.1 Beban Perpindahan Panas Konduksi



Gambar 2.22. Skema Beban Perpindahan Panas Konduksi

(Sumber: Cengel, 2002)

Beban perpindahan panas konduksi adalah suatu panas dari luar pendingin yang berpindah melalui dinding, atap, maupun lantai. Persamaan mencari beban transmisi sebagai berikut:

$$Q_{transmisi} = U \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots \text{Pers 2.3}$$

Keterangan:

- $Q_{transmisi}$: beban panas yang mengalir (Watt)
- U : koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m².C)
- A : luas permukaan (m²)
- ΔT : perbedaan suhu (C)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \dots\dots\dots \text{Pers 2.4}$$

Keterangan:

- h_i : koefisien panas daya konduksi dinding dalam (W/m².C)
- h_o : koefisien panas daya konduksi dinding luar (W/m².C)
- x : ketebalan dinding (m)
- k : konduktivitas termal (W/m.C)

2.11.2 Beban Panas Produk



Gambar 2.23. Skema Beban Panas Produk
 (Sumber: Cengel, 2002)

Beban panas produk adalah beban panas suatu produk dari temperatur awal ke temperatur akhir produk tersebut. Perhitungan beban produk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q_{produk} = m \cdot c_{produk} \cdot (T_2 - T_1) \dots\dots\dots \text{Pers 2.5}$$

Keterangan:

Q_{produk} : beban panas produk yang dibuang (kJ)

m : massa produk (kg)

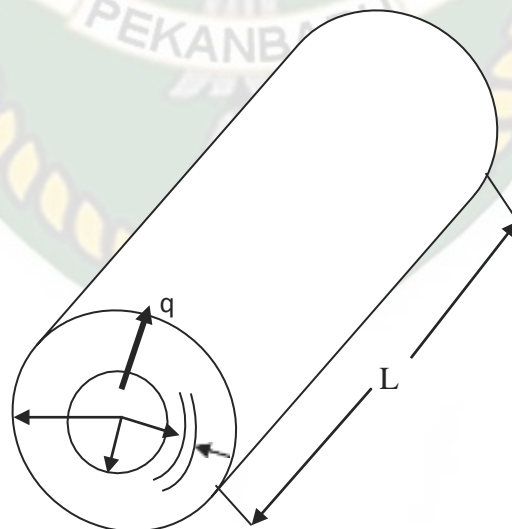
c_{produk} : panas jenis dari produk (kJ/kg.C)

T_1 : temperatur awal (C)

T_2 : temperatur akhir (C)

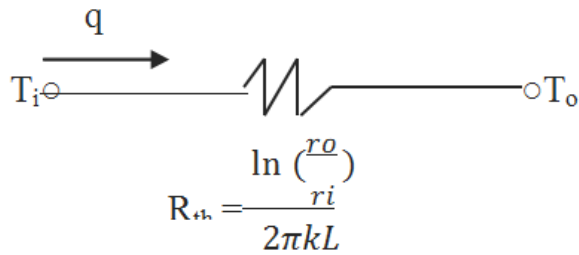
2.12 Persamaan - Persamaan Perhitungan Laju Aliran Kalor Pada System Pendingin

2.12.1 Aliran Panas Tabung Silinder



Gambar 2.24 Aliran panas tabung silinder

(Sumber : Sriwuryant 2016)



Gambar 2.25 Analogi listrik system radial

Pada gambar terlihat sebuah silinder yang berlubang dengan jari-jari dalam silinder adalah r_i , jari-jari luar r_o , panjang silinder adalah L , temperature permukaan sebelah luar adalah T_o , dan sebelah dalam adalah T_i .

Persamaan (2.6) menjadi:

$$q = -k \frac{dT}{dr} 2\pi rL$$

.....Pers(2.6)

Dimana :

$$\begin{aligned} 2\pi rL &= A = \text{luas silinder, m}^2 \\ dr &= \text{jari-jari, m} \end{aligned}$$

Persamaan (2.6) disusun sedemikian rupa supaya dapat diintegrasikan adalah:

$$\int_{r_i}^{r_o} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi Lk}{q} \int_{T_i}^{T_o} dT$$

$$\ln r_o - \ln r_i = \frac{2\pi Lk}{q} (T_o - T_i)$$

$$q = \frac{2\pi Lk (T_o - T_i)}{\ln(r_o/r_i)}$$

.....Pers(2.7)

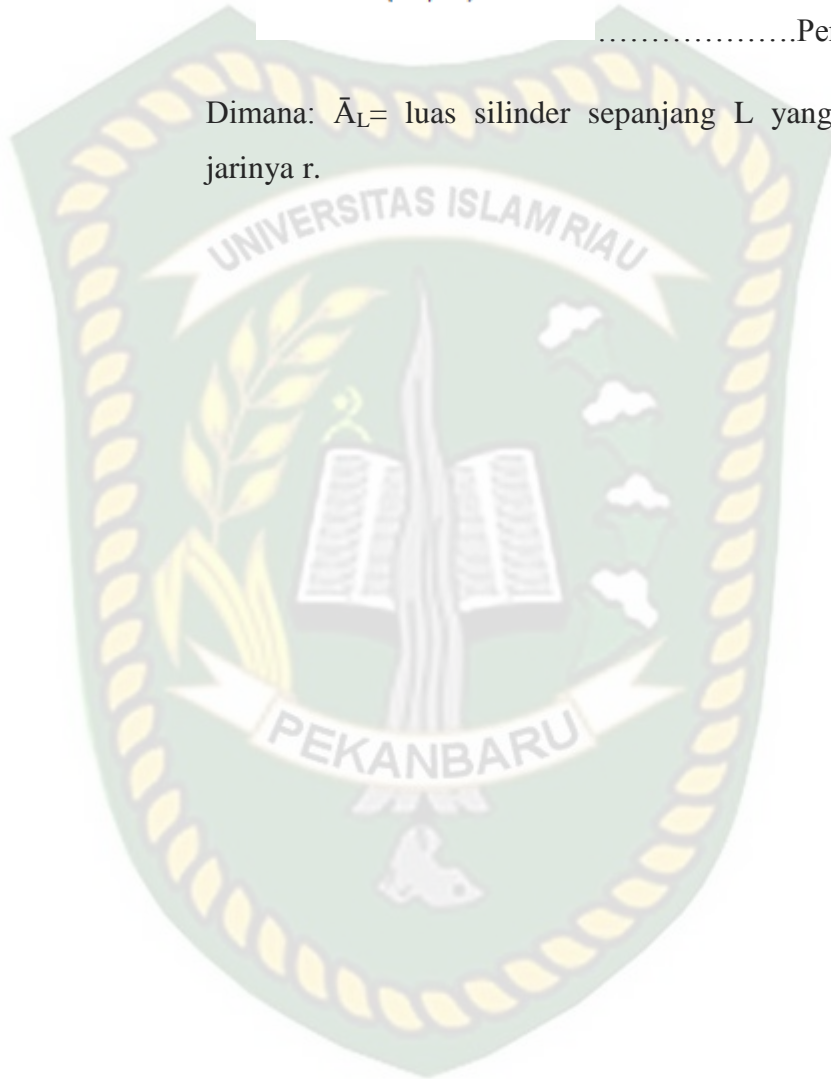
Atau dapat juga dituliskan sebagai berikut:

$$q = k \times \bar{A}_L \times \frac{(T_i - T_o)}{(r_o - r_i)}$$

$$\bar{A}_L = \frac{2\pi L (r_o - r_i)}{\ln(r_o / r_i)}$$

.....Pers(2.8)

Dimana: \bar{A}_L = luas silinder sepanjang L yang jari-jarinya r.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB III

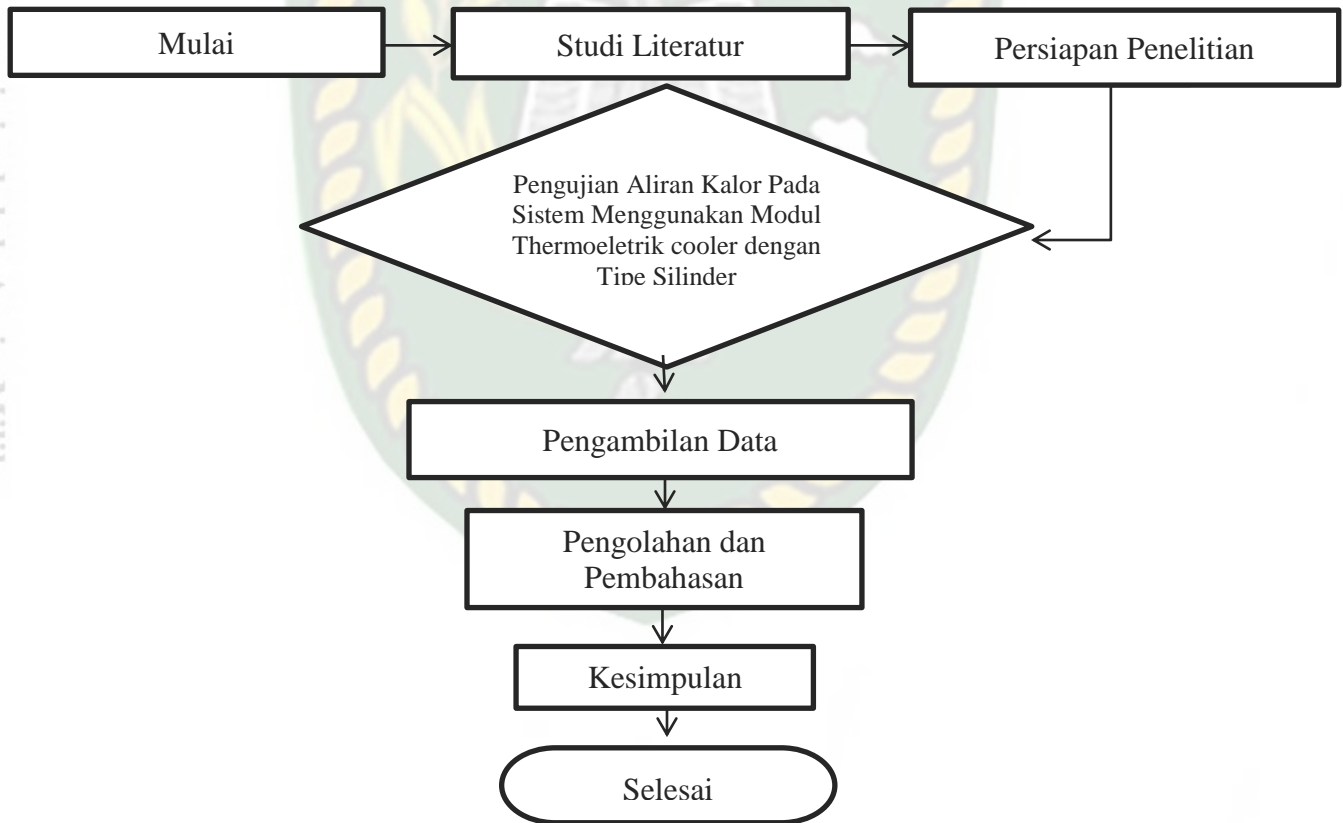
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jalan Kaharuddin Nasution KM 11 No. 113 Marpoyan Kelurahan Air Dingin Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru. Penelitian ini meliputi, pembuatan skema rancangan, perakitan, dan pengujian *showcase mini*.

3.2 Diagram Alir Penelitian

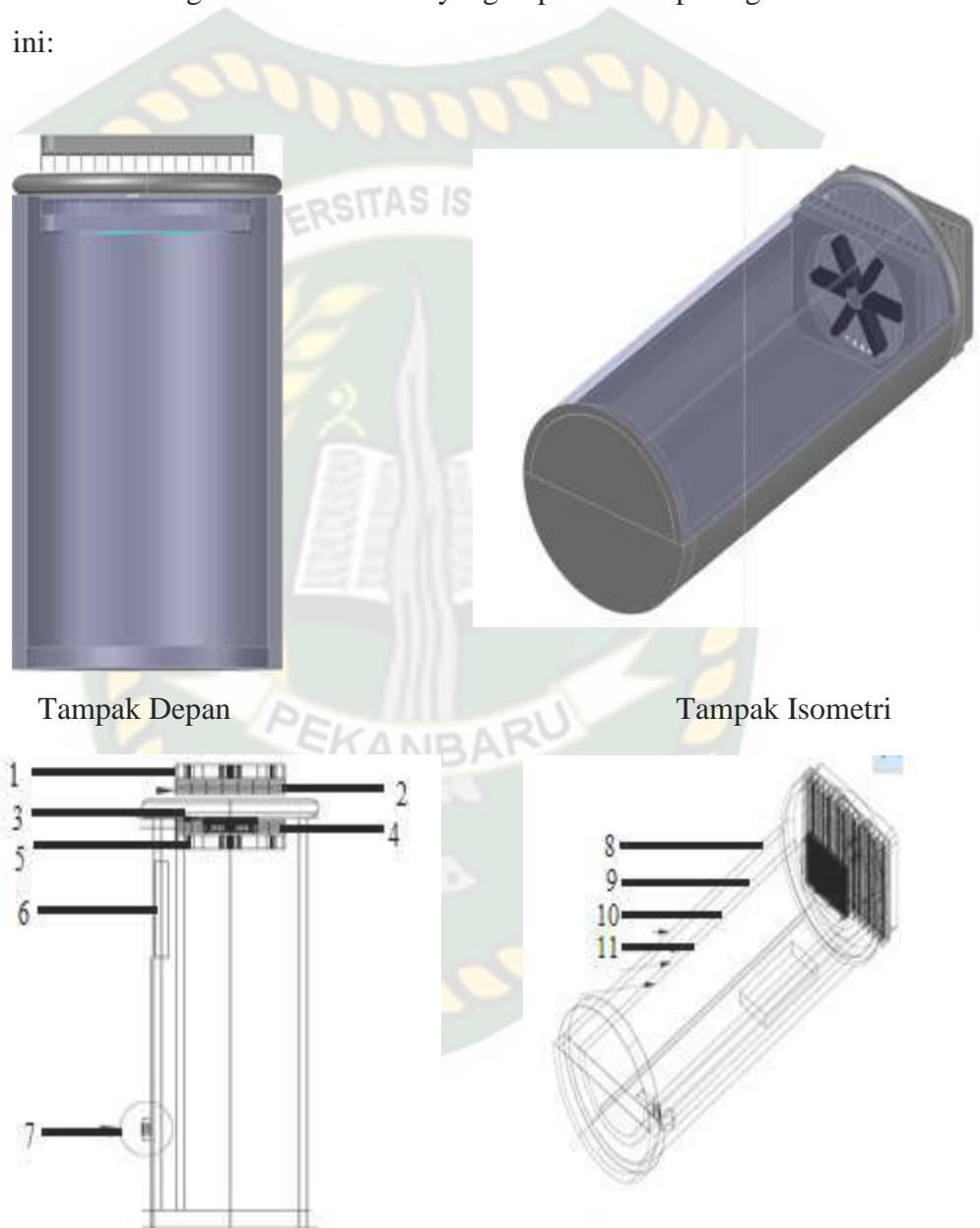
Diagram alir penelitian berfungsi untuk menggambarkan prosedur dalam penelitian, proses ini digambarkan dalam *flowchart* berikut ini:



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.3 Skema Alat

Dalam sebuah rancangan atau pembuatan alat harus dilakukan sesuai dengan skema rancangan. Skema rancangan ini memiliki susunan dari komponen-komponen alat dan bahan pembuatan *showcase mini*. Berikut skema rancangan *showcase mini* yang dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini:



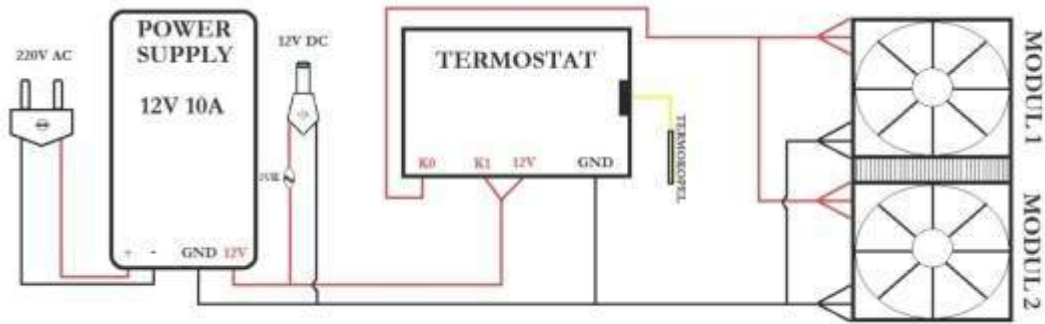
Gambar 3.2. Skema Rancangan *Showcase Mini*

1. Kipas dc besar
2. Heatsink
3. Thermoelectrik cooler
4. Coldsink
5. Kipas DC kecil
6. Power Supply
7. Power Plug AC, DC
8. Plat Almunium
9. Papan
10. Styrofoam
11. Alumunium Foil

Dari gambar skema rancangan diatas terdapat pula susunan modul pendingin dan rangkaian kelistrikan. Berikut skema susunan modul pendingin dan rangkaian kelistrikan pada rancangan *showcase mini* tipe silinder ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.3. Skema Susunan Modul Pendingin



Gambar 3.4. Skema Rangkaian Kelistrikan *Showcase Mini* tipe silinder

3.4 Metodologi Prosedur Analisa Alat

Metodologi prosedur analisa yang dicari pada alat ini adalah:

1. Beban Perpindahan Panas konduksi
 Beban perpindahan panas konduksi adalah suatu panas dari luar pendingin yang berpindah melalui dinding (Cengel dan Afshin, 2015).
2. Beban Kalor Produk
 Beban kalor produk adalah beban kalor suatu produk dari temperatur awal ke temperatur akhir produk tersebut (Cengel dan Afshin, 2015).
3. Daya Input
 Daya *input* adalah banyaknya daya yang digunakan alat *showcase mini* (Jatmiko, 2014).
4. COP (*Coefficient Of Permormance*)
 Adalah ukuran efisiensi dari suatu termoelektrik pendingin yang dapat diketahui dari perbandingan besarnya kalor yang diserap sistem atau produk terhadap besarnya daya listrik yang masuk. Nilai COP lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai COP mesin pendingin kompresi uap (Ihza dkk, 2016).

5. Biaya Pengeluaran Cost

Biaya pengeluaran adalah biaya yang dikeluarkan dalam penggunaan alat *showcase mini* ini. Biaya pengeluaran didapat dari daya spesifikasi modul pendingin dan tarif PLN per kWh-nya (Ahsani dan Agung, 2015)

3.5 Alat dan Bahan

Dalam rancang bangun *showcase mini* tipe silinder dibutuhkan alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang digunakan, yaitu:

3.5.1 Alat

Dalam pembuatan dan pengujian rancang bangun *showcase mini* tipe silinder memerlukan beberapa alat. Alat-alat yang digunakan adalah :

1. *Cutter*
2. Gergaji
3. Tang
4. Obeng
5. Lem *sealant*
6. *Double tape*
7. *Thermal Paste*
8. *Heat Tube*

3.5.2 Bahan

Dalam pembuatan dan pengujian rancang bangun *showcase mini* memerlukan beberapa bahan. Adapun bahan yang digunakan sebagai berikut :

1. *Styrofoam 20mm* / Gabus
 - Konduktifitas thermal *Styrofoam* 0,040 W/m.K
2. Plat aluminium 1,5. mm

- Konduktifitas thermal plat aluminium 237 W/m.K

3. Aluminium Foil 0,5 mm

- Konduktifitas thermal aluminium foil 0,034 W/m.K

4. Adhesive Seal

5. Termostat

Spesifikasi :

- *Temperature range : -30-110 °*
- *Dimensions: 48.5 * 40mm*
- *Temperature control mode: ON / OFF*
- *Resolution: When temperature is 0.1°, the resolution is -9.9~99.9, other temperature segment is 1°*
- *Control accuracy: 0.1 °*
- *Hysteresis accuracy: 0.1°*
- *Refresh rate: 0.5S*
- *High temperature protection: 0-110°*
- *Supply voltage: DC 12V*
- *Static current: ≤ 35MA, attract current ≤ 65MA*
- *Output voltage: DC 12V*
- *Output power: 20A relay*
- *Measurement input: NTC (10K 0.5%) Waterproof Sensor*

6. Termoelektrik TEC (*Thermo Electric Cooler*)

Spesifikasi :

- *TEC Thermoelectric Cooler Peltier Mesin Pendingin - TEC1-12706 91.2W*
- *Dimensi 4 X 4 cm*
- *Daya 91.2W 1-6A DC 9-15.2V*

7. Kabel Listrik

8. Kipas DC

Spesifikasi :

- Fan Dc 12v 12x12cm tebal
- Bahan: Plastik
- Ukuran: 12x12x2.5 cm
- Power: 12v 0.18A

9. *Heatsink dan Coldsink*

Spesifikasi:

- *Heatsink* Aluminium 100x60x10mm Heat Sink Cooling Sirip Pendingin

10. *Switch Push ON/OFF*

11. *Power Plug AC*

Spesifikasi:

- *Core Wiring* : 3 x 1.5 mm IEC 53 300/500V
- *Power Cord*
- *Connector Type* :Schuko EU Plug
- *IEC320 C13 Outlet*
- *Rated* : 250V, 16A
- *RoHS Free*
- *Panjang* : 2 m

12. *Power Plug DC 12A*

13. *Sekring 10A*

14. *Catu Daya / Power Suply 12V 30A*

Spesifikasi:

- *Power Supply Central AC INPUT* : 110/240V DC
OUTPUT : 12V 30A

3.6 Prosedur Pengujian Alat Penelitian

Pengujian alat penelitian dilakukan dengan cara mengukur temperatur pada lingkungan, temperatur dalam *showcase mini* tipe silinder, temperatur pada sisi dingin TEC (*Thermo Electric Cooler*), temperatur pada sisi panas TEC (*Thermo Electric Cooler*), temperatur pada dinding luar *showcase mini* tipe silinder, temperatur pada dinding dalam *showcase mini* tipe silinder, temperatur pada produk yang didinginkan, arus listrik yang dibutuhkan, dan tegangan yang digunakan untuk mendinginkan temperatur dalam *showcase mini* tipe silinder serta temperatur produk.

Sisi panas dan sisi dingin TEC (*Thermo Electric Cooler*) diharuskan terjadi perbedaan temperatur (ΔT) sehingga terjadinya proses pendinginan, pengujian alat penelitian dapat dinyatakan berhasil jika temperatur dalam *showcase mini* dan produk yang didinginkan berkurang sampai batas maksimal yang diinginkan, dengan batasan waktu selama 120 menit.

3.6.1 Variasi Pengujian Alat Penelitian

Pengujian alat penelitian dilakukan selama 120 menit dengan pengambilan data setiap 10 menit. Pengujian dilakukan dengan variasi tanpa beban pendingin dan dengan beban pendingin. Penjelasan variasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Pertama

Pengujian dilakukan tanpa apapun didalam *showcase mini* dan pengujian dilakukan selama 120 menit dengan pengambilan data setiap 10 menit.

2. Pengujian Kedua

Pengujian dilakukan dengan beban pendingin berupa minuman kaleng sebanyak 4 buah dan pengujian dilakukan selama 120 menit dengan pengambilan data setiap 10 menit.

3.6.2 Pengambilan Data Pengujian 1

Urutan dalam pengambilan data alat penelitian tanpa beban pendingin selama 120 menit.

1. Pasangkan termokopel pada sisi panas dan sisi dingin TEC (*Thermo Electric Cooler*) yang bersentuhan dengan *heatsink* dan *coldsink*, serta pasang pada dinding luar, dinding dalam, dan didalam *showcase mini*.
2. Pasang voltmeter pada kutub positif dan kutub negatif pada TEC (*Thermo Electric Cooler*).
3. Pasang amperemeter pada kutub positif dan kutub negatif pada TEC (*Thermo Electric Cooler*).
4. Nyalakan *showcase mini* dan catat keluaran tegangan listrik, keluaran arus listrik, dan temperatur pada semua termokopel.
5. Catat perubahan temperatur pada semua termokopel, keluaran tegangan listrik, dan keluaran arus listrik setiap 10 menit selama 120 menit.
6. Matikan *showcase mini*.
7. Istirahatkan alat penelitian untuk pengujian selanjutnya.

3.6.3 Pengambilan Data Pengujian 2

Urutan dalam pengambilan data alat penelitian dengan beban pendingin minuman kaleng selama 120 menit.

1. Pasangkan termokopel pada sisi panas dan sisi dingin TEC (*Thermo Electric Cooler*) yang bersentuhan dengan *heatsink* dan *coldsink*, serta celupkan termokopel ke dalam air yang ada pada minuman kaleng, pasang pada dinding luar, dinding dalam, dan didalam *showcase mini*.
2. Pasang voltmeter pada kutub positif dan kutub negatif pada TEC (*Thermo Electric Cooler*).

3. Pasang amperemeter pada kutub positif dan kutub negatif pada TEC (*Thermo Electric Cooler*).
4. Nyalakan *showcase mini* dan catat keluaran tegangan listrik, keluaran arus listrik, dan temperatur pada semua termokopel.
5. Catat perubahan temperatur pada semua termokopel, keluaran tegangan listrik, dan keluaran arus listrik setiap 10 menit selama 120 menit.
6. Matikan dan bersihkan *showcase mini*.

Tabel 3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan					
		11	12	1	2	3	1
1	Pembuatan Proposal						
2	Studi Literatur						
3	Persiapan Alat Dan Bahan						
4	Seminar Proposal						
5	Pengujian Dan Pengumpulan Data						
6	Analisa Data						
7	Sidang Skripsi						

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

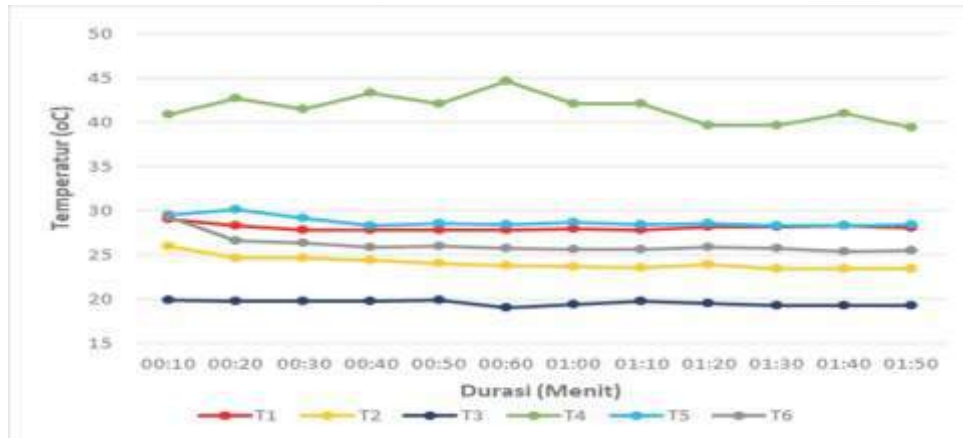
4.1 Data Hasil Penelitian

Pengujian alat *showcase mini* dilaksanakan dengan 2 variasi yaitu pengujian tanpa beban pendingin dan pengujian dengan beban pendingin. Tinggi alat *showcase mini* tipe silinder 30 cm, diameter 19 cm, jari-jari 9,5 cm, Pengujian alat *showcase mini* ini dilakukan selama 2 jam perharinya. Pengambilan data perubahan temperatur dilakukan setiap per 10 menit.

Untuk mengetahui laju perpindahan kalor yang terjadi pada ruang *showcase mini* tipe silinder ini, peneliti melakukan beberapa tahapan diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Tanpa Beban Pendingin

No	Waktu	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	V	I
1	10	29,0	26,0	19,9	40,9	29,6	29,3	12,39	0,026
2	20	28,3	24,7	19,8	42,7	30,1	26,6	12,39	0,026
3	30	27,8	24,7	19,8	41,5	29,2	26,4	12,40	0,026
4	40	27,8	24,4	19,8	43,3	28,3	25,9	12,40	0,026
5	50	27,8	24,1	19,9	42,1	28,6	26,0	12,40	0,026
6	60	27,8	23,8	19,1	44,6	28,4	25,8	12,40	0,026
7	70	28,0	23,7	19,4	42,1	28,7	25,6	12,40	0,026
8	80	27,9	23,6	19,8	42,1	28,4	25,6	12,40	0,026
9	90	28,2	23,9	19,5	39,6	28,6	25,9	12,40	0,026
10	100	28,2	23,5	19,3	39,6	28,3	25,8	12,40	0,026
11	110	28,3	23,5	19,3	41,0	28,3	25,4	12,40	0,026
12	120	28,1	23,4	19,3	39,4	28,4	25,5	12,40	0,026

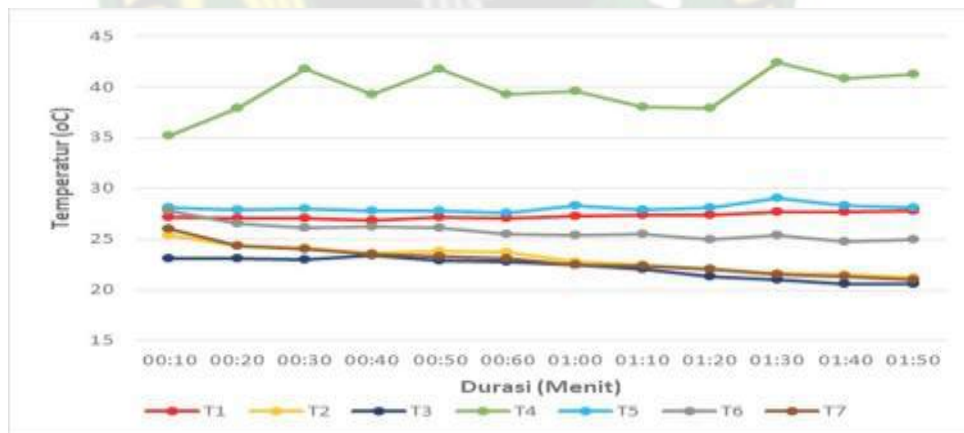


Gambar 4.1 Grafik Pengujian Tanpa Beban Pendingin

Dari gambar grafik 4.1 dapat dilihat pada pengujian *showcase mini* tanpa menggunakan beban dapat dilihat T2 (temperatur ruang pendingin) mengalami penurunan temperatur pada setiap menitnya temperatur tersebut lebih rendah dari pada suhu T1 (temperatur lingkungan) pada setiap menit percobaan alat uji. temperatur tertinggi pada temperatur lingkungan (T1) pada durasi 10 menit ke 120 menit mengalami naik turun karna factor temperature lingkungan, temperatur ruang pendingin (T2) dari durasi 10 menit ke 120 menit mengalami penurunan temperatur ruangan *showcase mini* dari temperatur tertinggi 26 °C dan temperatur terendah 23 °C Dan dapat dilihat pada grafik diatas dinding luar (T5) pada alat uji bertemperatur lebih tinggi dari pada dinding bagian dalam (T6), pada temperatur dinding luar (T5) suhu tertinggi nya 30,1 °C pada durasi ke 20 menit, suhu terendah nya 28,3 °C pada durasi 40, 100 dan 120 menit. Pada temperatur dinding bagian dalam (T6) suhu tertinggi nya 29,3 °C pada durasi 10 menit, suhu terendah nya didapat 25,4 °C pada durasi 110 menit. Dan pada temperature coldsink (T3) pada durasi 10 menit dan 40 menit temperatur mengalami penurunan temperature dari 19,9 °C ke 19,8 °C, pada durasi ke 50 menit temperatur mengalami kenaikan 19,9 °C yang tidak terlalu jauh, pada durasi 70 ke 120 menit temperatur mengalami penurunan. Pada temperatur heatsink (T4) durasi pembuangan panas tertinggi 44,6 °C dan pembuangan panas terendah pada durasi 120 menit dikarenakan pada durasi 120 menit coldsink sudah menyebar temperatur dingin didalam ruangan

Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Dengan Beban Pendingin

No	Waktu	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	V	I
1	10	27,2	25,4	23,1	35,2	28,1	27,8	26,0	12,39	0,026
2	20	27,1	24,3	23,1	37,9	27,9	26,5	24,3	12,39	0,026
3	30	27,1	24,1	23,0	41,8	28,0	26,1	24,0	12,39	0,026
4	40	26,8	23,6	23,4	39,3	27,8	26,2	23,5	12,39	0,026
5	50	27,2	23,8	22,9	41,8	27,8	26,1	23,3	12,40	0,026
6	60	27,1	23,7	22,8	39,3	27,6	25,5	23,1	12,40	0,026
7	70	27,3	22,8	22,5	39,6	28,3	25,4	22,5	12,40	0,026
8	80	27,4	22,5	22,0	38,0	27,9	25,5	22,3	12,40	0,026
9	90	27,4	22,0	21,3	37,9	28,1	25,0	22,0	12,40	0,026
10	100	27,7	21,6	21,0	42,4	29,0	25,4	21,5	12,40	0,026
11	110	27,7	21,5	20,6	40,8	28,3	24,8	21,3	12,40	0,026
12	120	27,8	21,2	20,6	41,2	28,1	25,0	21,0	12,40	0,026

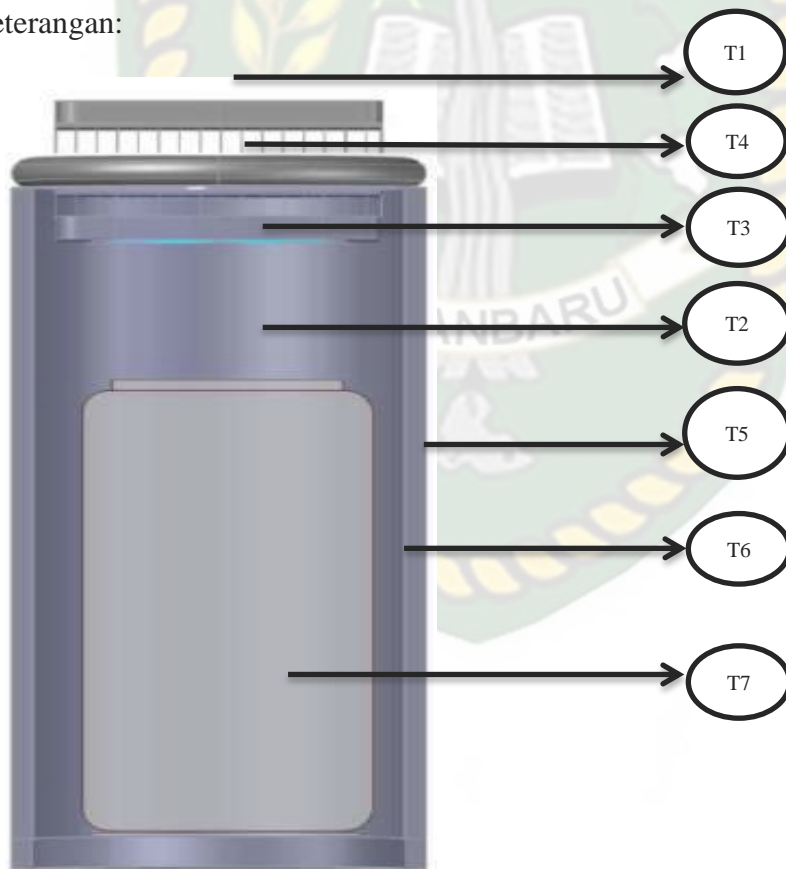


Gambar 4.2 Grafik Pengujian dengan Beban Pendingin

Dari gambar grafik 4.2 dapat dilihat pada pengujian *showcase mini* menggunakan beban dapat dilihat T₂ (temperatur ruang pendingin) mengalami penurunan temperatur pada setiap menitnya temperatur tersebut lebih rendah dari pada suhu T₁ (temperatur lingkungan) pada setiap menit percobaan alat uji. temperatur tertinggi pada temperatur lingkungan (T₁) pada durasi 10 menit ke 120

menit mengalami naik turun karna factor temperature lingkungan, temperatur ruang pendingin (T2) dari durasi 10 menit ke 120 menit mengalami penurunan temperatur ruangan showcase mini dari temperatur tertinggi 25,4 °C dan temperatur terendah 21,2 °C Dan dapat dilihat pada grafik diatas dinding luar (T5) pada alat uji bertemperatur lebih tinggi dari pada dinding bagian dalam (T6), pada temperatur dinding luar (T5) suhu tertinggi nya 29 °C pada durasi ke 100 menit, suhu terendahnya 27,6 °C pada durasi 60 menit. Pada temperatur dinding bagian dalam (T6) suhu tertinggi nya 27,8 °C pada durasi 10 menit, suhu terendahnya didapat 24,8 °C pada durasi 110 menit. Dan pada temperature coldsink (T3) pada durasi 10 menit hingga 120 menit temperatur mengalami penurunan temperature dari 23,1 °C ke 20,6 °C. Pada temperatur heatsink (T4) durasi pembuangan panas tertinggi 42,4 °C dan pembuangan panas terendah pada durasi 10 menit.

Keterangan:



- T_1 : Temperatur Lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)
 T_2 : Temperatur Ruang Pendingin ($^{\circ}\text{C}$)
 T_3 : Temperatur *Coldsink* ($^{\circ}\text{C}$)
 T_4 : Temperatur *Heatsink* ($^{\circ}\text{C}$)
 T_5 : Temperatur Dinding Luar ($^{\circ}\text{C}$)
 T_6 : Temperatur Dinding Dalam ($^{\circ}\text{C}$)
 T_7 : Temperatur Produk ($^{\circ}\text{C}$)
 V : Tegangan Listrik (Volt)
 I : Arus Listrik (Amp)

1. Perhitungan Dimensi Mesin

Dimensi mesin *showcase mini* adalah tinggi 0,3 m, diameter 0,19 m dan jari-jari 0,095 m. laju perpindahan panas secara radiasi dari dinding *showcase* tipe silinder dapat dipengaruhi oleh beban pendingin yang ada didalam *showcase*, karena semakin banyak beban pendingin maka akan semakin lama untuk mencapai suhu kerja.

$$A_{\text{Ruang pendingin}} = \pi r^2 t$$

Keterangan:

$A_{\text{Ruang pendingin}}$: volume tabung silinder bagian dalam (m^3)

π : bilangan irasional

r : jari-jari tabung (m)

t : tinggi tabung (m)

Dimensi mesin pendingin adalah sebagai berikut:

A = volume tabung silinder bagian dalam (m^3)

L = tebal dinding 0,02 m

r = 0,095 m (jari-jari bagian dalam dikurangi tebal dinding)

r = 0,095-0,02

r = 0,075 m

t = 0,3 m (tinggi bagian dalam dikurangi tebal dinding)

t = 0,3 - 0,02

t = 0,28 m

Analisa:

$$A_{Ruang\ pendingin} = \pi r^2 t$$

$$A_{Ruang\ pendingin} = 22/7 \times 0,075 \times 0,075 \times 0,28$$

$$A_{Ruang\ pendingin} = 0,0050 \text{ m}^3$$

Jadi volume dalam tabung pendingin adalah 0,0050 m³

4.2 Beban Perpindahan Panas Konduksi

Beban perpindahan panas konduksi adalah beban yang ditransfer keruang pendingin melalui permukaannya. Untuk mendapatkan nilai beban perpindahan panas konduksi maka dicari nilai hambatan termal menggunakan persamaan berikut:

$$R_{dinding} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi l k_1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi l k_2} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi l k_3}$$

Dimana :

$R_{dinding}$: Hambatan Termal (K/W)

L_1 : Tebal *Aluminium foil* (0,00005 m)

k_1 : Konduktivitas Termal aluminium foil (0,034 W/m.K)

A_1 : Luas Permukaan silinder (0,0283 m²)

L_2 : Tebal *Styrofoam* (0,025 m)

k_2 : Konduktivitas Termal *Styrofoam* (0,040 W/m.K)

A_2 : Luas Permukaan *Styrofoam* (0,0283 m²)

L_3 : Tebal *plat* (0,001 m)

k_3 : Konduktivitas Termal *plat* (0,237 W/m.K)

A_3 : Luas Permukaan *Aluminium Foil* (0,0249 m²)

$$R_{akrilik} = \frac{\ln(r_5/r_4)}{2\pi L K_{akrilik}}$$

Dimana :

- $R_{akrilik}$: Hambatan Termal (K/W)
 $L_{akrilik}$: Tebal Akrilik (0,003 m)
 $K_{akrilik}$: Konduktivitas Termal Akrilik (0,19 W/m.K)
 $A_{akrilik}$: Luas Permukaan Akrilik (0,09 m²)

$$R_{total} = R_{dinding} + R_{akrilik}$$

Maka,

$$R_{dinding} = \frac{\ln(0,055/0,054)}{0,000010} + \frac{\ln(0,075/0,055)}{0,00628} + \frac{\ln(0,095/0,075)}{14,88}$$

$$= 0,009 \frac{K}{W} + 0,307 \frac{K}{W} + 0,231 \frac{K}{W}$$

$$= 948,89 K/W$$

$$R_{akrilik} = \frac{\ln(0,098/0,095)}{0,003}$$

$$= 9,6 K/W$$

$$R_{total} = R_{dinding} + R_{akrilik}$$

$$= 948,89 + 9,6 \frac{K}{W}$$

$$= 958,49 K/W$$

4.2.1 Hasil Perhitungan Beban Perpindahan Panas Konduksi Pada Variasi Tanpa Beban Pendingin

- 1) Durasi 10 Menit

$$Q_{konduksi} = \frac{T_5 - T_6}{R_{total}}$$

$$= \frac{(29,6 + 273K) - (29,3 + 273K)}{958,49 \frac{K}{W}}$$

$$= 0,0003 \text{ Watt}$$

4.2.2 Hasil Perhitungan Beban Perpindahan Panas Konduksi Pada Variasi Dengan Beban Pendingin

1) Durasi 10 Menit

$$Q_{konduksi} = \frac{T_5 - T_6}{R_{total}}$$

$$= \frac{(28,1 + 273K) - (27,8 + 273K)}{958,49 \frac{K}{Watt}}$$

$$= 0,0003 \text{ Watt}$$

Diatas adalah salah satu perhitungan dari variasi tanpa beban pendingin dan dengan beban pendingin. Dari data hasil perhitungan beban perpindahan panas konduksi pada alat penelitian *showcase mini* dengan perbandingan tanpa beban pendingin dan dengan beban pendingin, maka dapat dimasukkan ke tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Beban Perpindahan Panas Konduksi

NO	Durasi Menit	Tanpa Beban Pendingin (Watt)	Dengan Beban Pendingin (Watt)
1	10	0,0003	0,0003
2	20	0,003	0,001
3	30	0,002	0,001
4	40	0,002	0,001
5	50	0,002	0,001
6	60	0,002	0,002
7	70	0,003	0,003
8	80	0,002	0,002
9	90	0,002	0,003
10	100	0,002	0,003

11	110	0,003	0,003
12	120	0,003	0,003

Dari tabel 4.3 diatas, maka dapat ditampilkan kedalam bentuk diagram garis yang akan menjelaskan perbandingan tanpa beban pendingin dan dengan beban pendinginan pada perhitungan beban perpindahan panas konduksi. Diagram garis dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini:



Gambar 4.3. Grafik Hasil Perhitungan Beban Perpindahan Panas Konduksi

Dari diagram garis diatas terdapat dua variasi yaitu tanpa beban pendingin dan dengan beban pendingin. Untuk variasi tanpa beban pendingin didapat nilai pada durasi 10 menit 0,0003 watt, 20 menit 0,003 watt, 30 menit 0,002 watt, 40 menit 0,002 watt, 50 menit 0,002 watt, 60 menit 0,002 watt, 70 menit 0,003 watt, 80 menit 0,002 watt, 90 menit 0,002 watt, 100 menit 0,002 watt, 110 menit 0,003 dan 120 menit dengan nilai 0,003 Watt. Sedangkan variasi dengan beban pendingin didapat nilai pada durasi 10 menit 0,0003 watt, 20 menit 0,001 watt, 30 menit 0,001 watt, 40 menit 0,001 watt, 50 menit 0,001 watt, 60 menit 0,002 watt, 70 menit 0,003

watt, 80 menit 0,002 watt dan 90 menit, 100 menit, 110 menit dan 120 menit, dengan nilai 0,003 Watt.

4.3 Beban Kalor Produk

Beban kalor produk adalah beban yang ditransfer ke dalam produk minuman. Volume pada minuman kaleng sebesar $0,00032 \text{ m}^3$. Untuk mendapatkan nilai beban kalor produk maka dicari dulu nilai massa jenis air dan panas jenis air, nilainya terdapat pada tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.4. Nilai Massa Jenis Air dan Panas Jenis Air

No	Temperatur (°C)	Massa Jenis Air (Kg/m ³)	Panas Jenis (J/Kg.K)
1	20	998,0	4182
2	25	997,0	4180

(Cengel dan Afshin, 2015)

4.3.1 Hasil Perhitungan Beban Kalor Produk

1) Durasi 10 Menit

$$m = \rho \cdot v$$

$$= 997,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,00032 \text{m}^3$$

$$= 0,31904 \text{kg}$$

$$Q_{\text{produk}} = \frac{m \cdot Cp \cdot (T_{70} - T_{71})}{\Delta t}$$

$$= \frac{0,31904 \text{kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}} \cdot [(28,7 + 273) - (26,0 + 273)] \text{K}}{600 \text{ S}}$$

$$= 6 \text{ Watt}$$

Diatas adalah salah satu perhitungan dari beban kalor produk. Dari data hasil perhitungan beban kalor produk, maka data bisa dimasukkan kedalam tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Beban Kalor Produk

NO	Durasi (Menit)	Q_{produk} (Watt)
1	10	6
2	20	4,88
3	30	3,48
4	40	2,89
5	50	2,40
6	60	2,07
7	70	1,97
8	80	1,77
9	90	1,65
10	100	2,65
11	110	1,50
12	120	1,43

Dari tabel 4.5 diatas, maka dapat ditampilkan kedalam bentuk diagram garis yang akan menjelaskan perubahan beban kalor produk, dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini:



Gambar 4.4. Grafik Hasil Perhitungan Beban Kalor Produk

Dari diagram hasil diatas didapat nilai tertinggi dan terendah. Untuk nilai tertinggi didapat pada durasi 10 menit dengan nilai 6 Watt. Sedangkan nilai terendah didapat pada durasi 120 menit dengan nilai 1,43 Watt. Pada menit ke 100 peningkatan dari 1,65 watt ke 2,65 watt dipengaruhi faktor arus listrik pada saat pengujian

4.3.2 Daya Input

Daya *input* adalah banyaknya daya yang masuk pada alat penelitian *showcase mini*. Daya *input* dari pengujian alat penelitian *showcase mini* memiliki nilai yang konstan, maka diambil nilai rata-ratanya. Perhitungan daya *input* dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{in} = V \cdot I$$

Dimana :

P_{in} : Daya *Input* (Watt)

V : Tegangan Listrik (12,40 Volt)

I : Arus Listrik (0,026 Amp)

Maka,

$$\begin{aligned}P_{in} &= V \cdot I \\ &= 12,40 \text{ V} \times 0,026 \text{ A} \\ &= 0,3224 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Jadi, hasil daya *input* yang didapat dari perhitungan diatas adalah sebesar 0,3224 Watt. Nilai tersebut didapat dari data tegangan dan arus listrik hasil pengujian alat penelitian.

4.3.3 COP (*Coefficient Of Performance*)

COP (*Coefficient Of Performance*) adalah ukuran efisiensi dari suatu sistem pendingin. Besarnya COP dipengaruhi oleh besarnya nilai kalor yang diserap produk dan besarnya daya listrik. nilai COP dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$COP = \frac{Q_{produk}}{P_{in}}$$

Dimana :

COP : *Coefficient Of Performance*

P_{in} : Daya *Input* (0,3224 Watt)

Q_{produk} : Beban Kalor Produk (Watt)

4.3.4 Hasil Perhitungan COP

- 1) Durasi 10 Menit

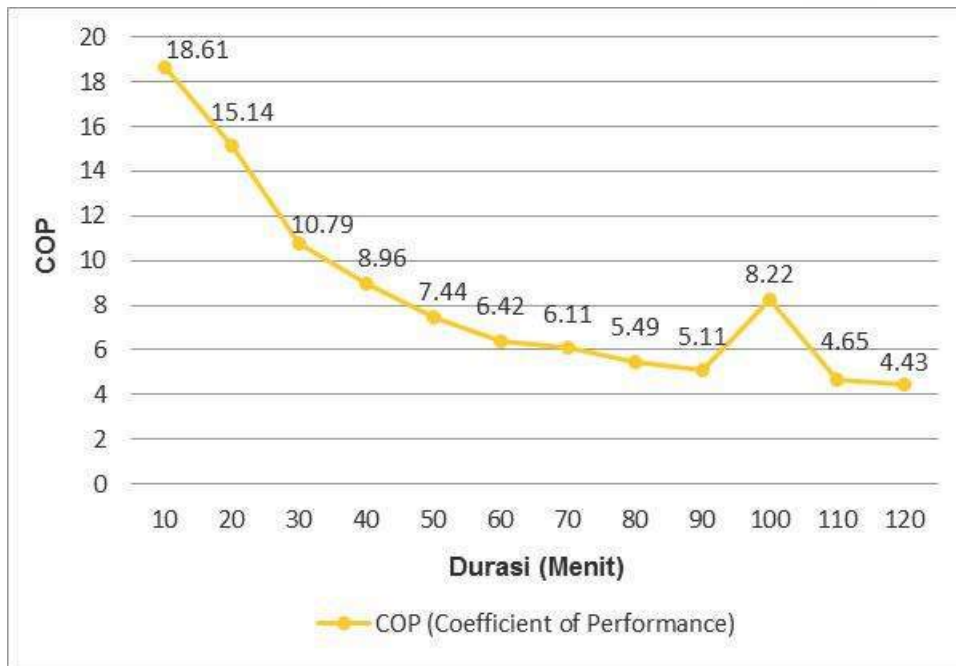
$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{produk}}{P_{in}} \\
 &= \frac{6 W}{0,3224 W} \\
 &= 4,82
 \end{aligned}$$

Diatas adalah salah satu perhitungan dari COP (*Coefficient Of Performance*). Dari data hasil perhitungan COP (*Coefficient Of Performance*), maka dapat dimasukkan kedalam tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6. Hasil Perhitungan COP (*Coefficient Of Performance*)

No	Durasi (Menit)	COP
1	10	18,61
2	20	15,13
3	30	10,79
4	40	8,96
5	50	7,44
6	60	6,42
7	70	6,11
8	80	5,49
9	90	5,11
10	100	8,22
11	110	4,65
12	120	4,43

Dari tabel 4.6 diatas, maka dapat ditampilkan kedalam bentuk diagram garis pada gambar 4.6 dibawah ini:



Gambar 4.5. Grafik Hasil Perhitungan COP (*Coefficient Of Performance*)

Dari diagram hasil di atas didapat nilai tertinggi dan terendah. Untuk nilai tertinggi didapat pada durasi 10 menit dengan nilai 18,21. Sedangkan nilai terendah didapat pada durasi 120 menit dengan nilai 4,43. . Pada menit ke 100 peningkatan dari 5,11 ke 8,22 dipengaruhi faktor arus listrik pada saat pengujian

4.3.5. Cost

Cost adalah Biaya pengeluaran yang digunakan pada alat penelitian *showcase mini*. Untuk mencari nilai *cost*, maka digunakan ukuran tegangan listrik dan arus listrik dari spesifikasi komponen modul pendinginan.

Tabel 4.7. Spesifikasi Komponen Modul Pendingin

No	Komponen	V	I	Jumlah
1	Termoelektrik (TEC)	12	10	1
2	Kipas Besar DC	12	0,02	1
3	Kipas Kecil DC	12	0,02	1

Dari tabel 4.7 maka kita dapat mencari nilai daya *input* untuk menghitung biaya pengeluaran alat penelitian *showcase mini*. Daya *input* dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$P_{in} = V \cdot I$$

Dimana :

P_{in} : Daya *Input* (Watt)

V : Tegangan Listrik (12 Volt)

I : Arus Listrik (Amp)

Maka,

$$\begin{aligned} P_{in} &= V \cdot I \\ &= 12 V \times [(10) + (0,02 \times 2)] \\ &= 120,5 \text{ Watt} \\ &= 0,120 \text{ kW} \end{aligned}$$

Lalu, untuk nilai dari tarif pemakaian listrik digunakan golongan Tarif R-1/TR dengan batas daya 900 VA dapat dilihat pada tabel 2.2 maka perhitungan *cost* bisa dicari dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Cost} &= (P_{in} \times 6\text{hour}) \times 605 \times 30 \text{ hari} \\ &= (0,120\text{kW} \times 2\text{hour}) \times 605 \times 30\text{hari} \\ &= 0,24\text{kWh} \times 605 \times 30\text{hari} \\ &= 4.356 = \text{Rp } 4.356,00 \end{aligned}$$

Jadi, biaya pengeluaran yang digunakan alat penelitian *showcase mini* ini sebesar Rp 145,00 perhari dan Rp 4.356,00 perbulannya.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB V

KESIMPULAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai laju perpindahan kalor yang terjadi pada showcase mini yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Produk penelitian ini berupa mesin showcase mini ini sebagai aplikasi uji laju perpindahan kalor. Langkah penelitian dalam melakukan uji menggunakan beberapa persamaan yang saling berkaitan, diantara melakukan perhitungan pada dimensi mesin, mengetahui beban perpindahan panas konduksi, mengetahui beban kalor produk, daya input, coefficient of performance, serta biaya pengeluaran yang digunakan pada alat penelitian..
2. Hasil pengujian menunjukkan laju perpindahan panas konduksi pada seluruh permukaan dalam dinding ruangan showcase mini adalah sebesar 948,89 K/W
3. Pada perhitungan beban perpindahan panas konduksi pada variasi tanpa beban pendingin dengan durasi 10 menit didapatkan 0,003 watt, dan hasil perhitungan beban perpindahan panas konduksi pada variasi dengan beban pendingin didapatkan hasil 0,003 watt.
4. Dalam perhitungan hasil didapatkan nilai COP (*Coefficient Of Performance*) yang tertinggi sebesar 18,61 dan terendah sebesar 4,43.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai laju perpindahan kalor yang terjadi pada ruang showcase mini menggunakan modul thermoelektri cooler , maka diajukan saran dari peneliti sebagai berikut:

1. Pengembangan terhadap material dinding dan tutup agar dingin yang dihasilkan lebih optimal.

2. Untuk bagian pembuang panas pada *heatsink* agar dapat ditingkatkan lagi supaya panas yang dibuang lebih optimal.
3. Penambahan baterai pada alat *showcase mini* agar alat bisa digunakan dimana saja.
4. Pengembangan terhadap *casing showcase mini* agar penampilannya lebih menarik.



DAFTAR PUSTAKA

- Aris Suryadi, dkk, (2020). *Rancangan Bangun Kulkas Mini Portable Menggunakan Peltier*. Jurnal SIMETRIS, Vol. 11 No. 1, Politeknik Enjening Indorama
- Budi, Anggraini, Ekadewi² , Amelia³), (2018). *Perancangan Cold Showcase Vertikal Berkapasitas 100L Dengan Menggunakan 2 Lapis Kaca*
- Cengel, dkk. (2005) *Heat Transfer – A Practical Approach* (2nd ed). John Wileys & Sons, Inc.
- Isnanda, dkk. (2019), *Pengaruh Retrofit Refrigeran Cfc-12 Dengan Hcr-12 Terhadap Kinerja Refrigerator Domestik Dan Perawatannya*. Jurnal Teknik Mesin (JTM) Vol.12 No.2. Politeknik Negri Padang
- Rahmat Rais Muhammad ,(2015), *Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen* Jurnal Imiah Teknik Mesin, Vol. 3, No.1. Universitas Islam 45 Bekasi
- Romanto Sumirat Iwan.(2013). *Rancang Bangun Prototipe Kulkas Mini Thermo Elektrik*. Universitas Ibn Khaldun. JuTeks Vol.1, Universitas Ibn Khaldun
- Wibowo Kusbandono¹, PK Purwadi², 2016. *Pengaruh Adanya Kipas yang Mengalirkan Udara Melintasi Kondensor terhadap COP dan Efisiensi Mesin Pendingin Showcase*. Jurnal ilmiah. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, Indonesia.
- Heri Haryanto, M. Rifa Makhsom Irma Saraswati, 2015, *PERANCANGAN MODUL TERMOELEKTRIK GENERATOR MENGGUNAKAN PELTIER*, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia.
- Mirmanto, R. Sutanto, D.K. Putra, 2018, *Unjuk Kerja Kotak Pendingin Termoelektrik dengan Variasi Laju Aliran Massa Air Pendingin*, Universitas Mataram
- Mangsur, 2010, *Pengembangan Cool box Tipe CB-02 Multifungsi Ramah Lingkungan Berbasis Termoelektrik Untuk Kendaraan Roda Dua*, Universitas Indonesia
- Sriwuryant 2016. Bab II Konduksi Perpindahan Panas. Politeknik Negeri Bandung.
- Eddy Elfiano, Rieza Zulrian Aldio, Muhammad Helmy, Sutan Lazrisyah 2021, *RANCANG BANGUN DAN ANALISA TERMAL SHOWCASE MINI*

SERBAGA ALAT PENDINGIN MINUMAN MENGGUNAKAN MODUL TERMOELEKTRIK , Universitas Islam Riau Pekanbaru.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau