

PEMANFAATAN *HEAT PIPE SINK FAN* UNTUK ALAT UKUR PERFORMANSI MODUL PENDINGIN TERMOELEKTRIK

HEAT PIPE SINK FAN UTILIZATION FOR PERFORMANCE MEASUREMENT OF THERMOELECTRIC COOLER MODULE

Yayu Gandis Canceria¹, Tri Ayodha Ajiwiguna², Asep Suhendi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹gandiscanceria@student.telkomuniversity.ac.id, ²triayodha@telkomuniversity.ac.id,

³suhendi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Modul termoelektrik merupakan suatu alat pendingin yang didasari oleh efek peltier yang berfungsi sebagai pompa kalor, di mana apabila diberi arus searah maka akan terjadi perbedaan temperatur (ΔT). Dalam penelitian ini dilakukan perancangan alat ukur dan pengujiannya dengan memanfaatkan *heat pipe-heatsink fan* untuk mendapatkan nilai koefisien performansi dan kapasitas pendinginan dari empat modul termoelektrik yang akan di uji (tipe TEC-12706, TEC-12703, TEC-12710, dan SP1484). Pada proses pengujian alat, terdapat tiga parameter yang diukur yaitu arus dan tegangan dengan multimeter dan temperatur dengan termokopel tipe T. Data logger dipasang untuk menyimpan data temperatur setiap saat. Titik acuan pada bagian sisi panas modul termoelektrik dijaga pada temperatur 50 °C dengan menggunakan *heat pipe-heatsink fan*. Dari hasil pengujian, termoelektrik tipe TEC-12706 memiliki nilai koefisien performansi terbaik yaitu sebesar 0.57 ± 0.05 pada kapasitas pendingin sebesar 7.15 ± 0.82 Watt dengan rentang arus dari 1.1 sampai dengan 2 A. Hal ini dikarenakan TEC-12706 yang diuji memiliki nilai yang kecil pada faktor manufaktur, maka menyebabkan koefisien performansi nya besar. TEC-12706 memiliki koefisien terbesar juga dikarenakan faktor *figure of merit* (Z) dimana merupakan parameter seberapa baik sebuah modul termoelektrik yang dapat digunakan, faktor tersebut bergantung dan berbanding lurus pada nilai koefisien Seeback dan hambatan panas dari sebuah modul termoelektrik. Sehingga TEC-12706 mampu untuk melakukan penjagaan di temperatur 50 °C.

Kata Kunci: Termoelektrik, kapasitas pendinginan, koefisien performansi

Abstract

Thermoelectric module is a cooling device based on the peltier effects that serves as a heat pump. When it is given direct current, there will be temperature difference. (ΔT). This study conducted design of measuring and testing instrument using heat pipe-heatsink fan to obtain performance coefficient value and cooling capacity from four thermoelectric modules that would be tested (TEC-12706 type, TEC-12703, TEC-12710, and SP1484). In the process of testing, there were three measured parameters, which where current and voltage with multimeter and temperature with T-type thermocouple. Data logger installed to store temperature data on each state. The reference point on the heat side of the module was kept at the temperature 50°C using heat pipe-heatsink fan. The test result showed that TEC-12706 thermoelectric type had the best performance coefficient value of 0.57 ± 0.05 , in cooling capacity of 7.15 ± 0.82 Watt with current range 1.1 to 2 A. This was because tested TEC-12706 had a low value on manufacture factor, then it caused a high performance coefficient. TEC-12706 had the largest coefficient also because of figure of merit (Z) factor which was a parameter of how well a thermoelectric module could be used, the factor depended and it was directly proportional to the Seeback coefficient value and the heat resistance of a thermoelectric module. So that TEC-12706 was able to keep temperature of 50°C.

Keywords: cooling capacity, performance coefficient, thermoelectric.

1. Pendahuluan

Thermoelectric Cooler (TEC) adalah salah satu perkembangan teknologi dalam sistem pendingin yang berbasis termoelektrik. Termoelektrik tersebut didasarkan dari efek Peltier yang ditemukan oleh ilmuwan perancis yang bernama Jean Charles Athanase Peltier pada tahun 1834. Efek peltier merupakan salah satu dari tiga efek yang terdapat di modul termoelektrik, dua lainnya dikenal sebagai efek Seeback dan efek Thompson. Dalam

perkembangan dan pemanfaatan *Thermoelectric Cooler (TEC)* dari abad ke abad sangatlah luas, terdapat beberapa proses penerapan secara realisasi dalam penggunaan dan pemanfaatannya termasuk pendingin kamera *Charge Coupled Device (CCD)*, dioda laser, serta mikrokomposer[1].

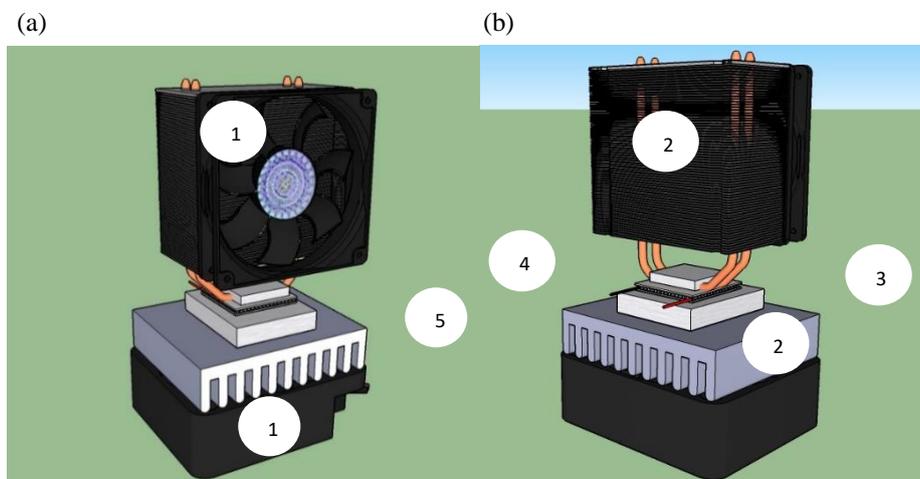
Modul termoelektrik ini juga mempunyai beberapa standar spesifikasi parameter termoelektrik berupa data perbedaan temperatur (ΔT_{maks}), laju perpindahan panas (Q_{maks}), arus (I_{maks}), dan tegangan (V_{maks}). Data spesifikasi pendingin termoelektrik tersebut bergantung pada sifat fisik seperti resistansi listrik (R), konduktansi termal (K), dan koefisien Seebeck[2].

Dengan banyaknya pemakaian termoelektrik yang sudah ada, maka peneliti akan membuat suatu pemanfaatan performansi termoelektrik yang baru yaitu menggunakan tambahan berupa *heat pipe-heat sink fan* sebagai alat uji dengan menggunakan data-data meliputi *Coefficient of Performance (COP)* dan kapasitas pendinginan (Q_c). Salah satu alasan mengapa pengujian performansi ini dilakukan adalah berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan tidak adanya data spesifikasi serta pengujian performansi secara benar pada modul termoelektrik itu sendiri[13]. Maka dari itu peneliti akan memanfaatkan penggunaan berupa *heat pipe-heat sink fan* sebagai suatu perangkat yang efektif untuk proses penjagaan di temperatur 50°C dan perpindahan panas yang baik pada penelitian ini. Maka dari itu peneliti akan melakukan perancangan alat ukur performansi modul pendingin termoelektrik untuk mengetahui nilai-nilai tersebut, dengan menggunakan beberapa bantuan dari termokopel tipe T yang berfungsi sebagai sensor temperatur.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Perancangan Alat

Tahapan pertama dimana peneliti akan merancang suatu alat uji performansi pendingin termoelektrik, dengan menggunakan beberapa alat bantuan perangkat keras. Pada perancangan alat uji ini menggunakan program *Sketch Up* yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perancangan alat uji TEC. (a) Tampak depan, (b) Tampak belakang

Penjelasan pada gambar sesuai dengan penomoran yang telah di buat pada rancangan alat tersebut, yaitu :

1. Kipas
2. *Heatsink*
3. Pendingin termoelektrik menggunakan empat tipe yaitu TEC-12706, TEC-12703, TEC-12710 dan SP1848.
4. *Heat pipe* berbentuk U
5. *Stainless Steel* berguna sebagai perantara panas secara konduksi dari *heatsink*.

2.2 Pemasangan Sensor Suhu

Pemasangan sensor suhu adalah tahapan berikutnya setelah perancangan alat uji performansi pendingin termoelektrik, pemasangan tersebut diletakkan di keempat sisi pada alat uji. Sensor suhu

yang dipakai menggunakan tipe T dan perbedaan temperatur yang dihasilkan akan terbaca oleh empat channel di data logger HE804.

2.3 Integrasi Alat Uji

Integrasi alat mekanik dan elektrik adalah tahapan selanjutnya dimana mengintegrasikan alat uji yang telah dirancang dengan memasukkannya sumber arus tegangan melalui *power supply*, serta pemasangan secara seri pada dimmer dan termoelektrik.

2.4 Pengujian Alat Ukur Performansi Pendingin Termoelektrik

Pengujian alat ukur adalah tahap berikutnya setelah perancangan alat dan integrasi alat mekanik dengan elektrik telah selesai. Dikatakan gagal apabila pada saat pengujian alat ukur tidak memenuhi kriteria yang diinginkan yaitu tercapainya pengukuran temperatur sisi panas (T1) termoelektrik di 50°C, dan dikatakan berhasil apabila alat ukur tersebut dapat menjaga temperatur sisi panas tersebut.

2.5 Pengolahan Data Pengukuran

Proses pengolahan data pada penelitian kali ini akan menunjukkan segala proses perhitungan yang telah didapat saat melakukannya pengukuran. Terdapat beberapa perhitungan untuk menentukan nilai kapasitas pendinginan, COP, daya, standar deviasi, rentang pengukuran pada alat uji pendingin termoelektrik. Sisi panas pada termoelektrik didapatkan pada saat power DC mulai dioperasikan, dimana sisi tersebut ditempelkan pada heatsink yang menggunakan bantuan kipas untuk proses perpindahan panas. Didapatkan persamaan sebagai berikut :

- Daya (P)

$$P_{in} = V \times I \quad (1)$$

$$Q_h = Q_c + P_{in} \quad (2)$$

Dimana nilai V yang diberikan pada power supply sebesar 12 volt, dan nilai I akan divariasikan sehingga adanya perubahan suhu pada peltier yang akan dijaga tidak lebih dari 50°C.

- *Coefficient of Performance* (COP)

$$COP = \frac{Q_c}{V \times I} \quad (3)$$

Dimana :

- Q_h = kalor panas yang dilepaskan pada sisi panas termoelektrik (Watt)
 Q_c = kalor panas yang diserap pada sisi dingin termoelektrik (Watt)
 P_{in} = daya masukan listrik pada termoelektrik (Watt)

- Kapasitas Pendingin (Q_c)
Menentukan nilai Q_c yang sudah dijelaskan pada persamaan berikut, dimana perpindahan panas secara konduksi berada pada sisi bawah peltier dengan logam perantara yaitu :

$$Q_{c \text{ konduksi}} = \frac{K A \Delta T}{L} = \frac{K A (T_2 - T_1)}{L} \quad (4)$$

Dimana :

- Q_c = kapasitas pendinginan (W)
- K = konduktivitas termal pada *stainless steel* sebesar $16.2 \frac{W}{m \cdot K}$
- ΔT = perbedaan suhu di kedua sisi peltier (K)
- L = luas penampang pada *stainless steel*.

- Standar Deviasi
Perhitungan standar deviasi untuk mengetahui nilai rata-rata dari pengukuran yang telah dilakukan. Dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Dimana :

σ = standar deviasi

n =banyaknya data

x_i = data yang ke i

\bar{x} = rata-rata

- Rentang Pengukuran

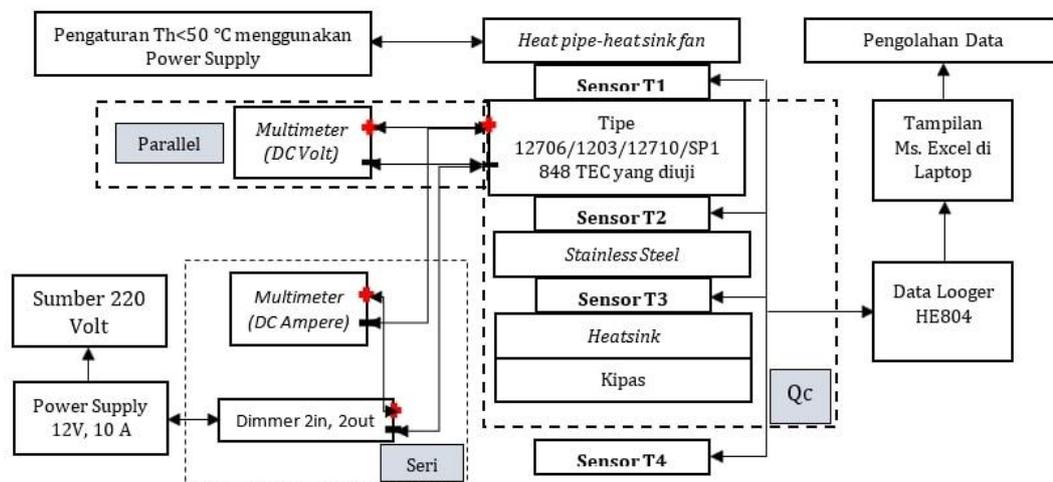
Rentang pengukuran adalah perbedaan antara nilai minimum dan maksimum input dan output yang telah didapatkan pada saat pengukuran, dengan menggunakan persamaan 6.

$$\text{Range} = X_{\max} - X_{\min} \quad (6)$$

2.6

Skema Pengukuran

Adapun skema pengukuran berfungsi sebagai penggambaran peneliti dalam proses pengukuran alat uji pendingin termoelektrik, dan kemudahan pembaca agar dapat dimengerti. Dapat ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema pengukuran alat uji

Pada skema di atas pengujian modul termoelektrik dilakukan dengan cara pemasangan secara seri (pembacaan arus) dan paralel (pembacaan tegangan) melalui perangkat elektronik, dengan menggunakan dua multimeter dimana input dari satu daya di sambungkan ke sumber 220 volt dan input dari dimmer disambungkan ke satu daya tersebut serta output dimmer di sambungkan pada modul termoelektrik yang akan di uji. Proses pemasangan sensor T_1 berada diantara *heat pipe sink fan* dan modul termoelektrik, dimana tiap-tiap penumpukan pemasangan perangkat pengujian adanya lapisan *thermal pad* berfungsi untuk menyerap panas, sensor T_2 berada diantara modul termoelektrik dengan stainless steel, T_3 berada diantara heatsink dengan stainless steel, dan T_4 sebagai sensor suhu lingkungan/ruang.

3. Hasil dan Pembahasan

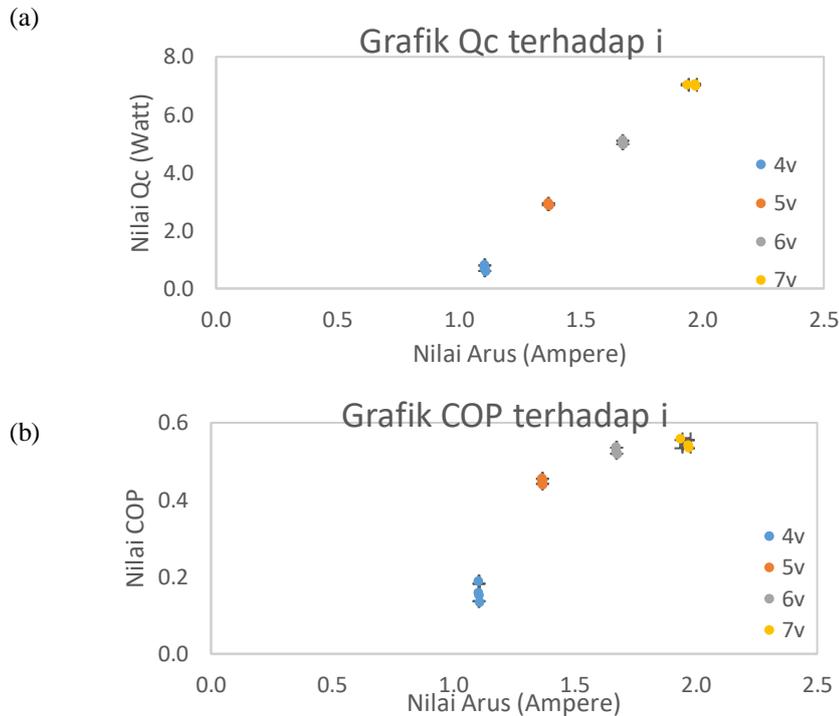
3.1 Pengujian Performansi dan Kapasitas Pendinginan Modul Termoelektrik

Pengujian ini bertujuan untuk melihat hubungan antara Q_c -I dan COP-I. Perhitungan yang akan digunakan menggunakan persamaan 3.3 dan 3.4, pada persamaan tersebut akan dihasilkan nilai *Coefficient of Performance* (COP) dan kapasitas pendinginan dari modul termoelektrik yang telah memvariasikan nilai dari beban kipas yang berada dibawah heatsink yaitu sebesar 0, 3, 6, 9 volt. Lalu seluruh perangkat peltier dihubungkan ke *power supply* DC yang dimana ouput dari dimmer tersebut dihubungkan ke peltier yang mengalir arus dan menghasilkan adanya perbedaan tegangan serta

temperatur. Data yang akan dihasilkan berdasarkan pengaturan dari posisi dimmer pada masing-masing modul termoelektrik hingga dapat dijaga di sisi panas sebesar 50°C, dan pembacaan nilai arus serta tegangan melalui multimeter.

3.1.1 Pengujian tipe TEC-12706

Pengujian TEC-12706 dilakukan dengan proses yang telah dijelaskan, dimana nilai yang akan didapatkan berdasarkan dari pengaturan posisi dimmer. Posisi dimmer pada tipe ini berupa 4, 5, 6, 7 volt hingga dilakukannya penjagaan sebesar 50°C dengan bantuan *heat pipe sink fan* yang berada pada sisi panas termoelektrik. Analisa yang dilakukan pada nilai kapasitas pendinginan dengan menggunakan persamaan 3.4 yaitu mengukur T_2 yang berada diantara peltier dan *stainless steel*, T_3 diantara *stainless steel* dan *heatsink*, serta T_4 menunjukkan data suhu ruangan, dimana nilai $T_1 > T_2 < T_3 < T_4$. Maka dari hasil pengujian Termoelektrik tipe TEC-12706 didapatkan grafik pada gambar 3.1.

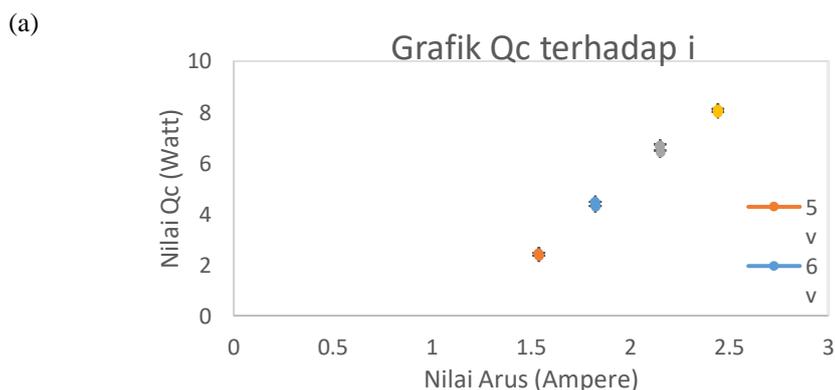


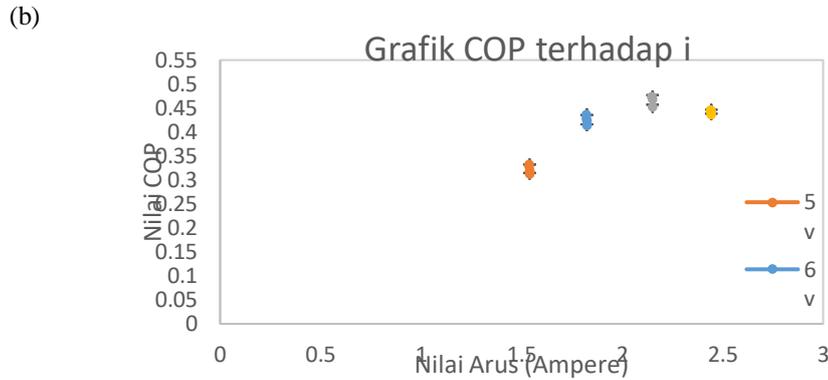
Gambar 3.1 (a) Grafik Q_c thd i , (b) Grafik COP thd i

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa TEC-12706 dapat dijaga di temperatur 50°C pada sisi panas modul termoelektrik dan menghasilkan nilai Q_c sebesar 7.15 Watt dan nilai COP sebesar 0.57.

3.1.2 Pengujian tipe TEC-12703

Pengujian TEC-12703 dilakukan dengan cara yang sama dengan penjelasan yang ada pada Modul Termoelektrik tipe TEC-12706, dengan pengaturan pada output dimmer yaitu 5, 6, 7, 8 volt untuk mendapatkan nilai-nilai yang diinginkan. Dapat ditunjukkan hasil pengujian ini pada gambar grafik 3.2.



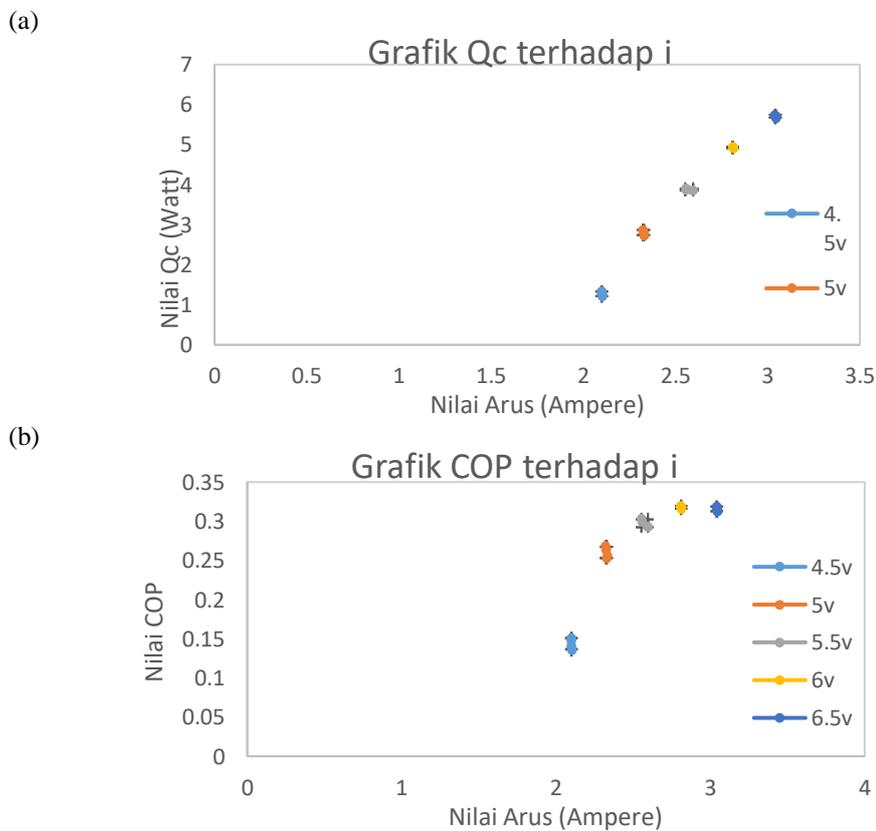


Gambar 3.2 (a) Grafik Qc terhadap i, (b) Grafik COP terhadap i

Dari gambar 3.2 menunjukkan bahwa TEC-1203 dapat dijaga pada temperatur 50 °C dan menghasilkan nilai Qc sebesar 6.8 Watt, COP maksimum sebesar 0.48.

3.3.3 Pengujian tipe TEC-12710

Pengujian TEC-12710 dilakukan pengujian dengan cara yang sama seperti dua modul termoelektrik tipe TEC-12706 dan TEC-12703, dengan pengaturan pada output dimmer yaitu 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5 volt untuk mendapatkan nilai-nilai yang diinginkan. Dapat ditunjukkan hasil pengujian ini pada gambar grafik 3.3.

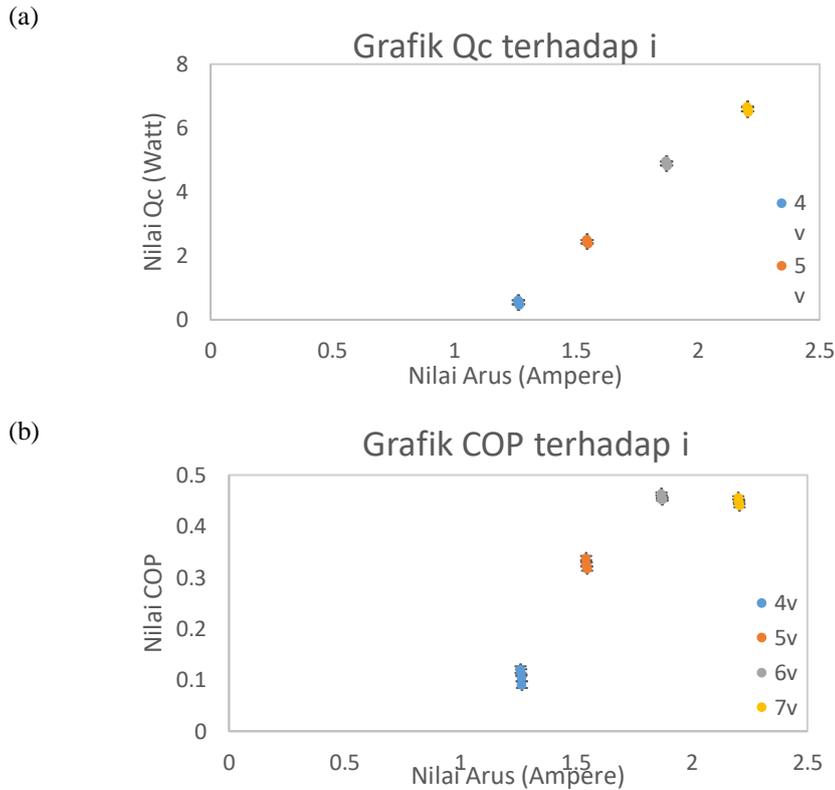


Gambar 3.3 (a) Grafik Qc thd I, (b) Grafik CP thd i

Dari gambar 4.3 menghasilkan nilai Qc sebesar 5.07Watt dan COP maskimum sebesar 0.33.

3.1.4 Pengujian tipe SP1848

Pengujian modul termoelektrik tipe SP1848 dilakukan pengujian yang sama dengan seluh tipe modul, serta pengaturan output dimmer yaitu 4, 5, 6, 7 volt untuk mendapatkan nilai-nilai yang diinginkan. Dapat ditunjukkan hasil pengujian ini pada gambar grafik 3.4.



Gambar 3.4 (a) Grafik Q_c thd i , (b) Grafik COP thd i

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa modul termoelektrik tipe SP1848 dapat dijaga pada temperatur 50°C dan menghasilkan nilai Q_c sebesar 5.08 Watt dan nilai COP sebesar 0.47.

3.2 Pengujian Standar Deviasi pada Modul Termoelektrik

Pengambilan data diambil sebanyak sepuluh kali pengulangan pada tiap-tiap modul termoelektrik yaitu tipe TEC-12706, TEC-12703, TEC-12710, SP1848. Dari setiap modul termoelektrik didapatkan nilai standar deviasi pada nilai kapasitas pendinginan dan koefisien performansi. Dapat ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tabel Standar Deviasi Modul Termoelektrik

TIPE TEC	Vbeban	I (A)	V (V)	Q_c (Watt)	Q_c (STDEV)	COP	COP (STDEV)
12706	0	1.94	6.51	7.15	0.82	0.57	0.05
12703	0	2.15	6.56	6.8	0.70	0.48	0.05
12710	0	2.81	5.51	5.07	0.46	0.33	0.02
SP1848	0	1.87	5.73	5.08	0.40	0.47	0.04

3.3 Rentang Pengukuran

Nilai rentang pengukuran yang didapat adalah diambil dari seluruh pengujian tipe modul termoelektrik berdasarkan pengaturan input dan output dari dimmer tersebut, dimana akan menghasilkan nilai arus. Dapat ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tabel nilai range pengukuran

TIPE TEC	Rentang Pengukuran i
12706	1.1 s/d 1.97 A
12703	1.54 s/d 2.46 A
12710	2.01 s/d 3.06 A
SP1848	1.26 s/d 2.21 A

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perangkat alat uji performansi modul termoelektrik dengan menggunakan *heat pipe-heat sink fan* dapat menjaga di temperatur $\pm 50^{\circ}\text{C}$ pada sisi panas modul termoelektrik tipe TEC-12706, TEC-12703, TEC-12710, dan SP1848.
2. Pada pengujian dari tiap modul termoelektrik didapatkan hasil sebagai berikut:
 - a) TEC-12706 didapatkan nilai koefisien performansi sebesar 0.57 dengan kapasitas pendinginan sebesar 7.15 Watt .
 - b) TEC-12703 didapatkan nilai koefisien performansi sebesar 0.48 dengan kapasitas pendinginan sebesar 6.8 Watt.
 - c) TEC-12710 didapatkan nilai koefisien performansi sebesar 0.33 dengan kapasitas pendinginan sebesar 5.07 Watt.
 - d) SP1848 didapatkan nilai koefisien performansi sebesar 0.47 dengan kapasitas pendinginan sebesar 5.08 Watt.

Dari hasil diatas dapat disimpulkan nilai koefisien performansi yang didapat berbanding lurus dengan nilai kapasitas pendinginan, semakin besar nilai kapasistas pendinginan maka akan semakin besar nilai COP yang didapat. Tetapi hasil perbandingan lurus tersebut bergantung pula pada nilai arus dan voltase, seperti persamaan yang digunakan 3.3.

3. Dapat disimpulkan nilai koefisiensi tertinggi (maksimum) yaitu pada modul termoelektrik tipe TEC-12706 sebesar 0.57 dan nilai minimum sebesar 0.22 dengan kapasitas pendinginan maksimum sebesar 7.15 Watt dan nilai minimum sebesar 0.97 Watt, yang memiliki standar deviasi sebesar 0.05 dan 0.82 Watt, dengan range pengukuran arus di rentang 1.1 s/d 2 A.

5. Daftar Pustaka

- [1] Dr. Sayed Kaseb., dan Dr. Gamal El-Hariry. Part C: Electronics Cooling Methods in Industry. Mechanical Power Engineering Department Faculty of Engineering Cairo University. Egypt.
- [2] G. Gromov. Thermoelectric Cooling Module. RMT Ltd 53 Leninskij prosp. Moscow 119991 Rusia.