

ANALISIS PERFORMA SISTEM PENDINGIN RAMAH LINGKUNGAN UNTUK KABIN MOBIL CITY CAR MENGGUNAKAN MODUL TERMO ELECTRIC COOLER TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR

Mirza Yusuf¹, Andika Wisnujati²

Program Studi D3 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DIY¹
langkahsiguci@gmail.com¹, awjati83@gmail.com²

ABSTRAK

Ramah lingkungan menjadi isu yang gencar dalam penelitian. Cloro Fluoro Carbon (CFC) yang digunakan dalam AC konvensional akan menguap ke udara bebas berdampak kerusakan lapisan ozon. Ditinjau secara micro dalam penggunaan sistem pendingin dapat diterapkan pada pendingin kabin mobil. Sistem pendingin mobil konvensional menimbulkan 2 kerugian yaitu lebih boros bahan bakar karena couple pulley compressor AC membebani putaran mesin dan penggunaan CFC yang tidak ramah lingkungan. Sistem pendingin ramah lingkungan dan mampu menghemat bahan bakar mesin tersebut dapat kita temukan pada modul thermoelectric. Terobosan baru sistem pendingin tersebut menggunakan modul pendingin Thermo Electric Cooler (TEC) yang memanfaatkan sisi dingin pada Thermo Electric Cooler (TEC) dengan memanfaatkan seaback effect. Thermo Electric Cooler (TEC) ketika dialiri tegangan DC (arus searah) pada kedua jalur kabel penghubungnya maka salah satu sisi akan menjadi panas, sementara sisi satunya akan menjadi dingin. Salahsatu cara yang dapat ditempuh untuk memaksimalkan proses pendinginan, maka sisi panas Thermo Electric Cooler (TEC) harus diturunkan temperaturnya serendah mungkin mungkin dengan menggunakan alat penukar kalor heat sink serta dibantu kipas (fan). Semakin lama proses pendinginan, maka semakin optimal suhu ruangan yang didinginkan. Dari data Hasil pengujian dapat diketahui perangkat pendingin tersebut mampu bekerja dengan rate penurunan temperature memadai. Selanjutnya dapat dapat diaplikasikan sebagai alat pendingin ruangan yang efektif, efisien dan ramah lingkungan.

Kata kunci: Kabin mobil, Air Conditioner (AC) konvensional, Cloro Fluoro Carbon (CFC), Thermo Electric Cooler (TEC), komponen sistem pendingin.

PENDAHULUAN

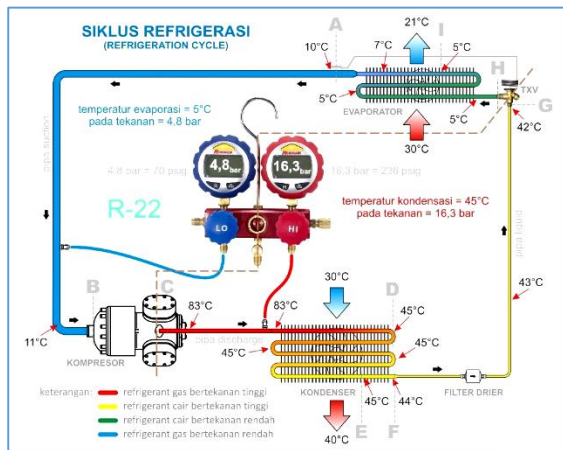
Mengikuti perkembangan teknologi dari berbagai lini, modernisasi perangkat terus mengalami evolusi dan pengembangan. Di bidang otomotif, berbagai aspek terus diriset dan dengan hasil yang signifikan berhasil. Salahsatu komponen dalam mobil yang memberi pengaruh beban mesin dan merusak lingkungan adalah sistem pendingin kabin ruangan mobil menggunakan komponen AC konvensional. Penggunaan Cloro Fluoro Carbon (CFC) disinyalir dapat merusak lapisan ozon. Beban pada pulley dapan memberikan efek borosnya bahan bakar.

Saat ini penggunaan sistem pendingin AC konvensional di kabin mobil sudah menjadi hal yang umum. Hampir semua mobil pribadi berbagai type dan mobil angkutan penumpang kapasitas besar menggunakan AC konvensional tersebut. Melihat kondisi yang demikian, terdapat pengembangan riset sistem pendingin yang ramah lingkungan dan tidak boros bahan bakar. potensi yang bisa diteliti dan dikembangkan alat pendingin model baru yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Perangkat alat pendingin tersebut dapat kita gali lebih jauh potensinya melalui perangkat peltier

dengan fenomena sebach yang dimilikinya.

Suhu di dalam kabin mobil mencapai 45 sampai 55 derajat celsius. Hal ini menyebabkan ketidaknyamanan pengemudi dan penumpang di dalam kabin. Selain itu temperature yang tinggi seringkali merusak interior dan meimbulkan bau yang tidak sedap. Penggunaan kaca film dapat mereduksi panas mobil tetapi tidak signifikan hasilnya serta mengganggu pandangan driver di malam hari.

Siklus pendinginan yang terjadi pada mesin pendingin merupakan proses berkelanjutan yang terjadi pada komponen komponen di atas. Siklus tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1 Siklus pendinginan

Keterangan gambar 1 tersebut diatas adalah sebagai berikut:

1. Kompresor melepaskan *refrigerant* yang bertemperatur tinggi dan bertekanan tinggi karena menyerap panas dari evaporator ditambah panas yang dihasilkan kompresor saat langkah pengeluaran (*discharge stroke*).
2. Gas *refrigerant* ini mengalir ke dalam kondensor. Di dalam kondensor, gas *refrigerant* mengembun kembali menjadi cairan.
3. Cairan *refrigerant* ini mengalir ke dalam *drier strainer* atau *receiver drier* yang menyimpan dan menyaring cairan

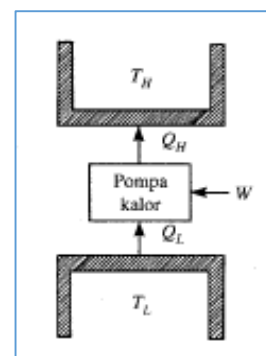
refrigerant sampai evaporator memerlukan *refrigerant*.

4. *Capillary tube* atau *expansion valve* (katup ekspansi) merubah cairan *refrigerant* menjadi campuran dan cairan yang bertemperatur dan bertekanan rendah.

TINJAUAN PUSTAKA

Gas *refrigerant* yang dingin dan berembun ini mengalir ke dalam evaporator [7]. *Blower* digunakan untuk mengalirkan udara pada evaporator. Selanjutnya udara tersebut mampu menyerap kondisi panas yang ada dalam ruangan mesin pendingin [1].

Berdasarkan siklus pendinginan yang dijelaskan di atas bila dikhususkan terdapat dua proses utama yang terjadi, yaitu pembuangan panas oleh kondensor dan penyerapan panas oleh evaporator. Setelah evaporator mengambil panas dari tempat sekitar pendinginannya sehingga daerah di sekitar evaporator menjadi turun temperaturnya, selanjutnya kondensor membuang panas yang dihasilkan selama evaporator bekerja. Penjelasan ini sesuai dengan proses termodinamika pada sebuah pompa kalor. Mesin pompa kalor atau *refrigerator* adalah mesin yang mempunyai tujuan untuk memasok energi ke suatu benda [2].



Gambar. 2. Mesin pompa kalor

Sebuah pompa kalor akan memberikan energi sebagai kalor Q_H ke benda yang lebih panas (mis.sebuah rumah) dan sebuah *refrigerator* akan mengambil energi sebagai kalor Q_L dari benda yang lebih dingin (mis.sebuah kulkas)[2]. T_L

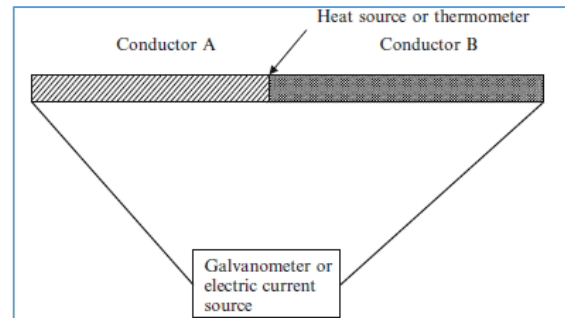
adalah panas yang berada di ruang yang didinginkan (evaporator), sementara T_H adalah panas yang berada di lingkungan (kondensor).

Jurnal yang ditulis oleh Simon Lineykin dan Shmul Ben-Yaakov [3] yang berjudul “Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules” yang ditulis pada tahun 2017. Penelitian ini membahas tentang perhitungan kinerja dari *thermoelectric peltier*. Penelitian yang berbentuk skripsi yang ditulis oleh Dedy Reza Dwi P [4] yang berjudul “Perhitungan Heat Rate Heatsink Pada Sisi Panas Thermoelectric TEC12706 Pada Daya 22,4 Watt”. Penelitian ini membahas tentang kinerja *thermoelectric peltier* pada daya 12 Volt 5 Ampere untuk mendinginkan box pendingin dengan tujuan untuk mencari *heat rate* pada sisi panas *peltier* TEC12706., Jurnal yang ditulis oleh Joessianto Eko Poetro dan Catur Rakhmad Handoko [5] pada tahun 2013 dengan judul “Analisis Kinerja Sistem Pendingin Arus Searah Yang Menggunakan Heatsink Jenis Extruded Dibandingkan Dengan Heatsink Jenis Slot”. Penelitian ini membahas tentang perbandingan kinerja dari *heatsink* jenis extruded dengan jenis slot yang kinerjanya digunakan pada sistem pendingin yang menggunakan komponen *peltier* sebagai pompa kalornya.

Pendingin *Thermoelectric* (TEC), juga sering disebut pendingin Peltier atau pompa panas solid-state yang memanfaatkan efek Peltier untuk memindahkan panas. Saat TEC / Peltier dilewati arus maka alat ini akan memindahkan panas dari satu sisi ke sisi lain, biasanya menghasilkan perbedaan panas sekitar 40°C - 70°C . *Thermoelectric* pertama kali ditemukan oleh T. J. Seebeck pada tahun 1821. Dia menunjukkan bahwa gaya gerak listrik dapat diperoleh dengan memanaskan dua konduktor yang berbeda.

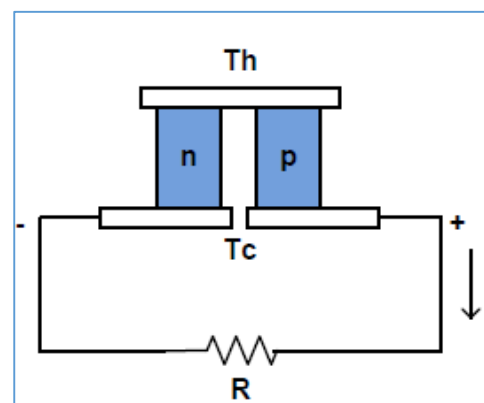
Tiga belas taun setelah penemuan T. J. Seebeck, J. Peltier menemukan kebalikan dari fenomena tersebut. Dia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian.

Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1834 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier. Efek Seebeck dan Peltier inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi termoelektrik.



Gambar 3. Percobaan untuk menunjukkan efek Seebeck dan Peltier

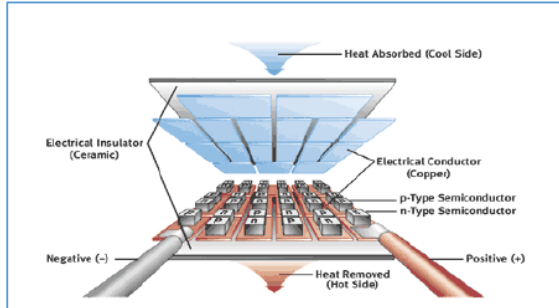
Bentuk konstruksi dasar *Thermoelectric* dibangun oleh dua buah semikonduktor yang berbeda, satu tipe N dan yang lainnya tipe P. (mereka harus berbeda karena mereka harus memiliki kerapatan elektron yang berbeda dalam rangka untuk bekerja). Kedua semikonduktor diposisikan paralel secara termal dan ujungnya digabungkan dengan lempeng pendingin biasanya lempeng tembaga atau aluminium.



Gambar 4. Penampang *thermoelectric*

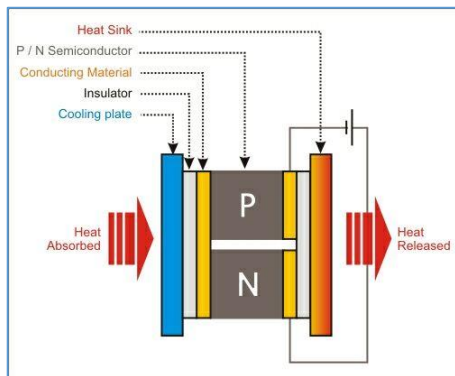
Ujung penghantar dari dua bahan yang berbeda dihubungkan ke sumber tegangan, dengan demikian arus listrik akan mengalir melalui dua buah

semikonduktor yang terhubung secara seri. Aliran arus DC yang melewati dua semikonduktor tersebut menciptakan perbedaan suhu. Sebagai akibat perbedaan suhu ini, *peltier* pendingin menyebabkan panas yang diserap dari sekitar pelat pendingin akan pindah ke pelat lain (*heat sink*).



Gambar 5. Proses pemindahan panas pada *thermoelectric peltier*

Dalam prakteknya banyak pasangan *thermoelectric* (pasangan) seperti dijelaskan diatas, yang terhubung paralel dan diapit dua buah pelat keramik dalam sebuah *thermoelectric* tunggal. Sedangkan besarnya perbedaan suhu panas dan dingin adalah sebanding dengan arus dan jumlah pasangan semikonduktor di unit.



Gambar 6. Rangkaian *Thermoelectric* untuk mesin pendingin

Pada bodi *peltier* terdapat kode yang menunjukkan pembacaan dari spesifikasi yang ada pada *peltier* tersebut. Sebagai contoh untuk *peltier* dengan kode “TEC1-12706”.



Gambar 7 Kode pada *peltier*

METODE PENELITIAN

Menilai performa dari modul pendingin Termoelectric dapat mengacu pada data teknis yang disertakan pada *thermoelectric* antara lain adalah ΔT_{max} , I_{max} , V_{max} , Q_{max} dan dimensinya (panjang, lebar, tebal). Berikut adalah penjelasan parameter tersebut :

1. ΔT_{max} adalah perbedaan temperature terbesar antara sisi panas dan sisi dingin dari sebuah modul *thermoelectric*. Kondisi ini hanya dapat tercapai jika sisi dingin dari modul *thermoelectric* terisolasi sempurna.
2. I_{max} adalah arus listrik yang menyebabkan terjadinya perbedaan temperature terbesar (ΔT_{max}).
3. V_{max} adalah tegangan yang dihasilkan apabila arus I_{max} mengalir pada modul *thermoelectric*.
4. Q_{max} adalah batas penyerapan kalor yang dapat dilakukan oleh modul *thermoelectric*.

Berikut ini adalah contoh data teknis dari modul *thermoelectric* dengan kode TEC1-12706:

Tabel 1. Tabel data teknis *thermoelectric peltier* TEC1-12706

HOT SIDE TEMPERATURE (°C)	25°C	50°C
Q_{max} (Watt)	50	57
ΔT_{max} (°C)	66	75
I_{max} (Ampere)	6.4	6.4
V_{max} (Volt)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohm)	1.98	2.30

Untuk menunjukkan seberapa baik performa dari suatu pompa kalor, maka dikenal *Coefficient of Performance* (COP) yang merupakan perbandingan antara output yang digunakan dengan input yang diberi pada sistem, yang dapat ditulis sebagai berikut:

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

$$P_{in} = Q_h - Q_c$$

Dimana:

Q_c = kalor yang dipindahkan

Q_h = kalor yang diemisikan ke lingkungan

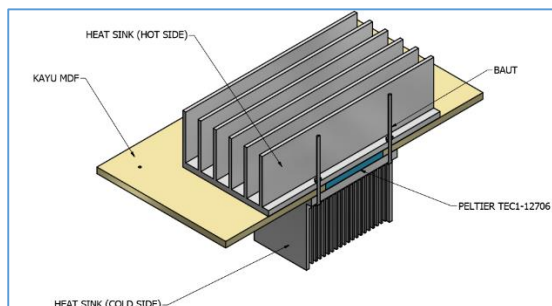
P_{in} = daya input sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses uji kinerja ada beberapa hal yang perlu diuji, pengujian dilakukan untuk mendapatkan alat pendingin kabin mobil yang paling maksimal kinerjanya:

1. Uji variasi heat sink dan kipas untuk mengetahui heat sink yang paling bagus kinerjanya dan uji posisi kipas apakah harus menabrak heat sink ataukah ke arah luar heat sink (arah laju angin) untuk mengetahui bagaimana yang paling bagus.
2. Uji kinerja peltier TEC1-12706 yang bertujuan untuk mengetahui seberapa bagus kinerja peltier seri 12706.
3. Uji kinerja sistem yang bertujuan untuk mengetahui COP sistem mesin pendingin.

Gambar bentuk desain modul pendingin secara tiga dimensi dengan bagian hot side dan cold side agar dapat dievaluasi kinerja dari pendinginan tersebut



Gambar 8. Gambar modul pendingin

Suhu pada tempat pengujian diukur menggunakan thermometer digital berada pada suhu $\pm 29^\circ\text{C}$ juga suhu pada permukaan peltier sisi dingin sebelum peltier diberi arus, suhunya terbaca 30°C . Semua uji variasi heat sink menggunakan kipas dengan spesifikasi sama, yaitu dengan ukuran 12×12 cm dengan arus 0.4 Ampere dan tegangan 12 Volt. Kemudian peltier diberi input 12 Volt 16 Ampere menggunakan adaptor, setelah 15 menit suhu permukaan sisi dingin peltier diukur juga arus dan tegangan kerja peltier diukur dengan amper volt meter diperoleh hasil :

Tabel 2. Data Hasil Uji Variasi *Heat Sink*

HEAT SINK	PELTIER		Suhu kabin mobil ($^\circ\text{C}$)	PELTIER	
	Arus (A)	Tegangan (V)		Suhu Awal ($^\circ\text{C}$)	Suhu Akhir ($^\circ\text{C}$)
Tipe A	3,76	11,5	29	30	-3,8
Tipe B	3,37	11,5	29	30	8,7
Tipe C	3,68	11,5	29	30	-0,4

Selanjutnya data di atas menjadi data untuk menghitung kapasitas kalor.

Tabel 3. Kapasitas Kalor Dari Hasil Uji Variasi *Heat Sink*

HEAT SINK	P_{in} (Watt)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	C (Watt/ $^\circ\text{C}$)
Tipe A	43,24	33,8	1,27
Tipe B	38,76	21,3	1,82
Tipe C	42,32	30,4	1,4

Diketahui:

$$\begin{aligned} q_{total} &= q_{kipas} + q_{konduksi} + q_{udara} \\ &= (1,47 + 0,5 + 29,925) \text{ Watt} \\ &= 31,895 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menghitung COP dari sistem menggunakan persamaan: $COP_{sistem} = q_c / P_{in}$

Diketahui q_c sistem sebesar 31,895 Watt, sementara untuk daya input sistem diukur menggunakan amper dan volt meter:

$$\begin{aligned} \text{Arus yang masuk} &= 8,86 \text{ Ampere} \\ \text{Tegangan} &= 11,6 \text{ Volt} \\ P_{in} &= 102,776 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka COP dari sistem sebesar} \\ 102,776 / 31,895 &= 0,310 \end{aligned}$$

Tabel.4. Data konsumsi bahan bakar realtime dengan kalibrasi *pyrec glass* berbanding *stopwatch*

RPM (MESIN 1000CC)	Konsumsi bahan bakar Pulley AC konvensional ON / menit	Konsumsi bahan bakar Pulley AC konvensional OFF / menit. Peltier ON
2000 RPM	225cc	185cc
3000 RPM	355 cc	310cc
4000 RPM	410cc	365cc
5000 RPM	480cc	410cc

Keterangan: isi pelampung bahan bakar diasumsikan penuh dan *steady* ketika *running*

Dari tiap jenjang putaran mesin, system pendingin solid state tersebut menunjukkan kemampuan menghemat bahan bakar dengan cooling rate selisih 85 detik lebih lambat mampu menghemat bahan bakar 7,35%.

KESIMPULAN

1. Heat sink yang mempunyai kerja paling maksimal adalah heat sink tipe A. Pada penggunaan heat sink tipe A untuk menghasilkan ΔT sebesar $33,8^{\circ}C$ diperlukan Pin sebesar 43,24 Watt, yang berarti kerja peltier untuk menurunkan suhu sebesar $1^{\circ}C$ hanya membutuhkan energi sebesar 1,27 Watt.
2. Heat sink tipe B memiliki kinerja paling buruk, dimana kerja peltier yang menggunakan heat sink tipe C untuk menurunkan suhu sebesar $1^{\circ}C$ membutuhkan energi sebesar 1,82 Watt.
3. Peltier yang dipasang heat sink tipe B mempunyai kinerja menengah. Yaitu mampu menurunkan suhu sebesar $1^{\circ}C$ memerlukan energi sebesar 1,4 Watt.
4. Kinerja heat sink juga mempengaruhi arus yang bekerja pada peltier. Semakin baik heat sink, arus yang

bekerja semakin besar. Semakin besar arus, kapasitas pendinginan peltier juga semakin baik. Dengan catatan arus dibatasi sampai 7 ampere untuk TEC1-12706.

5. system pendingin solid state tersebut menunjukkan kemampuan menghemat bahan bakar dengan cooling rate selisih 85 detik lebih lambat mampu menghemat bahan bakar 7,35%
6. butuh diteliti kembali dengan metode pembagian titik pasang peltier dalam kabin dan efisiensi kecepatan blower penghisap pompa kalor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pambudi Prasetya, (1998; 9) Pintar Servis kulkas AC (Air Conditioner), Amanah, Surabaya
- [2]. Merle C. Potter, Solutions Manual Mechanics of Fluids 4th Edition 2011; 101
- [3]. Simon Lineykin, Shmul Ben-Yaakov "Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules" 2017.
- [4]. Deddy Reza Dwi P "Perhitungan Heat Rate Heatsink Pada Sisi Panas Thermoelectric TEC12706 Pada Daya 22,4 Watt"
- [5]. Joessianto Eko Poetro, Catur Rakhmad Handoko 178 Jurnal Teknik Mesin Vol. 21, No. 2, Oktober 2013 Analisis Kinerja Sistem Pendingin Arus Searah yang Menggunakan Heatsink jenis Extruded dibandingkan dengan Heatsink jenis Slot
- [6]. Ajiwiguna, Ayodha Tri. 2014. Teknik Sederhana Pemasangan Modul Termoelektrik / Peltier (Online)

- [7]. Gutierrez, F dan Mendez, F. (2008).
Generation Minimization of
a Thermoelectric Cooler,
The Open Thermoelectric
Journal Vol.2, hlm. 79-80.
- [8]. Marsudi, Djiteng (2005).
Pembangkitan Energi
Listrik. Jakarta: Erlangga.
- [9]. Mastbergen, Dan dan Dr. Bryan
Willson. Tanpa Tahun.
Generating Light from
Stoves using a
Thermoelectric Generator.
Department of Mechanical
Engineering Colorado State
University.