

# Rancang Bangun Sistem Pendingin Sekunder untuk Kabin Mobil dengan Memanfaatkan *Thermoelectric* (TEC)

J. Victor Tuapetel <sup>1,a)</sup>, A. Faishal Ramadhan <sup>2,b)</sup>, M. Kurniadi Rasyid <sup>3,c)</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Program Studi Teknik Mesin ITI,  
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

<sup>a)</sup> jvictor.tuapetel@iti.ac.id, <sup>b)</sup> achmadfaisal43@gmail.com, <sup>c)</sup> kurniadirasyid@iti.ac.id

## Abstrak

Sistem pendingin (AC) mobil tidak bekerja ketika mesin mobil dimatikan, hal ini menyebabkan suhu kabin mobil meningkat. Peningkatan suhu disebabkan oleh kabin yang tertutup sehingga tidak ada sirkulasi udara dan juga dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Perancangan sistem pendingin pada penelitian ini bertujuan untuk mengkondisikan udara dalam kabin mobil. Perancangan, perakitan, dan pengujian sistem pendingin menggunakan *peltier*, kipas, *heatsink*, dan pompa sebagai komponen utamanya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui metode pendinginan yang tepat untuk mereduksi panas yang dihasilkan *peltier*. Pada pengujian yang dilakukan selama 30 menit, diperoleh suhu pada *cold sink* menggunakan kipas sebesar 14.3°C dan suhu pada *cold sink* menggunakan *coolant* sebesar 10.3°C. Pengujian pada sistem pendingin dilakukan selama 1 jam 30 menit, dengan variasi jumlah *peltier* yang bekerja yakni 2, 4 dan 6. Hasil yang diperoleh yakni 2 *peltier* sebesar 28°C, 4 *peltier* sebesar 26.5°C, dan 6 *peltier* sebesar 27.5°C. Hasil terbaik untuk metode pendinginan yaitu menggunakan *coolant* dan sistem pendingin menggunakan 4 buah *peltier*.

**Kata kunci:** *peltier*, pendingin sekunder, sistem pendingin mobil

## Abstract

A car's cooling system does not work when the car's engine is turned off, this causes the car cabin temperature to rise. The increase in the temperature is caused by the cabin being closed so that there is no air circulation and is also influenced by the environment temperature. The cooling system design at this research aims to conditioning the air in the car cabin. The processes of designing, assembling, and testing the cooling system will be carried out with the use of *peltier*, fan, *heatsink*, and pump as the main components. Tests will be carried out to determine the appropriate cooling method to reduce the heat produced by *peltier*. The tests were carried out for 30 minutes on each tests, which yield the cold sink temperature using fan is 14.3°C and the cold sink temperature using coolant resulted is 10.3°C. Tests on the cooling system were carried out for 1 hour 30 minutes, with variations in the number of working *peltiers* which is 2, 4 and 6. The results obtained were as follows, 2 *peltiers* is 28°C, 4 *peltiers* is 26.5°C, and 6 *peltiers* is 27.5°C. The best results for the cooling method are obtained from using the coolant and 4 pieces of *peltiers* used for the cooling system.

**Keywords:** car cooling system, *peltier*, secondary cooling

## I. PENDAHULUAN

Umumnya sistem pendingin mobil menggunakan refrigerant. Namun, refrigerant adalah bahan kimia yang dapat merusak lapisan ozon jika terurai di udara. Seiring dengan perkembangan teknologi sistem pendingin maka dapat dirancang sebuah sistem pendingin yang mampu mengkondisikan udara dalam kabin mobil meskipun mobil ditinggalkan dalam keadaan mesin mobil mati.

Teknologi termoelektrik merupakan sumber alternatif utama dalam menjawab permasalahan tersebut. Di samping lebih ramah lingkungan, teknologi ini sangat efisien, tahan lama, dan juga mampu menghasilkan energi dalam skala besar maupun kecil [1].

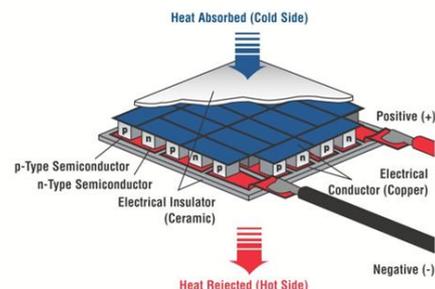
## II. LANDASAN TEORI

### A. Termoelektrik

Termoelektrik merupakan konversi langsung dari energi panas menjadi energi listrik atau energi listrik menjadi energi panas atau dingin. Termoelektrik umumnya menggunakan bahan yang bersifat semikonduktor [2].

Struktur dari termoelektrik dapat dilihat pada Gambar 1, terdiri dari suatu susunan elemen tipe-P, yakni material yang kekurangan elektron, dan terdiri juga dari susunan

elemen tipe-N, yakni material yang kelebihan elektron. Panas masuk pada salah satu sisi dan dibuang dari sisi lainnya.



**Gambar 1.** Struktur Termoelektrik

### B. Sel Peltier

Konsep dari sel *peltier* yaitu efek Seebeck dan efek *peltier*, dimana sel *peltier* ini merupakan bahan semikonduktor yang bertipe-p dan tipe-n. Semikonduktor merupakan bahan setengah penghantar listrik yang disebabkan perbedaan gaya ikat diantara atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul.

### C. Cara Kerja Peltier

Apabila pada kedua konduktor yang berada di ujung-ujung untaian diberikan tegangan DC, maka arus listrik akan mengalir dari sumber tegangan yang berpotensi positif, melalui semikonduktor tipe N lalu ke semikonduktor tipe P hingga berakhir di sumber tegangan yang berpotensi negatif. Arah aliran elektron akan berkebalikan dengannya.

Efeknya adalah pada sisi atas terjadi pertemuan antara semikonduktor tipe N dan semikonduktor tipe P (melalui perantara logam konduktor) panas diabsorpsi sehingga pada bagian sisi atas dingin. Sedangkan di bagian sisi bawah panas.

**D. Konduktivitas Thermal**

Konduktivitas termal didefinisikan sebagai laju perpindahan panas per satuan luas yang tegak lurus pada aliran dan per satuan gradient suhu [3]. Dinyatakan dengan persamaan (1) :

$$K = \frac{Q}{A \left(\frac{dt}{dx}\right)} \quad (1)$$

**E. Beban Panas Konduksi**

Pada pustaka [4] Beban panas konduksi adalah jumlah panas yang merambat akibat adanya perbedaan temperatur ruangan yang didinginkan dengan sekelilingnya, beban panas ini biasanya terjadi melalui permukaan dinding ruang pendingin. Besarnya beban panas konduksi dapat dihitung dengan persamaan (2) :

$$Qk = U \cdot A \cdot \Delta t \quad (2)$$

**III. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian dilakukan berdasarkan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram Alir Perancangan

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Spesifikasi dan Data Awal**

Sebagai dasar perhitungan rancang bangun sistem pendingin digunakan dimensi kabin mobil seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Kabin Mobil

1. Dimensi kabin mobil
  - a. Panjang : 3460 mm = 3.46 m
  - b. Lebar : 1665 mm = 1.665 m
  - c. Tinggi : 1200 mm = 1.2 m
2. Konduktivitas *thermal* material
  - a. Kaca : 0.8 W/m °C
  - b. Plat baja : 50.2 W/m °C
  - c. *Glass woll* : 0.05 W/m °C
  - d. Alumunium foil : 0.86 W/m °C
  - e. Plastik : 0.039 W/m °C
3. Tebal material
  - a. Plat baja : 0.6 mm = 0.0006 m
  - b. *Glass woll* : 10 mm = 0.01 m
  - c. Alumunium foil : 1 mm = 0.001 m
  - d. Plastik : 2 mm = 0.002 m
  - e. Kaca : 6 mm = 0.006 m
4. Suhu lingkungan : 34° C
5. Beban Pendinginan

Beban pendinginan yang diperoleh merupakan beban dari lingkungan melalui atap, pintu, bagasi dan kaca mobil. Besarnya beban pendinginan dapat dihitung dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta t \quad (1)$$

Dimana  $U_{body} = 2.47 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

**a. Q bodi mobil**

- 1) Qatap
 
$$= A \cdot U \cdot \Delta t$$

$$= (3 \cdot 1.665) \cdot 2.47 \cdot (34-27)$$

$$= 86.36 \text{ Watt}$$
- 2) Qbelakang
 
$$= A \cdot U \cdot \Delta t$$

$$= [(1.665 \cdot 1.2) - (1.33 \cdot 0.5)] \cdot 2.47 \cdot (34-27)$$

$$= 23.14 \text{ Watt}$$
- 3) Qsamping
 
$$= 2 \cdot A \cdot U \cdot \Delta t$$

$$= 2 [(3.46 \cdot 1.2) - (2.490 \cdot 0.5)] \cdot 2.47 \cdot (34-27)$$

$$= 100.52 \text{ Watt}$$
- 4) Q Total
 
$$\text{Qatap} + \text{Qbelakang} + \text{Qsamping} = 210.02 \text{ Watt}$$

**b. Q kaca mobil**

- 1) Qk.depan
 
$$= A \cdot U \cdot \Delta t$$

$$= (1.5 \cdot 0.5) \cdot 6.549 \cdot (34-27)$$

$$= 34.37 \text{ Watt}$$

2) Qk.samping

$$= 2 A \cdot U \cdot \Delta t$$

$$= 2 (2.49 \cdot 0.5) \cdot 6.549 \cdot (34-27)$$

$$= 114.14 \text{ Watt}$$

3) Qk.belakang

$$= A \cdot U \cdot \Delta t$$

$$= (1.33 \cdot 0.5) \cdot 2.73 \cdot (34-27)$$

$$= 30.47 \text{ Watt}$$

4) Q Total

$$Qk.depan + Qk.samping + Qk.belakang = 178.98 \text{ Watt}$$

6. Jumlah Elemen Pendingin

Termoelektrik yang digunakan pada pendingin kabin adalah termoelektrik dengan tipe TEC1-12706 dengan spesifikasi:

- Dimensi : 40 x 40 x 3.8 mm
- I maksimum : 6.0 A
- V maksimum : 15.4 V-DC
- Q maksimum : 65 W
- T maksimum : 68 degree

Oleh karena itu untuk mendinginkan kabin mobil diperlukan *peltier* dengan jumlah sebagai berikut:

$$\frac{Q_t \text{ bodi mobil} + Q_t \text{ kaca mobil}}{P \text{ peltier}}$$

$$210.02 + 178.98 \text{ _ 6 buah}$$

7. Pemilihan Kipas 65

Guna mendapatkan pendinginan yang optimal diperlukan kipas yang berfungsi untuk menghembuskan udara dingin yang dihasilkan oleh elemen *peltier*. Spesifikasi kipas terpilih sebagai berikut:

- Dimensi : 93 x 90 x 60 mm
- Tegangan : 12 V-DC
- Daya : 3.2 W
- Kecepatan Putaran : 2200 rpm

8. Pemilihan Pompa

*Peltier* memiliki sisi yang dapat menghasilkan panas, apabila panas itu tidak diserap maka proses pendinginan tidak berlangsung dengan optimal. Oleh karena itu diperlukan pendingin yang mampu menyerap panas yang dihasilkan oleh *peltier*. Dalam rancangan sistem pendingin ini yang berfungsi untuk menyerap adalah air/fluida, dimana nanti fluida ini akan mengalir di water block yang menempel pada sisi panas *peltier*. Spesifikasi pompa:

- Dimensi : 55 x 35 x 45 mm
- Daya Maksimum : 3.6 W
- Tegangan : 12 V-DC
- Head Maksimum : 3 m

B. Proses Pembuatan

Pertama, yang dilakukan adalah pembuatan *body* atau box sistem pendingin seperti pada Gambar 4. Material yang digunakan untuk membuat *box* adalah akrilik dengan ketebalan 10 mm, dan untuk dudukan yang

menghubungkan *peltier* dan *waterblock* menggunakan plat aluminium dengan ketebalan 3 mm.



Gambar 4. (a) Body akrilik (b) Dudukan aluminium

Kedua, membuat *waterblock* seperti pada Gambar 5. *Waterblock* ini berfungsi sebagai media untuk mengalirkan air guna menyerap panas yang dihasilkan oleh *peltier*. Material yang digunakan untuk membuat *waterblock* adalah aluminium *profile*. Dimana pada kedua sisinya akan ditutup menggunakan lem karet dan sebagai saluran keluar masuk airnya menggunakan pipa plastik berdiameter 3 mm.



Gambar 5. Proses pembuatan *waterblock*

Ketiga, membuat reservoir seperti pada Gambar 6, reservoir ini berfungsi sebagai media penampungan air. Material yang digunakan adalah akrilik dengan ketebalan 5 mm. Di dalam reservoir dipasang *cold sink*, pemasangan *cold sink* ini diharapkan mampu untuk mendinginkan kembali air yang telah mengalir dari *waterblock*.



Gambar 6. Proses pembuatan reservoir

Keempat, merakit sistem pendingin seperti pada Gambar 7. Proses perakitan diawali dengan menyatukan *waterblock* dengan *base* aluminium, kemudian *waterblock* diberi pasta *thermal*, yang bertujuan agar panas dapat didistribusikan dengan baik



Gambar 7. Perakitan *waterblock*

Kelima, adalah merakit *peltier* seperti pada Gambar 8. Dimana *heatsink* dan kipas diletakan pada dudukan aluminium. Pada sisi panas dan sisi dingin *peltier* diberi pasta termal.



Gambar 8. Perakitan kipas

### C. Pengujian Dan Analisis

Pengujian dilakukan untuk mengetahui metode pendinginan yang tepat, pengujian dilakukan selama 30 menit dengan menggunakan kipas dan coolant. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perubahan suhu *peltier* menggunakan kipas

Komponen Sistem Pendingin	Waktu (menit)	Suhu (°C)
$T_{Peltier}$	0	30
	5	15.7
	10	14.1
	15	15.7
	20	15.5
	25	15.6
	30	15.4

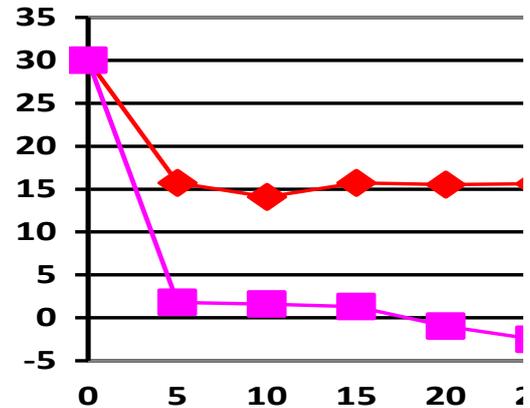
Pengujian berikutnya menggunakan *coolant* sebagai metode pendinginan sisi panas *peltier*. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perubahan suhu *peltier* menggunakan *coolant*

Komponen Sistem Pendingin	Waktu (menit)	Suhu (°C)
$T_{Peltier}$	0	30
	5	1.8
	10	1.6
	15	1.3
	20	-1
	25	-2.5
	30	-2.5

Hasil pengujian dengan metode pendinginan sisi panas *peltier* menggunakan kipas, didapatkan suhu maksimal 15.4°C, sedangkan menggunakan *coolant* didapatkan suhu maksimal -2.5°C.

Dari Gambar 9 menunjukkan adanya perbedaan yang cukup jauh antara menggunakan kipas dan *coolant*. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pendinginan sisi panas *peltier* menggunakan *coolant* lebih baik.



Gambar 9. Grafik metode pendinginan sisi panas *peltier*

Pengujian sistem pendingin dilakukan dengan 3 variasi jumlah *peltier* yang bekerja. Variasi jumlah *peltier* untuk mengetahui kemampuan pendinginan dari sistem pendingin, Variasi yang dilakukan :

- 2 buah *peltier* yang bekerja
- 4 buah *peltier* yang bekerja
- 6 buah *peltier* yang bekerja

Pengujian dilakukan secara tiga tahap dengan daya baterai 12 V, 3A. Tahap pertama yaitu menguji pendinginan menggunakan 2 buah *peltier* dengan suhu lingkungan 29.5°C dan suhu dalam kabin 30°C. Pengujian dilakukan selama 1 jam 30 menit. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian variabel tahap pertama

No.	Waktu	Temperatur (°C)
1.	14.30	30
2.	14.45	29.8
3.	15.00	29.5
4.	15.15	29
5.	15.30	28.6
6.	15.45	28.3
7.	16.00	28

Tahap kedua yaitu menggunakan 4 buah *peltier* yang bekerja dengan suhu lingkungan 30°C dan suhu dalam kabin mobil 30.8°C. Pengujian dilakukan selama 1 jam 30 menit. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian variabel tahap kedua

No.	Waktu	Temperatur (°C)
1.	14.30	30
2.	14.45	29.4
3.	15.00	29
4.	15.15	28.7
5.	15.30	28.2
6.	15.45	27.5
7.	16.00	26.5

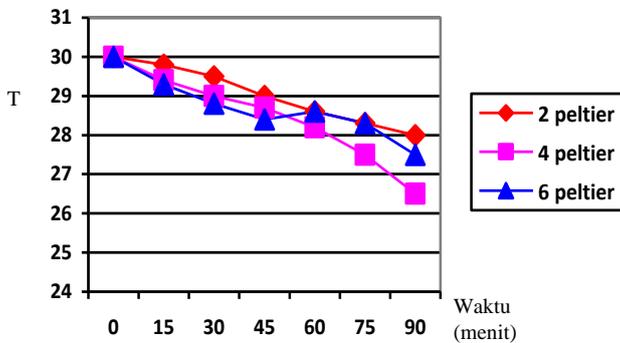
Tahap ketiga menggunakan 6 buah *peltier* yang bekerja dengan suhu lingkungan 28.9°C dan suhu dalam kabin mobil 30°C. Pengujian dilakukan selama 1 jam 30 menit. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil pengujian variabel tahap ke tiga

No.	Waktu	Temperatur (°C)
1.	18.30	30
2.	18.45	29.3
3.	19.00	28.8
4.	19.15	28.4
5.	19.30	28.6
6.	19.45	28.3
7.	20.00	27.5

Hasil pengujian dengan tiga variasi dengan 2 buah *peltier* yang bekerja diperoleh hasil 28°C, 4 buah *peltier* yang bekerja diperoleh hasil 26.5°C, dan untuk 6 *peltier* diperoleh hasil 27.5°C. Didapatkan kesimpulan bahwa jumlah *peltier* dapat mempengaruhi proses pendinginan akan tetapi semakin banyak *peltier* yang bekerja tegangan yang dialirkan pun mengecil.

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa pengujian memperlihatkan trend penurunan suhu. Namun pada pengujian menggunakan 6 *peltier* dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan suhu setelah 45 menit beroperasi, lalu kembali turun. Sementara pengujian dengan 4 *peltier* menunjukkan penurunan suhu yang signifikan.



**Gambar 10.** Grafik hasil pengujian variabel tahap pertama, kedua dan ketiga

## V. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian untuk 2 buah *peltier* 28°C, 4 buah *peltier* 27.5°C dan 6 buah *peltier* 27.5°C. penggunaan 4 dan 6 buah *peltier* mendapatkan hasil yang sama akan tetapi pada 6 buah *peltier* terjadi kenaikan suhu, sehingga dapat disimpulkan bahwa pendinginan yang baik yaitu menggunakan 4 buah *peltier*.
2. Dibutuhkan sebuah baterai yang memiliki daya yang besar untuk mengoptimalkan sistem pendingin.
3. Kemampuan pendinginan *peltier* dipengaruhi oleh proses pendinginan pada sisi panas yang dikeluarkan
4. *peltier*, karena apabila panas tersebut tidak di serap atau didinginkan maka kinerja *peltier* tidak akan optimal.

## REFERENSI

- [1] Nugroho, Wahyu. Rancang Bangun Alat Pendingin Minuman Portable Menggunakan *Peltier*. Skripsi. Jurusan

Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Pontianak, 2016.

- [2] A. Fitra Indra. Studi Penggunaan Modul Thermoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Portable. Kendari. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin 1(1): 50-55.
- [3] Ahsani Munib. Rancang Bangun Pendingin Ruangan Portable Dengan Memanfaatkan Efek Perbedaan Suhu Pada Thermoelectric Cooler. Surabaya. Jurnal Rekayasa Mesin 3 (1): 100-109.
- [4] Dermawan Erwin, Syawaludin, A. Reza, dkk. Analisa Perhitungan Beban Kalor Dan Pemilihan Kompresor Dalam Perancangan Air Blast Freezer Untuk Membekukan Adonan Roti Dengan Kapasitas 250 Kg/Jam. Jakarta. Teknika: Engineering and Sains Journal, 1 (2): 141-144.