

TUGAS AKHIR
STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGIN UDARA (*AIR*
***COOLER*) BERBASIS *THERMO-ELECTRIC* PADA**
KABIN MOBIL DENGAN MEMANFAATKAN
SEL SURYA



Gaga Putra Setiawan	15.0503.0019
Oktavi Barkah Lukmana	15.0503.0049

PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF (D3)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
2018

TUGAS AKHIR
STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGIN UDARA (*AIR COOLER*) BERBASIS *THERMO-ELECTRIC* PADA KABIN MOBIL DENGAN MEMANFAATKAN SEL SURYA

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md)

**Program Studi Teknik Otomotif Jenjang D3 Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Magelang**



Disusun Oleh:

Gaga Putra Setiawan	15.0503.0019
Oktavi Barkah Lukmana	15.0503.0049

**PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF (D3)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
2018**

HALAMAN PENEGASAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Gaga Putra Setiawan
NPM : 15.0503.0019
2. Nama : Oktavi Barkah Lukmana
NPM : 15.0503.0049
3. Program Studi : Mesin Otomotif D 3

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul: "Studi Eksperimental Pendingin Udara (*Air Cooler*) Berbasis *Thermo-electric* pada Kabin Mobil dengan Memanfaatkan Sel Surya" Saya buat dengan sebenar benarnya, Tugas Akhir ini merupakan hasil pemikiran dan pemahaman murni dari saya pribadi, dengan melihat dari referensi yang ada.

Demikian surat pernyataan ini saya buat.

Magelang, 20 Juni 2018



Gaga Putra Setiawan

NPM : 15.0503.0019



Oktavi Barkah Lukmana

NPM : 15.0503.0049

PERNYATAAN KEASLIAN/PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Gaga Putra Setiawan

NPM : 15.0503.0019

Nama : Oktavi Barkah Lukmana

NPM : 15.0503.0049

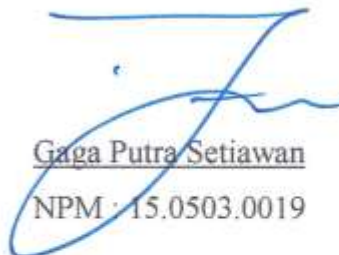
Judul Tugas Akhir : “Studi Eksperimental Pendingin Udara (*Air Cooler*) Berbasis *Thermo-electric* pada Kabin Mobil dengan Memanfaatkan Sel Surya”

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

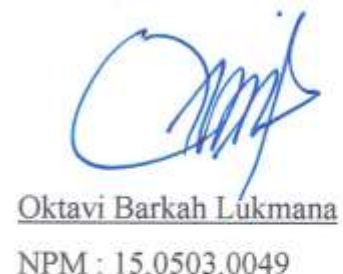
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Magelang. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Magelang, 20 Juni 2018

Yang menyatakan



Gaga Putra Setiawan
NPM : 15.0503.0019



Oktavi Barkah Lukmana
NPM : 15.0503.0049

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGIN UDARA (AIR COOLER)
BERBASIS THERMO-ELECTRIC PADA KABIN MOBIL DENGAN
MEMANFAATKAN SEL SURYA**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Gaga Putra Setiawan
NPM. 15:0503.0019

Oktavi Barkah Lukmana
NPM. 15.0503.0049

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada Tanggal 8 Agustus 2018

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing I



Dr. Muji Setivo S.T., M.T.
NIDN. 0627038302

Pembimbing II



Bagivo Condro Purnomo, ST., M.Eng
NIDN. 0617017605

Penguji I



Saifudin, ST., M.Eng
NIDN. 0615067401

Penguji II




Budi Waluyo, ST., MT
NIDN. 0627057701

Tugas akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Ahli Madya
pada Tanggal 8 Agustus 2018

Dekan




Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D
NIK. 987408139

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai siswa akademik Universitas Muhammadiyah Magelang, yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Gaga Putra Setiawan (15.0503.0019)
Oktavi Barkah Lukmana (15.0503.0049)
Program Studi : Mesin Otomotif D 3
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang
Jenis karya : Tugas Akhir

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah yang berjudul : “Studi Eksperimental Pendingin Udara (*Air Cooler*) Berbasis *Thermo-electric* pada Kabin Mobil dengan Memanfaatkan Sel Surya”, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang berhak menyimpan, mengalihmedia/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir tersebut selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa paksaan dari pihak manapun.

Magelang, 28 Juli 2018

Yang menyatakan,


Gaga Putra Setiawan
15.0503.0019


Oktavi Barkah Lukmana
15.0503.0049

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Studi Eksperimental Pendingin Udara (*Air Cooler*) Berbasis *Thermo-electric* pada Kabin Mobil dengan Memanfaatkan Sel Surya”. Karya ini dapat diselesaikan dengan baik berkat bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir Eko Muh Widodo, MT, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Magelang.
2. Ibu Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D, selaku Dekan Universitas Muhammadiyah Magelang.
3. Bapak Syaifudin, ST., MT. selaku ketua Program D3 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Magelang.
4. Bapak Dr. Muji Setiyo, ST., MT., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan serta bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Bagiyo Condro P., ST., M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan serta bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Dosen-dosen Teknik Mesin Otomotif dan semua pihak yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, mengingat kemampuan yang ada pada penulis sendiri sangat terbatas. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan dari pembaca sekalian. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Magelang, 10 April 2018


Gaga Putra Setiawan

15.0503.0019


Oktavi Barkah Lukmana

15.0503.0049

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN/PLAGIAT	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat yang Diharapkan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Penelitian yang Relevan.....	4
B. Penjelasan Teoritis Variabel Penelitian	4
C. Landasan Teori.....	7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	9
A. Desain Eksperimen Rancangan Percobaan	9
B. Alat dan Bahan.....	10
C. Metode Pengujian.....	11
D. Alur Penelitian	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
A. Hasil Pengujian	Error! Bookmark not defined.
B. Potensi Daya Pendinginan Prototipe.....	Error! Bookmark not defined.
C. <i>Coefficient of performance</i> (COP)	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....	16
A. Kesimpulan	16
B. Saran.....	16
DAFTAR PUSTAKA	17
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.
1. Foto Kegiatan.....	Error! Bookmark not defined.
2. Foto Hasil Pengujian dengan <i>Thermo-electric</i>	Error! Bookmark not defined.
3. Hasil pengukuran Kecepatan udara sisi panas	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Media yang digunakan	10
Tabel 3. 2 Alat yang digunakan	10
Tabel 3. 3 Bahan yang digunakan	11
Tabel 3. 4 Desain pengambilan data	12
Tabel 3. 5 Jadwal Kegiatan	15
Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Temperatur didalam Mobil Setelah Terpapar Sinar Matahari	1
Gambar 2. 1	Penampang <i>Thermo-electric</i>	4
Gambar 2. 2	Proses pemindahan panas.....	5
Gambar 2. 3	<i>Thermo-electric Cooler</i> (TEC).....	5
Gambar 2. 4	Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik	6
Gambar 2. 5	Arah sinar datang membentuk sudut terhadap normal bidang panel .	6
Gambar 2. 6	(a) <i>heat sink alumunium</i> ; (b) <i>Cold sink alumunium</i>	7
Gambar 2. 7	Kesetimbangan Termal dalam Mobil.....	7
Gambar 3. 1	Skema Rancangan Pendingin Kabin berbasis <i>Thermo-electric</i>	9
Gambar 3. 2	Desain Rancangan pada Mobil.....	9
Gambar 3. 3	Desain Pengambilan data	12
Gambar 3. 4	Alur Penelitian.....	13
Gambar 3. 5	Tahapan Penelitian	14
Gambar 4. 1	Pengujian Prototype di luar Mobil, <i>thermo-elektric</i> diaktifkan. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4. 2	<i>Wiring Diagram</i> Sistem Pendingin <i>Thermo-electric</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3	Tata letak media dan alat selama pengujian Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4. 4	Hasil pengujian kinerja sistem pendingin kabin .. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4. 5	Hasil pengukuran Kecepatan udara sisi dingin Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4. 6	Hasil pengukuran Kecepatan udara sisi panas Error! Bookmark not defined.	

DAFTAR LAMPIRAN

Foto Kegiatan	23
Foto Hasil Pengujian dengan <i>Thermo-electric</i>	24
Hasil pengukuran udara panas	27

INTISARI

TUGAS AKHIR

Nama : 1. Gaga Putra Setiawan (15.0503.0019)

2. Oktavi Barkah Lukmana (15.0503.0049)

Pembimbing : 1. Dr. Muji Setiyo S.T, M.T (NIDN. 0627038302)

2. Bagiyo Condro Purnomo, ST., M.Eng (NIDN. 0617017605)

Temperatur berlebihan dalam kabin mobil selama parkir dibawah sinar matahari telah menjadi kekhawatiran banyak peneliti karena mempercepat kerusakan kompartemen interior mobil dan berbahaya bagi kesehatan, dimana pemanfaatan teknologi *thermo-electric* sebagai media pendingin khususnya pada bidang otomotif belum banyak dilakukan. Dari permasalahan tersebut, diperoleh gagasan yang berjudul “Studi Eksperimental Pendingin Udara (*Air Cooler*) berbasis *Thermo-electric* pada Kabin Mobil dengan Memanfaatkan Sel Surya” agar dapat mengurangi panas yang timbul akibat mobil diparkir di bawah terik matahari. Penelitian ini membahas prototipe pendingin udara untuk sistem pendingin kabin mobil dengan *thermo-electric* yang didukung oleh sel surya. Prototipe sistem pendingin berbasis *thermo-electric* dibuat menggunakan 1 buah TEC tipe TEC1-12706. Pengujian pada alat pendingin udara berbasis *thermo-electric* pada mobil, dilakukan pada pagi hari sampai sore hari, mobil diparkir di bawah terik matahari. Penelitian dilakukan di area parkir terbuka pada pukul 09.00 pagi hingga 16.00 WIB. Jenis mobil yang digunakan adalah tipe Hyundai Atoz warna merah dengan tingkat kegelapan kaca film samping dan belakang 60% dan kaca depan 40%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe sistem pendingin mampu menghasilkan daya pendinginan sebesar 23,73Watt dan daya pembuangan panas sebesar 30,91 Watt dapat menurunkan temperatur kabin sebesar 10,75°C, serta COP sebesar 0,308. Pengujian prototipe ini menunjukkan bahwa sistem pendingin kabin dengan *thermo-electric* dapat membantu untuk menurunkan temperatur berlebih, sehingga kerusakan komponen interior mobil dapat dikurangi.

Kata kunci: Temperatur kabin mobil, *thermo-electric*, daya pendinginan.

ABSTRACT

EXPERIMENTAL STUDY OF THERMO-ELECTRIC-BASED AIR COOLERS IN CAR CABINS BY UTILIZING SOLAR CELLS

By: *Gaga Putra Setiawan & Oktavi Barkah Lukmana*

Supervisor: 1. *Dr. Muji Setiyo S.T, M.T*

2. *Bagiyo Condro Purnomo, ST., M.Eng*

High temperature in the car cabin during parking under the sun has been a concern for researchers because it speeds up damage to the car's interior compartment and is harmful to health, where the use of thermo-electric technology as a cooling medium, especially in the automotive field has not been widely done. From these problems, an idea was obtained entitled "Experimental Study of Air Coolers based on Thermo-electric in The Car Cabin Using Solar Cells" in order to reduce the heat caused by the car parked in the hot sun. This study discusses the air conditioning prototype for the cooling system of a car cabin with thermo-electric powered by solar cells. These are made using 1 TEC type TEC1-12706. The testing on a thermo-electric air-conditioning device on a car is carried out in the morning until the afternoon. The car is parked in the hot sun. The research is conducted in the open parking area at 09.00 am to 04.00 pm WIT (Western Indonesia Time). The type of car is Hyundai Atoz in red with the level of darkness of 60% side and rear window film and 40% windshield. The test results show that the cooling system prototype is able to produce a cooling power of 23.73Watt and heat dissipation power of 30.91 Watt can reduce cabin temperature by 10.75oC, and COP by 0.308. It shows that the cabin cooling system with thermo-electric can help to reduce excess temperature, so that damage to the interior components of the car can be reduced.

Keywords: *car cabin temperature, thermo-electric, cooling power.*

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia, kebutuhan akan transportasi semakin meningkat. Jumlah kenaikan kendaraan bermotor khususnya mobil mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Data Badan Pusat Statistik menyebutkan dari 8,89 juta unit pada tahun 2010 menjadi 13,48 juta unit pada tahun 2015. Namun pertumbuhan jumlah kendaraan ini berbanding terbalik dengan ketersediaan lahan parkir. Fakta yang sering kita jumpai saat ini, bahu jalan dan lapangan-lapangan terbuka beralih sebagai tempat parkir akibat terbatasnya lahan parkir yang tertutup (Radar, 2017).

Saat kita memarkir mobil di tempat yang terbuka dibawah sinar matahari langsung, temperatur dalam kabin mobil akan naik secara drastis karena panas yang terperangkap dan tidak ada sirkulasi di dalam kabin mobil (Ferdian, 2014). Dalam studi ini, ketika sebuah mobil yang diparkir terpapar panas matahari yang lama, kabin mobil akan terasa sangat panas sehingga memerlukan waktu beberapa saat bagi pengendara mobil, untuk mencapai kenyamanan.

Akibat adanya pemanasan global, kenaikan suhu di bumi meningkat pada siang hari sehingga tidak heran jika suhu dalam kabin mobil saat diparkir mampu mencapai 50-60°C seperti yang terlihat pada Gambar 1.1. Kondisi tersebut tidak hanya membahayakan penumpang, tetapi juga dapat merusak peralatan panel-panel aksesoris yang terpasang pada interior mobil (Anonim, 2016). Selain itu, tidak adanya sirkulasi udara pada kabin mobil terhadap udara lingkungan juga menyebabkan bertambahnya beban temperatur panas (Priyambada, 2012).



Gambar 1. 1 Temperatur didalam Mobil Setelah Terpapar Sinar Matahari

Beberapa penelitian tentang *thermo-electric* sebagai media pendingin sudah dilakukan, diantaranya pembuatan pendingin kotak minuman dengan menggunakan *thermo-electric*, hasil yang dicapai temperatur kotak minuman mencapai 14,3 °C tanpa beban pendingin dan 16,4 °C dengan beban pendingin air sebanyak 1 liter (Aziz, 2015). Selain itu, hasil penelitian Nulhakim (2017) menyatakan pendingin ruangan dengan menggunakan *thermo-electric* mampu menghasilkan temperatur dingin hingga 20 °C, dimana kecepatan aliran udaranya 1 m/s dengan waktu selama 30 menit. Penelitian pendingin berbasis *thermo-electric* menarik untuk dilakukan, dimana pemanfaatan teknologi *thermo-electric* sebagai media pendingin khususnya pada bidang otomotif belum banyak dilakukan, dengan penelitian ini diharapkan kedepannya dapat menggantikan pendingin konvensional.

Dari permasalahan tersebut, diperoleh gagasan yang berjudul “Studi Eksperimental Pendingin Udara (*Air Cooler*) Berbasis *Thermo-electric* pada Kabin Mobil dengan Memanfaatkan Sel Surya” agar dapat mengurangi panas yang timbul akibat mobil diparkir di bawah terik matahari.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh pendingin kabin mobil berbasis *thermo-electric* terhadap temperatur di dalam kabin mobil setelah diparkir di bawah terik matahari?
2. Bagaimana tingkat keberhasilan dari pendingin kabin mobil berbasis *thermo-electric* yang memanfaatkan sel surya?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui sistem kerja dari pendingin udara berbasis *thermo-electric* yang mampu mengurangi temperatur dalam kabin mobil.
2. Melakukan pengujian pada alat pendingin udara berbasis *thermo-electric* pada mobil yang diparkir di bawah terik matahari.

D. Manfaat yang Diharapkan

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan uraian solutif bagi masyarakat dalam upaya mengurangi tingginya temperatur di dalam kabin mobil setelah diparkir di bawah terik matahari.
2. Memberikan motivasi kepada masyarakat agar tidak pasrah pada keadaan dan terus mengembangkan kreativitasnya untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

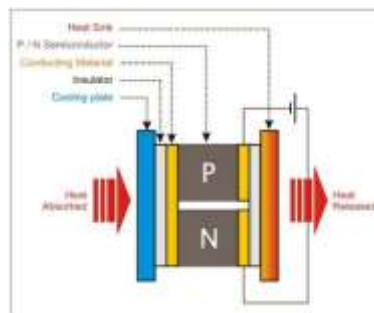
A. Penelitian yang Relevan

Hasil penelitian Priyambada (2012) menyebutkan pendingin kabin mobil berbasis *thermo-electric* dengan menggunakan accu mobil sebagai sumber energi listrik mampu menurunkan suhu di dalam kabin mobil usai diparkir di bawah terik matahari, namun tidak adanya sirkulasi udara pada kabin mobil terhadap udara lingkungan menyebabkan bertambahnya beban temperatur panas konveksi yang harus didinginkan oleh pendingin sehingga selisih suhu yang turun tidak terlalu signifikan yaitu dari 52,4°C menjadi 48°C. Oleh karena itu, kami menawarkan pemanfaatan sel surya sebagai sumber energi listrik pada pendingin kabin mobil berbasis *thermo-electric*.

B. Penjelasan Teoritis Variabel Penelitian

1. *Thermo-electric*

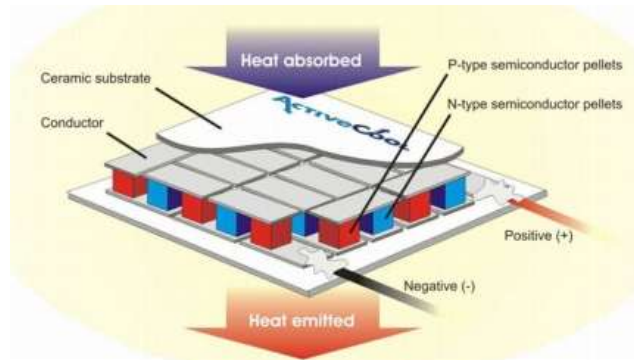
Thermo-electric terbuat dari solid state material (material zat padat) yang dapat mengkonversi energi dari perbedaan temperatur ke beda potensial (efek *Seebeck*), atau sebaliknya (efek *Peltier*). *Thermo-electric* dibangun oleh dua buah semikonduktor yang berbeda, satu tipe N dan yang lainnya tipe P. Kedua semikonduktor diposisikan paralel secara termal dan ujungnya digabungkan dengan lempeng pendingin biasanya lempeng tembaga atau aluminium. Ujung penghantar dari dua bahan yang berbeda dihubungkan ke sumber tegangan, dengan demikian arus listrik akan mengalir melalui dua buah semikonduktor yang terhubung secara seri.



Gambar 2. 1 Penampang *Thermo-electric*

Sumber: Kurniawan (2014)

Aliran arus DC (Gambar 2.2) yang melewati dua semikonduktor tersebut menciptakan perbedaan suhu (Kurniawan, 2014). Sebagai akibat perbedaan suhu ini, Peltier pendingin menyebabkan panas yang diserap dari sekitar pelat pendingin akan pindah ke pelat lain (*heat sink*).



Gambar 2. 2 Proses pemindahan panas

Sumber: Kurniawan (2014)

Thermo-electric Cooler (Gambar 2.4) adalah sebuah komponen pendingin solid-state elektrik yang bekerja sebagai “pemompa-panas” dalam melakukan proses pendinginan di bawah suhu ambien. Gambar 2.3 menunjukkan proses pemindahan panas pada *Thermo-electric Cooler* (TEC). TEC mengabsorpsi panas melalui salah-satu sisinya dan memancarkan panas melalui satu sisi lainnya. Di bagian sisi TEC yang mengabsorpsi panas terjadi efek pendinginan, inilah yang dimanfaatkan untuk berbagai keperluan pendinginan.



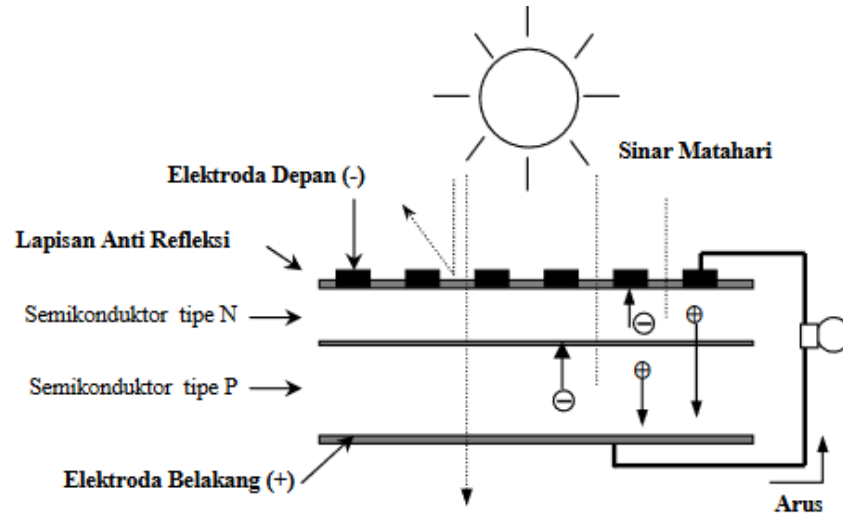
Gambar 2. 3 *Thermo-electric Cooler* (TEC)

Sumber: Kurniawan (2014)

2. Sel Surya

Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron. Elektron-elektron bebas

terbentuk dari *million photon* atau benturan atom pada lapisan penghubung (*junction*= 0.2-0.5 micron) menyebabkan terjadinya aliran listrik, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik (Lorenzo, 1994).



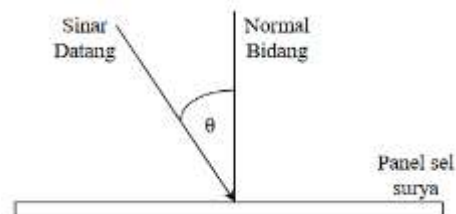
Gambar 2. 4 Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik

Sumber: Jansen (1995)

Gambar 2.4 menunjukkan panel akan mendapat radiasi matahari maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut θ seperti gambar 2.5 maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor $\cos \theta$ (Jansen,1995).

$$I_r = I_{r_0} \cos \theta.$$

I_r menunjukkan radiasi yang diserap panel, I_{r_0} adalah radiasi yang mengenai panel, θ adalah sudut antara sinar datang dengan normal bidang panel

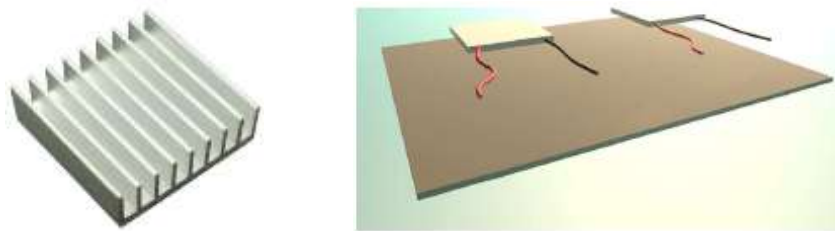


Gambar 2. 5 Arah sinar datang membentuk sudut terhadap normal bidang panel

Sumber: Jansen (1995)

3. Heat sink dan Cold sink

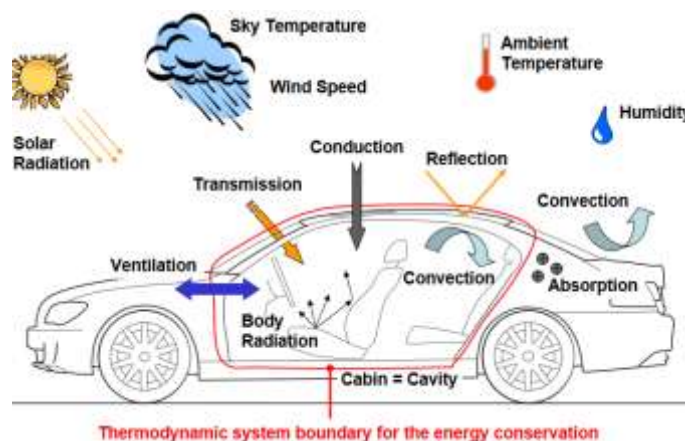
Heat sink adalah material yang dapat menyerap dan mendispersikan panas dari suatu tempat yang bersentuhan dengan sumber panas dan membuangnya. *Heat sink* berfungsi untuk memindahkan panas dari permukaan benda yang ingin didinginkan. *Heat sink* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 a. digunakan pada beberapa teknologi pendingin diantaranya refrigerasi, *air conditioning*, dan radiator pada mobil. Sedangkan *cold sink* seperti pada Gambar 2.7 b. menggunakan mekanisme yang sama dengan *heat sink* namun *cold sink* berfungsi untuk mendinginkan udara dalam kabin mobil.



Gambar 2. 6 (a) *heat sink alumunium* ; (b) *Cold sink alumunium*

C. Landasan Teori

Perpindahan kalor terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara dua buah benda sehingga energi mengalir dari benda bersuhu lebih tinggi ke benda bersuhu lebih rendah. Perpindahan kalor berhenti ketika suhu kedua benda sudah sama. Kondisi ketika dua benda memiliki suhu sama disebut kesetimbangan panas atau kesetimbangan termal.



Gambar 2. 7 Kesetimbangan Termal dalam Mobil

Sumber: Paulke (2007)

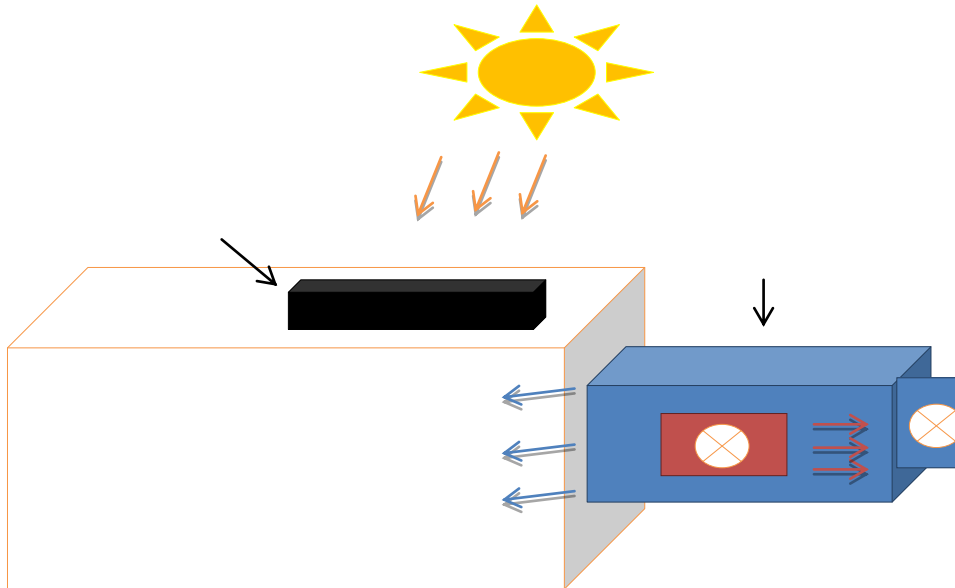
Paulke (2007) menyebutkan kesetimbangan termal dalam kabin mobil yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal antara lain:

- a. Radiasi dari matahari dalam jangka waktu tertentu
- b. Temperatur udara luar
- c. Kelembaban udara luar
- d. Kecepatan angin
- e. Suhu ambien.

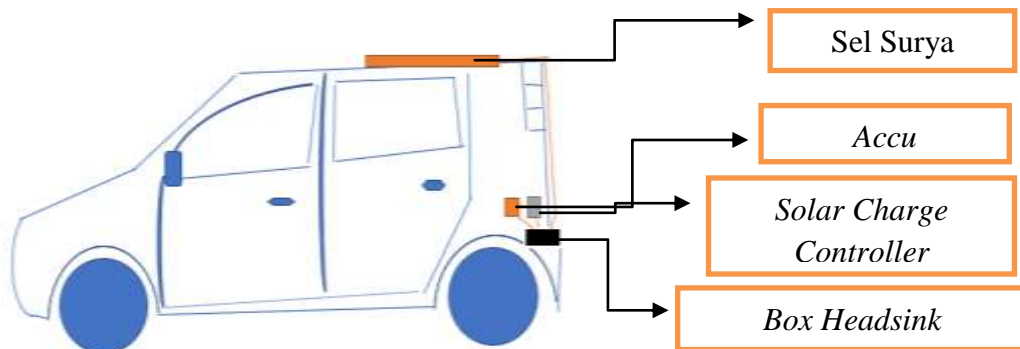
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Eksperimen Rancangan Percobaan

Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sistem pendingin kabin mobil berbasis *thermo-elektric* dengan memanfaatkan sel surya. Desain tersebut dapat dilihat seperti Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Skema Rancangan Pendingin Kabin berbasis *Thermo-electric*



Gambar 3. 2 Desain Rancangan pada Mobil

Proses perakitan pendingin berbasis *thermo-electric* dilakukan menggunakan 1 buah TEC tipe TEC1-12706. Rangkaian sambungan untuk Satu buah *thermo-electric*, dimana untuk menjaga tegangan agar tercapai secara maksimal. Sel surya dipasang sebagai sumber tenaga listrik. *Heatsink*

dan *fan* (kipas angin) dipasang pada bagian sisi dingin dan panas dengan menggunakan pasta sebagai perekat sekaligus media perambatan panas. *Heatsink* bagian sisi panas ukurannya lebih besar dari pada sisi dingin, diharapkan dapat lebih cepat menyerap panas yang dikeluarkan oleh *thermo-electric*, panas yang diserap akan dibuang oleh *fan*. *Heatsink extrude* dipilih karena memiliki kinerja lebih baik daripada model *heatsink slot*. Penggunaan kipas untuk membuang panas pada *heatsink* sisi panas dan dingin pada sisi dingin TEC. Kecepatan aliran udara dingin dan panasnya menggunakan kecepatan konstan yaitu 2,5 m/s. Isolator yang digunakan berbahan *styrofoam*, penggunaan isolator ini untuk mengurangi perambatan panas antara sisi dingin dan panas pada dinding.

B. Alat dan Bahan

1. Media yang digunakan

Media yang digunakan dalam melakukan Studi Eksperimental Pendingin Udara (*Air Cooler*) Berbasis *Thermo-electric* pada Kabin Mobil dengan Memanfaatkan Sel Surya.

Tabel 3. 1 Media yang digunakan

No	Media	Fungsi
1	Mobil Hyundai Atoz	Sebagai Media Uji
2	Warna Kendaraan	Merah
3	Tingkat kegelapan kaca samping dan belakang	60%
4	Tingkat kegelapan kaca depan	40%

2. Alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi :

Tabel 3. 2 Alat yang digunakan

No	Nama Alat	Fungsi Alat
1	Sel surya	Sumber tenaga
2	Solder	Menyambung komponen
3	Termokopel	Mengukur suhu

4	Multimeter	Mengukur tegangan, dll
5	Tembakan lem kaca	Alat bantu lem kaca
6	Kipas blower	Menghembuskan udara
7	Kontroller	Mengatur pengisian panel surya ke baterai
8	Accu	Penyimpanan daya

3. Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi :

Tabel 3. 3 Bahan yang digunakan

No	Nama Bahan	Fungsi Bahan
1	Solasi bakar	Mengisolasi sambungan
2	Lem alteko botol	Merekatkan komponen
3	Lem kaca	Rapatan anti bocor
4	<i>3M doubletape</i>	Merekatkan komponen
5	Tenol	Media penyambung komponen
6	<i>Switch</i>	Sebagai saklar
7	LED indikator	Indikator
8	Kabel Eterna NYM 4×2.5	Penghubung alat
9	Elemen peltier	Untuk pendingin
10	<i>Sterofoam</i>	Sebagai penyekat
11	Mur baut	Memasangkan peltier
12	Akrilic	Sebagai Box
13	Pipa Paralon	Sebagai Ventilasi

C. Metode Pengujian

1. Jenis Penelitian

Kegiatan yang dilaksanakan dengan melakukan uji coba, pengukuran terhadap pendingin udara berbasis *thermo-electric* yang mampu mengurangi temperatur dalam kabin mobil. Pengujian pada alat pendingin udara berbasis

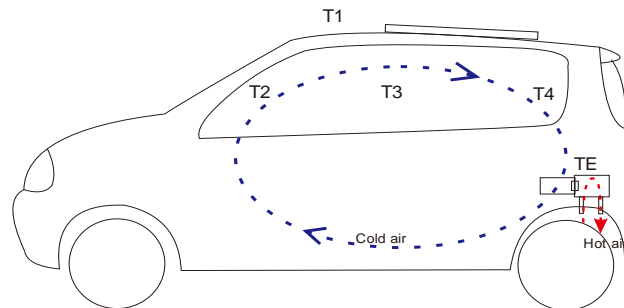
thermo-electric pada mobil dilakukan pada pagi hari sampai sore hari, mobil diparkir di bawah terik matahari.

2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di area parkir terbuka pada waktu pagi hari sampai sore pukul 09.00 hingga 16.00 WIB. Jenis mobil yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe Hyundai Atoz.

3. Desain Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan menempatkan prototipe pendingin udara berbasis *thermo-electric* di dalam kabin mobil seperti yang ditunjukkan Gambar 3.3 dan Tabel 3.4 di bawah ini.



Gambar 3. 3 Desain Pengambilan data

Tabel 3. 4 Desain pengambilan data

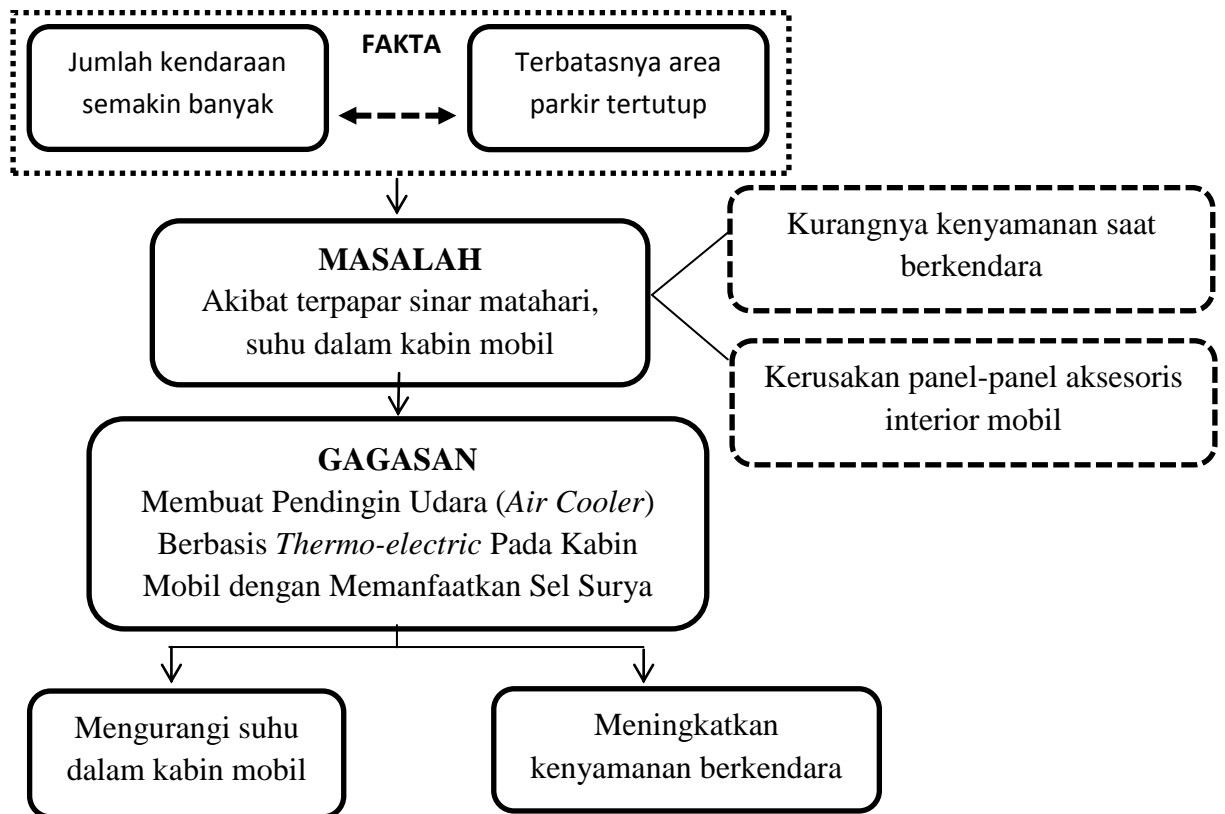
Jam	T1(⁰ C)		T2(⁰ C)		T3(⁰ C)		T4(⁰ C)		T (selisih rata-rata) (⁰ C)	
	TL	TR	T2L	T2R	T3L	T3R	T4L	T4R	T	T
	TTE	DTE	TTE	DTE	TTE	DTE	TTE	DTE	TTE	DTE
09.00										
10.00										
11.00										
12.00										
13.00										
14.00										
15.00										
16.00										
Rata rata penurunan temperatur dengan <i>thermo-electric</i>										

Keterangan:

T1	Temperatur lingkungan	T3	Temperature kabin tengah
T2	Temperature kabin depan	T4	Temperatur kabin belakang

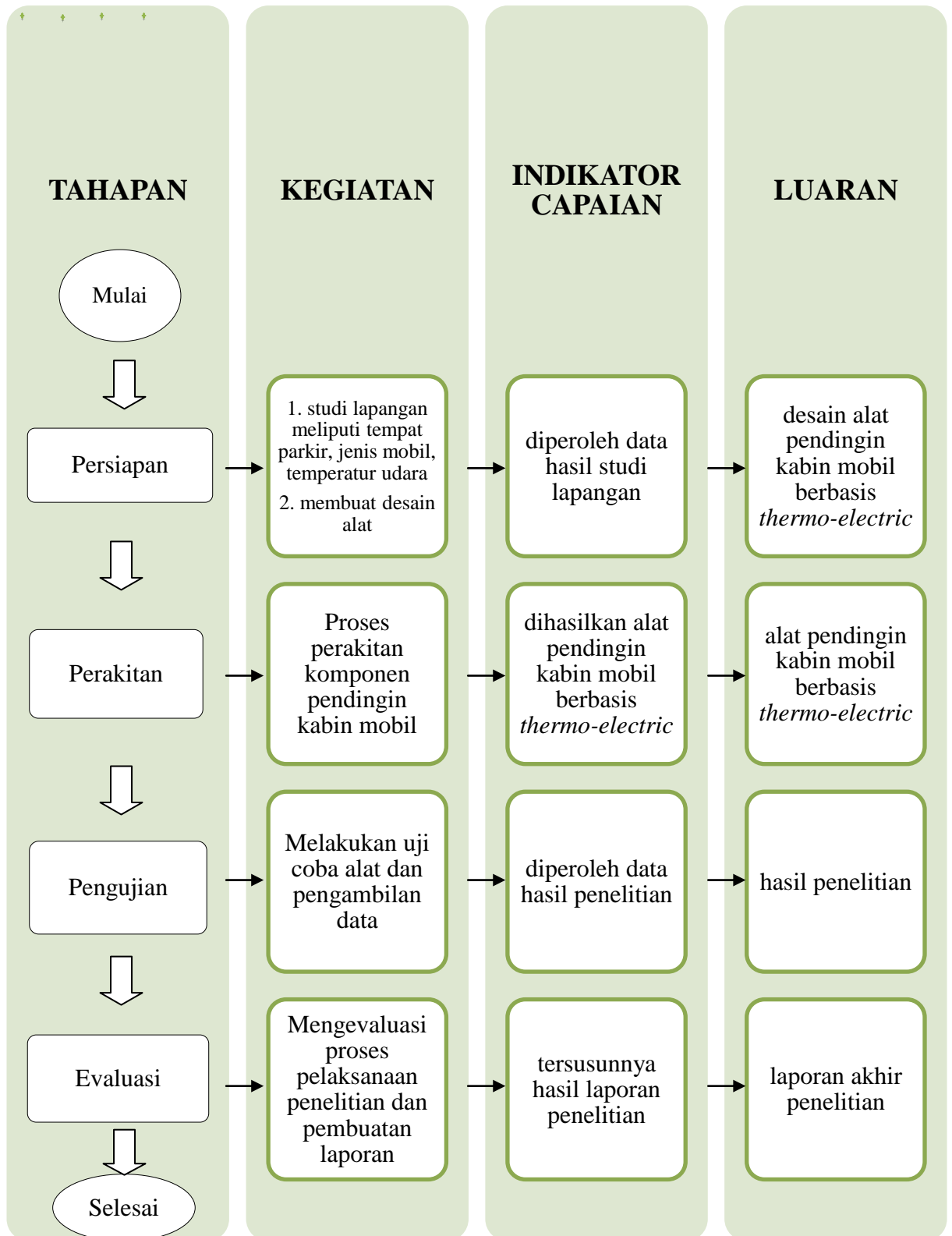
D. Alur Penelitian

1. Skema Alur Penelitian



Gambar 3. 4 Alur Penelitian

2. Tahapan Penelitian



Gambar 3. 5 Tahapan Penelitian

3. Jadwal Kegiatan

Tabel 3.5 Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Mar	Mei	Juni	Juni	Juli	Juli
		15-20	5-15	6-14	20-30	1-3	4-20
1	Rencana pengembangan						
2	Penyediaan Bahan Uji						
3	Pembuatan Alat						
4	Pengambilan data						
5	Penulisan Artikel Ilmiah						
6	Penyusunan Laporan						

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Dengan mengkaji perancangan dan pengujian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, sistem pendingin kabin dengan *thermo-electric* bersumber daya dari solar cell mampu menurunkan temperatur kabin rata-rata sebesar $10,75^{\circ}\text{C}$ dengan pendinginan yang dibangkitkan *thermo-electric* sebesar 23,73 Watt dan daya pembuangan panas sebesar 30,91 Watt.
2. Hasil pengujian prototipe ini menunjukkan bahwa sistem pendingin kabin dengan *thermo-electric* sangat membantu untuk menurunkan temperatur berlebih dalam kabin mobil saat parkir dibawah sinar matahari secara langsung, sehingga kerusakan komponen interior mobil dapat dikurangi.

B. Saran

Berdasarkan hasil kegiatan dan kesimpulan tersebut, maka disarankan sebagai berikut: Pengujian selanjutnya disarankan untuk memakai media yang berbeda, untuk mengetahui bagaimana temperatur suhu yang dihasilkan dengan media yang berbeda, serta diharapkan *power supply* tidak hanya dari sel surya saja tetapi dikembangkan dengan dengan Alternator saat mobil berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2016. Ini Bahaya yang Dapat Timbul bila Mobil Sering Dijemur. <http://daihatsu.co.id/kokgituya/article/otomotif/ini-bahaya-yang-dapat-timbul-bila-mobil-sering-dijemur> diakses pada 21 November 2017
- Aziz, Azridjal., dkk. 2015. Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman. *Jurnal Rekayasa Mesin Polines*. Vol 10, pp 32-38.
- Ferdian, Azwar. 2014. Inilah Efek Buruk Panas Matahari pada Mobil. Artikel. <http://otomotif.kompas.com/read/2014/10/08/125909215/Inilah.Efek.Buruk.Panas.Matahari.pada.Mobil> diakses pada 21 November 2017
- Jansen, T.J. 1995. *Teknologi Rekayasa Sel Surya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- Kurniawan, A. 2014, Pengembangan Semikonduktor Tipe-P Untuk Modul *Thermoelectric* Berbasis Material ZnO.
- Lorenzo, Eduardo. 1994. *Solar Electricity, Engineering of Photovoltaic Systems*. Polytechnic University of Madrid: Institute of Solar Energy
- Nulhakim, Lukman. 2017. Uji Unjuk Kerja Pendingin Ruangan Berbasis *Thermo Electric Cooling*. *Jurnal SIMETRIS*, Vol 8 No 1, pp 85-90
- Paulke, Stefan, et al. 2007. "Air Conditioning Cabin Simulation with Local Comfort Rating of Passengers". P+Z Engineering GmbH
- Priyambada, Sandya. 2012. Pendingin Kabin Berbasis *Thermoelectric*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia
- Radar. 2017. Bahu Jalan Masih jadi Lahan Parkir. <http://radarselatan.fajar.co.id/2017/01/19/bahu-jalan-masih-jadi-lahan-parkir/> diakses pada 21 November 2017
- Rohman, A. 2014. Rancang Bangun Sistem Pendingin Pada Kaca Depan Kendaraan Menggunakan Termoelektrik Pendingin.
- Rusminto, Tjatur W. 2003. *Solar Cell Sumber Energi masa depan yang ramah lingkungan*. Jakarta: Berita Iptek