



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN COOL-HOT BOX BERBASIS POMPA
KALOR THERMOELETRIK DAN HEAT-PIPE**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

LEO SAHAT PARUNTUNGAN

0706198650

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI EKSTENSI TEKNIK MESIN

DEPOK

JULI 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi adalah hasil karya sendiri,

Dan semua sumber baik dikutip maupun dirujuk,

Telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Leo Sahat Paruntungan

NPM : 0706198650

Tanda Tangan :

Tanggal : 2 Juli 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Leo Sahat Paruntungan
NPM : 0706198650
Program studi : Teknik Mesin
Judul skripsi : Pengembangan Cool-Hot Box Berbasis Pompa Kalor thermoelektrik dan Heat-Pipe

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir.Imansyah Ibnu Hakim M.Eng (.....)
Penguji : Prof.Dr. Ir. Yanuar, MEng (.....)
Penguji : Ir. Wahyu Nirbito, MSME (.....)
Penguji : Dr. Ir. Engkos Ahmad Kosasih, MT(.....)

Ditetapkan di :Depok

Tanggal : 2 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir.Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (3) sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 2 Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Leo Sahat Paruntungan
NPM : 0706198650
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGEMBANGAN COOL-HOT BOX BERBASIS POMPA
KALOR THERMOELETRIK DAN HEAT-PIPE**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 2 Juli 2009

Yang menyatakan

(Leo Sahat Paruntungan)

ABSTRAK

Nama : Leo Sahat Paruntungan

Program : Teknik Mesin

Judul : Pengembangan *Cool-Hot Box* berbasis Pompa Kalor Thermoelektrik dan Heatpipe

Cool-Hot box adalah alat yang digunakan untuk penyimpanan makanan ataupun minuman dengan menggunakan kondisi panas dan dingin.

Carrier box merupakan salah satu alat pelengkap sebagai benda penyimpanan yang berguna pada transportasi motor. Sebagai fungsi tambahan *carrier box* biasa berguna sebagai penyimpanan barang yang membutuhkan sistem pendingin atau pemanas. Penelitian sebelumnya telah dikembangkan *carrier box* motor untuk sistem pendingin saja dengan pompa kalor menggunakan thermoelektrik dan *heat pipe*.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat *carrier box* menjadi sistem pendingin sekaligus pemanas yang menggunakan pompa kalor thermoelektrik berupa *heatpipe fan* dan *heatsink fan* dengan double peltier

Hasil dari *cool – hot box* dapat ditargetkan sebagai sistem pendingin mencapai suhu $0 - 5^{\circ}\text{C}$ dan pemanas di atas 60°C

Kata kunci : *carrier Box*, thermoelektrik, heat pipe

ABSTRACT

Name : Leo Sahat Paruntungan

Program : Mechanical Engineering

Theme : Development Of Cool Hot-Box Based on Thermoelectric Heat pump and Heat pipe

Cool Hot Box is a device that usually for saving goods that required cold or hot conditions such as food, drink, vaccine blood etc

Carrier box is accessory of motorcycle used as a storage of property so it is useful in transportation field using motorcycle. For adding functional value of box carrier, it is needed to make a system refrigerant that can save the goods on cold condition and heating system to warm those goods too. Research before had been developed a box carrier motorcycle using thermoelectric module using heat-pipe as appear on cold side only.

The objective of this research is to know the cooling and heating performance and characteristic of carrier box that using heat-pipe fan and heat sink-fan on the other side of double peltier.

The result of the research are box carrier are implied with double peltier on heat pipe that can produce the cabin temperature 5 – 10 °C and heating over 60 °C

Keywords : carrier Box, thermoelectric, heat pipe

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR TUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
2. DASAR TEORI	5
2.1 Pendinginan Thermoelektrik.....	5
2.1.1 Prinsip Kerja Pendinginan Thermoelektrik.....	5
2.2 Prinsip kerja Heat Pipe.....	7
2.3 Perpindahan Kalor Pada Alat Carrier Box.....	8
2.3.1 Perpindahan Kalor Konduksi.....	8
2.3.2 Perpindahan Kalor Konveksi.....	9
2.3.3 Tahanan Kontak Thermal.....	9
3. DESAIN DAN MANUFAKTUR	11
3.1 Konsep Desain.....	11
3.2 Desain Alat.....	13
3.2.1 Pemilihan Material.....	13
3.3 Pembuatan Alat.....	15
4. PENGUJIAN PROTOTYPE COOL-HOT BOX	18
4.1 Tujuan Pengujian.....	18

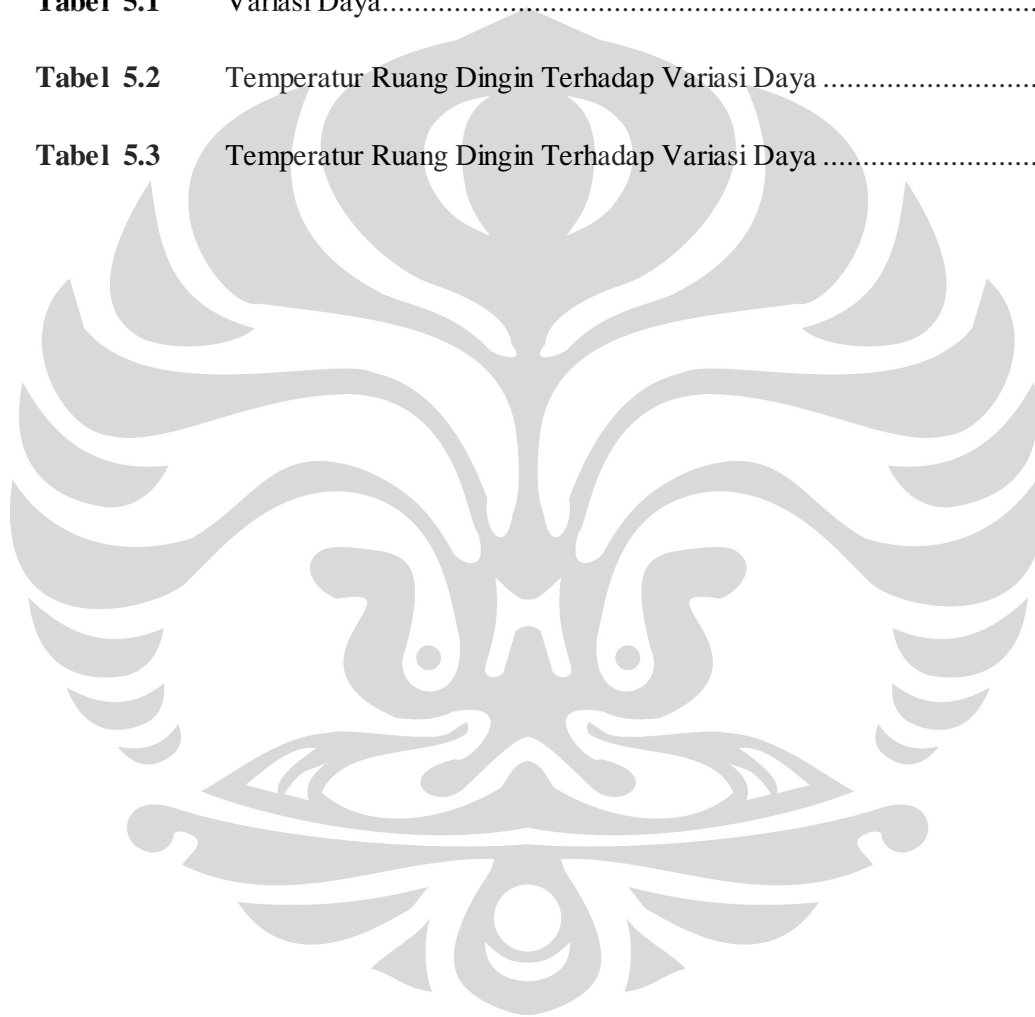
4.2 Instalasi Pengujian Alat.....	18
4.3 Komponen dan Peralatan Pengujian.....	19
4.4 Langkah – langkah Proses Uji yang Dilakukan.....	21
5. HASIL DAN ANALISA.....	24
5.1 Hasil dan Analisa Pengujian.....	24
5.1.1 Pengujian dengan Variasi Daya Peltier.....	24
5.1.2 Perbandingan Suhu ruang Dingin Variasi Daya Peltier tanpa beban.....	25
5.1.3 Perbandingan Suhu ruang Panas Variasi Daya Peltier tanpa beban.....	29
5.1.4 Cool Box Dengan Beban Kaleng Minuman.....	32
5.1.5 Hot Box dengan Beban Makanan Burger.....	33
5.1.6 Pengujian Aktual Di Lapangan Tanpa Beban.....	34
6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
6.1 Kesimpulan.....	35
6.2 Saran.....	35
DAFTAR REFERENSI	

DAFTAR GAMBAR

Halaman	
Gambar 2.1	Skema Aliran Peltier 6
Gambar 2.2	Arah Aliran electron pada Peltier module..... 7
Gambar 2.3	Prinsip Kerja Heatpipe..... 7
Gambar 3.1	Rangkaian listrik sambungan ke switch 15
Gambar 3.2	Coolink GFX Chilla Quiet VGA Cooler 17
Gambar 4.1	Instalasi alat Pengujian..... 18
Gambar 4.2	Power Supply Untuk Peltier..... 20
Gambar 4.3	Gambar Multimeter..... 21
Gambar 4.4	Diagram Langkah – langkah Pengujian..... 21
Gambar 5.1	Grafik perbandingan Suhu ruang dingin tiap variasi daya tanpa beban. 28
Gambar 5.2	Grafik perbandingan Suhu ruang panas tiap variasi daya tanpa beban. 31
Gambar 5.3	Grafik Cool Box Dengan Beban Tiap Kaleng..... 32
Gambar 5.4	Grafik Hot box dengan Beban tiap Burger..... 33
Gambar 5.5	Grafik Cool-Hot Box Tanpa Beban Kondisi Aktual..... 34

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Karakteristik Insulflex	6
Tabel 3.2	Karakteristik thermal pasta	7
Tabel 4.1	Tabel Spesifikasi <i>Cool-Hot Box</i>	18
Tabel 5.1	Variasi Daya.....	24
Tabel 5.2	Temperatur Ruang Dingin Terhadap Variasi Daya	24
Tabel 5.3	Temperatur Ruang Dingin Terhadap Variasi Daya	29



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Cool-Hot box merupakan sebuah alat yang bisa digunakan untuk menyimpan bahan – bahan yang memerlukan kondisi dingin ataupun panas sebagai contoh makanan, minuman dan lain sebagainya. Untuk suatu cool box atau hot box yang statis menggunakan system pendingin ataupun pemanas yang konvensional. Untuk itu perlu dicari sistem pendingin atau pemanas yang lebih baik untuk dapat diaplikasikan.

Terdapat suatu komponen termoelektrik yang dikenal dengan elemen peltier yang berfungsi sebagai pompa kalor. Komponen ini banyak digunakan untuk kotak pendingin, misalnya dispenser, pendingin prosesor komputer dan lain sebagainya. Elemen peltier mempunyai bentuk yang compact dan dapat diaplikasikan dengan daya relatif kecil.

Dengan fakta bahwa sekarang ini sepeda motor merupakan salah satu kendaraan yang mempunyai nilai lebih dalam peranan transportasi dibanding kendaraan lain. Kemampuannya yang bebas macet, ekonomis merupakan beberapa faktor orang memilih untuk menggunakan sepeda motor. Adanya *cool-hot box* dalam kotak bagasi merupakan suatu peluang inovasi yang menjanjikan pula.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Untuk membuat sebuah *carrier box* sepeda motor yang mempunyai fitur pendingin dan pemanas, di perlukan suatu unit pendingin sekaligus pemanas yang mampu diaplikasikan pada sepeda motor yang mempunyai beberapa keterbatasan ruang serta dayanya. Oleh karena itu dipilih pemakaian pompa kalor termoelektrik elemen peltier yang mempunyai kelebihan, antara lain *compact* dan dapat memakai daya aki 12 Volt dari sepeda motor.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan dan pengujian box motor berpendingin dengan melakukan modifikasi pada *box* motor yang sudah ada dipasaran dengan volume 8 L memakai daya aki sepeda motor sebesar 12 Volt.

Mengacu pada penelitian sebelumnya bahwa dengan peliter ganda dengan rangkaian listrik ber-seri atau paralel serta penggunaan *heat pipe* yang dapat menghasilkan ruang pendingin dan pemanas yang baik.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah merancang dan membangun alat carrier box sepeda motor yang memiliki nilai estetika, hemat energi, nilai jual dan menguji kinerja pendinginan dan pemanas dari elemen peltier dengan menggunakan heat pipe fan sebagai pendingin sisi panas dan pemanas sisi dingin elemen peltier, sehingga *carrier box* yang dirancang diharapkan dapat memudahkan peneliti mendapatkan ruang pendingin dan pemanas yang baik pada *carrier box* sepeda motor.

1.4 PEMBATASAN MASALAH

Pembatasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Merancang dan bangun alat carrier box dengan menggunakan termoelektrik modul, *heatpipe* dan *heatsink*.
2. Pemakaian double petlier disisi depan dan belakang *box*
3. Penggunaan arus DC sebagai input daya pada system pendingin

1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literature merupakan proses pembelajaran bahan – bahan yang berkaitan dengan materi bahasan yang berasal dari buku – buku, jurnal dan situs – situs internet.

2. Perancangan *Cool Hot box*

Perancangan alat carrier box dilakukan dengan pertimbangan seperti sifat material, kemudahan dalam mencari komponen – komponen yang dibutuhkan dipasaran, kelayaka dalam proses produksi, serta pertimbangan dalam aspek portable dan ergonomis alat.

3. Pembuatan prototipe

Pembuatan prototype dibuat dengan tujuan untuk mengetahui kinerja *cool-hot box* yang dirancang.

4. Pengujian *Cool Hot Box*

Pengambilan data temperature pada *carrier box* dan pengolahan data pengujian

5. Analisa dan Kesimpulan Hasil Pengujian

Setelah data diolah maka dilakukan proses analisa terhadap grafik yang diperoleh. Dari analisa tersebut akan diperoleh kesimpulan terhadap proses pengujian.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan skripsi ini dilakukan menurut urutan bab – bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi latar belakang yang melandasi penulisan skripsi, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan metodologi penelitian.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan teori – teori yang mendasari penelitian ini dan perkembangan teknologi termolektrik yang kemungkinan bisa diterapkan untuk *carrier box*. Tinjauan pustaka ini diambil dari beberapa buku, jurnal dan situs – situs internet.

BAB III PROSES DESAIN DAN MANUFAKTUR

Bab ini berisi penjelasan secara lengkap tentang konsep desain alat dan proses pembuatan alat.

BAB IV PENGUJIAN ALAT COOL-HOT BOX

Bab ini berisi penjelasan secara lengkap tentang peralatan-peralatan, instalasi, langkah – langkah serta jenis pengujian yang dilakukan.

BAB V HASIL DAN ANALISA

Bab ini menganalisa data – data hasil pengujian *carrier box* serta membandingkannya dengan literatur yang ada.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini akan diambil beberapa kesimpulan dari seluruh analisa yang telah dilakukan dengan disertai saran terhadap pengembangan desain selanjutnya.



BAB II

DASAR TEORI

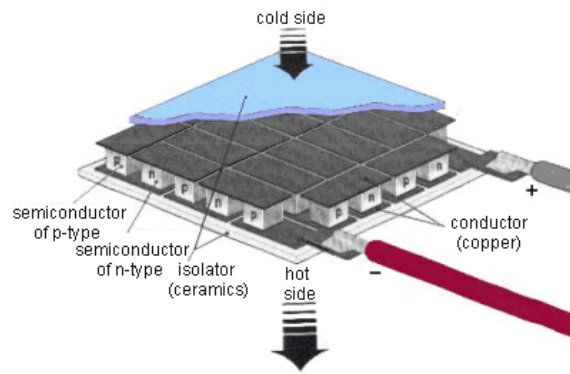
2.1 PENDINGIN THERMOELEKTRIK

Dua logam yang berbeda disambungkan dan kedua ujung logam tersebut dijaga pada temperature yang berbeda, maka akan ada lima fenomena yang terjadi, yaitu fenomena efek joule, efek fourier, efek seebeck, efek peltier dan efek Thomson.

Efek peltier ditemukan oleh Jean Charles Athanase Peltier pada tahun 1834 dengan memberikan tegangan pada dua sambungan logam yang berbeda menghasilkan perbedaan temperature. Hasil penemuan ini diikuti dengan perkembangan teknologi material semikonduktor menghasilkan alat yang dinamakan pendingin termoelektrik (thermoelectric cooler). Teknologi ini berkembang dengan pesat baik pada bidang aplikasi pendinginan maupun pemanasan setelah adanya perkembangan material semikonduktor.

2.1.1 Prinsip Kerja Pendingin Termoelektrik

Prinsip kerja pendingin termoelektrik berdasarkan efek peltier, yaitu ketika arus DC dialirkan ke elemen peltier yang terdiri dari beberapa pasang sek semikonduktor tipe p (semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah) dan tipe n (semikonduktor dengan tingkat energi lebih tinggi) akan mengakibatkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lainnya di menjadi panas (kalor dilepas) dan sebaliknya jika arah arus dibalik semikonduktor tipe n ke semikonduktor tipe p untuk menjadi panas pada sisi keluarannya. Seperti Gambar 2.1 sisi elemen peltier yang menjadi panas maupun dingin tergantung dari arah arus listrik.



Gambar 2.1 Skema aliran peltier

Hal ini menyebabkan sisi dingin elemen peltier menjadi dingin adalah mengalir elektron dari tingkat energi yang lebih rendah pada semikonduktor tipe-p, ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu semikonduktor tipe-n. supaya elektron tipe p yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah dapat mengalir maka elektron menyerap kalor yang mengakibatkan sisi tersebut menjadi dingin, dan sebaliknya untuk mendapatkan panas diperlukan kebalikan polaritas arus. Sedangkan pelepasan kalor kelingkungan terjadi pada sambungan sisi panas, dimana elektron mengalir dari tingkat energi yang lebih tinggi (semi konduktor tipe-n) ke tingkat energi yang lebih rendah (semikonduktor tipe-p), untuk dapat mengalir ke semikonduktor tipe-p, kelebihan energi pada tipe n dibuang ke lingkungan sisi tersebut menjadi lebih dingin.

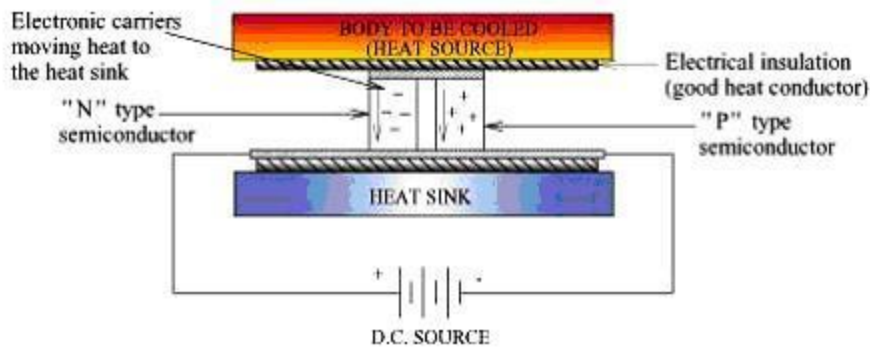
Seperti terlihat pada gambar penyerapan kalor dari lingkungan terjadi pada sisi dingin kemudian akan dibuang pada sisi panas dari modul peltier. Sehingga nilai kalor yang dilepaskan pada sisi panas sama dengan nilai kalor yang diserap ditambah dengan daya diberikan ke modul.

$$Q_h = Q_c + P_{in} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana: Q_h = Kalor yang dilepaskan pada bagian hot side elemen peltier [Watt]

Q_c = Kalor yang diserap pada bagian cold side elemen Peltier [Watt]

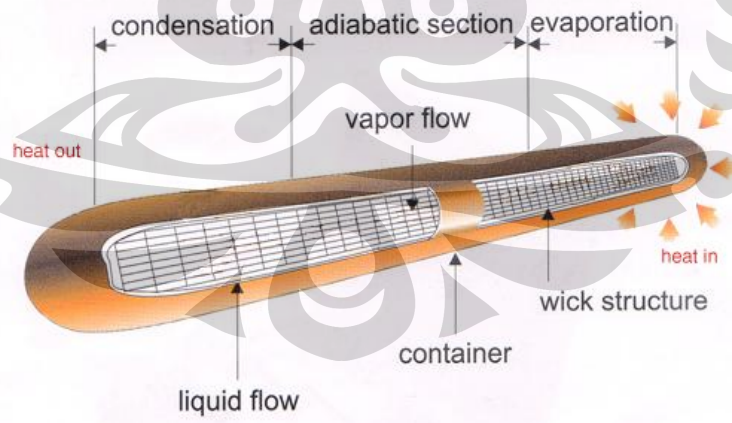
P_{in} = Daya input [Watt]



Gambar 2.2 Arah aliran electron pada peltier modul

2.2 Prinsip kerja Heat Pipe

Heatpipe terdiri dari tiga bagian: Evaporator yang berada pada salah satu ujungnya, dimana panas diserap dan cairan diuapkan; kemudian kondenser (pengembun) yang terletak pada ujung lainnya dimana uap diembunkan dan panas dilepaskan; dan terakhir bagian adiabatic yang terletak di antara keduanya. Adiabatik adalah keadaan dimana tidak terjadi (atau sangat kecil, dapat diabaikan) perpindahan panas ke atau dari lingkungan sekitarnya. Adiabatik dapat terjadi berdasarkan dua kemungkinan: sistem diisolasi dengan sempurna, atau temperatur didalam dan diluar sama.



Gambar 2.3 Prinsip Kerja *Heatpipe*

2.3 PERPINDAHAN KALOR PADA ALAT CARRIER BOX

Perpindahan kalor yang terjadi pada *carrier box* ada dengan cara konduksi dan konveksi. Konduksi terjadi pada ruang dingin atau panas *box*.

2.3.1 Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor yang terjadi secara konduksi berarti perpindahan kalor/panas tanpa diikuti perpindahan dari molekul benda tersebut. Konduksi juga dapat dikatakan sebagai *transfer energy* dari sebuah benda yang memiliki energi yang cukup besar menuju ke benda yang memiliki energi yang rendah.

Persamaan yang digunakan untuk perpindahan kalor konduksi dikenal dengan hukum Fourier, yaitu:

$$q = -k \cdot A \frac{T_0 - T_1}{\Delta x} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk mencari nilai tahanan thermal dari suatu material padatan digunakan rumus

$$R_T = \frac{T_0 - T_1}{q} = \frac{1}{kA} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana : q = energi kalor [Watt]

k = konduktivitas thermal [W/m.K]

A = luas permukaan [m²]

Δx = tebal penampang permukaan [m]

T₀ = Temperatur yang lebih tinggi [K]

T₁ = temperature yang lebih rendah [K]

R_T = Tahanan Termal [K/W.m]

Nilai minus (-) dalam persamaan diatas menunjukkan bahwa kalor selalu berpindah kearah temperature yang lebih rendah.

2.3.2 Perpindahan Kalor Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor yang terjadi akibat adanya pergerakan molekul pada suatu zat, gerakan inilah yang menyebabkan adanya transfer kalor. Konveksi sendiri dapat dibagi menjadi 2, yaitu konveksi bebas atau konveksi alamiah terjadi apabila pergerakan fluida dikarenakan gaya (buoyancy force) akibat perbedaan densitas fluida tersebut. Perbedaan kerapatan itu sendiri bias terjadi karena adanya perbedaan temperatur akibat proses pemanasan. Sedangkan pada konveksi paksa pergerakan fluida terjadi akibat oleh gaya luar seperti dari kipas (fan) atau pompa. Pada perpindahan kalor konveksi berlaku hukum pendinginan Newton, yaitu:

$$q = h \cdot A (T_s - T_\infty) \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

q = energi kalor [W]

h = koefisien perpindahan kalor konveksi [W/m².K]

A = luas area permukaan [m²]

T_s = temperatur permukaan [K]

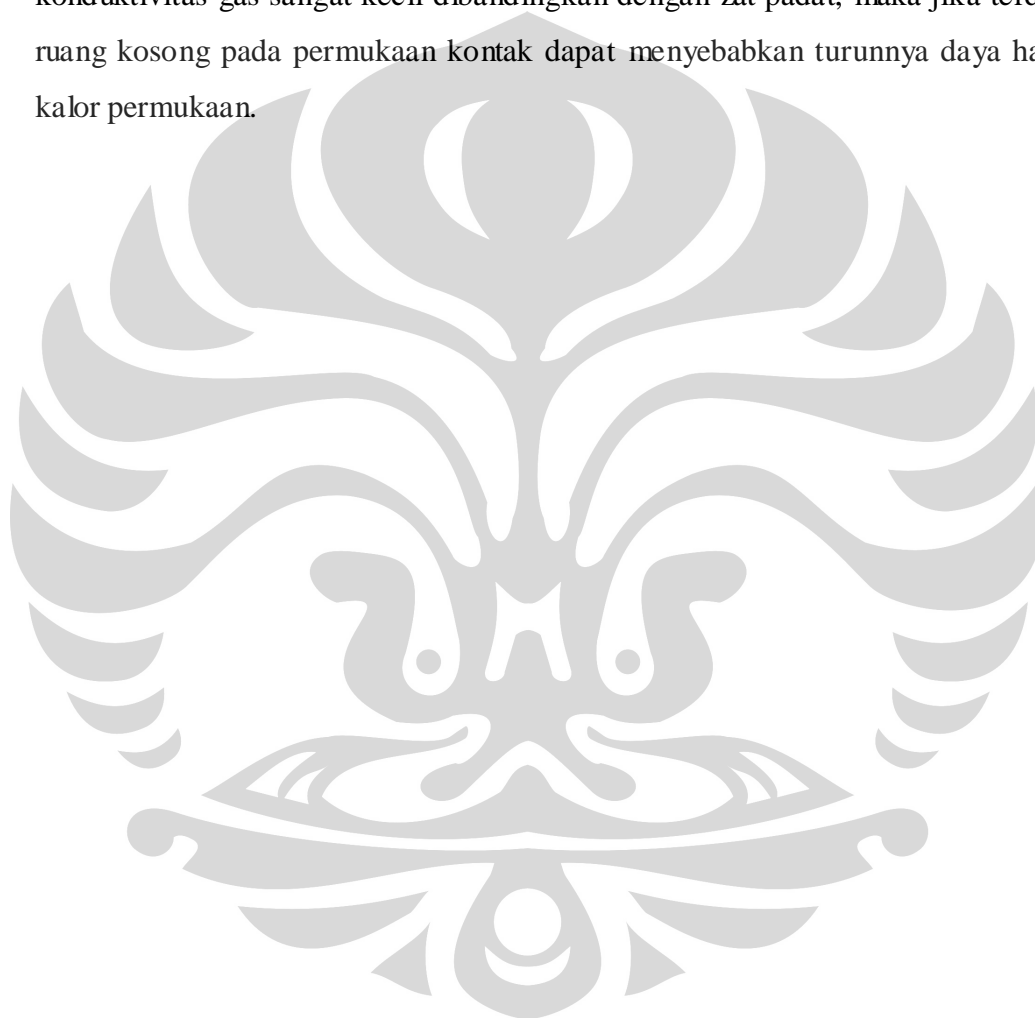
T_∞ = temperatur ambient [K]

2.3.2 Tahanan Kontak Thermal

Pada pemasangan modul termoelektrik dengan *heat pipe* akan terjadi bidang kontak antara keduanya yang menyebabkan penurunan temperatur secara tiba – tiba pada persinggungan keduanya. Hal ini terjadi karena adanya tahanan kontak termal (thermal resistance), dimana nilai kekasaran permukaan bidang kontak akan mempengaruhi laju perpindahan kalor ada dua unsur pokok yang menentukan perpindahan kalor pada sambungan, yaitu:

- a. Konduksi antara zat pada dengan zat padat pada titik – titik persinggungan (contact spot)
- b. Konduksi melalui gas yang terkurung pada ruang – ruang lowong terbentuk karena persinggungan (air gap)

Kedua faktor ini diperkirakan memberikan pengaruh utama terhadap aliran kalor, seperti terlihat pada pengaruh hambatan kontak terhadap laju kalor. Karena konduktivitas gas sangat kecil dibandingkan dengan zat padat, maka jika terdapat ruang kosong pada permukaan kontak dapat menyebabkan turunnya daya hantar kalor permukaan.



BAB III

DESAIN DAN MANUFAKTUR

3.1 KONSEP DESAIN

Pada desain alat ini, digunakan temperature dingin tanpa beban, sekitar 0-5 °C, sebagai acuan dan suhu panas makanan bekisar diatas 60 °C. desain ini juga pengembangan dari desain yang sebelumnya ada. Berdasarkan kebutuhan – kebutuhan tersebut, maka perlu digambarkan pemikiran – pemikiran umum yang mendasari perancangan alat ini:

- Menggunakan 2 buah elemen peltier pada setiap sisinya. Elemen peltier digunakan karena bentuknya yang ringkas dan tidak menggunakan refrigerant sebagai media perpindahan kalor.
- Elemen peltier disusun paralel secara termal dan seri secara kelistrikan. Disusun secara paralel secara thermal, agar didapatkan ΔT yang semakin tinggi, sehingga kalor yang dilepas semakin besar. Sedangkan disusun secara seri kelistrikan, agar diperoleh nilai arus listrik yang optimal, karena jika disusun paralel akan memberi hambatan total yang kecil sehingga dibutuhkan sangat besar untuk tegangan kerja yang sama.
- Plat konduktor (aluminium) digunakan untuk mempercepat penyerapan panas pada ruang, pada sisi ruang yang didinginkan atau dipanaskan.
- Supaya sistem ini memiliki kemampuan untuk mempertahankan dingin atau panas yang baik, diperlukan suatu material tambahan yaitu *bracket* aluminium yang dipasang antara peltier sisi dingin dengan plat konduktor ruang pendingin.
- *Heat-pipe* paket, yang terdiri dari heatpipe dan fan berfungsi untuk menjaga T_h politer tidak terlalu tinggi, sehingga T_c yang dicapai dapat menjaga temperatur ruang pada kisaran yang dibutuhkan. *Heat pipe fan* ini merupakan pengembangan dari heatpipe sebelumnya yang berukuran besar dan tidak *compact*.

- Karena prinsip kerja peltier menggunakan ΔT , yaitu temperatur dingin maksimal = temperatur panas maksimal - ΔT , dan temperatur panas maksimal = temperatur panas + ΔT , maka supaya dapat mencapai temperatur sisi dingin yang maksimum, pada sisi panasnya harus ditekan serendah-rendahnya, dan sebaliknya untuk mendapatkan
- Untuk mengoptimalkan proses pelepasan kalor, tidak cukup hanya dengan konveksi alami mengingat tingginya temperatur yang dihasilkan oleh sisi panas peltier. Maka dari itulah digunakan metode konveksi paksa yaitu dengan menggunakan *fan*.
- Dalam penyusunan antara plat ruang pendingin, bracket, peltier dan heat sink pasti terdapat rongga – rongga berukuran mikro yang dapat menyebabkan tidak meratanya proses transfer kalor antar komponen. Untuk itu diperlukanlah suatu material yang bersifat konduktor dan mampu mengisi ruang – ruang kosong tersebut. Material yang digunakan berupa pasta dengan daya hantar thermal yang tinggi sekaligus memiliki sifat melekatkan sehingga membantu menjaga posisi komponen – komponen yang saling bersentuhan supaya tidak bergeser – geser sewaktu benda dioperasikan.
- Untuk mengoptimalkan proses pendinginan dan pemanasan diperlukan suatu system isolasi. Isolasi diletakkan pada sisi luar plat pendingin/pemanas ruangan dan seluruh sisi ruang pendingin/pemanas. Isolasi ini harus memiliki sifat isolator yang sangat baik mengingat letaknya sekaligus posisinya sebagai pembatas *cooling-heating system*.
- Bodi dari alat ini harus memiliki sifat isolator, tahan bentur, tidak berbahaya dan bereaksi bila bersentuhan dengan kulit serta tahan terhadap tekana vakum, sehingga proses pendinginan / pemanasan dalam sistem optimal
- Karena dalam operasionalnya alat ini bersifat *portable* dan cenderung diletakkan pada kendaraan bermotor, maka sumber daya yang digunakan dikonsentrasikan ke sumber arus searah (DC) dari motor yaitu aki.

3.2 DESAIN ALAT

Dalam mendesain alat *cool-hot box* tentunya mengacu pada ukuran komponen – komponen lainnya seperti peltier, plat, aluminium sirip, ruang pendinginan dan pemanas dan ukuran komponen – komponen pelengkap lainnya, selain ukuran mengacu pada nilai estetika dan biaya karena tentunya itu dari disain alat ini berorientasi pada tiga hal fungsi, estetika dan biaya

Dalam konsep pembuatan *cool-hot box* ini memiliki salah satu acuan suhu ruang yang baik dalam menjaga penyimpanan makanan atau pun yang lainnya.

Pada lampiran dapat dibaca, bahwa makanan zona makanan dingin berkisar pada suhu 0 – 5 °C dan zona suhu makanan panas pada suhu diatas 60 °C.

3.2.1 PEMILIHAN MATERIAL

Dalam memilih material komponen – komponen yang diperlukan tentunya kita melihatnya dari sisi kualitas, harga dan ketersediaan yang ada di pasaran, sebagai rincian akan dijelaskan sebagai berikut:

- Plat Ruang *Cool-Hot Box*

Plat ruang *cool-hot box* berfungsi untuk menyerap kalor dari pompa kalor peltier yang didukung dengan *heat-pipe*. Oleh karena itu, plat ini harus memiliki sifat daya hantar kalor yang tinggi (berfungsi sebagai penyerap kalor utama dalam system *cool-hot box*), mampu menyimpan dingin dan mempertahankan kondisi panas/dingin ruangan, mudah dibentuk sesuai dengan keinginan, anti karat (mengingat kemungkinan terjadinya kondensasi pada ruang pendingin), dan tidak bereaksi dengan kulit maupun dengan tabung darah ataupun darah, titik didih tinggi sehingga cocok sebagai pemanas. Berdasarkan hal tersebut digunakan plat aluminium dengan ketebalan 1 mm.

- Bodi

Fungsi dari bodi ini adalah memberikan suatu bentuk utama dari benda, mampu dibuat tanpa harus secara missal, memiliki sifat isolator baik kalor maupun listrik, tidak terbuat dari material yang mudah bereaksi dengan kulit, memiliki tingkat *yield strength* yang tinggi (mampu menahan

tekanan sekitar 3 psi dibawah tekanan atmosfer), tahan bentur dan untuk memudahkan pengamatan selama pengujian, bodi dibuat dari bahan yang bersifat transparan. Berdasarkan criteria tersebut, dipilih material acrylic yang dijadikan sebagai material penutup bodi.

- Isolasi

Fungsi dari isolasi adalah membatasi proses serapan kalor supaya hanya terjadi pada ruang pendingin / pemanas dan tidak menyebar ke bodi dan sekitarnya. Sekaligus pula untuk mencegah masuknya kalor dari luar sistem pendingin/pemanas. Maka dari itu isolasi harus memiliki sifat isolator yang baik/ daya hantar kalor yang rendah, mudah dibentuk sesuai dengan keinginan, dan elastis (supaya dapat mengisi rongga – rongga yang muncul akibat kurang rata komponen – komponen yang ada seperti tutup, palat ruang pendingin, dan bodi).

Isolasi pada alat ini pada akhirnya menggunakan insulflex sebagai isolasi sekeliling palat ruang pendingin/pemanas.

Tabel.3.1 Karakteristik Insulflex

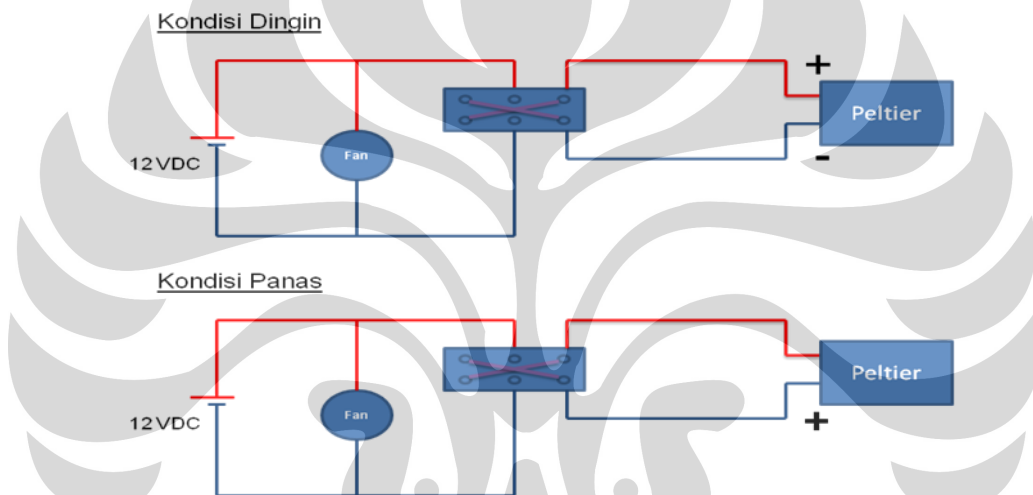
AVERAGE PHYSICAL PROPERTIES	RATING	TEST METHODS
Density	0.08 - 0.12 gm/cm ³ (5 - 8 lb/cuft)	ASTM D 1667
Thermal Conductivity at 20° mean temp.	0.0374 W/mK (0.26BTU.in/hr.ft ² . °F)	ASTM C 177
Temperature Limits °C	-40°C to +105°C	
Water Absorption (% by weight)	3	ASTM D 1056
Water Vapour Permeability Perm -in. Max	0.2	ASTM E 96
Ozone Resistance	Excellent	
Thermal Stability 7 days (% shrinkage) 200°F	4.5	ASTM C 548
7 days 220°F	5.5	
Average Spread of Flame Average time of burning Average extend of burning Flexibility Weather and Ultraviolet Rays Resistance	CLASS 1 Less than 5 seconds 15mm Excellent Good	BS 476 PART 7 ASTM D 635 - 91

- **Thermal Pasta**

Tabel 3.2 Karakteristik Thermal Pasta

Form	1 Part
Color	White
Viscosity/Flowability	Nonflowing
Specific Gravity (cured)	2.37
Shelf Life	24 months from DOM
Dielectric Constant	4.4 at 100k Hz
Volume Resistivity	5.0×10^{15}
Dissipation Factor	0.02 at 100k Hz
Dielectric Strength	550 volts/mil; 21.7 kV/mm
Thermal Conductivity	0.8 watts/meter- °C

- **Switch**



Gbr3.1. Rangkaian listrik sambungan ke Switch

Untuk mengatur perpindahan kondisi panas dan dingin, diperlukan switch yang dapat merubah polaritas peltier. Rangkaian diatas merupakan gambaran rangkaian listrik untuk memindahkan polaritas peltier tersebut

3.3 PEMBUATAN ALAT

Proses pembuatan alat ini sangat bervariasi tergantung dari komponen – komponennya. Ada yang dibeli adayang harus dibuat khusus (customized), ada yang harus diproses lebih lanjut, dan lain- lainnya. Semuanya mengacu pada ketersediaan komponen dipasaran. Untuk lebih jelasnya dapat dirinci sebagai berikut:

- Pembuatan Plat Cool-Hot box

Berdasarkan pemilihan material, plat yang digunakan ialah plat aluminium. Dengan ketersediaan komponen dipasaran sekaligus harga, maka dipilih plat aluminium dengan ketebalan 1 mm. untuk pembuatan ruang pendingin / pemanas dengan menggunakan aluminium pun dilakukan di workshop yang spesialisasi usahanya dibidang pembentukan plat. Plat diukur dan dibentuk sesuai dengan pola dari *box* motor tersebut, pembentukan dilakukan dengan cara dibengkokkan. Setelah itu keujung sisi dilas menggunakan pengelasan las aluminium (patri).

- Pembuatan isolasi

Pembuatan isolasi dengan insulflex, disesuaikan dengan bentuk dan kontur dari plat yang sudah terbentuk sebelumnya. Direkatkan dengan lem aibon. Sebagai isolasi tambahan insulflex diletakkan dibagian dalam atas (penutup) sebagai isolasi tambahan untuk mengurangi kalor yang hilang.

- Peltier

Peltier didapat dengan cara membeli langsung benda yang ada dipasaran. Berdasarkan hasil survei, dipilihlah peltier berukuran 40 mm x 40 mm x 3,5 mm dikarenakan ketersediaan benda dipasar dan juga tinjauan harga yang ada.

- Heat-pipe

Heatpipe yang didapatkan dengan melakukan survey ke pasar dan mencari ketersediaan komponen yang ada dipasaran. *Heatpipe* yang dipilih menggunakan *heatpipe* heat-sink VGA card, dengan kelebihan lebih *slim* dan kualitas yang sama bagusnya.



Gbr 3. 2 Coolink GFX Chilla Quiet VGA Cooler

Specifications

Height (without fan) 20mm Width (without fan) 161mm

Depth (without fan) 115mm

Height (with fan) 30mm

Width (with fan) 161mm

Depth (with fan) 115mm

Weight 330gm

Material Copper (base and heat-pipes), aluminium (cooling fins)

Fan 2x 80x80x10mm

Rotational Speed (+/- 10%) 2000rpm

Acoustical Noise 18dB(A)

Connector 1x 3-pin Molex (12V)3

BAB IV

PENGUJIAN PROTOTYPE COOL-HOT BOX

4.1 TUJUAN PENGUJIAN

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah merancang dan membuat dari cool – hot box yang mudah dibawa, memiliki nilai estetika dan bobot yang ringan, memiliki konsumsi daya yang rendah, dan menguji kinerja dari sistem pendingin dan pemanas dari elemen peltier dengan menggunakan *Heat-pipe fan* dan sirip aluminium (heatsink), sebagai penyempurnaan dari alat sebelumnya.

4.2 INSTALASI PENGUJIAN ALAT



Gbr 4.1 Instalasi Alat Pengujian

4.3 KOMPONEN DAN PERALATAN PENGUJIAN

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai peralatan yang digunakan untuk pengujian kinerja cool hot box. Peralatan tersebut berupa peralatan listrik seperti *power supply*, *data logger temperature*.

Table 4.1 spesifikasi

A. PELTIER	
Dimensi (p x l x t)	40 mm x 40 mm x 4 mm
Tegangan	12 VDC
Arus Maksimum	5 Ampere
B. Power Supply Peltier	
Brand	
Input	100 - 220 VAC
Output	30 VDC dan 5 Ampere
C. Heat pipe -fan	
Brand	Coolink GFX Chilla Quiet VGA Cooler
Heat Pipe	161 mm x 115 mm x 30 mm
D. Ruang Pendingin/Pemanas Box	
Material	Aluminium
	Panjang = 260 mm
	Lebar = 158 mm
	Tinggi = 140 mm
	Tebal = 1 mm
E. Isolator	
Material	Insulflex
Thermal conductivity	0.0374 W/mK

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai peralatan yang digunakan untuk pengujian *cool-hot box*. Peralatan tersebut berupa peralatan listrik seperti supply, sensor temperature berupa termokopel dan temperatur digital.

4.3.1 Termokopel

Termokopel yang digunakan dalam penelitian ini adalah termokopel tipe K, dengan material pembentuknya adalah kromel (Nikel-Kromium) dan alumel (Nikel-Aluminium), Gambar 4.3 termokopel menggunakan prinsip efek Seebeck dalam pengukuran temperatur, dengan pembangkit tegangan sebagai fungsi dari gradient temperature. Nilai dan fungsi dari gradien temperatur tersebut bergantung pada jenis komposisi material termokopel yang digunakan.

Konversi dari tampilan temperatur pada multimeter dengan temperatur standar. Hal ini dilakukan dengan melakukan perbandingan pengambilan data yang dilihat oleh pada thermometer standar dengan pengukuran menggunakan thermometer digital (fluke). Thermometer Fluke memiliki sensitifitas sebesar 0.1 °C

4.3.1 DC Voltage Regulator

Untuk mengoperasikan cool-hot box digunakan power supply jenis DC Voltage Regulator yang dilengkapi alat ukur voltase dan arus yang dapat diubah nilai tegangan dan arus aktualnya. *Power supply* tersebut menggunakan tegangan 220 Volt AC kemudian akan diubah menjadi arus DC dengan range tegangan 30 VDC dan arus 5 Ampere. Terdapat 1 buah 1 buah power supply yang digunakan dalam pengujian sebagai *power supply* peltier dan fan sisi kanan dan sisi kiri hanya menggunakan 1 *power supply* dengan cara diparalel.



Gbr. 4.2 Power Supply untuk Peltier

4.3.2 Digital Multimeter

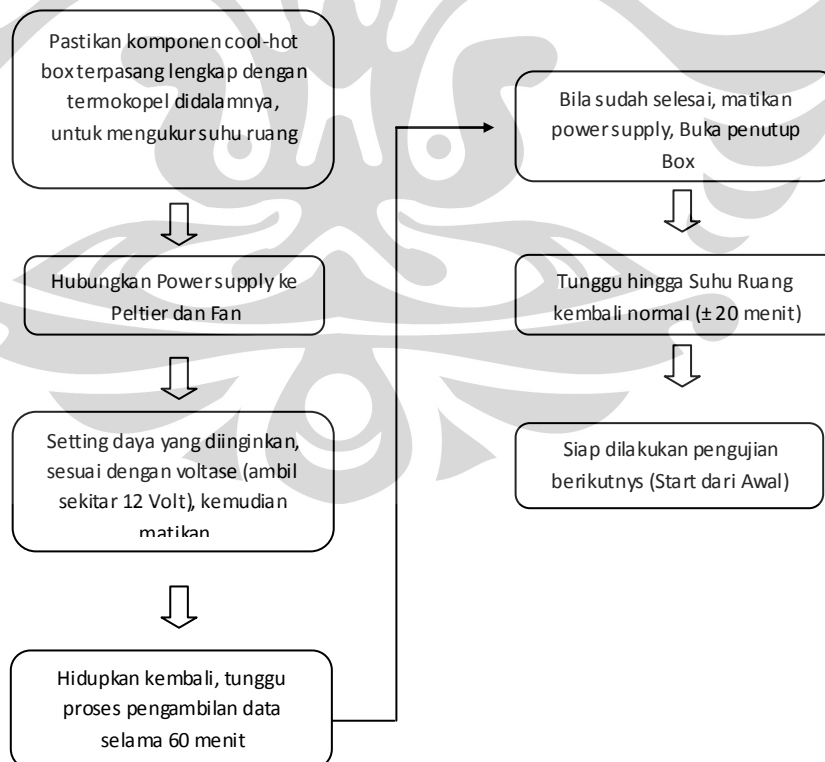
alat yang digunakan untuk pembacaan temperature pada termokopel tipe K adalah digital multimeter yang hasil keluarannya berupa tampilan digital yang dapat langsung dilihat pada layar digital.



Gbr. 4.3 Gambar thermometer

4.4. LANGKAH - LANGKAH PROSES UJI YANG DILAKUKAN

Dalam proses pengujian, tentunya ada aturan – aturan yang harus diikuti supaya hasil pengujian sesuai dengan standar dan dapat diakui hasilnya. Langkah tersebut diantaranya:



Gbr. 4.4 Diagram Langkah – langkah Pengujian

Catatan – catatan penting yang harus diperhatikan dalam proses pengujian ialah:

- peletakkan posisi *cool-hot box* dalam pengujian sebaiknya melihat suhu lingkungan sekitar, karena mempengaruhi jalur udara masuk dan udara keluar dari *fan*. Sebaiknya disekitar tidak ada sumber panas yang dapat menyebabkan proses pendinginan pada heat sink oleh fan tidak menjadi tidak maksimal dan dapat mempengaruhi ΔT Peltier tersebut tidak maksimal.
- Dalam memasang termokopel pada *cool-hot box*, sebaiknya dipastikan termokopel statis ditempat, tidak berubah – ubah posisi dalam pengambilan semua data. Bila posisi berbeda, maka hasil data tidak dapat akurat dan cenderung tidak dapat dibandingkan disetiap percobaannya.
- Kabel – kabel komponen dihubungkan dengan *power supply*. Untuk peltier, nyalakan *power supply* dan atur besar tegangan dan arus hingga didapat besar daya dinginkan.
- Setelah proses pengaturan daya selesai, matikan kembali *power supply* dan pastikan tunggu terlebih dahulu hingga semua display temperatur sesuai dengan suhu ruang. Untuk mempercepat proses, buka tutup *box* nya, hingga mencapai suhu ruang, kemudian tutup kembali untuk pengambilan data.

4.4 Prosedur Pengujian Komponen dan Peralatan Pengujian

Prosedur pengujian ini terdapat beberapa variasi pengambilan data pengujian untuk membandingkan performansi hasil keluaran suhu ruang yang ada. pengambilan data dilakukan dengan beberapa variasi daya. Variasi pengujian tersebut meliputi:

1. Variasi Daya peltier dengan beban kosong dan *box* Terbuka. Variasi daya dengan beban kosong dilakukan untuk mendapatkan daya yang optimal untuk mendinginkan dan memanaskan ruang *cool-hot box* dengan beban kosong sekaligus mengetahui kebocoran yang terjadi. Daya optimal tersebut akan digunakan pada proses pengujian selanjutnya. Adapun variasi adaya dilakukan adalah:
 - Nilai tegangan 11 VDC arus 1.7 A dengan daya 18.7 Watt
 - Nilai tegangan 12 VDC arus 1.75 A dengan daya 21 Watt

- Nilai tegangan 13 VDC arus 2 A dengan Daya 26 Watt
- Nilai tegangan 14 VDC arus 2.15 A dengan daya 30.1 Watt
- Nilai tegangan 15 VDC arus 2.3 A dengan daya 34.5 Watt

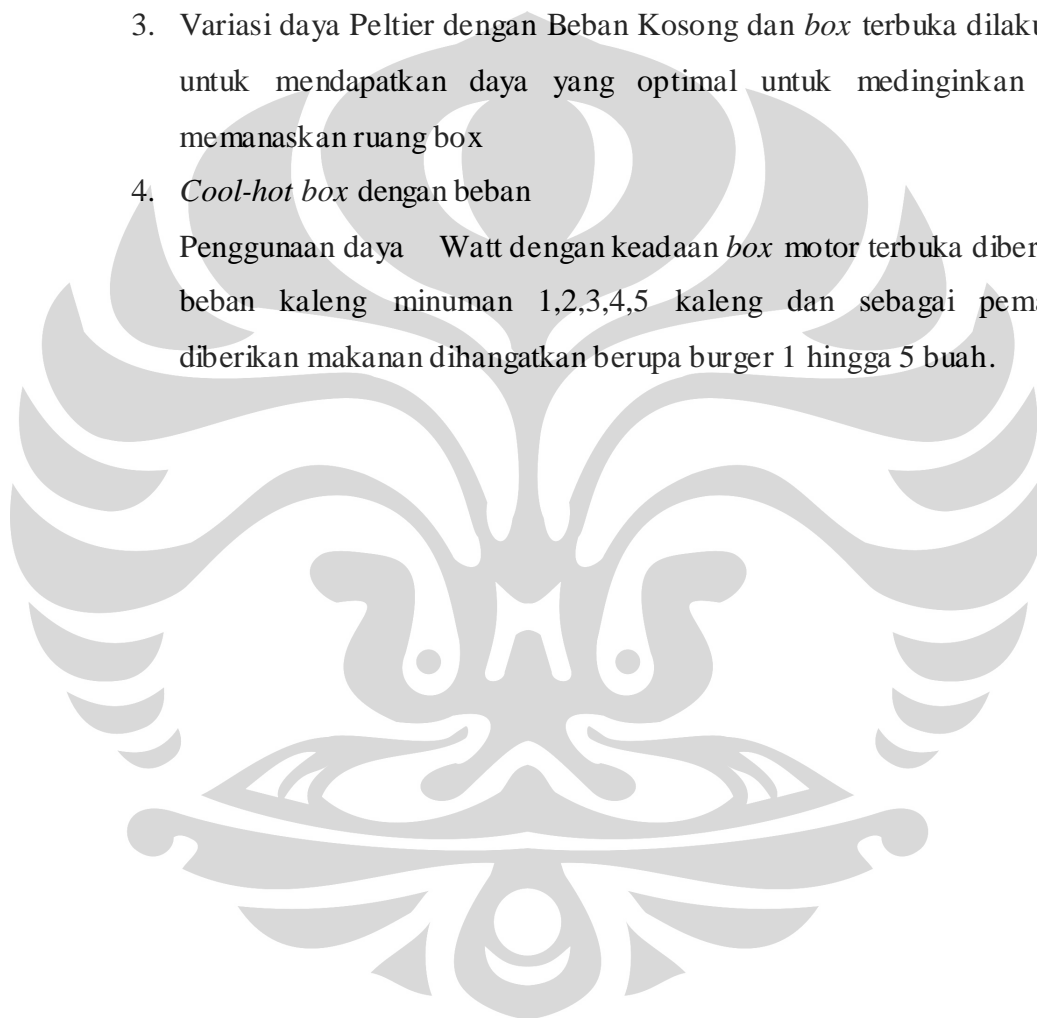
2. Penggunaan daya optimal

Penggunaan daya optimal dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja alat dan waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai kondisi setimbang pada range suhu yang optimal.

3. Variasi daya Peltier dengan Beban Kosong dan *box* terbuka dilakukan untuk mendapatkan daya yang optimal untuk mendinginkan dan memanaskan ruang *box*

4. *Cool-hot box* dengan beban

Penggunaan daya Watt dengan keadaan *box* motor terbuka diberikan beban kaleng minuman 1,2,3,4,5 kaleng dan sebagai pemanas diberikan makanan dihangatkan berupa burger 1 hingga 5 buah.



BAB V

HASIL DAN ANALISA

5.1 HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN

Pengujian yang dilakukan menghasilkan data – data berupa waktu, temperatur ruang dingin dan ruang panas. Data berupa angka tersebut di konversikan kebentuk grafik sehingga dapat lebih mudah dipahami, dibandingkan, dan dianalisa lebih lanjut.

5.1.1 Pengujian Dengan Variasi Daya Peltier

Pengujian dilakukan pada temperatur ambient $28^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}$ dengan kondisi ruang pendingin dan pemanas *cool – hot box* tanpa beban. Pengujian yang dilakukan pada daya dengan kisaran 18,7 Watt , 21 Watt , 26 Watt, 30,1 Watt dan 34,5 Watt. Pengaturan Daya tersebut diambil dari voltase kisaran daya voltase Aki sebagai data acuan yaitu 12 VDC. Pengaturan *power supply* untuk mendapatkan variasi daya peltier sebagai berikut:

Tabel 5.1 Variasi Daya

Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (watt)
11 volt	1.7 A	18.7 Watt
12 Volt	1.75 A	21 Watt
13 volt	2 A	26 Watt
14 volt	2.15 A	30.1 Watt
15 volt	2.3 A	34.5 Watt

Power supply yang digunakan memiliki layar yang menunjukkan nilai tegangan dan arus aktual yang bekerja pada peltier. Nilai tegangan dan arus tersebut dapat diatur sesuai dengan keinginan. Lama pengambilan data tiap daya yang diberikan 120 menit

5.1.2 Perbandingan Suhu Ruang Dingin Variasi Daya Peltier dengan Beban Kosong

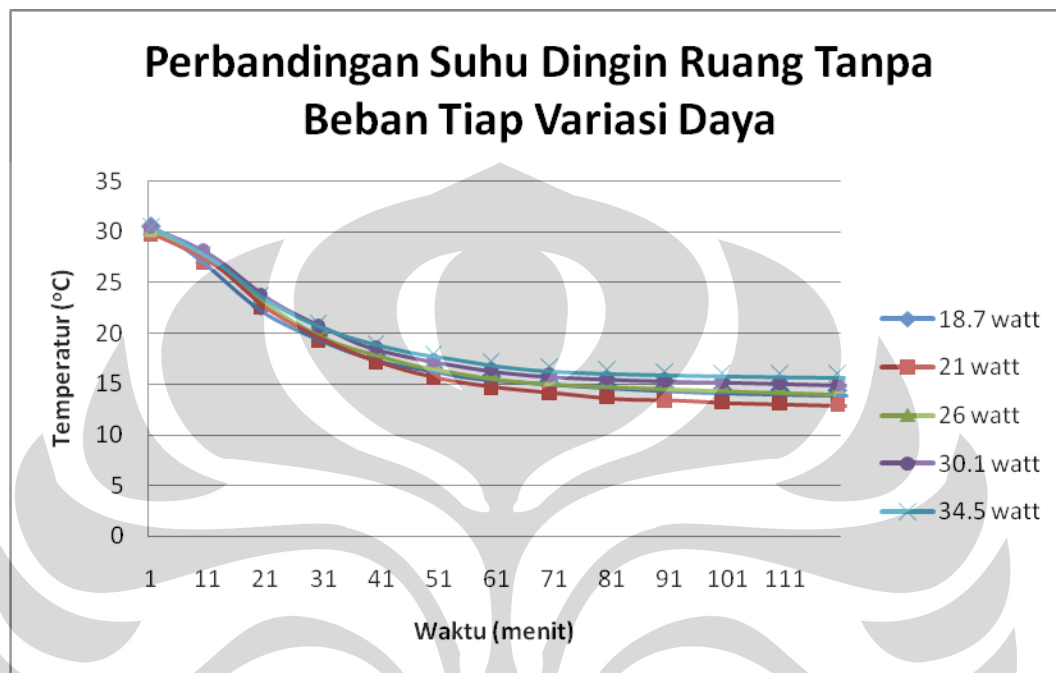
Tabel 5.2 Temperatur Ruang Dingin terhadap Variasi Daya

waktu [menit]	18.7 watt	21 watt	26 watt	30.1 watt	34.5 watt
1	30.5	29.7	30.2	30.4	30.5
2	30.4	29.6	30.1	30.3	30.4
3	30.3	29.5	30.0	30.2	30.3
4	30	29.3	29.8	30.1	30
5	29.7	29	29.6	30	29.7
6	29.4	28.7	29.3	29.9	29.3
7	29	28.3	29.1	29.5	28.9
8	28.6	27.9	28.6	29.1	28.6
9	28.1	27.5	28.3	28.6	28.1
10	27.6	27	28.0	28.1	27.7
11	27	26.6	27.5	27.6	27.2
12	26.5	26.1	27.0	27.2	26.8
13	25.9	25.6	26.5	26.7	26.4
14	25.4	25.1	26.1	26.3	26
15	25	24.7	25.6	25.8	25.6
16	24.5	24.3	25.2	25.4	25.2
17	24	23.8	24.8	25	24.8
18	23.5	23.4	24.4	24.5	24.4
19	23.1	23	24.0	24.1	24
20	22.7	22.6	23.6	23.8	23.7
21	22.4	22.2	23.3	23.4	23.4
22	22	21.8	22.9	23	23
23	21.7	21.5	22.6	22.7	22.7
24	21.4	21.1	22.3	22.4	22.4
25	21.1	20.8	22.0	22.1	22.2
26	20.8	20.5	21.7	21.8	21.9
27	20.5	20.2	21.4	21.5	21.6
28	20.3	19.9	21.1	21.2	21.4
29	20	19.6	20.8	20.9	21.1
30	19.8	19.3	20.6	20.7	20.9
31	19.5	19	20.3	20.4	20.7
32	19.3	18.7	20.1	20.1	20.4
33	19.1	18.5	19.8	19.9	20.2
34	18.9	18.3	19.6	19.7	20
35	18.7	18	19.4	19.5	19.9
36	18.5	17.8	19.2	19.3	19.7

waktu [menit]	18.7 watt	21 watt	26 watt	30.1 watt	34.5 watt
37	18.3	17.6	19.0	19.1	19.5
38	18.1	17.4	18.8	18.9	19.3
39	18	17.3	18.6	18.7	19.2
40	17.8	17.1	18.4	18.6	19
41	17.7	16.9	18.2	18.4	18.8
42	17.5	16.7	18.0	18.3	18.7
43	17.4	16.6	17.9	18.1	18.6
44	17.3	16.4	17.8	18	18.5
45	17.2	16.3	17.6	17.9	18.4
46	17	16.1	17.5	17.7	18.2
47	16.9	16	17.4	17.6	18.1
48	16.8	15.9	17.2	17.5	18
49	16.7	15.8	17.1	17.4	18
50	16.6	15.6	17.0	17.3	17.9
51	16.5	15.5	16.9	17.2	17.8
52	16.4	15.4	16.8	17.1	17.7
53	16.3	15.3	16.7	17	17.6
54	16.2	15.2	16.6	16.9	17.5
55	16.2	15.1	16.5	16.8	17.5
56	16.1	15	16.4	16.8	17.4
57	16	15	16.3	16.7	17.3
58	15.9	14.9	16.2	16.6	17.3
59	15.9	14.8	16.2	16.6	17.2
60	15.8	14.7	16.2	16.5	17.2
61	15.7	14.6	16.2	16.4	17.1
62	15.7	14.5	16.0	16.3	17
63	15.6	14.5	15.9	16.3	17
64	15.6	14.4	15.8	16.2	16.9
65	15.5	14.4	15.8	16.2	16.9
66	15.4	14.3	15.7	16.1	16.8
67	15.4	14.3	15.7	16.1	16.8
68	15.3	14.2	15.6	16	16.8
69	15.3	14.1	15.6	16	16.7
70	15.3	14.1	15.6	15.9	16.7
71	15.3	14	15.5	15.9	16.7
72	15.3	14	15.5	15.9	16.6
73	15.1	13.9	15.5	15.8	16.6
74	15.1	13.9	15.4	15.8	16.6
75	15.1	13.9	15.4	15.8	16.5
76	15	13.8	15.3	15.7	16.5
77	15	13.8	15.3	15.7	16.5

waktu [menit]	18.7 watt	21 watt	26 watt	30.1 watt	34.5 watt
78	14.9	13.8	15.3	15.7	16.4
79	14.9	13.7	15.3	15.6	16.4
80	14.9	13.7	15.2	15.6	16.4
81	14.9	13.7	15.2	15.6	16.4
82	14.9	13.6	15.2	15.5	16.3
83	14.9	13.6	15.2	15.5	16.3
84	14.8	13.6	15.2	15.5	16.3
85	14.8	13.6	15.1	15.5	16.3
86	14.8	13.5	15.1	15.4	16.3
87	14.8	13.5	15.1	15.4	16.2
88	14.7	13.5	15.1	15.4	16.2
89	14.7	13.4	15.0	15.4	16.2
90	14.7	13.4	15.0	15.4	16.2
91	14.7	13.4	15.0	15.3	16.2
92	14.6	13.4	15.0	15.3	16.2
93	14.6	13.3	15.0	15.3	16.2
94	14.6	13.3	14.9	15.3	16.1
95	14.6	13.3	14.9	15.3	16.1
96	14.6	13.3	14.9	15.3	16.1
97	14.6	13.3	14.9	15.2	16.1
98	14.5	13.2	14.9	15.2	16.1
99	14.5	13.2	14.9	15.2	16.1
100	14.5	13.2	14.9	15.2	16.1
101	14.5	13.2	14.9	15.2	16.1
102	14.5	13.2	14.8	15.2	16.1
103	14.5	13.2	14.8	15.2	16
104	14.5	13.2	14.8	15.1	16.1
105	14.5	13.1	14.8	15.1	16.1
106	14.5	13.1	14.8	15.1	16
107	14.5	13.1	14.8	15.1	16
108	14.4	13.1	14.8	15.1	16
109	14.4	13.1	14.8	15.1	16
110	14.4	13.1	14.7	15.1	16
111	14.4	13.1	14.7	15.1	16
112	14.4	13.1	14.7	15.1	16
113	14.4	13	14.7	15.1	16
114	14.4	13	14.7	15	16
115	14.4	13	14.7	15.1	16
116	14.4	13	14.7	15	16
117	14.4	13	14.7	15	16
118	14.4	13	14.7	15	16

waktu [menit]	18.7 watt	21 watt	26 watt	30.1 watt	34.5 watt
119	14.4	13	14.6	15	16
120	14.4	13	14.6	15	16



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Suhu Ruang Dingin tiap Variasi Daya Tanpa Beban

Terlihat pada Gambar 5.1 diatas, hasil pengujian antara 5 variasi daya dengan penurunan temperatur terhadap menit. Setiap variasi daya hamper memiliki alur penurunan temperatur yang sama. Terlihat pada grafik dan tabel bahwa daya 17.7 Watt mencapai 16.2 °C, 21 Watt mencapai 15.3 °C, 26 Watt mencapai 16.4 °C, 30.1 watt mencapai 19.1 °C dan 34.5 watt 19.9 °C

5.1.3 Perbandingan Suhu Ruang Panas dengan Variasi Daya Peltier Beban Kosong

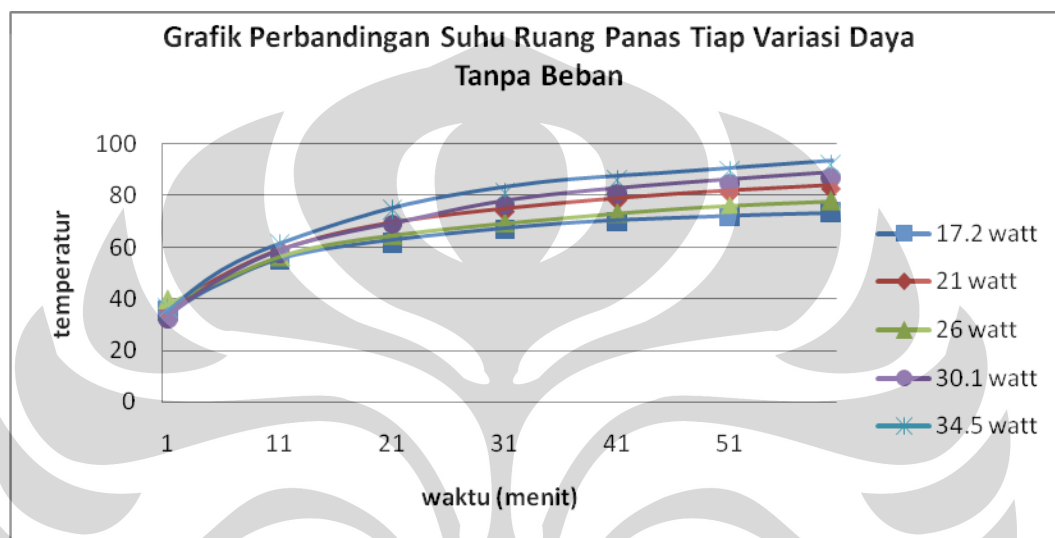
Untuk hasil pengujian data kondisi panas, dibawah terdapat salah satu perbandingan peningkatan suhu ruang berdasarkan variasi daya yang ada.

Tabel 5.3 Temperatur Ruang Panas terhadap Variasi Daya

Waktu [menit]	18.7Watt	21 Watt	26 Watt	30.1 Watt	34.5 Watt
1	35.1	39.8	36.1	32.4	36.3
2	37.1	42	39.1	35.6	38.9
3	39.1	44.7	42.2	39.3	42.9
4	42.2	46.8	44.9	42.3	45.5
5	45	48.5	47.8	44.9	48.7
6	47.3	50.5	50.1	47.5	51.1
7	48.5	51.9	51.7	49.8	53.5
8	50.9	54	53.5	52.1	55.8
9	52.4	55	55.4	54.1	58.2
10	53.6	55.5	56.8	56.2	59.8
11	54.7	56.5	58.7	58	61.2
12	55.6	57.4	59.7	59.5	62.7
13	56.3	58.4	60.8	60.5	63.8
14	57.3	59.5	61.9	61.8	65.9
15	57.8	60	63.1	63	66.9
16	58.4	60.9	64.1	64	68.1
17	59.1	61.6	65.1	65.3	69.4
18	59.8	62.6	66.1	66.1	70.3
19	60.3	63.3	67.1	67.4	71.5
20	61.2	63.7	67.9	68.4	72.4
21	61.5	64.8	68.6	69.1	74.5
22	62.3	65.1	69.1	70.1	74.9
23	62.8	65.7	69.7	71	75.3
24	63.2	66.1	70.3	71.6	76.1
25	63.7	66.8	71.1	72.3	76.9
26	64.3	67.4	71.7	73.4	77.7
27	64.8	67.7	72.3	73.8	78.4
28	65.1	68.2	72.4	74	78.9

Waktu [menit]	18.7Watt	21 Watt	26 Watt	30.1 Watt	34.5 Watt
29	65.6	68.8	72.9	75.1	79.6
30	66	69.2	73.1	75.7	80
31	66.7	69.6	73.7	76.5	81
32	66.8	70.2	74.3	77.1	81.2
33	67	70.7	74.5	77.5	81.8
34	67.5	70.9	75.2	77.9	82.1
35	67.7	71.2	75.7	78.5	82.6
36	68	71.7	75.9	78.7	83.4
37	68.4	72.1	76.4	79.4	83.5
38	68.6	72.5	76.8	79.8	84
39	68.9	72.5	77.5	80.2	84.5
40	69.2	73.1	78	80.5	85
41	69.6	73.3	78.1	81	85.9
42	70.2	73.8	78.5	81.5	86.3
43	70.5	74.2	79.1	81.9	86.8
44	70.8	74.7	79.2	82.1	87
45	70.9	74.7	79.5	82.5	87.2
46	71	75	79.6	82.9	87.5
47	71.1	75	79.8	83.6	87.9
48	71.5	75.1	80.1	84	88.2
49	71.6	75.5	80.3	84.2	88.9
50	71.8	75.7	80.5	84.6	89.1
51	72	76	80.8	84.9	89.6
52	72.2	76.4	81.1	85.3	89.9
53	72.3	76.5	81.3	85.4	90
54	72.4	76.8	81.4	85.7	90.4
55	72.6	77	81.6	86.1	90.6
56	72.7	77.4	81.8	86.6	91
57	72.9	77.6	81.9	86.9	91.3

Waktu [menit]	18.7Watt	21 Watt	26 Watt	30.1 Watt	34.5 Watt
58	73.1	77.8	82	87	91.6
59	73.4	77.9	82.3	87.1	91.8
60	73.5	78.2	82.5	87.3	91.9



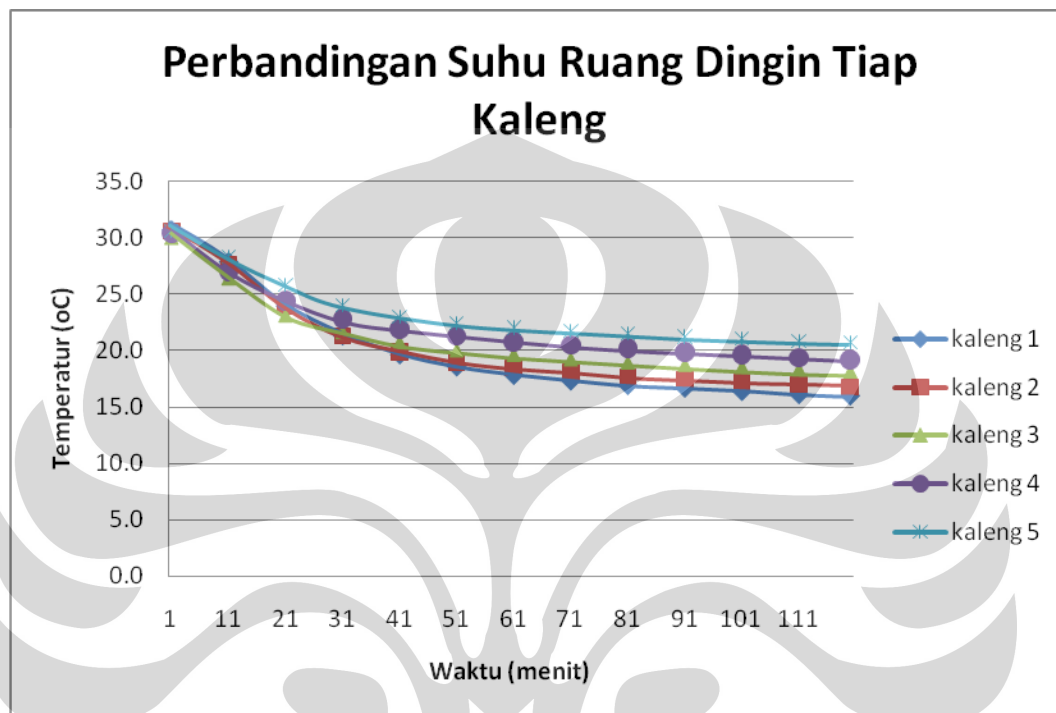
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Suhu Ruang Panas tiap Variasi Daya Tanpa Beban

Pada gambar 5.2 tersebut dapat terlihat dari table dan gambar 5.2 pada percobaan 60 menit daya 17.7 Watt mencapai 73.5 °C, 21 Watt mencapai 78.2 °C, 26 Watt mencapai 82.5 °C, 30.1 watt mencapai 87.3 °C dan 34.5 Watt mencapai 91.9 °C. sehingga dapat disimpulkan didapat daya terbesar memiliki kemampuan untuk menghasilkan suhu ruang yang besar juga, yaitu pada 34.5 Watt dengan percobaan selama 60 menit. Dan disesuaikan dengan kondisi penyimpanan makanan yang baik pada suhu diatas 60 °C,

Jadikan berdasarkan hasil data kondisi penyimpanan makanan, semua variasi daya masih memungkinkan untuk dipakai, tapi untuk lebih efektif lebih baik digunakan dengan daya efektif untuk dapat menampung beban makanan terbanyak juga nantinya, sehingga dapat dipakai dengan daya 34.5 watt.

5.1.4 Cool Box dengan Beban Kaleng Minuman

Pengujian dengan beban dilakukan dengan daya 21 watt dan box motor dalam keadaan terbuka, pemberian beban dilakukan satu – persatu dengan lama waktu selama 120 menit.

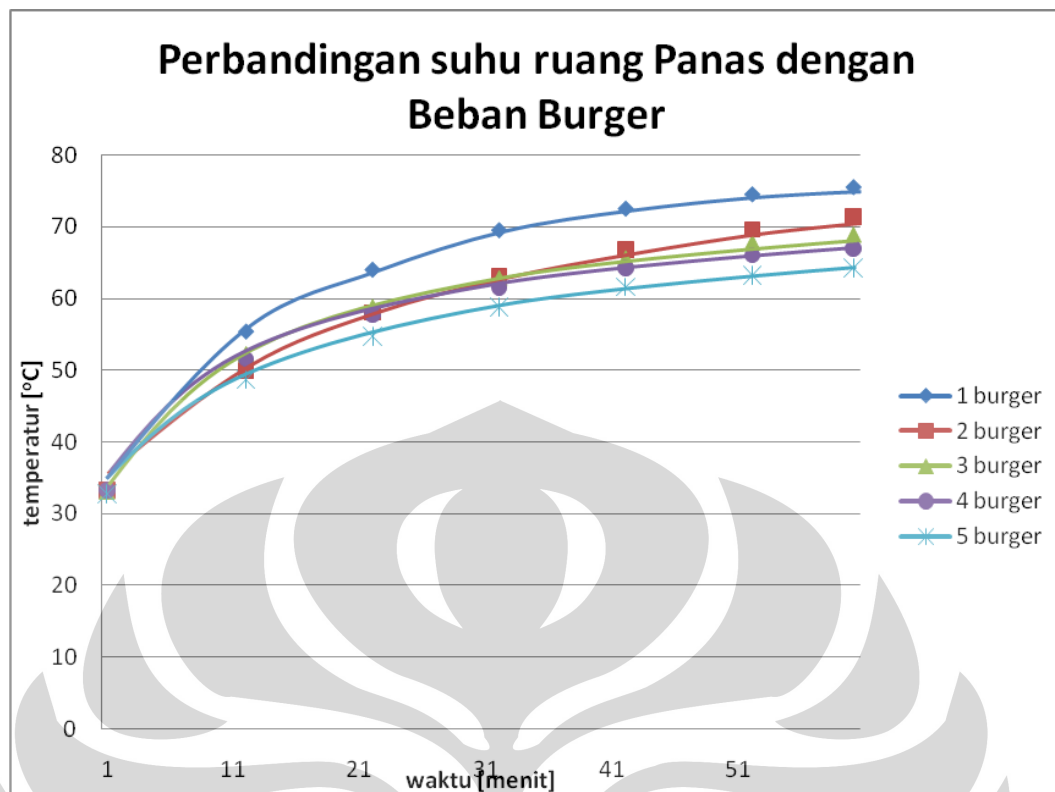


Gambar 5.3 Grafik Cool Box Dengan Beban Tiap Kaleng

Dari gambar diatas, setelah cool box diberikan beban 1,2,3,4,5 kaleng minuman dapat disimpulkan bahwa pemberian beban akan menaikkan temperatur ruang dan sisi dingin peltier. Hal ini karena pemberian beban akan menambah kalor yang harus diserap oleh sisi dingin dari peltier. Untuk mencapai suhu dingin yang optimum dengan kapasitas beban yang bertambah, diperlukan waktu yang lebih juga untuk mencapai suhu dingin yang optimum untuk mendinginkan kaleng minuman tersebut

5.1.5 Hot Box dengan Beban Makanan Burger

Pengujian beban ruang pemanas, diberikan beban berupa makanan burger sebanyak 1,2,3,4,5 burger sebagai parameternya adalah suhu makanan panas yang baik. Suhu nya berada pada diatas 60 °C.

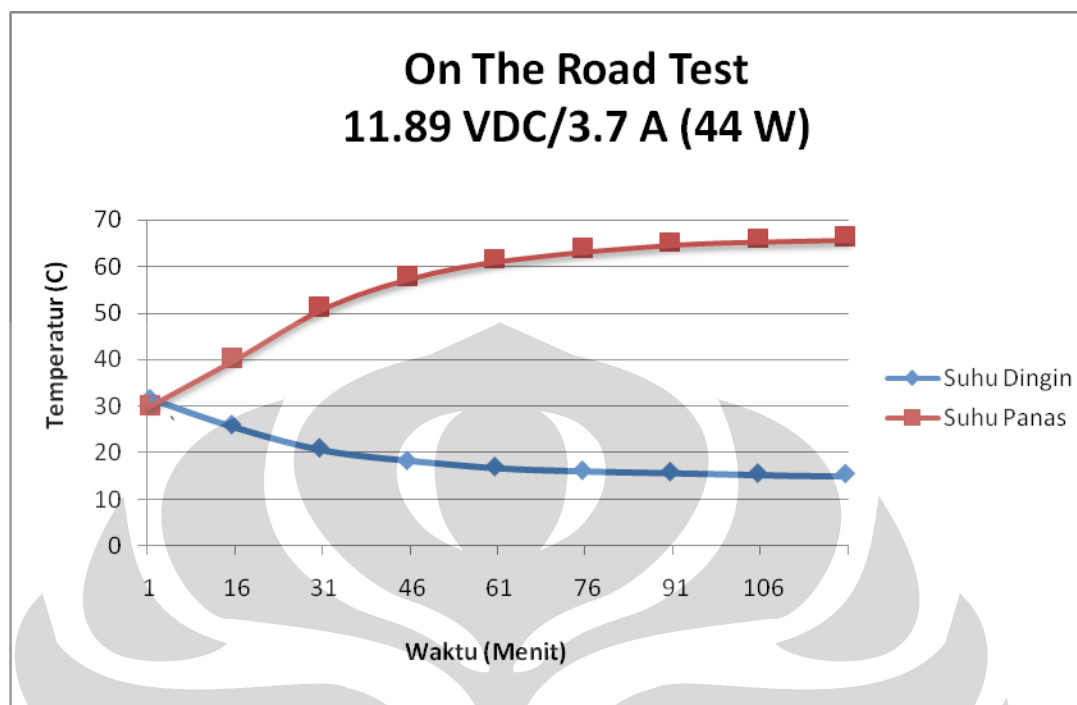


Gambar 5.4 Grafik Hot Box Dengan Beban Tiap burger

Dapat disimpulkan dari hasil data percobaan beban tersebut, semakin banyak beban diberikan semakin lama waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu tertentu, pada beban 1 burger dibutuhkan waktu sekitar 21 menit, 2 burger selama 29 menit, 3 burger selama 33 menit, 4 burger selama 35 menit dan 5 burger selama 38 menit. Ini disebabkan sama halnya dengan *cool-box* semakin banyak beban yang ditambahkan ruang pemanas memerlukan lebih banyak kalor yang terserap untuk mencapai suhu tertentu yang diinginkan.

5.1.6 Pengujian Aktual Di Lapangan Tanpa Beban

Dilakukan Pengujian actual cool-hot box dengan menggunakan seda motor yang menggunakan daya aki tegangan aki 12 Volt DC, jenis motor Suzuki Thunder 125 CC. Didapatkan data actual suhu ruangan berikut dibawah ini tanpa beban dengan kondisi dingin dan panas selama 120 menit.



Gambar 5.8 Grafik Suhu Ruang Dingin dan Panas Tanpa Beban Kondisi Aktual

Setelah dilakukan percobaan aktual dengan sepeda motor, Kondisi suhu ruang dingin tanpa beban dengan waktu selama 120 menit kondisi didapat suhu ruang suhu 15.1 °C dan dianalisa masih cenderung turun sampai menuju suhu ruang dingin yang stabil (steady) dan kondisi suhu ruang panas diatur secara aktual menggunakan thermostat diatur pada suhu 60 °C sebagai temperatur penyimpanan makanan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Dalam keadaan tanpa beban dengan *box* motor terbuka, temperatur terendah yang dapat dicapai untuk sebagai pendingin 15.3 °C dengan daya 42 watt dan sebagai pemanas adalah 91.9 °C dengan daya 34.5 watt
2. Pada kondisi setelah peltier dimatikan temperature ruang, sisi dingin dan panas peltier akan bergerak menuju temperatur lingkungan
3. Pada pengujian kondisi aktual selama 120 menit suhu ruang dingin tanpa beban didapat 15.1 °C
4. Perbandingan suhu ruang dingin dari kondisi Percobaan dan aktual didapat 13 °C pada percobaan dan 15.5 °C dan kondisi ruang pemanas, Percobaan didapat 78.2 °C dan aktual 61.5 °C dengan Voltase 12 VDC dan waktu yang sama.

6.2 SARAN

Berdasarkan hasil analisa terhadap data hasil pengujian maka terdapat beberapa saran yang dapat digunakan sebagai masukan untuk mendesain *cool-hot box* selanjutnya, yaitu:

- Penggunaan isolasi ruang *cool-hot box* belum maksimal, sehingga hasil temperatur ruang dingin belum terlalu optimal.

DAFTAR REFERENSI

1. Sugiyanto. "Pengembangan Cool Box Sepeda Motor dengan Pompa Kalor Thermoelektrik dan Heatpipe." skripsi Program Sarjana Fakultas Teknik UI Depok 2008
2. Incopera Frank P, Dewitt David P., "Fundamental of Heat and Mass Transfer" New York Fifth Edition: John and Sons, 2002
3. Nandy Putra, "Design, Manufacturing and Testing of A Portable Vaccine Carrier Box Employing Thermoelectric Module and Heat Pipe, Accepted For Publication In Journal of Medical Engineering and Techonology"
4. Nandy Putra, Aziz Oktianto, Idam B, Fery Y, Penggunaan Heatsink Fan Sebagai Pendingin Sisi Panas Elemen Peltier Pada Pengembangan Vaccine Carrier, Jurnal Teknologi, Edisi No. 1 Tahun XXI, Maret 2007 ISSN 0215-1685
5. Nandi Putra, Riset Unggulan UI 2007 (Peneliti Utama) Pengembangan Sistem Pendingin Thermoelectric dan Heat Pipe Pada Prototipe Kotak Sampel Darah Portabel
6. ixbtlabs.com/articles/peltiercoolers/ download 24 Mei 2009
7. <http://www.deltatronic.de/bilder/heatpipe06.gif> download 24 Mei 2009
8. www.kensfieldcomputer.co.cc/2009/03/mengenal download 24 Mei 2009
9. www.habmigern2003.info/index/image032.gif download 24 Mei 2009
10. http://www.sundialmicro.com/cooler_master_thermal_compound_htk002_1733_370.html download 23 juni 2009
11. <http://www.insulflex.com.my/nspecifications.html> download 26 Juni 2009
12. www.thetechzone.com/articles/peltier_intro download tanggal 29/06/2009