



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN COOL BOX TIPE CB-02 MULTI FUNGSI
RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS TERMOELEKTRIK
UNTUK KENDARAAN RODA DUA**

SKRIPSI

MANGSUR

0706198682

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

PROGRAM TEKNIK MESIN

DEPOK

DESEMBER 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN COOL BOX TIPE CB-02 MULTI FUNGSI
RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS TERMoeLEKTRIK
UNTUK KENDARAAN RODA DUA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

MANGSUR

0706198682

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI EKSTENSI TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:

PENGEMBANGAN COOL BOX TIPE CB-02 MULTI FUNGSI

RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS TERMOELEKTRIK

UNTUK KENDARAAN RODA DUA

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Mangsur

NPM : 0706198682

Tanda Tangan : 

Tanggal : 29 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Mangsur
NPM : 0706198682
Program studi : Teknik Mesin
Judul skripsi : **PENGEMBANGAN COOL BOX TIPE CB-02**

**MULTI FUNGSI RAMAH LINGKUNGAN
BERBASIS TERMOELEKTRIK
UNTUK KENDARAAN RODA DUA**

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 : Dr. Ir. Wardjito, M.Eng

Penguji : Ir. Rusdi Malin, MME

Penguji : Dr. Ir. Engkos Achmad Kosasih, MT

(*Uha*)
(*Wardjito*)
(*Rusdi Malin*)
(*Engkos Achmad Kosasih*)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Desember 2010

KATA PENGANTAR

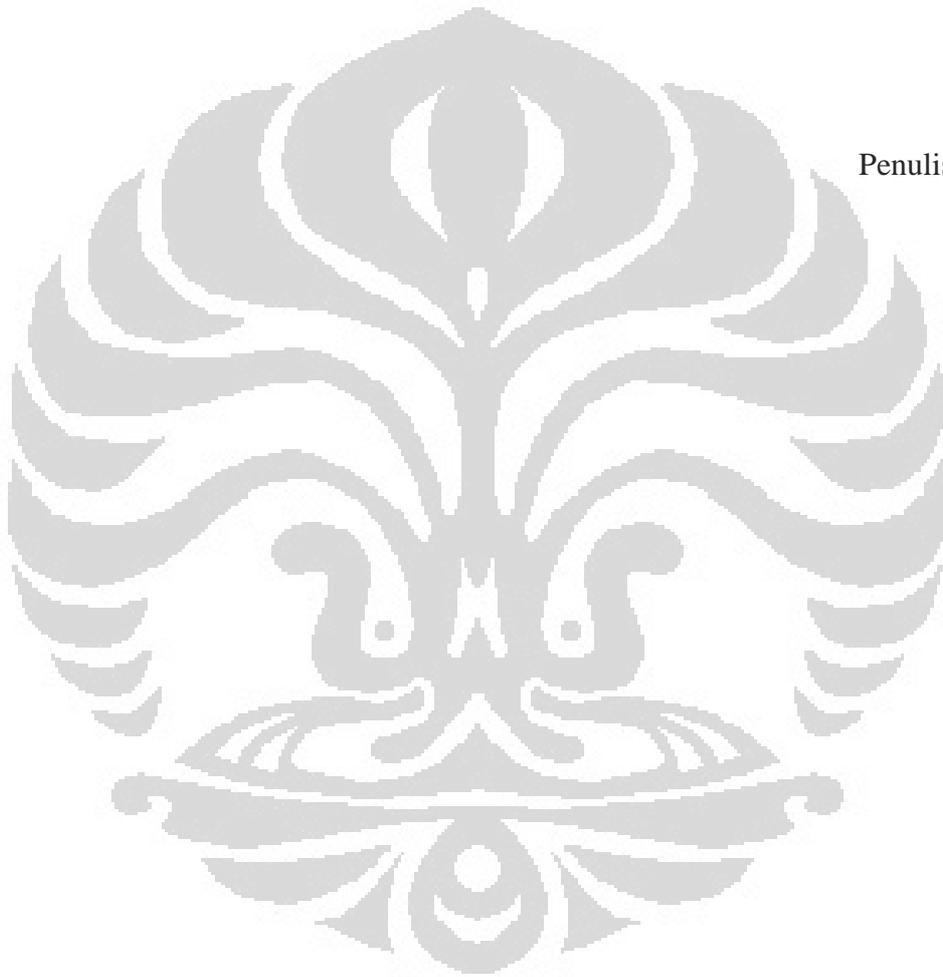
Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 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) Bapak Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Bapak Prof. Dr-Ing Nandy Putra, yang telah mengizinkan saya untuk menggunakan tempat di Engineering Center serta memberikan saran dan bimbingan.
- (3) Ferdiansyah Nurudin Iskandar, yang telah memberikan bantuan masukan, semangat dan dorongan.
- (4) Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, semangat dan doa, sampai penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
- (5) Rekan-rekan di Engineering Center Universitas Indonesia, yang sama-sama belajar dan berjuang menyelesaikan penelitian skripsi.
- (6) Seluruh teman-teman Penulis di kampus yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu baik dalam penelitian maupun penulisan.
- (7) Dan seluruh karyawan staf Departemen Teknik Mesin FTUI yang telah membantu memberi saran, menyediakan dan meminjamkan peralatan serta sarana dalam pengerjaan alat.

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, 29 Desember 2010

Penulis



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

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

Nama : Mangsur

NPM : 0706198682

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 BOX TIPE CB-02 MULTI FUNGSI
RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS TERMOELEKTRIK
UNTUK KENDARAAN RODA DUA**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan 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 : 29 Desember 2010

Yang menyatakan


(Mangsur)

ABSTRAK

PENGEMBANGAN COOL BOX TIPE CB-02 MULTI FUNGSI RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS TERMOELEKTRIK UNTUK KENDARAAN RODA DUA

Cool box adalah alat yang digunakan untuk menyimpan makanan ataupun minuman agar tetap dalam keadaan dingin. *Box motor* merupakan salah satu alat pelengkap sepeda motor yang digunakan sebagai tempat untuk menyimpan barang. Sebagai fungsi tambahan *box motor* dapat dimanfaatkan untuk menyimpan barang yang membutuhkan sistem pendingin. *Termoelektrik* merupakan media pendingin yang *ramah lingkungan* karena tidak menggunakan refrigeran sebagai fluida pendinginnya. Dari kedua hal tersebut maka dilakukan rancang bangun *cool box* menggunakan *termoelektrik* berupa 4 elemen peltier ganda untuk sistem pendinginnya. Hal ini bertujuan meningkatkan fungsi sistem pendingin pada *box motor* agar mencapai suhu kabin sebesar $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ serta diperoleh kapasitas beban maksimal 5 liter dan ramah terhadap lingkungan ketika digunakan.. Hasil yang dicapai pada saat pengujian jalan raya untuk kapasitas beban 8 kaleng air @330 ml dicapai temperature kabin sebesar $20,21^{\circ}\text{C}$. Data ini berdasarkan suhu lingkungan yang berkisar 29°C .

Mangsur

0706198682

Departemen Teknik Mesin

kata kunci : *Cool box, Termoelektrik, Ramah lingkungan*

ABSTRACT

FRIENDLY EQUIPMENT COOL BOX TYPE CB – 02 MULTY FUNCTION DEVELOPMENT FOR TWO MOTOR CYCLE BASED ON THERMOELECTRIC

Cool Box is a device that usually for saving goods that required in cold condition such as food or drink. Carrier box is accessory motor cycle that used as a storage property. As adding functional value of carrier box, it is can to make a cooling system. *Thermoelectric* cooling system that very *friendly environment* because without refrigerant as cooling fluid. This Research cool box using *thermoelectric* for cooling system. This desain using thermoelectric system on that used fourth double peltier series. The objective of this research is to increased the function system of motor cycle cooling box temperature to the $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ and to achieve 5 litre maximum loading friendly environment when it used. The result of this deasin with 8 canes water @ 330ml loading the temperature can be reach at 22.10°C . This data depend on ambient temperature that averages 29°C .

Mangsur

0706198682

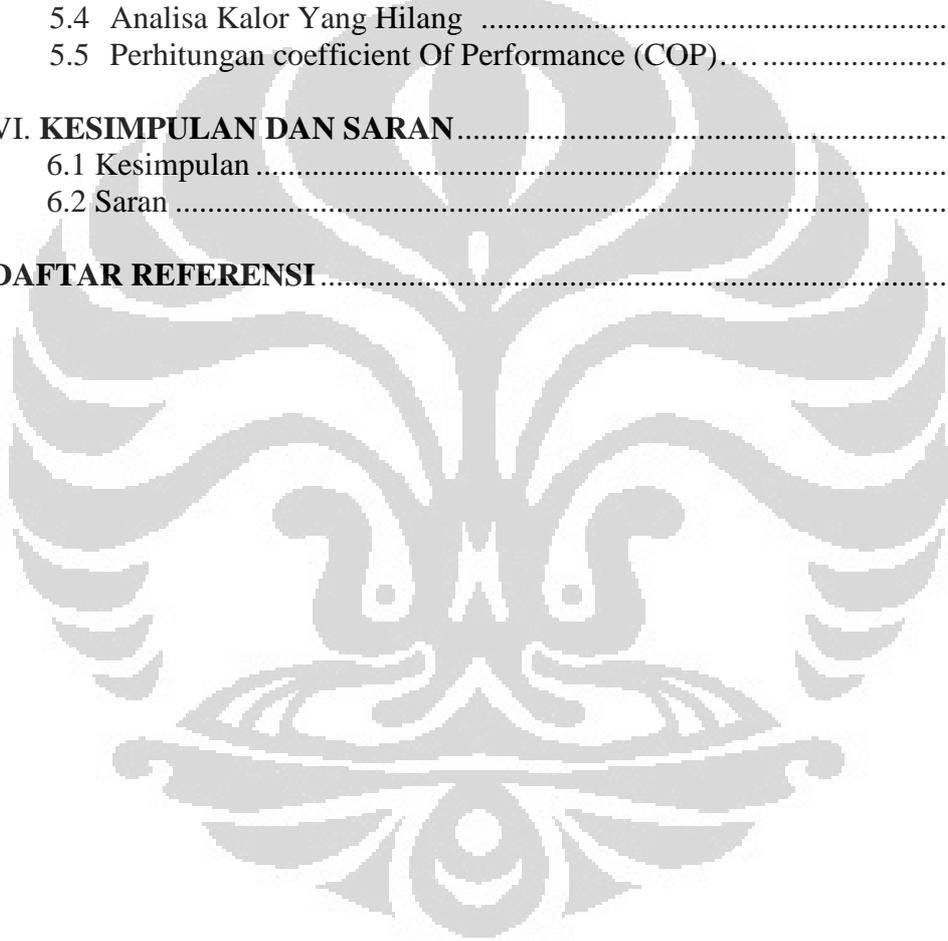
Departemen Teknik Mesin

Keywords: Cool Box, Thermoelectric, Environmental friendly

DAFTAR ISI

JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
II. DASAR TEORI	5
2.1 Pendingin Termoelektrik	5
2.1.1 Sejarah Peltier	5
2.1.2 Prinsip Kerja Termoelektrik	5
2.1.3 Parameter Penggunaan Elemen termoelektrik	8
2.1.4 Komponen dasar Pendingin Termoelektrik	9
2.1.5 Sistem Bertingkat.....	10
2.1.6 Aplikasi Termoelektrik secara garis besar.....	11
2.2 Perpindahan Kalor	12
2.2.1 Perpindahan Kalor Konduksi	12
2.2.2 Perpindahan Kalor Konveksi.....	13
III. DESAIN DAN MANUFAKTUR	14
3.1 Konsep Desain	14
3.2 Desain Alat.....	16
3.3 Perakitan alat.....	30
IV. PENGUJIAN COOL BOX	36

4.1 Tujuan Pengujian	36
4.2 Komponen Pengujian.....	36
4.2.1 Termokopel	36
4.2.2 Data Akuisisi NI DAQ - 9172	40
4.2.3 DC Power Supply	41
4.3 Instalasi Pengujian di Laboratorium	43
4.4 Instalasi Pengujian di Sepeda Motor.....	44
4.5 Variasi Pengambilan Data	45
V. HASIL DAN ANALISA	47
5.1 Hasil dan Analisa Pengujian.....	47
5.2 Analisa Grafik Distribusi Temperatur Pengujian Laboratorium.....	47
5.3 Analisa Grafik Distribusi Temperatur Pengujian Laboratorium.....	52
5.4 Analisa Kalor Yang Hilang	54
5.5 Perhitungan coefficient Of Performance (COP).....	56
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
6.1 Kesimpulan	62
6.2 Saran	62
DAFTAR REFERENSI.....	64



DAFTAR GAMBAR

Gambar	2.1 Skema aliran peltier	6
Gambar	2.2 Arah aliran elektron pada modul Termoelektrik	7
Gambar	2.3 Profil Temperatur modul TEC.....	8
Gambar	2.4 Susunan dasar sistem pendingin	9
Gambar	2.5 Beberapa susunan Termoelektrik	10
Gambar	2.6 Modul sistem bertingkat	10
Gambar	3.1 Carrier Box	16
Gambar	3.2 Cabin Alumunium	17
Gambar	3.3 Tutup Cool Box	18
Gambar	3.4 Peltier Ganda	19
Gambar	3.5 Spacer Blok.....	20
Gambar	3.6 Sirip Alumunium	21
Gambar	3.7 Casing Teflon	22
Gambar	3.8 Gabus isolasi cold sink dan heat sink	23
Gambar	3.9 Tutup permukaan box carrier Atas	24
Gambar	3.10 Tutup permukaan box carrier Bawah	25
Gambar	3.11 Kipas	26
Gambar	3.12 dudukan Kipas	28
Gambar	3.13 Isolator Sterefoam dan Polyurethane	28
Gambar	3.14 Penyangga Cool Box	29
Gambar	3.15 Bracket Motor	30
Gambar	3.16 Tutup Carrier Box	31
Gambar	3.17 Alas Carrier Box	2
Gambar	3.18 Unit Kabin Yang Telah Di assembli	32
Gambar	3.19 Dudukan Carrier Box	32
Gambar	3.20 Komponen Pendingin Yang Sudah Dirangkai	34

Gambar	3.21 Pemasangan unit Komponen Pendingin Pada Carrier Box	.....34
Gambar	3.22 Memasang Unit Komponen Kipas Pada Carrier Box	.....35
Gambar	3.23 Hasil Akhir Cool Box	.....35
Gambar	4.1 Thermocoupelel Wire	.....37
Gambar	4.2 Posisi Termokopel Ambient	.....38
Gambar	4.3 Posisi Termokopel Cold Sink dan Cabin	.....39
Gambar	4.4 Posisi Peletakan Termokopel di Air	.....39
Gambar	4.5 Posisi Termokopel Peltir	.....40
Gambar	4.6 NI CompactDAQ Chasis	.....40
Gambar	4.7 Termocouple Input Module	.....41
Gambar	4.8 DC Power Supply	.....41
Gambar	4.9 Skema Pengujian Cool Box di Labolatorium	.....43
Gambar	4.10 Bagan Pengujian Cool Box di labolatorium	.....43
Gambar	4.11 Skema Kelistrikan Cool Box di Sepeda Motor	.....44
Gambar	4.12 Skema pengujian Cool Box di Jalan Raya	.....44
Gambar	4.13 Perakitan cool Box di Sepeda Motor	.....45
Gambar	5.1 Foto Pengujian cool Box di Labolatorium untuk variasi beban	.....51
Gambar	5.2 Skematik Isolasi Cool Box Secara 2 Dimensi	.....54
Gambar	5.3 Skematik Isolasi Tutup Cool Box Secara 2 Dimensi	.....55

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Spesifikasi kipas	22
Tabel 2 Operasi Termokopel	30
Tabel 3 Spesifikasi DC Power Supply.....	35
Tabel 4 Temperatur Pengujian.....	46
Tabel 5 Data Temperatur Pengujian Labolatorium dan Jalan Raya	47
Tabel 6 Konduktivitas Termal, Total Luas dan Jarak Termal	55
Tabel 7 Massa dan Kalor Spesifik beban Yang Diinginkan.....	57
Tabel 8 Hasil Perhitungan Kalor Yang Di Butuhkan untuk Mendinginkan Beban	60



DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Simbol	Arti	Satuan
A	Luas	m^2
c_p	Kalor spesifik pada tekanan konstan	J/kg.K
h	Koefisien perpindahan kalor konveksi	W/m^2K
I	Arus Listrik	Amper
k	Konduktivitas termal	$W/m.K$
l/L	Panjang	m
\dot{m}	Laju aliran massa	kg/s
P	Daya	W
q	Laju perpindahan kalor	W
Q	Laju aliran	m^3/s
R	Hambatan listrik	Ohm
R_t	Hambatan termal total	$^{\circ}C/W$
t	Tebal	m
T	Temperatur	$^{\circ}C$
U	Koefisien perpindahan kalor keseluruhan	W/m^2K
V	Tegangan	Volt
x	Jarak	m

Huruf Yunani

α	Koefisien Seebeck	V/K
r	Densitas	kg/m^3
η	<i>Efficiency</i>	-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat akan sarana transportasi yang murah, aman, dan nyaman ternyata belum dapat dipenuhi oleh pemerintah, terutama pemerintah daerah yang merupakan garis terdepan penyelenggara layanan publik. Sampai sejauh ini, masyarakat telah berinisiatif dengan swadaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut, antara lain dengan menggunakan sepeda motor. Pilihan masyarakat terhadap motor (sebutan yang lazim untuk sepeda motor) dirasakan secara minimal dapat mencukupi kebutuhan transportasi jarak dekat sampai sedang, memenuhi kebutuhan akan kecepatan mencapai tujuan, serta yang lebih penting lagi harganya terjangkau oleh masyarakat. Belakangan ini kalangan pedagang telah melakukan cara pemasaran yang amat memudahkan setiap orang menjadi pemilik motor yaitu dengan uang muka sebesar sekitar Rp 500.000 langsung bisa memilikinya. Akibatnya jumlah sepeda motor tersebut pada akhir tahun 2008 tercatat 49 juta (data Mabes Polri) dengan pertambahan secara nasional 10 persen per tahun, maka pada akhir tahun 2009 jumlah sepeda motor bisa mencapai 53,9 juta

Dengan meningkatnya jumlah sepeda motor maka menyebabkan meningkatnya jumlah aksesoris sepeda motor salah satunya adalah box motor. Box motor, sebenarnya tidak hanya berfungsi sebagai aksesoris semata, guna mempercantik atau menambah gagah motor. Tetapi, lebih dari itu, box merupakan salah satu sarana kelengkapan untuk aman dan nyamannya berkendara

Berdasarkan perkembangan box motor yang cukup tinggi maka dalam skripsi ini akan dikembangkan box motor yang berfungsi sebagai Cool box. Cool box merupakan sebuah alat yang bisa digunakan untuk menyimpan bahan-bahan

yang memerlukan kondisi dingin. Manfaat cool box yang telah diterapkan selama ini yaitu makanan, minuman, blood carier, vaksin dan lain sebagainya. Untuk itu perlu dicari sistem pendingin yang lebih baik untuk dapat diaplikasikan.

1.2 Perumusan Masalah

Untuk membuat sebuah *carrier box* sepeda motor yang mempunyai *feature* pendingin, di perlukan suatu unit pendingin yang mampu diaplikasikan pada sepeda motor yang mempunyai beberapa keterbatasan ruang serta dayanya. Oleh karena itu dipilih pemakaian elemen *peltier* yang mempunyai kelebihan, antara lain *compact* dan dapat memakai tegangan aki 12 VDC dari sepeda motor.

Mengacu pada penelitian sebelumnya bahwa dengan elemen *peliter* ganda memakai rangkaian listrik yang disusun secara seri atau paralel serta penggunaan *heat-sink fan* yang dapat menghasilkan ruang pendingin yang baik merupakan acuan untuk mengembangkan *cool boox* selanjutnya.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan dan pengujian box motor berpendingin dengan melakukan modifikasi pada *carrier box* motor yang sudah ada dipasaran dengan volume sekitar 30 L dan memakai tegangan aki sepeda motor sebesar 12 VDC dengan menggunakan elemen *peltier* ganda dan *heat-sink fan* yang penempatannya berada di bawah *carrier box*.

Tujuan dari penempatan sistem pendingin berada di bawah *carrier box* agar transfer panas ke lingkungan lebih optimal sehingga menghasilkan temperatur yang lebih rendah serta dari segi estetikanya juga bagus.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah pengembangan *cool box* sepeda motor yang memiliki nilai estetika, hemat energi, nilai jual dan menguji kinerja sistem pendingin *cool box* yang memakai elemen *peltier* dan *heat-sink fan*.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Elemen *peltier* dan *heat-sink fan* digunakan dalam rancang bangun *Cool Box*.
2. Input arus yang digunakan DC.
3. Hanya untuk kendaraan roda dua.
4. Volume *cool box* 5 liter.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur
Studi literatur merupakan proses pembelajaran bahan-bahan yang berkaitan dengan materi bahasan yang berasal dari buku-buku, jurnal dan situs-situs internet.
2. Perancangan *Cool box*
Perancangan *cool box* dilakukan dengan pertimbangan seperti sifat material, kemudahan dalam mencari komponen-komponen yang dibutuhkan dipasaran, kelayakan dalam proses produksi, serta pertimbangan dalam aspek *portable* dan ergonomik alat.
3. Pembuatan *prototype*
Pembuatan *prototype* dibuat dengan tujuan untuk mengetahui kinerja *cool box* yang dirancang.
4. Pengujian *Cool box*
Pengambilan data temperatur pada *cool 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 *cool box*. Tinjauan pustaka ini diambil dari beberapa buku, jurnal dan situs-situs internet.

BAB III DESAIN DAN MANUFAKTUR

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

BAB IV PENGUJIAN ALAT COOL 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 memuat data-data hasil pengujian yang diolah menjadi data berupa grafik dan penjelasan mengenai analisa terhadap kinerja alat.

BAB VI PENUTUP

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

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pendingin Termoelektrik

Pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) adalah alat pendingin yang menggunakan elemen peltier dalam sistemnya sebagai pompa kalor. Efek peltier timbul apabila dua buah logam yang berbeda disambungkan dan kedua ujung logam tersebut dijaga pada temperatur yang berbeda, selain itu akan ada fenomena lain yang akan terjadi pada dua buah logam yaitu fenomena efek joule, efek fourier, efek seebeck, efek peltier dan efek thomson.

2.1.1 Sejarah Peltier

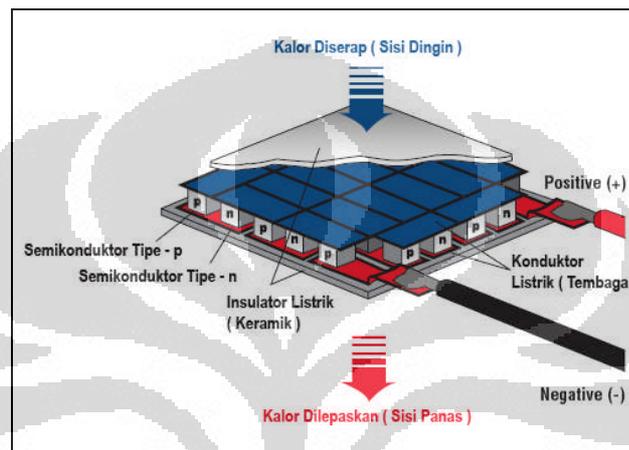
Efek peltier pertama kali ditemukan oleh Jean Charles Athanase Peltier pada tahun 1834 dengan memberikan tegangan pada dua sambungan logam yang berbeda, yang ternyata menghasilkan perbedaan temperatur. Sedangkan termoelektrik sebagai sebuah sistem pertama kali diteliti pada tahun 1950. termoelektrik ini digunakan pada sistim pengkondisian ruangan (AC) dan sistem pendingin.

Penggunaan elemen peltier semakin berkembang bersamaan dengan perkembangan teknologi material semikonduktor menghasilkan alat yang dinamakan pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*). Teknologi termoelektrik ini berkembang dengan pesat baik pada bidang aplikasi pendinginan maupun pemanasan.

2.1.2 Prinsip Kerja Pendingin Termoelektrik

Prinsip kerja pendingin termoelektrik berdasarkan efek peltier, ketika arus DC dialirkan ke elemen peltier yang terdiri dari beberapa pasang sel semikonduktor tipe p (semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih

rendah) dan tipe n (semikonduktor dengan tingkat energi yang lebih tinggi), akan mengakibatkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (kalor dilepaskan), seperti pada Gambar 2.1 [6] , sisi elemen peltier yang menjadi sisi panas maupun dingin tergantung dari arah aliran arus listrik.



Gambar 2.1 Skema aliran peltier

(Sumber : Melcore Website-edited)

Hal yang menyebabkan sisi dingin elemen peltier menjadi dingin adalah mengalirnya elektron dari tingkat energi yang lebih rendah pada semikonduktor tipe-p, ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu semikonduktor tipe-n. Agar elektron tipe p yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah dapat mengalir maka elektron menyerap kalor yang mengakibatkan sisi tersebut menjadi dingin. Sedangkan pelepasan kalor ke lingkungan terjadi pada sambungan sisi panas, dimana elektron mengalir dari tingkat energi yang lebih tinggi (semikonduktor 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 panas.

Penyerapan kalor dari lingkungan terjadi pada sisi dingin yang kemudian akan dibuang pada sisi panas dari elemen peltier. Sehingga nilai kalor yang

dilepaskan pada sisi panas sama dengan nilai kalor yang diserap ditambah dengan daya yang diberikan ke modul, sesuai dengan persamaan :

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

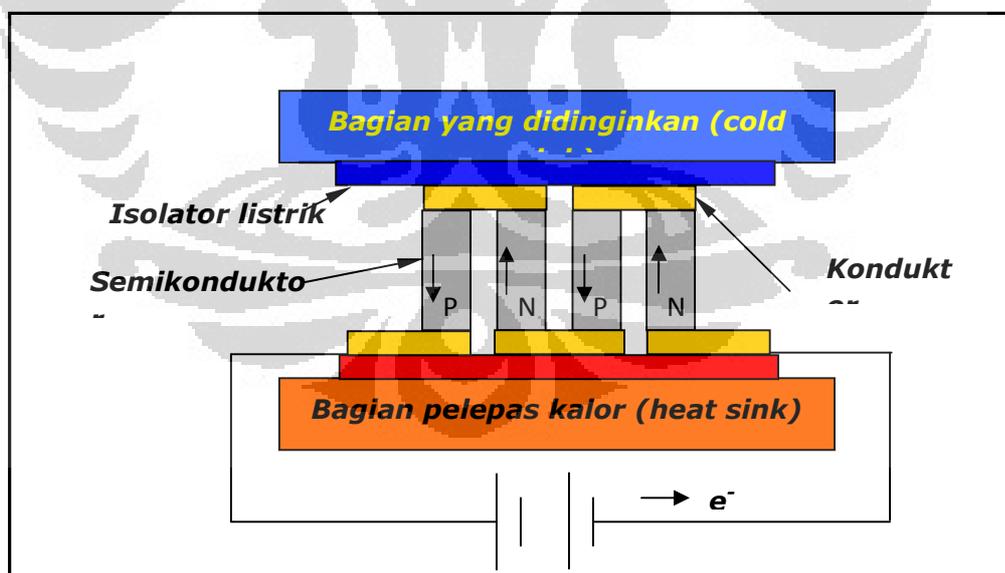
Dimana :

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)

Pada Gambar 2.2 elektron mengalir dari semikonduktor pada tipe p yang kekurangan energi, menyerap kalor pada bagian yang didinginkan kemudian mengalir ke semikonduktor tipe n. Semikonduktor tipe n yang kelebihan energi membuang energi tersebut ke lingkungan dan mengalir ke semikonduktor tipe p dan seterusnya.



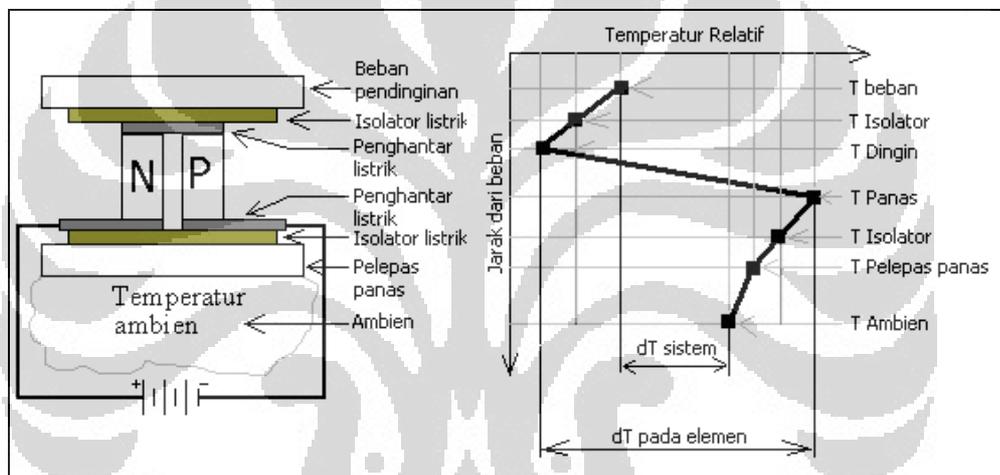
Gambar 2.2 Arah aliran elektron pada modul termoelektrik

(Sumber : Jurnal Teknologi, maret 2007)

2.1.3 Parameter Penggunaan Elemen Termoelektrik

Didalam penggunaan elemen termoelektrik terdapat tiga parameter penting yang perlu diperhatikan yaitu:

- ◆ Temperatur Permukaan Sisi Panas Peltier/hot side (T_h)
- ◆ Temperatur Permukaan Sisi Dingin Peltier/Cold Side (T_c)
- ◆ Beban kalor yang dapat ditransfer dari kompartemen dingin (Q_c) dpanas modul, yaitu:
 - ◆ Temperatur ambien lingkungan
 - ◆ Efisiensi *Heat sink* yang digunakan pada sisi panas modul.



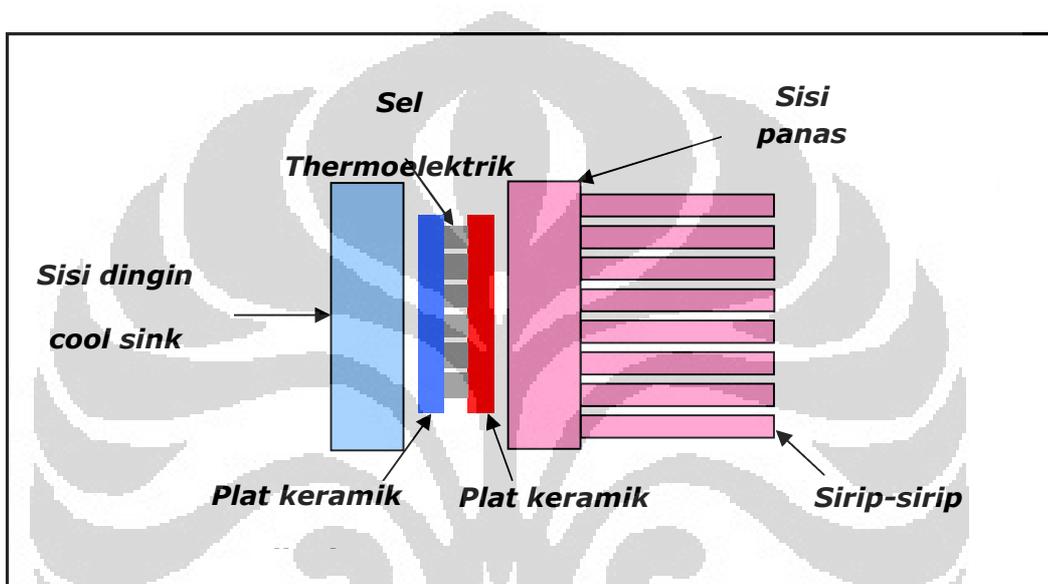
Gambar 2.3 Profil temperatur modul TEC

(Sumber : Seminar Tahunan Teknik Mesin, 6-7 Desember 2004)

Pada Gambar 2.3 [6] tentang profil temperatur sistem termoelektrik. Ada 2 dT temperatur yaitu dT sistem dan dT elemen. dT sistem adalah perbedaan temperatur antara beban pendinginan dan lingkungan, sedangkan dT elemen adalah perbedaan temperatur antara sisi dingin elemen peltier dan sisi panas elemen peltier. Secara umum pencapaian dT ($T_{\text{panas}} - T_{\text{dingin}}$) dari modul termoelektrik selalu mendekati konstan. Jika T_{panas} semakin rendah maka T_{dingin} semakin dingin, bila T_{panas} semakin tinggi maka T_{dingin} tidak terlalu dingin

2.1.4 Komponen Dasar Sistem Pendingin Termoelektrik

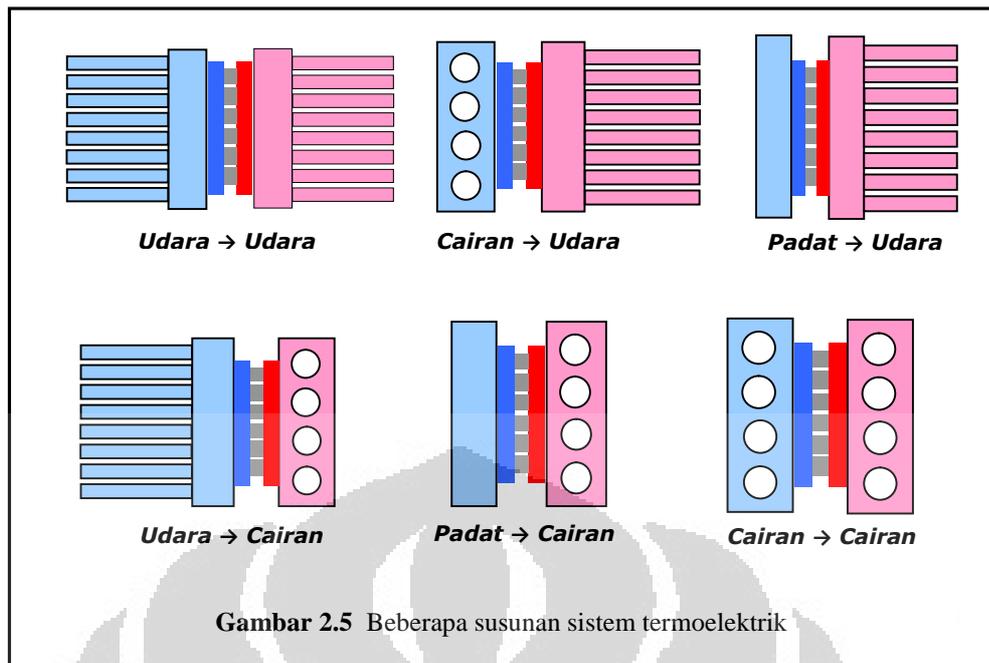
Pendingin termoelektrik memerlukan *heat sink* yang berfungsi untuk menyerap kalor pada sisi dingin elemen peltier maupun membuang kalor pada sisi panas peltier. Susunan dasar pendingin termoelektrik setidaknya terdiri dari elemen peltier dan *heat sink* baik pada sisi dingin elemen peltier maupun sisi panas, seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Susunan dasar sistem pendingin termoelektrik.

(Sumber : The Development of Portable Blood Carrier By Using Thermoelectrics and Heat Pipes, The 10th Internasional Conference On Quality In Research (QIR), Depok 4-6 Desember 2007.)

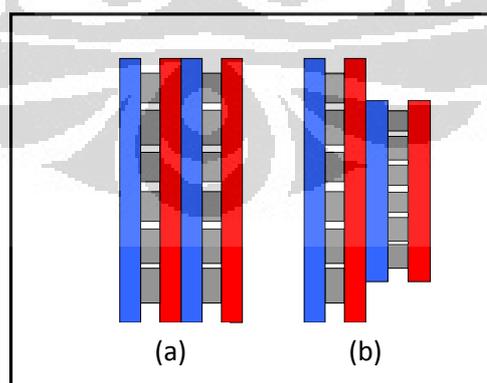
Bagian yang didinginkan dapat langsung dihubungkan dengan sisi dingin elemen peltier maupun dihubungkan terlebih dahulu dengan alat penukar kalor sebelum dihubungkan dengan sisi dingin elemen peltier. Alat penukar kalor tersebut dapat berupa fluida. Kalor yang dihasilkan pada sisi panas elemen peltier disalurkan ke lingkungan melalui udara baik secara konveksi paksa maupun alami atau dengan media pendingin air maupun cairan lainnya. Pada Gambar 2.5 menggambarkan beberapa susunan pendingin termoelektrik dengan berbagai cara perpindahan kalor baik dari media udara, cairan dan padat.



(Sumber : The Development of Portable Blood Carrier By Using Thermoelectrics and Heat Pipes, The 10th Internasional Conference On Quality In Research (QIR), Depok 4-6 Desember 2007.)

2.1.5 Sistem Termoelektrik Bertingkat

Sistem bertingkat pada modul termoelektrik digunakan hanya jika modul tunggal tidak bisa mencapai perbedaan temperatur yang diinginkan. Penambahan modul akan mengakibatkan daya yang dibutuhkan semakin besar. Terlihat pada Gambar 2.6 pemasangan elemen peltier secara bertingkat dengan tipe paralel dan *cascade*.



Gambar 2.6 Modul sistem bertingkat (a) Peltier paralel (b) Peltier *cascade*.

(Sumber : www.thetechzone.com)

Kemampuan memompa panas dari beban pada sistem bertingkat dapat ditingkatkan tergantung pada jumlah tingkat modul. Semakin banyak tingkat maka semakin besar selisih antara T_h dengan T_c . Karena selisih T_h dan T_c yang semakin besar, maka kalor yang dapat dipindahkan dari beban juga semakin besar.

2.1.6 Aplikasi Termoelektrik Secara Garis Besar

Aplikasi termoelektrik telah digunakan diberbagai bidang, tidak hanya sebagai pendingin tetapi juga sebagai pembangkit daya, sensor energi termal maupun digunakan pada bidang militer, ruang angkasa, instrument, biologi, medikal, dan industri serta produk komersial lainnya.

Aplikasi termoelektrik sebagai alat pendingin terdiri dari aplikasi untuk mendinginkan peralatan elektronik, *air conditioner* maupun lemari pendingin. Penggunaan termoelektrik juga diaplikasikan pada tutup kepala sebagai pendingin kepala. Pada dunia otomotif juga telah dikembangkan termoelektrik intercooler.

Aplikasi termoelektrik sebagai pembangkit daya dibagi menjadi 2 bagian sebagai pembangkit daya rendah dan pembangkit daya tinggi. Aplikasi pembangkit daya rendah meliputi pemanfaatan panas tubuh manusia untuk menjalankan jam tangan, sedangkan pembangkit daya tinggi pada termoelektrik memanfaatkan panas dari sisa panas buang yang dihasilkan dari industri maupun pemanfaatan sisa panas dari pembakaran bahan bakar.

Kelebihan Pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) antara lain ketahanan alat yang baik, tidak menimbulkan suara, tidak adanya bagian mekanikal yang bergerak sehingga tidak menimbulkan getaran, perawatan yang mudah, ukuran yang kecil, ringan, ramah terhadap lingkungan karena tidak menggunakan refrigeran yang dapat merusak ozon, termoelektrik dapat juga digunakan pada lingkungan yang sensitif, tidak adanya ketergantungan terhadap posisi peletakan, ketelitian kontrol temperatur $\pm 0.1^\circ\text{C}$ dapat dicapai dengan menggunakan termoelektrik, dan cocok digunakan pada aplikasi kotak pendingin dibawah 25 Watt[11]. Sedangkan kelemahan termoelektrik adalah efisiensi yang

rendah dan adanya kondensasi pada suhu tertentu. Sehingga sampai saat ini pendingin termoelektrik hanya efektif pada aplikasi untuk objek pendinginan dan daya yang kecil.

2.2 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor yang terjadi pada *cool box* ada dengan cara konduksi dan konveksi.

2.2.1 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 energi 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:

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

Untuk mencari nilai tahanan thermal dari suatu material padatan digunakan rumus,

$$R_T = \frac{T_0 - T_1}{q} = \frac{l}{kA} \quad (3)$$

Dimana :

q = Energi kalor [Watt]

k = Konduktivitas thermal [W/m.K]

A = Luas permukaan [m^2]

Δx = Tebal penampang permukaan [m]

T_0 = Temperatur yang lebih tinggi [K]

T_1 = Temperatur 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.

2.2.2 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 biasa 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:

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

Dimana:

q = Energi kalor [W]

h = Koefisien perpindahan kalor konveksi [$W/m^2 \cdot K$]

A = Luas area permukaan [m^2]

T_s = Temperatur permukaan [K]

T_∞ = Temperatur ambient [K]

BAB III

DESAIN DAN MANUFAKTUR

3.1 Konsep Desain

Cool box adalah alat yang digunakan untuk menyimpan aneka barang agar tetap dalam keadaan dingin. Box motor merupakan salah satu alat pelengkap sepeda motor yang digunakan sebagai tempat untuk menyimpan barang. Dan termoelektrik merupakan media pendingin yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan refrigeran sebagai fluida pendinginnya. Penggabungan antara kedua hal tersebut, ternyata box motor dapat dimanfaatkan untuk menyimpan barang yang membutuhkan sistem pendinginan menggunakan sistem termoelektrik.

Pada pengembangan sebelumnya yaitu cool box termoelektrik CB – 01, kapasitas beban yang mampu ditampung sebesar 6 buah kaleng minuman @330ml dengan kabin berbentuk kotak. Hasil yang dicapai pada penelitian di laboratorium, untuk temperatur kabin tanpa beban dicapai temperatur 0°C, untuk beban 1 kaleng dicapai temperatur 2°C, untuk beban 2 kaleng dicapai temperatur 4°C, untuk beban 3 kaleng dicapai temperatur 6°C, untuk beban 4 kaleng dicapai temperatur 7 °C, untuk beban 5 kaleng dicapai temperatur 8 °C, dan untuk beban 6 kaleng dicapai temperatur 12 °C. Data ini berdasarkan suhu lingkungan yang berkisar 24 °C. Dan untuk Temperatur kabin saat test jalan tanpa beban didapat 5.1 °C, untuk beban 1 kaleng dicapai temperatur 9.8°C, untuk beban 2 kaleng dicapai temperatur 12.4°C, untuk beban 3 kaleng dicapai temperatur 15.9°C, untuk beban 4 kaleng dicapai temperatur 18.3 °C, untuk beban 5 kaleng dicapai temperatur 20.1 °C, dan untuk beban 6 kaleng dicapai temperatur 22.4 °C. Data ini berdasarkan suhu lingkungan yang berkisar 30 °C. Dan pengembangan yang dilakukan pada perancangan ini adalah perubahan bentuk kabin menjadi bentuk silinder berdiameter 240 mm. Dari bentuk ini diperoleh penambahan kapasitas daya tampung dari 6 buah menjadi 8 buah kaleng minuman @330ml.

Berdasarkan kebutuhan-kebutuhan tersebut, maka perlu digambarkan pemikiran-pemikiran umum yang mendasari perancangan alat ini, diantaranya:

1. Menggunakan 4 buah elemen peltier ganda pada setiap sisi, karena pada dasarnya temperatur dingin yang harus tercapai sekitar 0 - 5°C. Elemen peltier disusun paralel secara perakitan (*assembly*) dan seri secara kelistrikan. Tujuan disusun paralel secara perakitan (*assembly*) adalah agar didapatkan ΔT yang semakin tinggi, sehingga kalor yang dilepas semakin besar. Sedangkan disusun seri secara kelistrikan adalah agar diperoleh nilai arus listrik yang optimal.
2. Karena prinsip kerja peltier menggunakan ΔT , yaitu temperatur dingin maksimal = temperatur panas maksimal - ΔT . Untuk dapat mencapai temperatur sisi dingin yang optimal, maka temperature pada sisi panasnya harus diturunkan serendah-rendahnya. Untuk mengoptimalkan proses pelepasan panas maka digunakan metode konveksi paksa yaitu dengan menggunakan fan.
3. Pada sisi bawah cool box, dipasang juga alat penyerap panas berupa sirip aluminium.
4. Menggunakan plat konduktor aluminium sebagai ruang kabinnya. Hal ini bertujuan untuk mempercepat penyerapan kalor.
5. Untuk mengoptimalkan proses pendinginan dan diperlukan suatu sistem isolasi. Isolasi diletakkan pada sisi luar kabin aluminium dan sisi dari tutup box tersebut. Isolasi ini harus memiliki sifat isolator yang sangat baik mengingat letak dan posisinya sebagai pembatas *cooling-heating system*.
6. Secara operasional alat ini bersifat *portable* dan cenderung diletakan pada kendaraan bermotor, maka sumber tegangan yang digunakan adalah aki dengan tegangan 12 VDC.
7. Sistem kelistrikan (*wiring electric*) ini hanya menggunakan saklar sebagai ON-OFF dari *carrier box* ini.

3.2 Desain Alat

Dalam mendesain alat *cool box* tentunya mengacu pada ukuran komponen-komponen yang digunakan, seperti peltier, kabin aluminium, sirip aluminium, dan ukuran komponen-komponen pelengkap lainnya. Selain ukuran, hal ini juga mengacu pada nilai estetika dan biaya, karena dari sisi desain alat ini berorientasi pada estetika dan biaya.

Desain dari *cool box* mengacu pada bentuk dari pemilihan box motor itu sendiri, karena dalam hal ini berpengaruh pada volume *cool box* yang akan dibuat.

Dalam pemilihan material pada komponen yang diperlukan, tentunya harus melihat dari sisi kualitas, harga dan ketersediaan yang ada di pasaran. Sebagai rinciannya akan dijelaskan sebagai berikut:

Di bawah ini adalah desain dari masing-masing komponen yang akan digunakan untuk keperluan assembly dari *cool box* pada *carrier box* pada sepeda motor.

1. *Carrier Box* Motor



Gambar 3.1 *Carrier Box* Motor

Dalam pemilihan *carrier box*, aspek-aspek yang harus dilihat adalah berdasarkan kebutuhan dari barang yang akan dibawa dan yang akan didinginkan. Barang-barang yang akan didinginkan, seperti minuman kaleng dengan asumsi kapasitasnya adalah sekitar delapan minuman kaleng volume

330 ml, untuk vaksin dan darah. Sehingga pemilihan carrier box ini berdasarkan kebutuhan dan ketersediaan di pasaran maka kapasitas yang dipilih sekitar 30 Liter volume carrier box.

2. Kabin Aluminium



Gambar 3.2 Kabin Aluminium

Silinder aluminium berfungsi untuk menyerap kalor dari elemen peltier yang didukung dengan menggunakan *heat-sink fan*. Oleh karena itu, part ini harus memiliki sifat antara lain:

1. Daya hantar kalor yang tinggi yang berfungsi sebagai penyerap kalor utama dalam sistem cool-box.
2. Mampu menyimpan atau mempertahankan kondisi dingin.
3. Mudah dibentuk.
4. Anti karat (mencegah kemungkinan terjadinya kondensasi pada ruang pendingin).
5. Aman terhadap kulit ketika disentuh.

Berdasarkan sifat-sifat diatas digunakan silinder aluminium yaitu panci diameter 240 mm dan tinggi 170 mm dengan ketebalan 0.8 mm. Dengan bagian alasnya dilubangi dan diberi list karet sebagai isolasi. Pada sisi atasnya dilapisi lagi dengan silinder aluminium dan di isi dengan polyurethane.

3. Tutup Cool Box



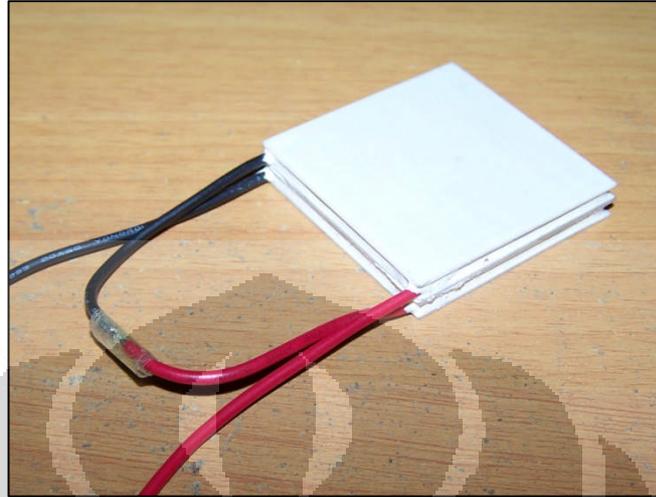
Gambar 3.3 Tutup Cool Box

Adapun sifat material yang diharapkan terdapat pada tutup cool box ini adalah :

1. Konstanta konduktivitas kalor yang kecil sehingga dapat berfungsi sebagai isolasi thermal.
2. Nilai tahanan listrik yang tinggi sehingga dapat berfungsi sebagai isolasi listrik. Isolasi listrik ini bertujuan untuk memenuhi faktor keamanan dalam penggunaan.
3. Mudah dibentuk, sehingga desain dapat dilakukan dengan hambatan yang sedikit.
4. Tidak getas, atau memiliki keuletan yang tinggi. Hal ini bertujuan agar dinding penyekat tidak mudah rusak jika mengalami benturan.

Berdasarkan sifati-sifat material diatas maka digunakan material akrilik dengan tebal 5mm dan panci aluminium diameter 280 mm dengan tebal 0,8 mm. Panci tersebut dipotong setinggi 60 mm dan direkatkan pada akrilik menggunakan lem kemudian diisolasi menggunakan polyurethane dan stereofom. Dan pada alas bagian dalam panci tersebut diberi isolasi berupa gabus agar tidak ada aliran udara dari dalam keluar kabin pendingin ataupun sebaliknya .

4. Peltier Ganda

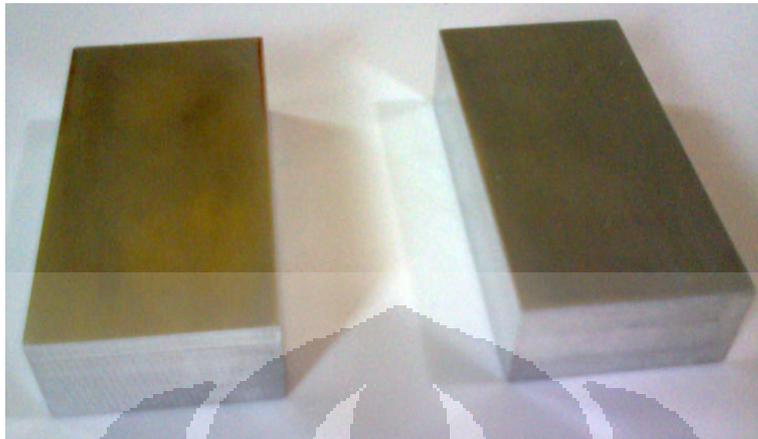


Gambar 3.4 Dobel Peltier

Dua buah elemen peltier yang digunakan disusun seri secara kelistrikan dan paralel secara termal. Penyusunan elemen peltier secara seri dalam hal kelistrikan dimaksudkan agar diperoleh nilai arus listrik yang optimal pada tegangan kerja 12V DC, karena jika disusun paralel akan memberikan hambatan total yang kecil sehingga arus yang dibutuhkan sangat besar untuk tegangan kerja yang sama. Penyusunan elemen peltier secara paralel dalam hal termal dimaksudkan agar didapat ΔT yang besar, karena sisi panas peltier pertama didinginkan oleh sisi dingin peltier kedua sehingga sisi dingin peltier pertama akan semakin dingin dan dapat memindahkan kalor lebih banyak dari ruang kabin dibanding jika hanya memakai satu elemen peltier.

Peltier yang digunakan yang ada dipasaran dengan dimensi adalah 40 x 40 mm dengan ketebalan 4 mm. Spesifikasi yang lain adalah dilihat dari sistem kelistrikannya, yaitu input tegangan 12 VDC dengan arus maksimal 6 Ampere (dilihat dari stempel pada peltier). Berdasarkan desain yang akan digunakan adalah menggunakan jumlah keseluruhan peltier 4 buah peltier ganda.

5. Spacer block



Gambar 3.5 spacer block

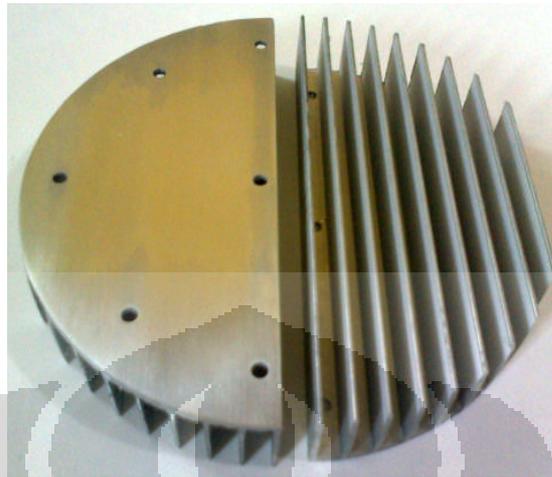
Spacer block berfungsi sebagai penghantar kalor yang menghubungkan antara ruang cool box dan sisi dingin peltier. Material yang digunakan adalah aluminium dengan ukuran 80mm x 40mm x 20mm.

Aluminium memiliki sifat seperti :

- Konstanta konduktivitas kalor yang besar sehingga dapat berfungsi sebagai konduktor termal.
- Memiliki sifat tahan terhadap korosi.
- Tidak getas, atau memiliki keuletan yang tinggi. Hal ini bertujuan agar ruang pendingin tidak mudah rusak jika dilakukan proses bongkar pasang.
- Mudah dibentuk, sehingga spacer block dapat dibuat sesuai dengan desain yang dibuat.

Pengerjaannya menggunakan mesin milling CNC untuk mendapatkan permukaan yang rata dan dilanjutkan dengan amplas sampai dengan grade 600 untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang merata. Dan untuk finishing permukaannya menggunakan Alco Metal Polish untuk menghaluskan permukannya.

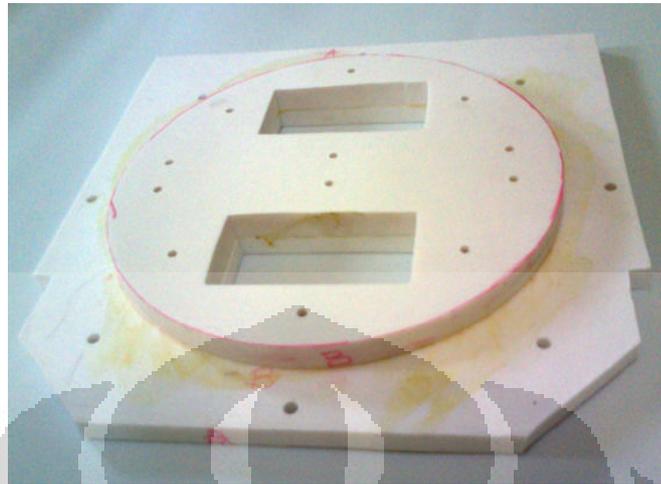
6. Sirip aluminium



Gambar 3.6 Sirip Aluminium

Sirip aluminium yang dipilih mempunyai dimensi yang bisa mewakili dari desain dimensi cool box, karena hal ini akan mempengaruhi dari penempatan cool box. Berdasarkan desain, dimensi untuk sirip aluminium yang digunakan untuk cool sink adalah diameter 200 x 35 mm dan untuk heat sink adalah diameter 200 x 35 mm. Ketebalan alas sirip aluminium di kurangi 2 mm, sehingga diperoleh dimensi akhir dengan ketebalan sekitar 3 mm. Hal ini bertujuan untuk mengurangi beban pendinginan saat diletakkan sebagai cool sink di ruang kabin dan mempercepat pelepasan kalor kelingkungan saat diletakkan sebagai heat sink saat dikonveksi oleh kipas. Dan dibuat bentuk sama yaitu untuk mempermudah saat pembuatan dan mempermudah saat pemasangan, sehingga tidak menjadi masalah ketika tertukar posisinya saat pemasangan awal maupun saat proses perbaikan jika sistem pendingin ini mengalami masalah. Pengerjaannya menggunakan mesin milling CNC untuk mendapatkan permukaan yang rata dan dilanjutkan dengan amplas sampai dengan grade 600 untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang merata. Dan untuk finishing permukaannya menggunakan Alco Metal Polish untuk menghaluskan permukannya.

7. Casing Teflon



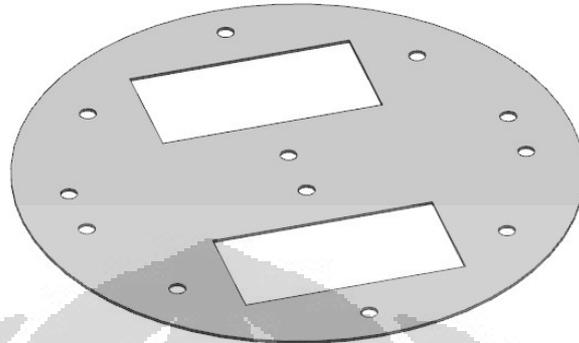
Gambar 3.7 casing teflon

Fungsi dari casing teflon adalah sebagaiudukan block spacer, cold sink dan heat sink. Dan juga membatasi proses serapan kalor agar udara pada ruang cool box tidak menyebar ke lingkungan dan juga mencegah masuknya kalor yang dari lingkungan ke dalam ruang cool box., serta tahan terhadap benturan. Berdasarkan hal ini, material yang dipilih harus memiliki sifat-sifat antara lain:

1. Mempunyai daya isolator yang baik.
2. Daya hantar kalor yang rendah.
3. Mudah dibetuk sesuai dengan keinginan.
4. Tahan terhadap pelapukan.
5. Memiliki keuletan yang tinggi.
6. Kuat sebagaiudukan konstruksi sistem pendingin..

Casing pada desain ini akhirnya menggunakan material teflon dengan ketebalan 28 mm. Penggunaan casing ini digunakan pada bagian bawah box motor. Proses pembuatannya dilakukan secara manual menggunakan alat - alat perkakas tangan. Proses finishing permukannya menggunakan amplas grade 320.

8. Gabus Isolasi Cold Sink dan Heat Sink



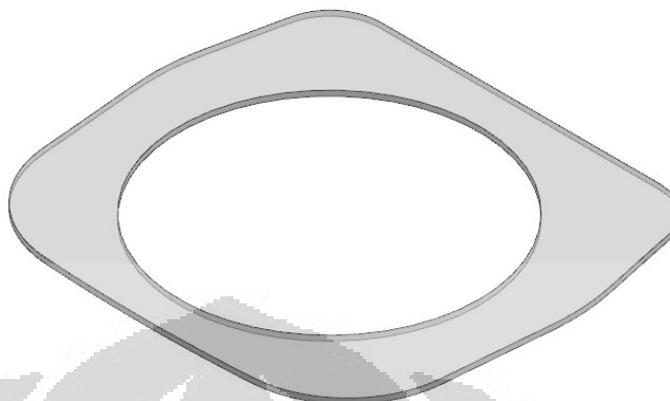
Gambar 3.8 Gabus isolasi cold sink dan heat sink

Adapun sifat material yang diharapkan terdapat pada gabus isolasi cold sink dan heat sink ini adalah :

1. Konstanta konduktivitas kalor yang kecil sehingga dapat berfungsi sebagai isolasi thermal.
2. Nilai tahanan listrik yang tinggi sehingga dapat berfungsi sebagai isolasi listrik. Isolasi listrik ini bertujuan untuk memenuhi faktor keamanan dalam penggunaan.
3. Mudah dibentuk, sehingga desain dapat dilakukan dengan hambatan yang sedikit.
4. Tidak getas, atau memiliki keuletan yang tinggi. Hal ini bertujuan agar tidak mudah rusak jika mengalami benturan dan tekanan.

Berdasarkan sifat-sifat material diatas maka digunakan material gabus dengan dimensi diameter 200 dan tebal 3 mm. Gabus ini berfungsi agar tidak ada aliran udara dari dalam keluar dudukan block spacer dan peltir ataupun sebaliknya.

9. Tutup Permukaan Box Carrier Atas



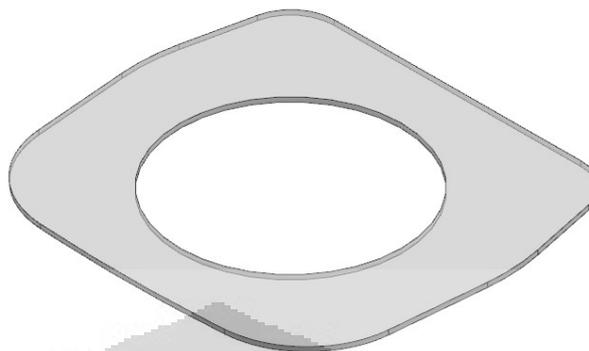
Gambar 3.9 Tutup Permukaan Box Carrier Atas

Fungsi dari tutup permukaan box carrier atas sebagaiudukan tutup kabin yang terbuat dari silinder aluminium, juga membatasi proses serapan kalor agar udara pada ruang tutup silinder aluminium tidak menyebar ke lingkungan dan juga mencegah masuknya kalor yang dari lingkungan ke dalam tutup cool box. Dan juga membuat permukaan tutup cool box menjadi tahan terhadap benturan dan rata sehingga bagus secara visual. Berdasarkan hal ini, material yang dipilih harus memiliki sifat-sifat antara lain:

1. Mempunyai daya isolator yang baik.
2. Daya hantar kalor yang rendah.
3. Mudah dibetuk sesuai dengan keinginan.
4. Tahan terhadap pelapukan.
5. Memiliki keuletan yang tinggi.
6. Kuat sebagaiudukan konstruksi sistem pendingin..

Tutup permukaan atas box carrier pada desain ini akhirnya menggunakan material acrylic dengan ketebalan 5 mm. Proses pembuatannya dilakukan secara manual menggunakan alat - alat perkakas tangan.

10. Tutup Permukaan Box Carrier Bawah



Gambar 3.10 Tutup Permukaan Box Carrier Bawah

Fungsi dari tutup permukaan box carrier bawah sebagai dudukan kabin yang terbuat dari silinder aluminium, juga membatasi proses serapan kalor agar udara pada ruang tutup silinder aluminium tidak menyebar ke lingkungan dan juga mencegah masuknya kalor yang dari lingkungan ke dalam cool box. Dan juga membuat permukaan cool box menjadi tahan terhadap benturan dan rata sehingga bagus secara visual. Berdasarkan hal ini, material yang dipilih harus memiliki sifat-sifat antara lain:

1. Mempunyai daya isolator yang baik.
2. Daya hantar kalor yang rendah.
3. Mudah dibetuk sesuai dengan keinginan.
4. Tahan terhadap pelapukan.
5. Memiliki keuletan yang tinggi.
6. Kuat sebagai dudukan konstruksi sistem pendingin..

Tutup permukaan atas box carrier pada desain ini akhirnya menggunakan material acrylic dengan ketebalan 5 mm. Proses pembuatannya dilakukan secara manual menggunakan alat - alat perkakas tangan.

11. Kipas

Kipas ini berfungsi untuk menyerap kalor yang ada di heat sink. Hal ini bertujuan untuk menurunkan kalor pada sisi panas peltier. Kipas yang dipakai untuk cool box ini adalah kipas yang mempunyai rpm cukup tinggi agar transfer panas dari heat sink ke lingkungan menjadi lebih bagus.

Spesifikasi kipas yang dipakai untuk cool box adalah sebagai berikut :



Gambar 3.11 Kipas

Nidec C34262-71 119x119x38mm (120x38mm)

Made in USA

Nidec Beta VTA450DC, Model C34262-71, P/N 930364 CQ

120mmx38mm Rear Thermistor Fan, 12V DC 0.8A, 3-wire, 5-pin, for Proliant ML350, 800 replaced by 90-C122633001-01 wire lead Compaq connector

Tabel 1. Spesifikasi kipas

SPESIFICATION:	
Rexus SKU Number	21238-1
Manufacture	Nidec
Size/Dimension	119x119x38
Mfg.part number	C34262-71
Bearing Type	Ball Bearing
Connector Type	7"3 wire lead (Compaq connector)
RoHS status	n/a
Voltage-rated	12V DC
Power rated	9.6 W
Speed	4050 RPM (Temperature detecting variable speed)
Air flow	130 CFM (variable)
Noise	53.5 dBA (variable)
MTBF	49,000 hrs
Packing/weight	Bulk, 24pcs/box,18lbs

12. Dudukan Kipas



Gambar 3.12 Dudukan Kipas

Fungsi dari dudukan kipas adalah mengarahkan arah aliran udara secara konveksi menuju heat sink. Untuk dudukan kipas terbuat dari acrylic dengan dimensi 5 x 140 x 240 mm. Dan untuk pengatur ketinggian dudukan kipas menggunakan plat besi dengan dimensi 1 x 100 x 100 mm, yang dikaitkan di baut M8 yaitu baut pengikat antara cool box dan penyangga cool box.

13. Isolator (sterofoam dan polyurethane)



Gambar 3.13 Isolator sterofoam dan polyurethane

Fungsi dari isolasi adalah membatasi proses serapan kalor agar udara pada ruang cool box tidak menyebar ke lingkungan dan juga mencegah masuknya kalor yang dari lingkungan ke dalam ruang cool box. Berdasarkan hal ini, isolasi yang dipilih harus memiliki sifat-sifat antara lain:

1. Mempunyai daya isolator yang baik.
2. Daya hantar kalor yang rendah.
3. Mudah dibentuk sesuai dengan keinginan.
4. Elastis agar dapat mengisi rongga-rongga dari silinder aluminium yang dibentuk menjadi cool box, yang mana permukaan dari aluminiumnya yang tidak rata.

Isolasi pada desain ini akhirnya menggunakan polyurethane dengan ketebalan 30 mm dan stereofom. Penggunaan isolasi ini digunakan pada semua sisi terluar dari plat aluminium.

14. Penyangga Cool Box



Gambar 3.14 Penyangga carrier box

Fungsi dari penyangga cool box adalah memegang cool box yang diikat dengan baut M8 terhadap bracket motor dan memberi ruang untuk sistem pendinginan oleh kipas terhadap heat sink secara konveksi. Penyangga cool box terbuat dari besi profil L dengan dimensi 25x25x170 mm untuk

dudukan alas atas dan bawahnya. Untuk tiang penyangganya menggunakan besi diameter 1/2 inch x 120 mm. Proses penyatuannya menggunakan proses las listrik.

15. Bracket Motor



Gambar 3.15 Bracket motor

Fungsi dari bracket motor adalah memegang unit cool box yang diikat dengan baut M8 dan terhadap body sepeda motor, bracket ini diikat dengan baut M8 sebanyak 4 buah. Bracket motor ini di beli di pasaran sesuai dengan jenis motor yang akan di pakai untuk membawa cool box yaitu sepeda motor tiger revo. Untuk dudukan konstruksi unit cool boxnya di beri tambahan plat besi dengan ukuran 5x35x340 mm di lubangi dengan diameter 9 mm sebanyak 4 lubang. Kemudian dilas pada konstruksi permukaan atas bracket motor. Dan proses finishingnya menggunakan cat warna hitam untuk memperbagus tampilan secara visual.

3.3 Perakitan Alat

Setelah seluruh komponen alat telah siap, langkah selanjutnya adalah merakit komponen-komponen tersebut menjadi sebuah cool box. Langkah-langkah perakitannya adalah sebagai berikut :

- 1) Memotong bagian alas carrier box berdiameter 205 mm. Kemudian membuat 4 buah lubang berdiameter 9 mm untuk dudukan baut pengikat pada braket motor dan membuat 10 buah lubang berdiameter 6 mm untuk dudukan baut pengikat casing teflon dan acrylic box carier.
- 2) Memasang baut paku M4 untuk dudukan acrylic pada sisi carrier box bagian bawah sebanyak 12 buah.
- 3) Membuat 4 buah lubang berdiameter 6 mm untuk dudukan baut pengikat acrylic pada tutup carrier box.
- 4) Memasang baut paku M4 untuk dudukan acrylic pada sisi carrier box bagian atas sebanyak 12 buah.
- 5) . Panci diameter 28 cm di potong alasnya setinggi 60 mm dan direkatkan dengan acrylic bagian atas dengan lem. Kemudian pada dilapisi dengan sterefoam. Dan untuk merekatkan dinding aluminium dan sterefoam di isi dengan polyurethane .
- 6) Memasang unit tutup cabin pada tutup carrier box.



Gambar 3.16 Tutup carrier box

- 7) Memasang plat penyangga dudukan carrier box dan baut M8 x 100 dan ring M8 pada alas carrier box untuk pengikat dudukan carrier box.
- 8) Memasang baut M5x 50 dan ring M5, sebanyak 6 set untuk pengikat casing teflon.



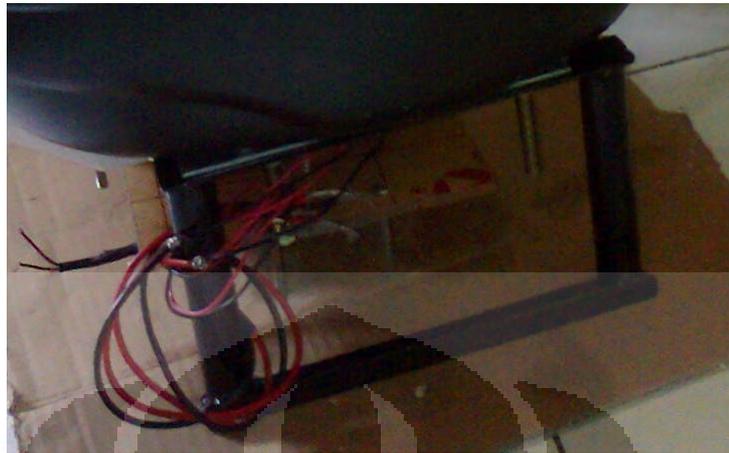
Gambar 3.17 Alas carrier box

- 9) Cabin yang telah jadi ditempelkan pada acrylic menggunakan lem. Kemudian dinding aluminium tersebut dilapisi stereofom, agar aluminium menempel dengan rata dan tidak ada udara terjebak diantara keduanya direkatkan menggunakan polyurethane.
- 10) Setelah itu memasang unit cabin pada carrier box bagian bawah.



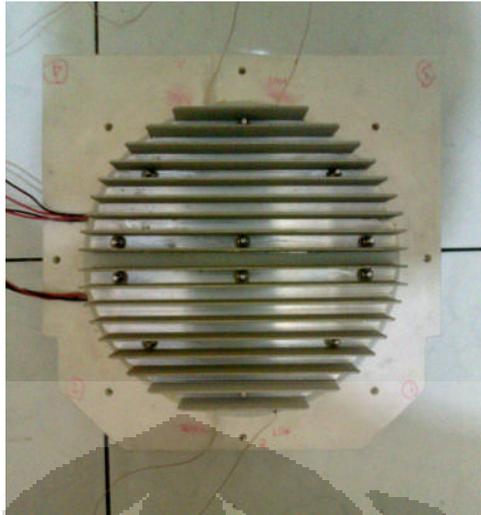
Gambar 3.18 Unit cabin yang telah di assembli.

11) Memasang dudukan carrier box pada bagian bawah box



Gambar 3.19 Dudukan carrier box

- 12) Menyusun rangkaian dobel peltier kemudian merapikan kabel-kabel keluaran elemen peltier menjadi satu kabel positif dan negative.
- 13) Memasang cool sink pada casing teflon.
- 14) Meletakkan spacer block diatas cold sink dengan diberi pasta terlebih dahulu.
- 15) Meletakkan rangkaian peltier diatas spacer block dengan diberi pasta terlebih dahulu dan menempatkan kabel-kabel peltier sesuai dengan ruang yang telah disediakan.
- 16) Memasang gabus untuk menutup rangkaian kabel peltier dan thermocouple dan juga berfungsi sebagai isolasi terhadap udara luar.
- 17) Memasang heat sink diatas permukaan gabus dengan dipertemukan terhadap permukaan peltier dengan diberi pasta diantara keduanya.
- 18) Memasang baut pengikat M4 dengan dilapisi dengan ring nylon untuk mencegah perambatan panas antara cool sink dan heat sink. Setelah itu diikat dengan mur M4.



Gambar 3.20 Komponen pendingin yang sudah dirangkai

19) Memasang unit komponen pendingin pada bagaian bawah carrier box.



Gambar 3.21 Pemasangan unit komponen pendingin pada carrier box

20) Memasang unit komponen kipas.



Gambar 3.22 Pemasangan unit komponen kipas pada carrier box

21) Hasil akhir Cool Box



Gambar 3.23 Gambar hasil akhir cool box

BAB IV

PENGUJIAN *COOL BOX*

4.1 Tujuan Pengujian

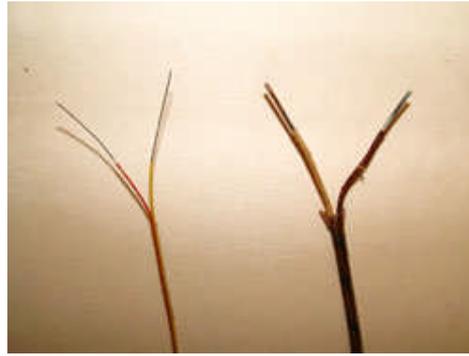
Tujuan dari pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui *performance* atau unjuk kerja dari *cool box* dengan menggunakan sistem pendingin elemen peltier ditinjau dari perubahan temperatur *cabin*, sehingga dapat diketahui perbandingan unjuk kerja desain saat ini dan desain sebelumnya.

4.2 Komponen Pengujian

Peralatan pendukung diperlukan agar pengujian dan pengambilan data dapat dilakukan, peralatan tersebut berupa peralatan seperti power supply, termokopel dan data akuisisi.

4.2.1 Termokopel

Termokopel yang digunakan dalam pengujian adalah termokopel wire tipe K, dengan material pembentuknya adalah Kromel (Nikel-Kromium) dan Alumel (Nikel-Aluminium), termokopel menggunakan prinsip efek *Seebeck* dalam pengukuran temperatur, dengan pembangkit tegangan sebagai fungsi dari gradien temperatur. Nilai dan fungsi dari gradien temperatur tersebut bergantung pada jenis komposisi material termokopel yang digunakan. Karena output dari termokopel berupa tegangan (mV), maka untuk membacanya digunakan data akuisisi.



Gambar 4.1 Termokopel Wire

Data Sheet :

Produsen : PELICAN WIRE COMPANY – NAPLES, FLORIDA
 Tipe Termocouple : ANSI Type “K” Spec
 Bahan : Chromel P / Alumel
 Diameter : 1,4478 mm
 Kode Produk : (K36-2-506)
 Keterangan Kode
 K : Merupakan Tipe K
 36 : Thermocouple Wire Gauge Size of The T/C Wire
 2 : Calibration Designations (Special atau Standard Limits of error) for the T/C wire
 506 : Type Insulasi (Single atau Jacket), lihat tabel

Tabel 2. Operasi Termokopel

PELICAN WIRE CONTINUOUS OPERATING TEMPERATURES FOR INSULATED THERMOCOUPLE WIRE									
Part	Type of insulation	TEMPERATURE RATINGS				PHYSICAL PROPERTIES			MFG OPERATION
		MAX CONTINUOUS TEMP		MAX SINGLE READING		ABRASION RESISTANCE	MOISTURE RESISTANCE	CHEMICAL RESISTANCE	
506	5 mils Feb Singles/5 Mils Feb Duplex (mayvary 5-7)	204°C	400°F	260°C	500°F	EXCELLENT	EXCELLENT	EXCELLENT	EXTRUDED

Website Spek Lengkap

<http://www.pelicanwire.com/thermocouplewire.htm>

Untuk menjamin keakuratan data, termokopel perlu diletakan pada posisi yang tepat, peletakan termokopel yang salah akan menyebabkan data yang dihasilkan menjadi tidak valid. Berikut ini dijelaskan mengenai posisi dan gambar peletakan termokopel pada pengujian *cool box*.

1. Posisi Termokopel di Ambien (lingkungan)

Untuk mengukur temperature ambien dari unit *cool box* berada, maka sebuah termokopel diletakan pada bagian luar *cool box*. Ujung sensor diletakan mengambang dan tidak bersentuhan dengan permukaan apapun.



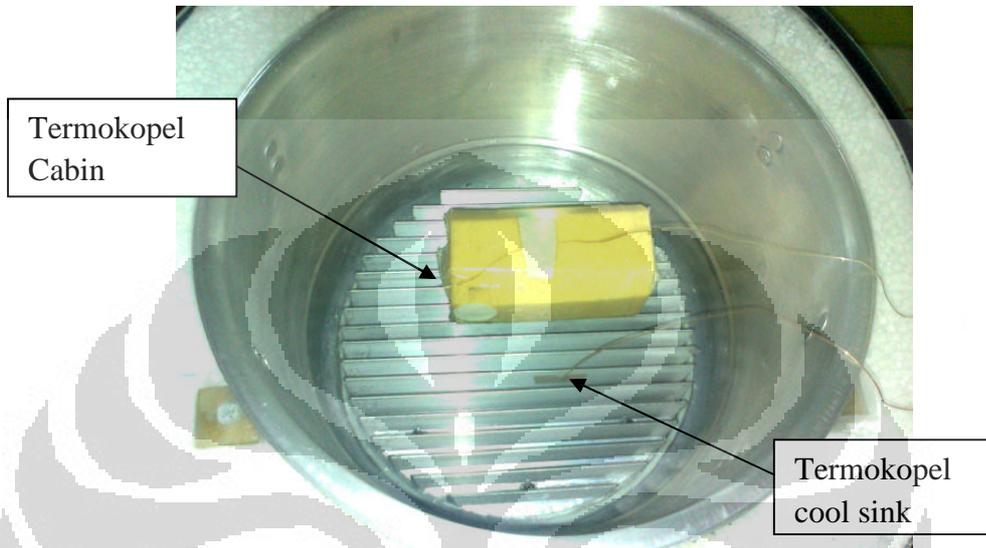
Gambar 4.2 Posisi thermokopel ambient

2. Posisi Peletakan Termokopel di Cold Sink

Termokopel untuk bagian ini pada ujung sensornya direkatkan dengan bantuan perekat plastik untuk memastikan ujung sensor melekat dengan kuat.

3. Posisi Peletakan Termokopel di Cabin

Untuk pengukuran temperatur ruang *cabin* dari *cool box*, ujung sensor termokopel diletakan mengambang dan direkatkan dengan perekat plastik pada bagian tengah kabin.



Gambar 4.3 Posisi thermokopel cool sink dan *cabin*

4. Posisi Peletakan Termokopel di Kaleng Air



Gambar 4.4 Posisi termokopel di air

Untuk pengukuran temperatur air sebagai beban pendinginan, ujung sensor termokopel diletakan mengambang ditengah-tengah kaleng air dan direkatkan dengan perekat plastik pada bagian atas kaleng tersebut untuk menjaga kestabilan posisi termokopel.

5. Posisi Peletakan Termokopel di Peltier

Untuk termokopel ini terdapat 4 titik pengujian.

- Termokopel untuk Spacer Block A dan Termokopel untuk Spacer Block B diletakkan pada bagian tengah-tengah spacer block yang telah dilubangi diameter 2mm.
- Termokopel untuk Heat Sink A dan Termokopel untuk Heat Sink B diletakkan pada bagian tengah heat sink yang telah dilubangi sekitar diameter 2mm.



Gambar 4.5 Posisi thermokopel peltier

4.2.2 Data Akuisisi NI DAQ-9172



Gambar 4.6 NI CompactDAQ Chassis

Gambar diatas adalah chassis yang digunakan, yang berfungsi sebagaiudukan thermocouple input module.

Website Produk

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/202545>



NI 9211

4-Channel, 14 S/s, 24-Bit, ± 80 mV

Gambar 4.7 Thermocouple Input Module

Gambar diatas adalah modul pembaca thermocouple yang digunakan, modul ini dimasukan ke dalam chassisnya.

Website Produk

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/14165>

4.2.3 DC Power Supply



Gambar 4.8 DC Power Supply

M10-TP3003L

M 10-TPL SERIES Feature

- Output off function
- New panel design Two adjustable & one fixed output
- Cooling with the fan at back

SPECIFICATIONS

- Line Regulation : $CV \leq 1 \times 10^{-4} + 3 \text{mV}$ $CC \leq 2 \times 10^{-3} + 3 \text{mA}$
- Load Regulation : $CV \leq 1 \times 10^{-4} + 2 \text{mV}$ $CC \leq 2 \times 10^{-3} + 3 \text{mA}$
- Riply & Noise : $CV \leq 0.5 \text{mV rms}$ $CC \leq 3 \text{mA rms}$
- Display Accuracy: Voltmeter $\pm(0.2\% \text{Rdg} + 2 \text{digits})$ Ammeter $\pm(1.0\% \text{Rdg} + 2 \text{digits})$
- Input Voltage :
110~127VAC $\pm 10\%$ /60Hz, 220~240VAC $\pm 10\%$ /50Hz, Switchable

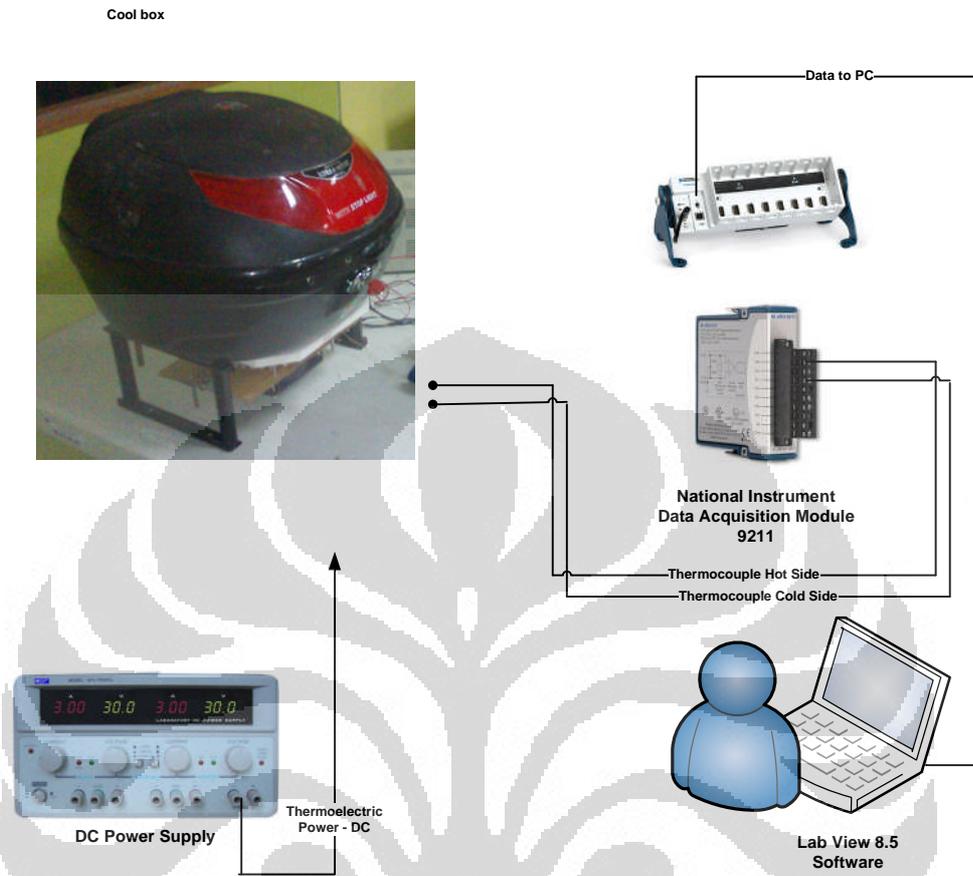
Tabel 3. Spesifikasi DC Power Supply

Model	Voltage	Current	Fixed output	Dimensions(WxHxD)	Weight (kg)
M10-TP3005L	0~30Vx2	0~5Ax2	5V/3A	260x160x330mm	9

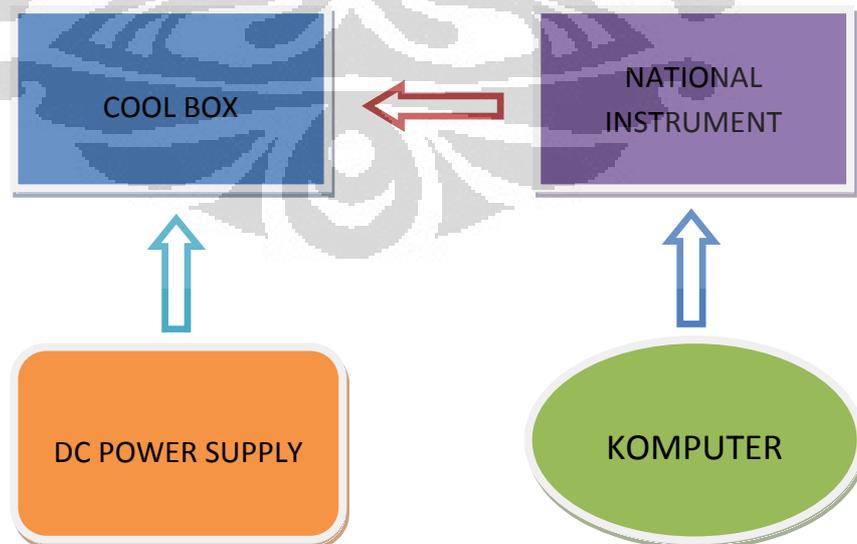
Website Produk

<http://www.mcps.com/M10-TPL%20series%20M10-TPH%20series.html>

4.3 Instalasi Pengujian di Laboratorium



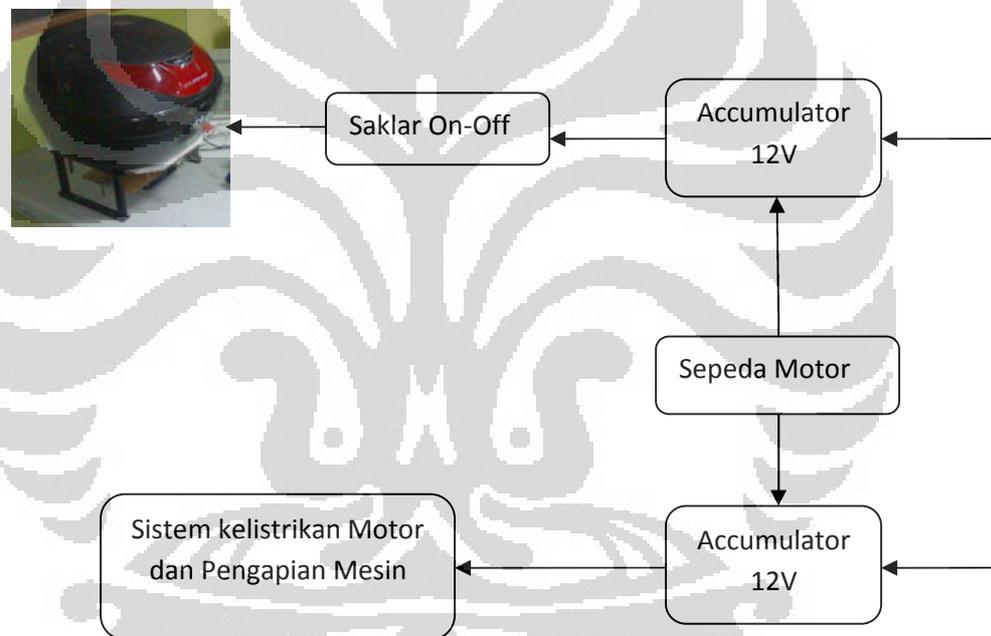
Gambar 4.9 Skema Pengujian Cool Box



Gambar 4.10 Bagan Pengujian Cool Box

Pada gambar 4.10 dapat dilihat skema alat uji yang digunakan untuk menguji kinerja prototipe cool box. Parameter utama pada pengujian ini adalah temperatur dan pada prototipe cool box dipasang 8 termokopel tipe K antara lain pada kabin, ambien, heatsink, cold sink dan empat buah termokopel untuk masing-masing spacer block 2 buah dan Heat sink 2 buah. Dan seluruh termokopel disambung ke data akuisisi yang sudah terkoneksi dengan komputer untuk proses pembacaan temperatur hasil pengujian.

4.4 Instalasi Pengujian Di Sepeda Motor



Gambar 4.11 Skema kelistrikan Cool Box di sepeda motor



Gambar 4.12 Skema pengujian cool box di jalan raya

Pada gambar 4.12 dapat dilihat skema alat uji yang digunakan untuk menguji kinerja prototipe cool box saat test jalan raya. Parameter utama pada pengujian ini adalah temperatur dan pada prototipe cool box dipasang 3 termokopel tipe K antara lain pada kabin, ambien, dan cold sink. Dan seluruh termokopel disambung ke alat termometer portable untuk proses pembacaan temperatur hasil pengujian.

Untuk uji jalan raya cool box dirakit pada sepeda motor menggunakan braket motor. Pada pengujian ini menggunakan jenis aki kering 12V dengan arus 9A yang disambung langsung pada kelistrikan motor, sehingga aki dapat terisi kembali.



Gambar 4.13 Perakitan Cool Box Pada motor

4.5 Variasi Pengambilan Data

Pengujian dan pengambilan data temperature dilakukan di labolatorium dan di jalan raya. Cool box selalu difungsikan dengan *setting* yang tetap ketika dilakukan pengambilan data, peltier dan kipas selalu dioperasikan dengan tegangan tetap yaitu 12 volt. Variasi pengujian dilakukan dengan tanpa beban (kabin kosong) dan menggunakan beban berupa air dalam wadah kaleng aluminium (@ 330 ml yaitu 1 kaleng, 2 kaleng, 3 kaleng, 4 kaleng, 5 kaleng, 6 kaleng, 7 kaleng dan 8 kaleng. Lama pengambilan data

pengujian adalah 91 menit yang terbagi menjadi tiga kondisi, yaitu satu menit pertama alat ukur dijalankan untuk melihat kestabilan temperatur dari beberapa tempat peletakan termokopel di cool box agar sama atau mendekati seperti temperatur ambient. Kemudian sistem pendingin dihidupkan selama 60 menit lalu dilakukan pengambilan data temperatur. Setelah itu sistem pendingin dimatikan (cut off) dan selama 30 menit selanjutnya tetap dilakukan pengambilan data temperatur. Pembacaan data pengujian dilakukan oleh data akuisisi yang menghasilkan data setiap 1 detik. Kemudian data dirata-ratakan menjadi per 5 menit dengan bantuan komputer. Dan untuk pengambilan data temperature pengujian di jalan raya menggunakan termokopel portable. Pencatatan temperature dilakukan setiap lima menit. Kedua data pengujian temperatur di laboratorium dan test jalan raya lalu disajikan dalam bentuk table dan grafik. Hasil pengujian dibuat dalam format table berikut.

Tabel 4. Temperatur Pengujian

Waktu (menit)	Pengujian	Beban @ 330 ml								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
60	Labolatorium									
	Test Jalan Raya									
30 (Cut off)	Labolatorium									
	Test Jalan Raya									

BAB V

HASIL DAN ANALISA

5.1 Hasil Dan Anlisa Pengujian

Berikut adalah data-data dan analisa hasil pengujian cool box di laboratorium dan test jalan raya. Penyajian data yang diperoleh dibuat dalam format tabel dan juga digambarkan dalam bentuk grafik yaitu berupa grafik penurunan dan kenaikan temperatur terhadap waktu pendinginan. Berikut ini adalah data temperatur dari berbagai beban pengujian laboratorium dan jalan raya selama 90 menit.

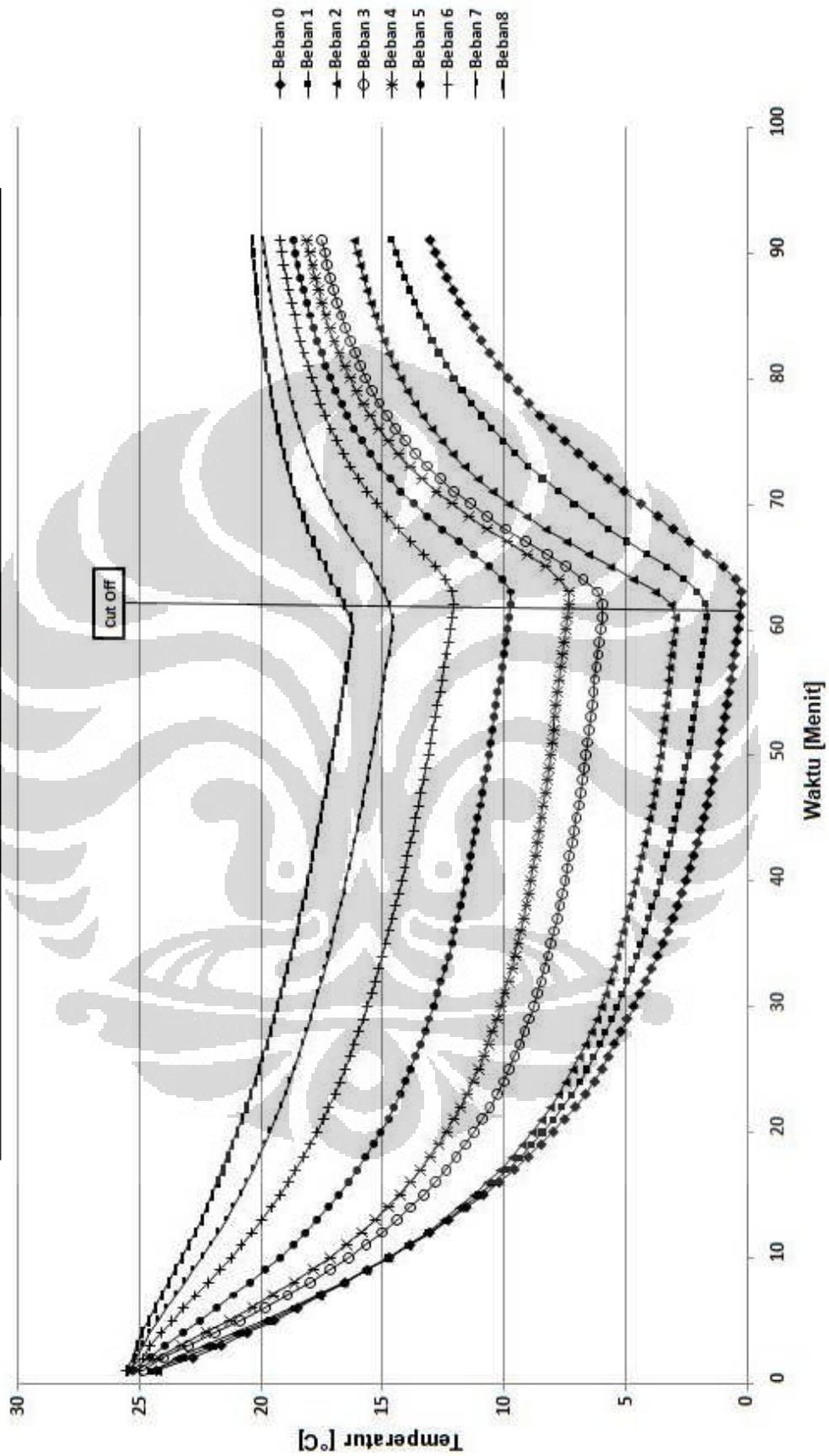
Tabel 5. Data temperatur pengujian laboratorium dan jalan raya

Waktu (menit)	Pengujian	Beban @ 330 ml								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
60	Labolatorium	0,33	1,64	2,94	5,93	7,43	9,78	12,13	14,61	16,35
	Test Jalan Raya	4,55	5,23	6,58	7,43	9,07	13,12	16,27	18,46	20,10
30 (Cut off)	Labolatorium	13,05	14,62	16,19	17,48	18,13	18,68	19,24	19,91	20,38
	Test Jalan Raya	14,34	15,52	17,32	18,79	19,32	19,47	20,87	21,35	22,63

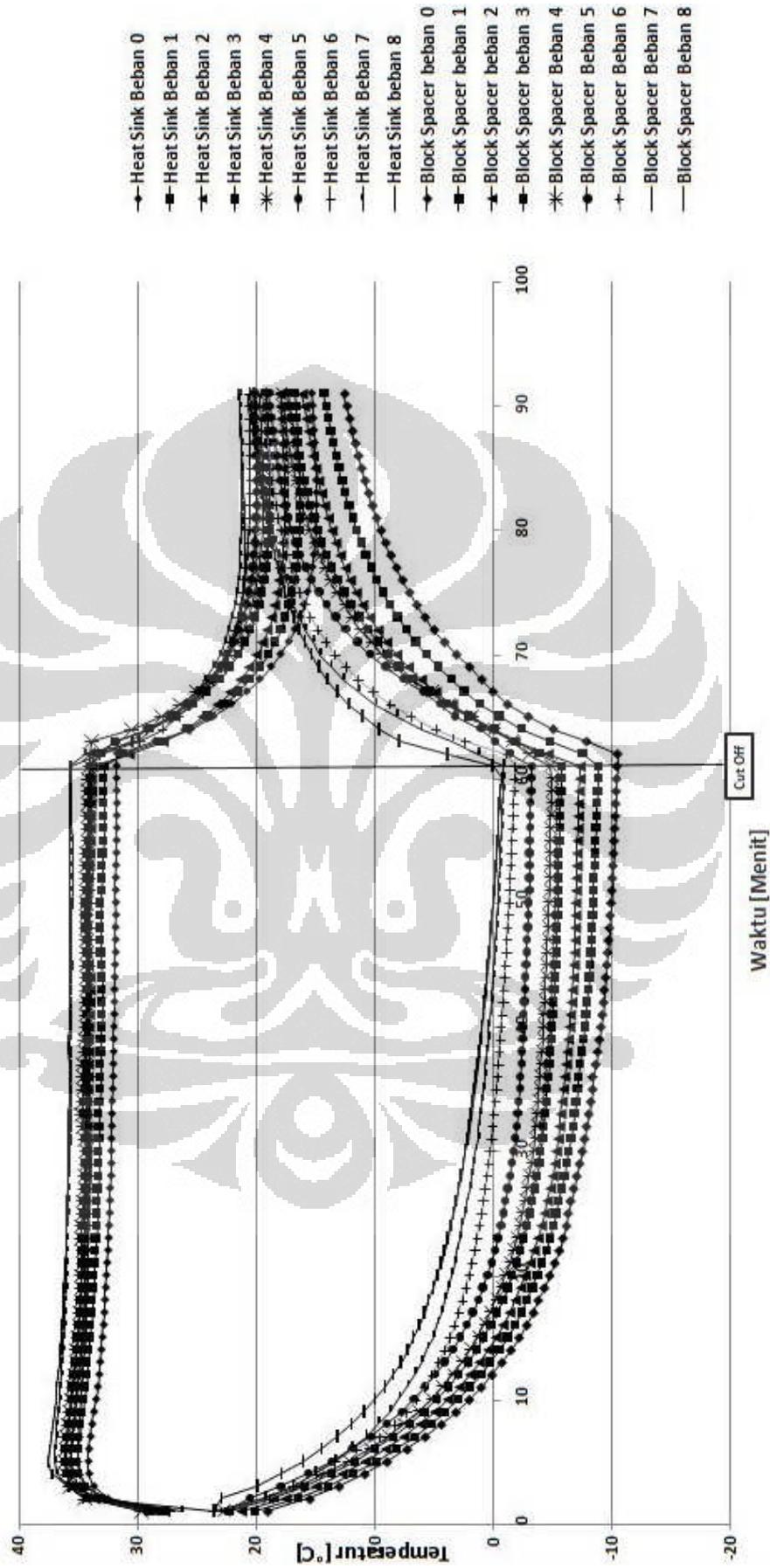
5.2 Analisa Grafik Distribusi Temperatur Pengujian Labolatorium

Berikut ini diperlihatkan grafik temperatur dari variasi beban pengujian laboratorium selama 90 menit dengan tegangan 12V.

Grafik 5.1 Temperatur kabin Pengujian laboratorium untuk variasi beban @ 330ml



Grafik 5.2 Temperatur heat sink – block spacer untuk variasi beban @ 330ml



Dari Grafik 5.1 dapat di lihat hampir semua titik pengujian memperlihatkan trend kenaikan dan penurunan temperatur yang hampir sama. Pembebanan yang semakin besar pada cool box menyebabkan penurunan suhu kabin relatif lebih lambat. Untuk menit ke-60 pengujian tanpa beban dicapai temperatur $0,33^{\circ}\text{C}$ dan untuk beban maksimum 8 kaleng dicapai temperatur $16,35^{\circ}\text{C}$. Pencapaian temperatur tersebut dibantu dengan cara peletakan beban dalam kabin yang diusahakan simetris pada sumber pendinginan yaitu cold sink yang terdapat didasar ruang kabin. Dan untuk kondisi cut off selama 30 menit dicapai temperatur untuk kondisi tanpa beban yaitu $13,05^{\circ}\text{C}$ dan untuk beban maksimum 8 kaleng dicapai temperatur $20,38^{\circ}\text{C}$. Dari kedua hal tersebut terlihat kemampuan isolasi kabin untuk menahan kenaikan temperatur pada kondisi tanpa pembebanan sebesar $12,72^{\circ}\text{C}$ dan untuk kondisi pembebanan 8 kaleng sebesar $4,03^{\circ}\text{C}$.

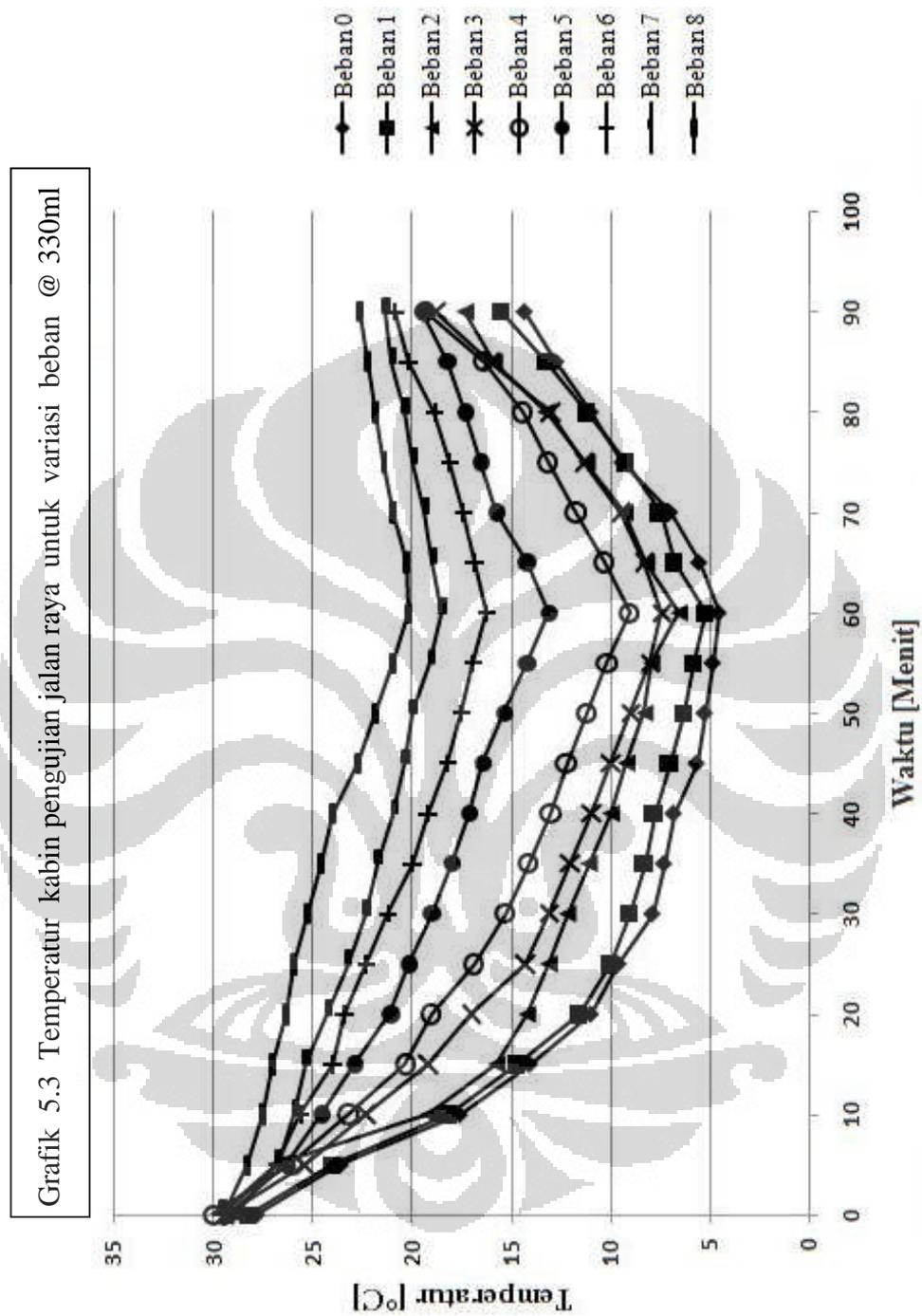
Teknik pendinginan yang menggunakan heat sink yang di konveksi menggunakan kipas mampu menekan temperatur sisi panas peltier sampai dengan $35,6^{\circ}\text{C}$ untuk beban maksimal 8 kaleng dan pencapaian temperatur terendah sisi dingin peltier $-10,43^{\circ}\text{C}$ untuk kondisi tanpa pembebanan. Dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa pembebanan sangat berpengaruh terhadap kerja pendinginan yang dilakukan peltier. Penambahan beban berarti penambahan jumlah kalor yang harus diserap oleh sisi dingin peltier. Karena peltier bekerja dengan prinsip ΔT , maka agar penurunan temperatur kabin dapat dipercepat lagi, perlu dilakukan upaya peningkatan kinerja peltier dengan cara menurunkan serendah-rendahnya temperatur pada sisi panasnya.

Jika dibandingkan dengan pengembangan cool box sebelumnya yaitu CB-01 yang mencapai suhu terendah 14°C untuk beban maksimal 6 kaleng @ 330 ml, maka pengembangan cool box CB-02 diperoleh hasil yaitu mampu menampung beban 6 kaleng @ 330 ml dengan temperatur kabin $12,13^{\circ}\text{C}$ dengan waktu pendinginan yang sama yaitu 60 menit. Dan untuk maksimal beban 8 kaleng @ 330 ml dengan waktu pendinginan yang sama juga yaitu 60 menit diperoleh temperatur kabin $20,10^{\circ}\text{C}$,



Gambar 5.1 Foto pengujian cool box di laboratorium untuk variasi beban

5.3 Analisa Grafik Distribusi Temperatur Pengujian Jalan Raya



Dari Grafik 5.3 dapat di lihat data hasil pengujian jalan raya dimana hampir semua titik pengujian memperlihatkan trend kenaikan dan penurunan temperatur yang hampir sama. Pembebanan yang semakin besar pada cool box menyebabkan penurunan suhu kabin relatif lebih lambat. Hal ini juga dipengaruhi temperatur ambient yang berubah-ubah mengikuti posisi sepeda motor saat pengujian yaitu saat menemui kondisi temperatur ambient yang rendah yaitu sekitar 24°C maka pendinginan akan semakin cepat di ruang kabin. Dan sebaliknya jika pengujian jalan raya berada pada temperatur yang tinggi yaitu sekitar 29°C maka aproses penurunan temperatur di kabin akan semakin lambat. Tabel temperatur kabin hasil pengujian di jalan raya menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari pada hasil pengujian di labolatorium. Untuk pembebanan maksimum 8 kaleng selama 60 menit diperoleh temperatur $22,63^{\circ}\text{C}$.

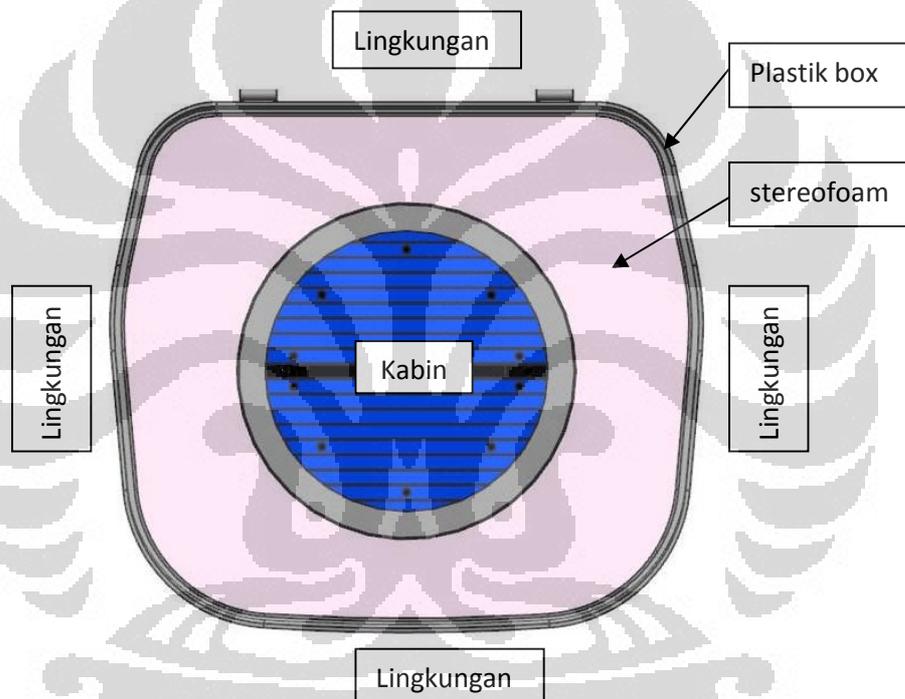
Untuk menit ke-60 pengujian tanpa beban dicapai temperatur $0,33^{\circ}\text{C}$ dan untuk beban maksimum 8 kaleng dicapai temperatur $16,35^{\circ}\text{C}$. Pencapaian temperatur tersebut dibantu dengan cara peletakan beban dalam kabin yang diusahakan simetris pada sumber pendinginan yaitu cold sink yang terdapat didasar ruang kabin. Dan untuk kondisi cut off selama 30 menit dicapai temperatur untuk kondisi tanpa beban yaitu $13,05^{\circ}\text{C}$ dan untuk beban maksimum 8 kaleng dicapai temperatur $20,38^{\circ}\text{C}$. Dari kedua hal tersebut terlihat kemampuan isolasi kabin untuk menahan kenaikan temperatur pada kondisi tanpa pembebanan sebesar $12,72^{\circ}\text{C}$ dan untuk kondisi pembebanan 8 kaleng sebesar $4,03^{\circ}\text{C}$.

Dan untuk kondisi cut off selama 30 menit dicapai temperatur untuk kondisi tanpa beban yaitu $14,34^{\circ}\text{C}$ dan untuk beban maksimum 8 kaleng dicapai temperatur $22,63^{\circ}\text{C}$. Dari kedua hal tersebut terlihat kemampuan isolasi kabin untuk menahan kenaikan temperatur pada kondisi tanpa pembebanan sebesar $9,79^{\circ}\text{C}$ dan untuk kondisi pembebanan 8 kaleng sebesar $2,53^{\circ}\text{C}$.

5.4 Analisa Kalor Yang Hilang

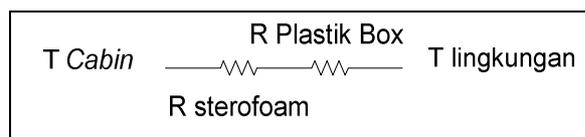
Perhitungan nilai kalor konduksi pada sistem isolasi *Cool Box* dilakukan dengan asumsi sebagai berikut :

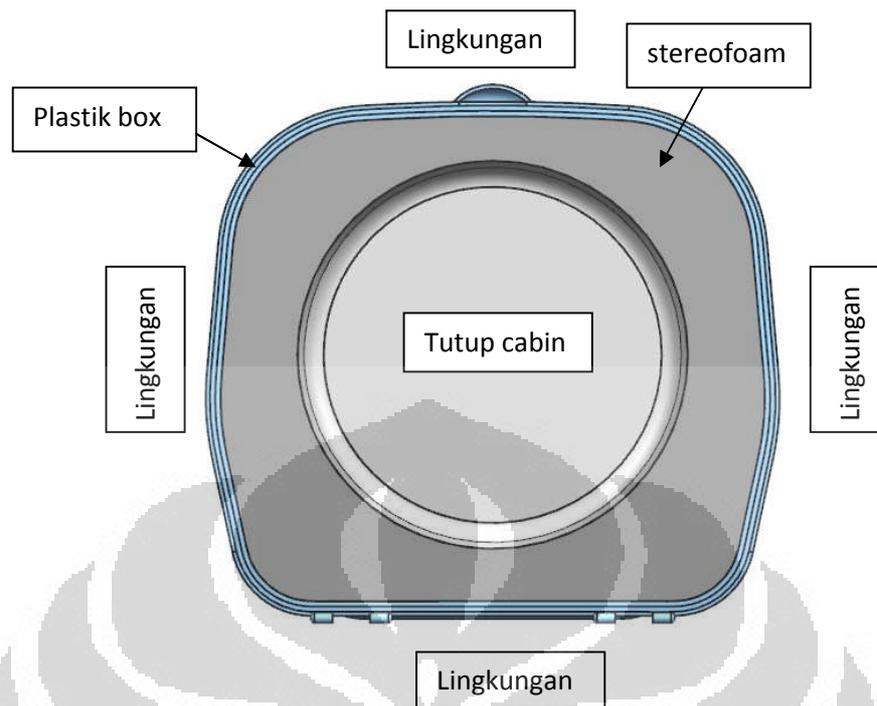
- Kondisi tunak (*steady state*)
- Kontak hambatan antara dinding diabaikan.
- Permukaan dalam dianggap adiabatik.
- Konduktivitas termal material tidak berubah menurut waktu pendinginan.
- Suhu lingkungan diambil nilai rata-rata yaitu 29°C



Gambar 5.2 Skematik isolasi cool box secara 2 dimensi

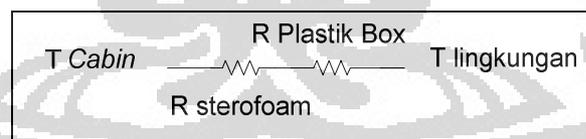
Dari gambar isolasi 2 dimensi maka dapat diketahui tahanan termalnya mempunyai rangkaian sebagai berikut :





Gambar 5.3 Skematik isolasi tutup cool box secara 2 dimensi

Dari gambar isolasi 2 dimensi tutup cool box maka dapat diketahui tahanan termalnya mempunyai rangkaian sebagai berikut :



Besarnya konduktivitas termal, luas keseluruhan dan tebal material isolasi ditunjukkan pada tabel 5.2

Tabel 6. Konduktivitas termal, luas total dan jarak termal material isolasi

Material	K (W/mk)	A (m ²)	ΔX (m)
Isolasi Stereofoam	0,033	0,315	0,030
Isolasi Plastik Box	0,2	0,603	0,003

5.5 Perhitungan Coefficient Of Performance (COP)

Nilai COP dari masing-masing teknik pendinginan dapat diketahui dari data pengujian cool box yang telah dilakukan selama 60 menit dengan beban maksimum yaitu 8 kaleng @330ml. Dan perhitungan COP dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$COP = \frac{q_c}{P_{in}}$$

Dimana :

q_c = Beban kalor yang dipindahkan (Watt)

P_{in} = Daya input elemen peltier (Watt)

Langkah perhitungan COP untuk sistem pendinginan cool box adalah sebagai berikut :

1. Data Perhitungan

Daya input peltier : 96 watt

Beban : 8 kaleng @ 330mL

Waktu : 60 menit (3600 detik)

$T_{kabin\ akhir}$: 20,10 °C = 293,1 K

$T_{kabin\ awal}$: 25,52 °C = 298,52 K

$T_{lingkungan}$: 30 °C = 303 K

A_{tutup} : 0,120 m²

A_{kabin} : 0,195 m²

h_o : 25 W/m².K

h_i : 25 W/m².K

keterangan : A= Luas

Tabel 7. Massa dan kalor spesifik beban yang didinginkan

Beban	Massa (kg)	Cp* (J/(kg.K))
Air	2,64	4186
<i>Alumunium case</i>	0,350	900
<i>Cold sink</i>	0,381	900
<i>Spacer Block</i>	0,333	900

Beban pendinginan kaleng diabaikan

2. Perhitungan Beban Transmisi (q_{trans})

Beban transmisi terjadi karena adanya perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi melalui bagian dinding kabin dan tutup. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Dengan :

q = Beban kalor konduksi dari dinding (Watt)

U = Koefisien perpindahan kalor keseluruhan ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

A = Luas penampang perpindahan kalor (m^2)

ΔT = Perbedaan temperatur udara luar dengan temperatur dalam ($^{\circ}\text{C}$)

Koefisien perpindahan kalor keseluruhan U dari dinding kabin dan tutup dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{h_o}}$$

Dengan :

U = Koefisien perpindahan kalor keseluruhan ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

x = Tebal dinding (m)

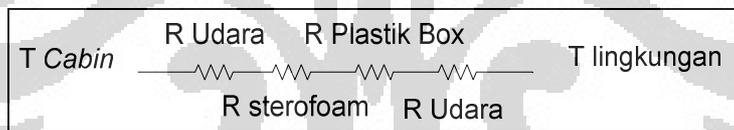
k = Konduktivitas termal material (W/mK)

h_i = Koefisien perpindahan kalor konveksi pada bagian dalam ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

h_o = Koefisien perpindahan kalor konveksi pada bagian luar ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

Perhitungan beban transmisi terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

a. Tutup

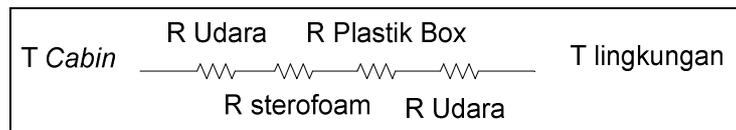


$$x_{\text{sterofom}} = 0,03 \text{ m}, x_{\text{plastik Box}} = 0,003 \text{ m}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,030}{0,033} + \frac{0,003}{0,2} + \frac{1}{25}} = 0,995 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{tutup}} &= U \cdot A \cdot \Delta T \\ &= (0,995)(0,120)(25,52-20,10) \\ &= \mathbf{0.647 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

b. Kabin



$$x_{sterofom} = 0,030 \text{ m}, x_{plastik\ Box} = 0,003 \text{ m}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,030}{0,033} + \frac{0,003}{0,2} + \frac{1}{25}} = 0,995 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\begin{aligned} Q_{kabin} &= U \cdot A \cdot \Delta T \\ &= (0,995) (0,195) (25,52 - 20,10) \\ &= \mathbf{1,051 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

Maka total beban kalor transmisi adalah :

$$\begin{aligned} q_{transmisi} &= q_{tutup} + q_{kabin} \\ &= 0,647 + 1,051 \\ &= \mathbf{1,698 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Beban Pendinginan ($q_{cooling}$)

Beban pendinginan dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_{\text{beban yang didinginkan}} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Hasil perhitungan q berdasarkan data perhitungan, dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 8. Hasil perhitungan kalor yang dibutuhkan untuk mendinginkan beban.

Beban	q beban yang didinginkan (Watt)
Air	13,088
<i>Aluminium case</i>	1,083
<i>Cold sink</i>	1,866
<i>Spacer Block 2 buah</i>	1,949

Durasi pengujian = 3600 detik

◆ Air

$$8 \times @330 \text{ ml} = 240 \text{ ml}$$

$$T_{\text{awal}} = 25,52^{\circ}\text{C} = 298,52 \text{ K}$$

$$T_{\text{akhir}} = 20,83^{\circ}\text{C} = 293,83 \text{ K}$$

$$m \cdot C_p \cdot \Delta T = 2,4 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot (298,52 - 293,83) \text{ K} = 47117,61 \text{ Joule}$$

$$q_{\text{air}} = 47117,61 \text{ J} / 3600 \text{ s}$$

$$= 13,088 \text{ Watt}$$

◆ Aluminium case

$$T_{\text{awal}} = 25,48^{\circ}\text{C} = 298,48 \text{ K}$$

$$T_{\text{akhir}} = 13,10^{\circ}\text{C} = 286,1 \text{ K}$$

$$m \cdot C_p \cdot \Delta T = 0,35 \text{ kg} \cdot 900 \text{ J/kg} \cdot (298,48 - 286,1) \text{ K} = 3899,7 \text{ Joule}$$

$$q_{\text{air}} = 3899,7 \text{ J} / 3600 \text{ s}$$

$$= 1,083 \text{ Watt}$$

◆ Cold Sink

$$T_{\text{awal}} = 24,33^{\circ}\text{C} = 297,48 \text{ K}$$

$$T_{\text{akhir}} = 4,73^{\circ}\text{C} = 277,88 \text{ K}$$

$$m \cdot C_p \cdot \Delta T = 0,381 \text{ kg} \cdot 900 \text{ J/kg} \cdot (297,48 - 277,88) \text{ K} = 6720,84 \text{ Joule}$$

$$q_{\text{air}} = 6720,84 \text{ J} / 3600 \text{ s}$$

$$= 1,866 \text{ Watt}$$

◆ Spacer Block

$$T_{\text{awal}} = 23,62^{\circ}\text{C} = 296,65 \text{ K}$$

$$T_{\text{akhir}} = 0,23^{\circ}\text{C} = 273,23 \text{ K}$$

$$m \cdot C_p \cdot \Delta T = 0,333 \text{ kg} \cdot 900 \text{ J/kg} \cdot (296,65 - 273,23) \text{ K} = 7018,97 \text{ Joule}$$

$$q_{\text{air}} = 7018,97 \text{ J} / 3600 \text{ s}$$

$$= 1,949 \text{ Watt}$$

$$q_{\text{cooling}} = (q_{\text{air}} + q_{\text{aluminium case}} + q_{\text{cold sink}} + q_{\text{spacer block}}) / 3600$$

$$= 13,088 + 1,083 + 1,866 + 1,949$$

$$= \mathbf{17,98 \text{ Watt}}$$

4. Perhitungan Beban Keseluruhan (q_c)

$$q_c = q_{\text{transmisi}} + q_{\text{cooling}}$$

$$= 1,698 + 17,98$$

$$= \mathbf{19,679 \text{ Watt}}$$

$$= \mathbf{19,68 \text{ Watt}}$$

5. Nilai COP

$$COP = \frac{q_c}{P_{in}}$$

$$COP = 19,68 / 96 = 0,204$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Setelah dilakukan serangkaian pengujian dan analisis maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

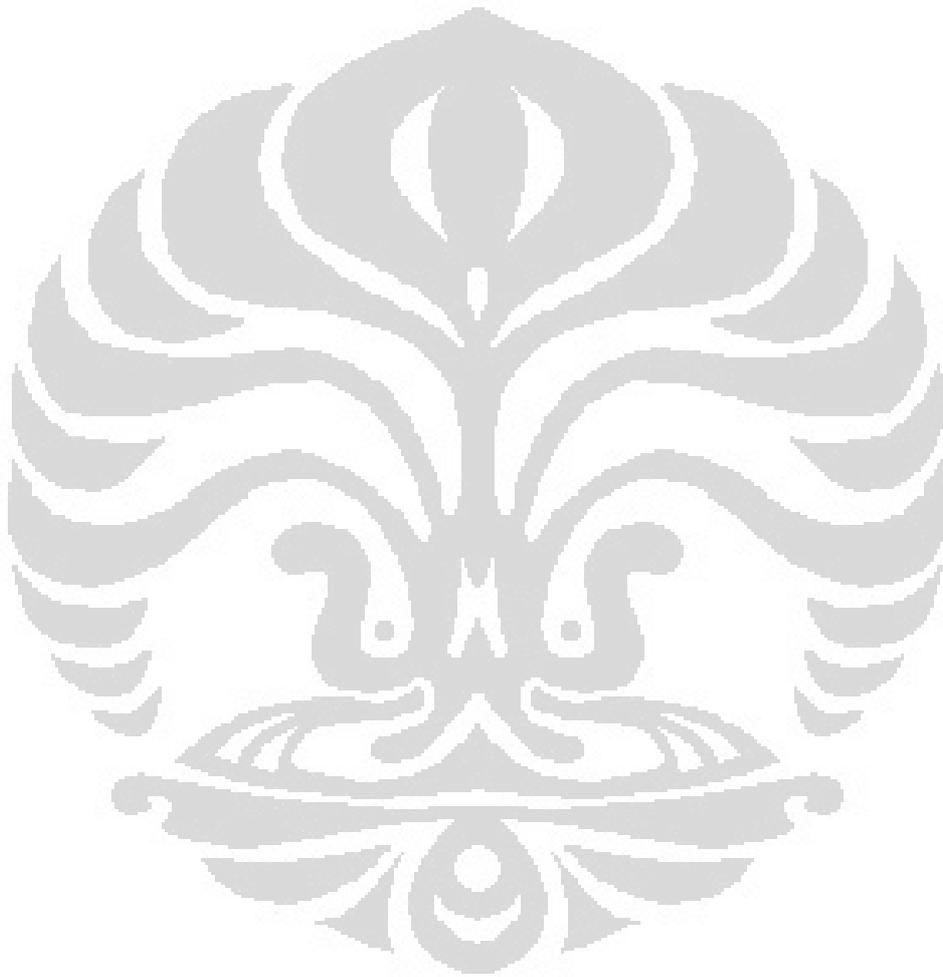
1. Pengujian labolatorium untuk pengembangan cool box CB-02 diperoleh hasil temperatur 12,13°C hampir sama dengan CB-01 yaitu 12 °C untuk jumlah beban yang sama yaitu 6 kaleng @ 330 ml.
2. Pengujian jalan raya untuk pengembangan cool box CB-02 diperoleh hasil temperatur 16,27 °C lebih rendah dari CB-01 yaitu 22,4°C untuk jumlah beban yang sama yaitu 6 kaleng @ 330 ml.
3. Nilai COP yang dicapai cool box CB-02 sebesar 0,204 untuk sistem pendinginan peltier bertingkat pada pengujian jalan raya untuk beban maksimum 8 kaleng @330ml dengan temperatur akhir 20,21°C, yang lebih rendah dari pengujian CB-01 untuk beban 6 kaleng dengan temperatur 22,4 °C untuk waktu pengujian selama 60 menit.

SARAN

Setelah melakukan proses pembuatan, pengujian dan analisa terhadap alat, terdapat beberapa rekomendasi dan saran untuk pengembangan sistem pendinginan bertingkat :

1. Penggunaan peltier yang lebih berkualitas dapat meningkatkan kinerja pendinginan alat secara keseluruhan.
2. Pengembangan alat selanjutnya bisa difokuskan pada perbaikan isolator untuk meminimalkan kebocoran termal.

3. Untuk meningkatkan COP dapat dipertimbangkan dengan penambahan rangkaian listrik berupa pemutus arus yang diatur sesuai dengan target suhu kabin dan di tempatkan pada rangkaian power suplai.



DAFTAR REFERENSI

- [1] Danardono AS, Nandy Putra dan Rita Maria Veranika, Perancangan dan Pengembangan Vaccine Carrier Box Menggunakan Model Design For Assembly (DFA), (JURNAL TEKNOLOGI, Edisi No. 1 Tahun XXII, Maret 2008, 9-14 ISSN 0215-1685)
- [2] Nandy Putra, "Design, Manufacturing and Testing of A Portable Vaccine Carrier Box Employing Thermoelectric Module and Heat Pipe, Journal of Medical engineering and Technology"
- [3] Nandy Putra, Aziz Oktianto, Idam B, Fery Y, Penggunaan Heatsink Fan Sebagai Pendingin Sisi Panas Elemen Peltier Pada Pengembangan Vaccine Carrier, Journal Teknologi, Edisi No. 1 Tahun XXI, Maret 2007 ISSN 0215-1685
- [4] Sugiyanto" pengembangan cool box berbasis pompa kalor termoelektrik dan heat pipe".
- [5] Budi Susanto dan Leo Sahat. "Rancang Bangun Cool-Hot Box Dengan Menggunakan Pompa Kalor Termoelektrik Dan Heat-Pipe". Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok 2008
- [6] Febri Fimansyah "Pengembangan cool box ramah lingkungan untuk kendaraan roda dua berbasis termoelektrik.
- [7] Nandy Putra, Pattas P.Siregar, R.A Koestoer, Pengembangan "Vaccine Carrier" Dengan Memanfaatkan Efek Peltier, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin III Universitas Hasanuddin Makasar 6-7 Desember 2004.
- [8] www.heat_sink-guide.com
- [9] S.B. Riffat, Guoquan Qiu (2004). "Comparative investigation of thermoelectric air-conditioners versus vapour compression and absorption air conditioners". *Journal of Applied Thermal Engineering*, 24 (2004) 1979-1993.
- [10] <http://www.mcps.com/M10-TPL%20series%20M10-TPH%20series.html>
- [11] S.B. Riffat, S.A. Omer, Xiali Ma (2001). "A novel thermoelectric refrigeration system employing heat pipes and a phase change material: an experience investigation". *Journal of Renewable Energy*, 23 (2001) 313-323.
- [12] S.B. Riffat, Xiaoli Ma (2003). "Thermoelectric: a review of present and potential applications". *Journal of Applied Thermal Engineering*, 23 (2003) 913-935.
- [13] <http://www.insulflex.com.my/nspecifications.html> download 25/06/2009

- [14] Nandy Putra, Uji Unjuk Kerja Kotak Vaksin berbasis Elemen Peltier Ganda, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri Universitas Gajah Mada Yogyakarta, 27 Juni 2006. ISBN 979-99266-1-0
- [15] Nandy Putra, Haryo Tedjo, RA Koestoer, Pemanfaatan Elemen Peltier Bertingkat dua pada aplikasi Kotak Vaksin, *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IV, 21-22 November 2005, ISBN 979-97158-0-6, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.*
- [16] www.thetechzone.com/articles/peltier_intro_download_29/06/2009
- [17] <http://www.pelicanwire.com/thermocouplewire.htm>
- [18] <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/202545>
- [19] <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/14165>
- [20] <http://cetak.kompas.com/read/xml/2009/05/08/02544579/melimpahnya.sepeda.motor>
- [21] <http://www.poskota.co.id/otomotif/2009/11/03/box-motor-sarana-keamanan>
- [22] Energy Star Supplement To Ansi/Ashrae Standard 72-2005 For Laboratory Grade Refrigerators And Freezers August 3, 2009
- [23] Nandy Putra, Hiban Hardanu, Parlin Adi Sugiarto, The Development of Portable Blood Carrier By Using Thermoelectrics and Heat Pipes, The 10th Internasional Conference On Quality In Research (QIR), Engineering Center University Of Indonesia, Depok 4-6 Desember 2007.
- [24] Nandy Putra, Pattas P.Siregar, R.A Koestoer, Pengembangan “Vaccine Carrier” Dengan Memanfaatkan Efek Peltier, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin III Universitas Hasanuddin Makasar 6-7 Desember 2004.
- [25] www.heat_sink-guide.com
- [26] S.B. Riffat, Xiaoli Ma (2003).”Thermoelectric: a review of present and potential applications”. *Journal of Applied Thermal Engineering*,23 (2003)913-935.
- [27] Nandy Putra, Uji Unjuk Kerja Kotak Vaksin berbasis Elemen Peltier Ganda, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri Universitas Gajah Mada Yogyakarta, 27 Juni 2006. ISBN 979-99266-1-0
- [28] Nandy Putra, Haryo Tedjo, RA Koestoer, Pemanfaatan Elemen Peltier Bertingkat dua pada aplikasi Kotak Vaksin, *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IV, 21-22 November 2005, ISBN 979-97158-0-6, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.*

- [29] www.thetechzone.com/articles/peltier_intro download 29/06/2009
- [30] <http://www.pelicanwire.com/thermocouplewire.htm>
- [31] <http://cetak.kompas.com/read/xml/2009/05/08/02544579/melimpahnya.sepeda.motor>
- [32] <http://www.poskota.co.id/otomotif/2009/11/03/box-motor-sarana-keamanan>
- [33] Energy Star Supplement To Ansi/Ashrae Standard 72-2005 For Laboratory Grade Refrigerators And Freezers August 3, 2009
- [34] Nandy Putra, Hiban Hardanu, Parlin Adi Sugiarto, The Development of Portable Blood Carrier By Using Thermoelectrics and Heat Pipes, The 10th Internasional Conference On Quality In Research (QIR), Engineering Center University Of Indonesia, Depok 4-6 Desember 2007.

