



**PENGARUH JUMLAH SIRIP PENDINGIN HEATSINK DAN LEVEL
INDIKATOR PENDINGIN KULKAS TERHADAP DAYA OUTPUT YANG
DIHASILKAN DARI TERMOELEKTRIK GENERATOR TEC12706 YANG
MENJADIKAN KOMPRESOR KULKAS SEBAGAI SUMBER ENERGI
PANAS**

Erlangga Satria Aidil Putra

Wachid Rhamadhani

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118.

Telp : 031-5931800, Fax : 031-5927817

erlangga9295@gmail.com

wachid.untag@gmail.com

ABSTRACT

Thermo-Electric Cooler (TEC) has long been used to produce electrical energy, where when the temperature difference between two different semi conductor materials, element termoelektrik this will drain flow resulting the difference in voltage, this principle is known as the 'Seebeck effect' which is the opposite of peltier effect phenomenon. This research was conducted to find out the potential of the electric energy of the peltier module 6 would be alternative energy sources for the lights lighting the House using hot compressor refrigerator. Testing is done using 6 module TEC 12706 arranged series with variation the HeatSink as cooling and also the refrigerator compressor usage pattern, where the refrigerator is going to be organized on indicator 3, 5, max. From the results of these tests can generate output power maximum Power (P) highest obtainable on testing the heatsink 10 and 5 indicators of 0.0804 Watts, COP the lowest obtainable on testing heatsinks 8 and 3 indicators of 0.0054, different temperature highest on testing the heatsink 12 indicator max amounting to 24.3 ° c, this result shows that Thermo-Electric Cooler (TEC) has a good prospect, with heat sources higher or different power generating is very possible and a much better efficiency as alternative sources of electrical energy.

Keywords : Thermoelectric TEC12706, Heatsink, Compressor Refrigerator

I. PENDAHULUAN

Dengan semakin meningkatnya populasi manusia di dunia, peningkatan kebutuhan untuk memenuhi suatu tingkat kualitas hidup pada setiap manusia tidak dapat dihindari. Dengan dimulainya revolusi industri sejak satu abad yang lampau. Potensi sumber daya alam yang ada pada bumi kita senantiasa digali untuk memenuhi kebutuhan manusia, kebutuhan dasar manusia akan pangan, sandang dan papan

yang selalu dijadikan hak mendasar setiap manusia, tidak akan dapat tercapai apabila manusia tidak mempunyai sumber energi yang menggerakkan segala aktifitas sehari hari manusia untuk memenuhi segala kebutuhannya, dari hal yang paling mendasar ini, energi dari sumber daya alam terus digali untuk diambil, namun kita tidak bisa selamanya menggantungkan diri pada sumber daya alam sebagai pemenuhan

kebutuhan energi dunia, karena sumber daya alam ini sifatnya terbatas dan akan habis apabila kita memanfaatkan secara terus menerus, dari dasar pemikiran ini, muncul upaya upaya untuk menggunakan energi seefisien mungkin, menghemat energi ataupun menggunakan kembali (mendaur ulang) energi yang telah digunakan sebelumnya.

Pada kendaraan bermotor juga terdapat energi panas hasil dari gas buang pembakaran BBM. Bila kalor ini tidak dimanfaatkan maka akan terbuang ke atmosfer dan menjadi polusi termal. Kalor yang tidak terpakai ini dapat diklasifikasikan menjadi 3 tingkat, yaitu tingkat tinggi, menengah dan rendah. Untuk kisaran tinggi yaitu antara temperatur 590°C dan 1650°C. Tingkat menengah antara 200°C dan 590°C dan untuk kisaran temperatur rendah 25°C dan 200°C. Khusus untuk kendaraan bermotor, limbah kalor dari manifold memiliki kisaran temperatur rendah hingga menengah.

Menyadari banyaknya energi termal yang terbuang percuma ke atmosfer inilah, pemanfaatan modul termoelektrik menjadi pilihan dari peneliti untuk mengkonservasi energi termal yang terbuang menjadi energi listrik, dalam perkembangannya, modul termoelektrik sendiri telah diteliti dan diuji cobakan dalam berbagai macam penggunaan, penggunaan modul termoelektrik telah berkembang pesat sejak 10 tahun terakhir ini dalam konservasi energi panas buang. Seperti yang telah dilakukan oleh Rinalde yang membahas tentang mengkonservasi panas buang dari kompor kayu bakar sebagai sarana sumber listrik pada daerah rural. serta studi perbandingan pemanfaatan termoelektrik pada sistem gas buang suatu kendaraan bermotor dengan sistem gas buang dari stationary compressed natural gas engine generator set(CNG) yang dilakukan oleh Karri yang menyimpulkan bahwa efek penggunaan termoelektrik pada sistem gas buang dapat menghemat penggunaan bahan bakar sebanyak 1,25% pada kendaraan bermotor. Penggunaan modul termoelektrik untuk mengkonservasi energi panas buang banyak dimanfaatkan karena aplikasinya yang mudah, biaya pengoperasian

serta biaya perawatan yang murah, dan usia pakai modul termoelektrik yang panjang, serta ramah lingkungan karena tidak mengemisikan gas buang apapun dalam penggunaannya.

Dalam penelitian ini penulis akan mencoba memanfaatkan panas dari kompresor kulkas dikonversikan menjadi energi listrik . Dimana saat kulkas dinyalakan maka kompresor akan bekerja untuk memompa refrigeran dengan hal ini kompresor mengeluarkan panas , panas tersebut akan saya alirkan pada modul termoelektrik yang telah penulis beri pendingin heatsink pada sisi satunya . sehingga panas tersebut akan mengalir dari kompresor menuju modul termoelektrik dan dihempaskan ke udara melalui pendingin heatsink.

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah Bagaimana pengaruh variasi jumlah sirip pendingin dan level indikator terhadap daya listrik yang dihasilkan dari termoelektrik generator TEC12706 ?

Adapun, tujuan penelitian yang diinginkan adalah untuk :

1. Mengetahui besarnya energi listrik yang dihasilkan dari modul termoelektrik.
2. Mengetahui konsistensi performa dari modul termoelektrik yang digunakan.
3. Mengetahui besarnya beda temperatur untuk menghasilkan listrik.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menyediakan sumber energi listrik alternatif dengan memanfaatkan panas yang terbuang sia-sia.
2. Dapat mengurangi penggunaan energi listrik sehari-hari.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Termoelektrik

Termoelektrik adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi kalor (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik secara langsung. Selain itu, termoelektrik juga dapat mengkonversikan energi listrik menjadi proses pompa kalor/refrigerasi. Efek utama

yang digunakan pada termoelektrik adalah efek seebeck yang ditemukan oleh Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821 dan efek peltier yang ditemukan oleh Jean Charles Athanase Peltier pada tahun 1834. Keduanya mempunyai peranan penting dalam aplikasi praktik.

Dari prinsip kedua efek pada termoelektrik tersebut, dapat disimpulkan apabila batang logam dipanaskan dan didinginkan pada 2 kutub batang logam tersebut, elektron pada sisi panas logam akan bergerak aktif dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi. dibandingkan dengan sisi dingin logam. Dengan kecepatan yang lebih tinggi, maka elektron dari sisi panas akan mengalami difusi ke sisi dingin dan menyebabkan timbulnya medan elektrik pada logam tersebut.

Elemen termoelektrik yang terdiri dari semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang dihubungkan dalam suatu rangkaian listrik tertutup yang terdapat beban. Maka perbedaan suhu yang ada pada tiap junction dari tiap semikonduktor tersebut akan menyebabkan perpindahan elektron dari sisi panas menuju sisi dingin.

Dapat dikatakan bahwa, kalor yang dipancarkan oleh sisi panas adalah jumlah dari kalor yang diserap oleh sisi dingin dan electrical power loss. Heat flow yang dibutuhkan pada sisi panas

$$Q_{hot} = \alpha(T_{hot}) \cdot I \cdot T_{hot} - (\rho/2) \cdot I^2 + k(T_{hot} - T_{cold})$$

Arus yang dapat dihasilkan,

$$I = \frac{\alpha A d T}{2 \rho L}$$

Tegangan yang dapat dibangkitkan

$$V = \alpha(T_{hot})T_{hot} - \alpha(T_{cold})T_{cold} - I\rho$$

Daya yang dapat dihasilkan

$$P = V \cdot I$$

Temperatur kerja efektif

$$T_{HOT} = T_{hot} - R_{th,hot} \cdot Q_{hot}$$

$$T_{COLD} = T_{cold} + R_{th,cold} (Q_{hot} - P)$$

Nilai rata-rata electric resistance

$$\rho = \frac{\int_{T_{cold}}^{T_{hot}} \frac{\rho(T)}{k(T)} \cdot dT}{\int_{T_{cold}}^{T_{hot}} \frac{1}{k(T)} \cdot dT}$$

Nilai rata-rata thermal conduction

$$\bar{k} = \frac{\int_{T_{cold}}^{T_{hot}} \frac{1}{k(T)} \cdot dT}{\int_{T_{cold}}^{T_{hot}} \frac{1}{k(T)^2} \cdot dT}$$

Keterangan:

T_{hot} : suhu absolute pada sisi panas

$R_{th,hot}$: Thermal resistance pada sisi panas (lapisan keramik, thermal compound, dan lain-lain)

T_{hot} : Suhu efektif pada sisi panas

T_{cold} : Suhu absolute dari sisi dingin

$R_{th,cold}$: Thermal resistance pada sisi dingin (lapisan keramik, thermal compound, heatsink, dan lain-lain)

T_{cold} : Suhu efektif pada sisi dingin

Q_{hot} : Heat flow yang dibutuhkan pada sisi panas

V : Tegangan yang dibangkitkan oleh elemen

I : Arus yang mengalir dalam elemen

A : Luas modul elemen

L : Panjang elemen

P : Daya yang dihasilkan oleh elemen

$\alpha(T)$: *corrected thermal force*

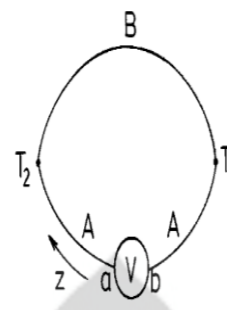
$\rho(T)$: *corrected electrical resistance*

$\kappa(T)$: *corrected thermal conduction*

ρ : *effective electrical resistance of the element*

k : *effective thermal conduction of the element*

2.2 Efek Seebeck



Gambar 2.1 sirkuit termoelektrik yang terbuat dari konduktor A dan B dengan temperatur

Pada gambar 2.1 ditunjukkan junction penghubung 1 dan 2 dari kabel logam yang terbuat dari material yang berbeda, yaitu material A dan B, dikondisikan dalam temperatur yang

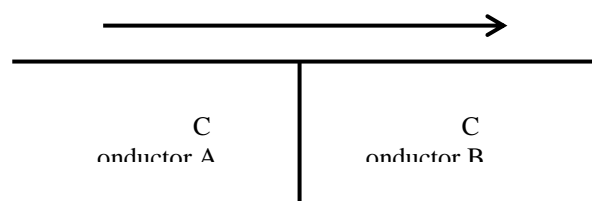
berbeda T_1 dan T_2 . Potensial V diukur dengan menggunakan voltmeter V dimasukkan ke dalam kabel A yang diberikan menurut :

$$V = (Q_A - Q_B)(T_1 - T_2)$$

Dimana Q_a dan Q_b mewakili koefisien *seebeck* (daya termoelektrik) dari logam A dan logam B, dimensi dari Q adalah energi / (beban x temperatur). Satuan alami dari *thermopower* adalah $V \text{ } k_B / e \approx 10^{-4} \text{ V/K}$. Nilai Q yang umum pada logam adalah lebih rendah dari faktor 10 sampai 100, untuk semikonduktor, umumnya lebih tinggi dibandingkan faktor yang identik.

Jika sirkuit pada gambar 2.1 mengalami hubungan arus pendek dengan memindahkan voltmeter, arus listrik *stasioner* akan mengalir. Besarnya arus listrik tergantung dari rasio potensial termoelektrik yang diukur dengan voltmeter dan total hambatan dari sirkuit tanpa voltmeter. Bila nilai potensial termoelektrik ini kecil (pada logam dengan ukuran milivolt), *thermo-current* yang terjadi bisa cukup besar apabila hambatannya kecil.

2.3 Efek Peltier



Gambar 2.2. Pengaturan untuk mengamati efek peltier

Arus listrik dengan besar I sepanjang junction dari 2 konduktor yang berbeda A dan B dengan koefisien peltier Π_A dan Π_B menghasilkan kalor dengan tingkat menurut :

$$W = (\Pi_A - \Pi_B) I$$

Nilai negatif menandakan pendinginan dari junction. Berlawanan dengan pemanasan joule, *efek peltier* sifatnya *reversibel* dan tergantung dari arah arus listrik.

2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum. Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan berikut persamaan konduksi:

$$q\kappa = -kA \frac{dT}{dx}$$

Perpindahan kalor secara konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/ pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Laju perpindahan panas pada beda suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan :

$$q = -hA(T_w - T_\infty)$$

Perpindahan panas radiasi adalah proses di mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan jika terdapat ruang hampa di antara benda - benda tersebut. Sedangkan besarnya energi :

$$q_r = \sigma AT^4$$

2.5 Heatsink

Heatsink adalah material yang dapat menyerap dan mendisipasi panas dari suatu tempat yang bersentuhan dengan sumber panas dan membuangnya, dengan mentransfer panas yang dihasilkan oleh peralatan elektronik atau peralatan mekanikal ke pada pendingin yang ada disekitar, dan sering kali pendingin ini adalah udara bebas. Setelah panas ditransfer ke pendingin meninggalkan alat, hal ini memungkinkan temperatur pada alat kembali ke pada suhu standar.

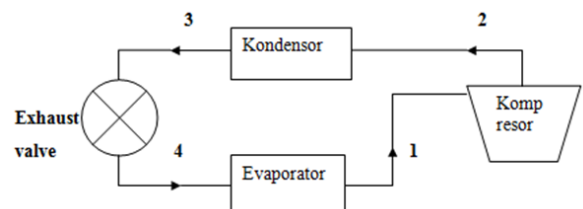
Ada beberapa karakteristik heatsink :

1. Luas area heatsink akan menyebabkan disipasi panas menjadi lebih baik karena akan memperluas area pendinginan yang dapat mempercepat proses pendinginan yang dapat mempercepat proses pembuangan panas yang diserap oleh heatsink.
2. Bentuk aerodinamik yang baik dapat mempermudah aliran udara panas agar cepat dikeluarkan melalui sirip-sirip pendingin. Khususnya pada heatsink dengan jumlah sirip banyak tetapi dengan jarak antara sirip berdekatan akan membuat
3. Aliran udara tidak sempurna sehingga perlu ditambahkan sebuah kipas untuk memperlancar aliran udara pada jenis heatsink tersebut
4. *Transfer* panas yang baik pada setiap heatsink juga akan mempermudah pelepasan panas dari sumber panas ke bagian sirip-sirip pendingin. Desain sirip yang tipis memiliki konduktivitas yang lebih baik.
5. Desain permukaan dasar heatsink sampai pada tingkat kedataran yang tinggi sehingga dapat menyentuh permukaan sumber panas lebih baik dan merata. Hal

ini dapat menyebabkan penyerapan panas lebih baik, tetapi untuk menghindari resistansi dengan sumber panas heatsink tetap harus menggunakan suatu pasta atau thermal compound agar permukaan sentuh juga lebih merata.

2.6 Siklus Sistem Refrigerasi

Siklus yang dipakai didalam mesin pengkondisian udara adalah siklus uap standart (Standart Vapore Compression Cycle). seperti pada diagram hubungan antara tekanan dan enthalpi. Enthalpi merupakan proses dengan tekanan dan meniadakan kerja yang dilakukan terhadap bahan. Sedangkan perubahan enthalpi merupakan jumlah kalor yang ditambahkan atau diambil persatuan massa melalui proses tekanan yang konstan.



•Proses 1 – 2 (Kompresi)

Proses kompresi dari uap jenuh menjadi uap panas lanjut secara reversible adiabatic reversible (isentropic), proses ini terjadi pada kompresor sehingga garis entropy konstan

•Proses 2 – 3 (Kondensasi)

Proses pengembunan atau pelepasan panas yang terjadi pada kondensor dari panas lanjut menjadi cair jenuh. Cairan refrigerant yang bertekanan dapat di salurkan pada katup ekspansi.

•Proses 3 – 4 (Ekspansi)

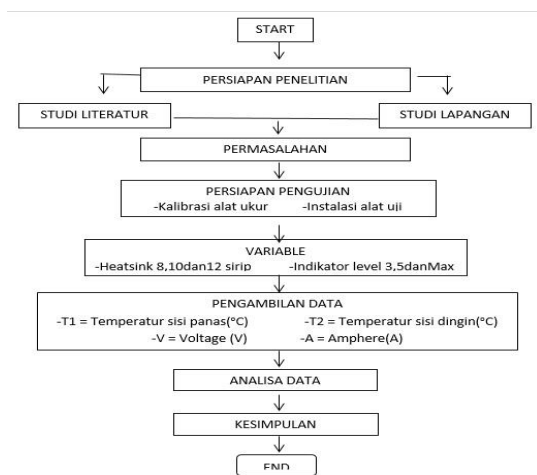
Proses Ekspansi dari cairan jenuh hingga menjadi cairan dan gas. Proses ini terjadi didalam katup ekspansi.

•Proses 4 – 1 (Evaporasi)

Proses penyerapan panas dari udara luar yang terjadi pada evaporator digunakan oleh refrigerant untuk mengubah dari campuran cairan dan gas menjadi uap jenuh dan tekanan konstan. Gas yang ada didalam kompresor dikompresi mengalami hambatan terutama pada waktu melalui katub isap dan katub buang.

III. METODOLOGI

3.1 Diagram Alur



3.2 Penjelasan Diagram Alur Penelitian

● Persiapan Penelitian

Untuk awal memulai penelitian harus melakukan persiapan karena persiapan penelitian adalah kunci sukses dalam mengerjakan suatu permasalahan.

● Studi Literatur

Studi literatur merupakan bagian yang penting dari suatu perencanaan karena dengan adanya literatur-literatur yang menunjang maka dapat membantu penulis untuk menyelesaikan suatu penelitian dengan ilmiah. Referensi-referensi yang erat kaitannya dengan tema yang dikerjakan diantaranya adalah Dasar perpindahan panas.

● Studi Lapangan

Selain melakukan studi literatur, penulis juga melakukan studi lapangan. Studi lapangan yaitu pengamatan pada berbagai macam percobaan menggunakan bahan uji. Dan juga mencoba dengan berbagai macam metode untuk menunjang penelitian ini.

● Permasalahan

Dari hasil studi lapangan yang telah dilakukan maka ditemukan suatu permasalahan yang kemudian diangkat oleh penulis sebagai bahan penelitian, yaitu percobaan menggunakan termoelektrik banyak dilakukan tapi masih sebatas menunjukkan potensi termoelektrik sebagai sumber energi listrik alternatif.

● Perumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang masalah yang telah ditulis diatas, maka permasalahan yang diangkat penulis adalah “*Bagaimana hubungan antara beda temperatur yang terjadi dengan daya yang dihasilkan termoelektrik?*”.

● Persiapan Pengujian

Persiapan yang dilakukan penulis sebelum melakukan pengujian yaitu mencari informasi tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan bahan yang akan digunakan untuk pengujian, mengkalibrasi alat ukur yang akan digunakan untuk pengujian dan menginstalasi alat yang akan digunakan untuk pengujian.

● Pengambilan Data

Setelah persiapan pengujian sudah dilakukan maka dilakukan pengujian-pengujian untuk pengambilan data dari penelitian berupa temperatur sisi panas $T_1(^{\circ}\text{C})$, temperatur sisi dingin $T_2(^{\circ}\text{C})$, voltage output (V) dan Ampere output (A).

● Analisa Data

Hasil dari pengujian tersebut kemudian dianalisa, apakah data hasil pengujian kita sesuai dan jika tidak sesuai maka dilakukan pengujian ulang sampai didapatkan hasil yang maksimal.

● Kesimpulan

Dari hasil analisa akan diperoleh kesimpulan dari nilai P , QC dan COP .

3.3 Instrumen Pengujian

Instrumen pengujian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

Bahan Baku :

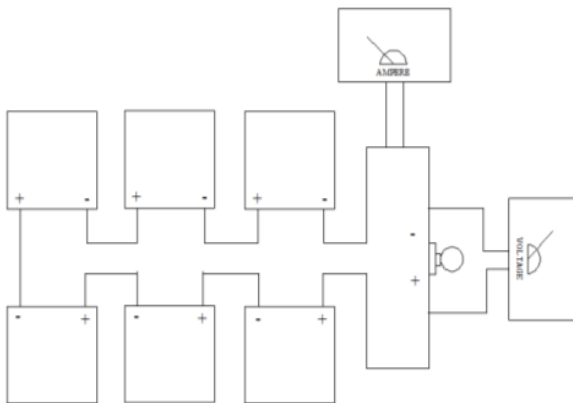
1. Modul Termoelektrik TEC12706
2. Kulkas (kompresor)
3. Cover kompresor (Aluminium)
4. Heat Sink 8,10dan12 sirip
5. Mur dan Baut
6. Lampu LED
7. Kabel

Alat Ukur :

1. Stopwatch
2. Voltmeter
3. Amperemeter
4. Thermometer infrared

5. Termokopel

3.4 Skema Pengujian



3.5 Langkah-langkah Pengujian

1. Siapkan rangkaian yang akan di uji (rangkain seri dengan pendingin 8 sirip)
2. Hidupkan kulkas
3. Atur temperatur kulkas pada indikator 3
4. Mulai hitung waktu pengujian dengan stopwatch
5. Catat T1,T2,Voltage dan Ampere yang dihasilkan pada 3 menit , 6 menit dan seterusnya hingga 3X pengambilan data
6. Ulangi pengujian dengan mengatur indikator kulkas pada level 3 , 5 dan MAX dengan cara yag sama.
7. Setelah selesai meleakukan langkah no.6 , ulangi pengujian menggunakan rangkaian seri dengan 10 sirip serta 12 sirip.

IV. DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Percobaan pertama , enam (6) modul termoelektrik disusun seri dengan menggunakan heatsink dengan 8 sirip.

Level	T1 (°C)			T2 (°C)			Tegangan (Volt)			Arus (Amp)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dingin												
3	52,8	52,7	52,8	35,8	35,8	35,6	0,17	0,19	0,18	0,03	0,03	0,04
5	53,1	53,0	53,0	39,1	39,0	38,9	0,47	0,48	0,47	0,03	0,03	0,03
max	56,0	56,2	56,2	40,3	40,3	40,2	0,48	0,48	0,49	0,03	0,03	0,03

Tabel 4.1 Hasil percobaan Heatsink 8 sirip dengan indikator 3, 5, max

Percobaan kedua , enam (6) modul termoelektrik disusun seri dengan menggunakan heatsink dengan 10 sirip.

Level	T1 (°C)			T2 (°C)			Tegangan (Volt)			Arus (Amp)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dingin												
3	52,7	52,6	52,7	31,8	31,7	31,8	2,20	2,22	2,21	0,04	0,03	0,03
5	53,2	53,0	53,1	33,8	33,6	33,9	2,68	2,67	2,70	0,03	0,03	0,03
max	56,1	56,3	56,0	35,2	35,5	35,3	2,75	2,77	2,75	0,02	0,02	0,02

Tabel 4.2 Hasil percobaan Heatsink 10 sirip dengan indikator 3, 5, max

Percobaan ketiga , enam (6) modul termoelektrik disusun seri dengan menggunakan heatsink dengan 12 sirip.

Level	T1 (°C)			T2 (°C)			Tegangan (Volt)			Arus (Amp)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dingin												
3	53,0	52,8	52,8	30,9	30,7	31,0	3,11	3,13	3,14	0,02	0,02	0,02
5	53,1	53,1	53,3	31,5	31,5	31,4	3,18	3,21	3,20	0,02	0,02	0,02
max	56,2	56,5	56,4	32,0	32,1	32,1	3,23	3,26	3,25	0,02	0,02	0,02

Tabel 4.3 Hasil percobaan Heatsink 12 sirip dengan indikator 3, 5, max

Dari data yang didapat diatas , kita mendapat nilai Qc , P dan COP. Berikut data yang didapat dari perhitungan analisa.

4.2 Analisa Data

Perhitungan Heatsink 8 dan Indikator 3, untuk mendapatkan nilai daya,nilai kalor yang bekerja pada TEC dan nilai COP

Tabel 4.1.1. Hasil percobaan heatsink 8 sirip dengan indikator 3

Level Dingin	T1 (°C)			T2 (°C)			Tegangan (Volt)			Arus (Amp)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	52,8	52,7	52,8	35,8	35,8	35,6	0,17	0,19	0,18	0,03	0,03	0,04
5	53,1	53,0	53,0	39,1	39,0	38,9	0,47	0,48	0,47	0,03	0,03	0,03
Max	56,0	56,2	56,2	40,3	40,3	40,2	0,48	0,48	0,49	0,03	0,03	0,03

Dari data heatsink 8 sirip dengan penggunaan level dingin 3 maka didapatkan:

$$T1 = \frac{52,8+52,7+52,8}{3} = 52,77^\circ\text{C} = 325,92\text{ K}$$

$$T2 = \frac{35,8+35,8+35,6}{3} = 35,73^\circ\text{C} = 308,88\text{ K}$$

$$\Delta T = T1 - T2 = 52,77^\circ\text{C} - 35,73^\circ\text{C} = 17,04$$

$$V = \frac{0,17+0,19+0,18}{3} = 0,18\text{ V}$$

$$I = \frac{0,03+0,03+0,04}{3} = 0,03\text{ A}$$

$$P = V \cdot I = 0,18\text{V} \cdot 0,03\text{A} = 0,0054\text{ W}$$

Termoelektrik yang digunakan TEC1270

Part No.	QMAX (WATT)	IMAX (AMPS)	VMAX (VOLTS)	ΔTMAX (°C)	DIM A (mm)	DIM B (mm)	DIM C (mm)	DIM D (AWG)
CP14.127.06.LL.W4.5	51,4	6	15,4	67	40	40	40	3,8

Typical Material Parameters			
T (Kelvin)	ρ	K	Z
273	$9,2 \times 10^{-4}$	$1,61 \times 10^2$	$2,54 \times 10^3$
300	$1,01 \times 10^{-3}$	$1,51 \times 10^2$	$2,68 \times 10^3$
325	$1,15 \times 10^{-3}$	$1,53 \times 10^2$	$2,44 \times 10^3$
350	$1,28 \times 10^{-3}$	$1,55 \times 10^2$	$2,22 \times 10^3$

T1 pada 325,92 K

- Maka nilai $\kappa = 1,53 \times 10^{-3} = 0,015307$

$$Q_c = \kappa A (\Delta T/x)$$

$$= 0,015307 \cdot 0,0016 (17,04/0,004)$$

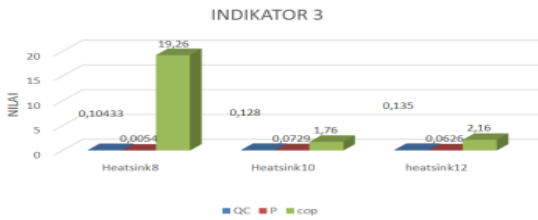
$$= 0,10433\text{ W}$$

$$\text{COP} = Q_c / P$$

$$= 0,10433\text{ W} / 0,0054\text{ W}$$

$$= 19,32$$

Data dari perhitungan analisa indikator 3

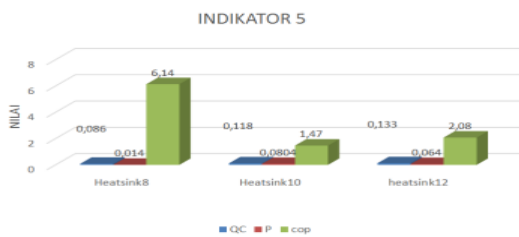


Grafik 4.1 Hasil QC, P, COP percobaan Heatsink 8, 10 dan 12 sirip dengan indikator 3

	indikator 3		
	Heatsink8	Heatsink10	heatsink12
QC (watt)	0.10433	0.128	0.135
P (watt)	0.0054	0.0729	0.0626
cop	19.26	1.76	2.16

Tabel 4.4 Hasil QC, P, COP percobaan Heatsink 8, 10 dan 12 sirip dengan indikator 3

Data dari perhitungan analisa indikator 5

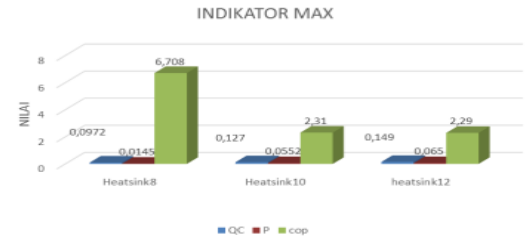


Grafik 4.2 Hasil QC, P, COP percobaan Heatsink 8, 10 dan 12 sirip dengan indikator 5

	indikator 5		
	Heatsink8	Heatsink10	heatsink12
QC (watt)	0.086	0.118	0.133
P (watt)	0.014	0.0804	0.064
cop	6.14	1.47	2.08

Tabel 4.5 Hasil QC, P, COP percobaan Heatsink 8, 10 dan 12 sirip dengan indikator 5

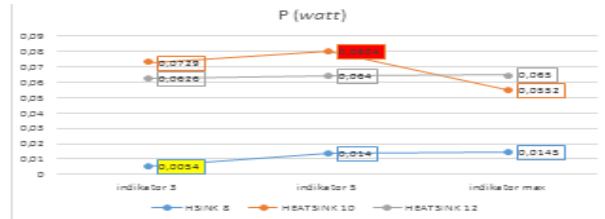
Data dari perhitungan analisa indikator max.



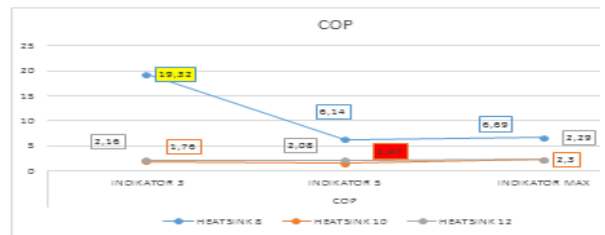
Grafik 4.3 Hasil QC, P, COP percobaan Heatsink 8, 10 dan 12 sirip dengan indikator max

	indikator max		
	Heatsink8	Heatsink10	heatsink12
QC (watt)	0.0972	0.127	0.149
P (watt)	0.0145	0.0552	0.065
cop	6.708	2.31	2.29

Tabel 4.6 Hasil QC, P, COP percobaan Heatsink 8, 10 dan 12 sirip dengan indikator max



Grafik 4.4 Hasil P (watt)



Grafik 4.5 Hasil COP

Level Dingin	T1 (°C)			T2 (°C)			Tegangan (Volt)			Arus (Amp)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	52,8	52,7	52,8	35,8	35,8	35,6	0,17	0,19	0,18	0,03	0,03	0,04
5	53,1	53,0	53,0	39,1	39,0	38,9	0,47	0,48	0,47	0,03	0,03	0,03
max	56,0	56,2	56,2	40,3	40,3	40,2	0,48	0,48	0,49	0,03	0,03	0,03

Tabel 4.1.1.1 Hasil dengan heatsink 8

Level Dingin	T1 (°C)			T2 (°C)			Tegangan (Volt)			Arus (Amp)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	52,7	52,6	52,7	31,8	31,7	31,8	2,20	2,22	2,21	0,04	0,03	0,03
5	53,2	53,0	53,1	33,8	33,6	33,9	2,68	2,67	2,70	0,03	0,03	0,03
max	56,1	56,3	56,0	35,2	35,5	35,3	2,75	2,77	2,75	0,02	0,02	0,02

Tabel 4.2.2.1 Hasil dengan heatsink 10

	P (watt)		
	INDIKATOR 3	INDIKATOR 5	INDIKATOR MAX
HSINK 8	0.0054	0.014	0.0145
HEATSINK 10	0.0729	0.0804	0.0552
HEATSINK 12	0.0626	0.064	0.065

Tabel 4.7 Hasil P (watt)

	COP		
	INDIKATOR 3	INDIKATOR 5	INDIKATOR MAX
HEATSINK 8	19.32	6.14	6.69
HEATSINK 10	1.76	1.47	2.3
HEATSINK 12	2.16	2.08	2.29

Tabel 4.8 Hasil COP

Pada hasil data diatas dapat disimpulkan daya (P) tertinggi didapat pada kondisi Heatsink 10 dan pada indikator 5, suhu yang terbaca pada kompresor (T1) 53.1 C dan pada heatsink (T2) 33.77 C. Dengan kondisi diatas didapat daya (P) 0.0804 W dan didapat QC pada TEC sebesar 0.118 W.

Daya (P) terkecil didapat pada kondisi heatsink 8 dan pada indikator 3, suhu yang terbaca pada kompresor (T1) 52.77 C dan (T2) 35.73 C. Dengan kondisi diatas didapat daya (P) 0.0054 W dan didapat QC pada TEC sebesar 0.10433 W.

Analisa dari hasil data diatas dapat disimpulkan bahwa seiring meningkatnya suhu pada kompresor dan semakin rendah suhu heatsink maka akan semakin baik karena TEC tidak terlalu membutuhkan kinerja yang tinggi untuk dapat keluaran daya yang tertinggi dengan begitu nilai COP yg didapat kecil, karena semakin besar nilai COP maka semakin buruk nilai efisiensi yang terjadi begitu pula sebaliknya, apabila nilai COP makin kecil maka semakin baik nilai efisiensi yang terjadi.

Adapun pengaruh daya (P) dan COP yang dihasilkan antara lain :

1. Pengaruh TEC

Kondisi TEC yang berbeda-beda bisa jadi yang mempengaruhi hasil data, dikarenakan cacat produk atau sudah melewati masa kinerja operasional (expired)

2. Pengaruh Kompresor

Selain kondisi suhu kompresor yang berubah-ubah juga kurangnya suhu panas kompresor itu sendiri yang mana mengakibatkan panas yang diterima TEC12706 kurang

3. Pengaruh Suhu Ruangan.

Kondisi suhu ruangan yang berubah-ubah pada saat pengujian juga dapat mempengaruhi hasil yang didapat

IV. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil data pengujian, maka dalam penelitian ini dapat diketahui output daya dan efisiensi yang terjadi. Adapun

kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Daya (P) tertinggi didapat pada pengujian heatsink 10 dan indikator 5 sebesar 0,0804 Watt
2. COP terendah didapat pada pengujian heatsink 8 dan indikator 3 sebesar 0,0054
3. Beda temperatur tertinggi pada pengujian heatsink 12 indikator max sebesar 24,3 C

5.2. Saran

Perlu dilakukan pengujian thermoelektrik dan heatsink kembali dengan sumber panas yang lebih tinggi atau yang berbeda, supaya dapat menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih baik dan dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari .

REFERENSI

- [1] Agustin, Yusra. "Kemampuan Peltier". 10 Januari 2016 <http://www.reefsforum.com/index.php?threads/sekilas-tentang-kemampuan-peltier.3700/>
- [2] Trianto, Bayu. 2008. *Pengujian Thermoelectric Generator*. Depok: UI
- [3] Generator Termoelektrik. https://id.wikipedia.org/wiki/Generator_termoelektrik
- [4] Nugraha, Ujang. 2015. *PROSES PEMBUATAN DAN CARA KERJA MESIN PENDINGIN MENGGUNAKAN TEC (THERMOELECTRIC COOLER) PELTIER TIPE TEC1-12706*. Jakarta: Universitas Gunadharma
- [5] Specification of Thermoelectric Module TEC1-12706. <http://www.thermonamic.com/tec1-12706-english.pdf>
- [6] Buchori, Lukman. 2011. *Perpindahan Panas (Heat Transfer)*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP Semarang.
- [7] Holman, J.P. 1994. *Perpindahan Kalor*. Jakarta : Erlangga

- [8] Holman J.P., (2010). *Heat Transfer*, 10th ed, Departemen of Mechanical Engineering Southern Methodist University, McGraw-Hill series in mechanical Engineering.
- [9] Budi Utami, Setyo. 2008. *Analisa Distribusi Aliran Panas pada Sebuah Pelat Aluminium*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Tugas Akhir S1 Jurusan Matematik

