

Rancang Bangun Pendingin Minuman Portabel Menggunakan Termoelektrik Tipe 12715

Mochamad Ainun Naasik^a, Ayusta Lukita Wardani^b, Widi Aribowo^c, Aditya Chandra Hermawan^d

^{abcd}Department of Electrical Engineering, Vocational Program, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia
Email: ayustawardani@unesa.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 October 2024

Received in revised form

18 October 2024

Accepted 13 November 2024

Available online 28 November 2024

Keywords:

Coefficient Of Performance (COP)

Temperature

Thermoelectricity

ABSTRACT

Refrigerators usually use the basic ingredient freon, which is found in the compressor. The compressor is one of the main parts of the refrigerator cooling process, the use of compressors requires a lot of energy, and freon is an environmentally unfriendly material. In this study, a portable cooling device was developed using 18650 batteries as the main source to make it easier to carry anywhere and using 12715 type thermoelectrics. The method used in this research is an experimental method that uses the results of previous research as a reference for conducting thermoelectric variation experiments. This study uses 3 thermoelectrics connected in parallel to the cooling box. The results of the temperature value test when without a load of 14.3 °C for 60 minutes. The temperature value when with a load of 2 bottles of water 18.8 °C, 4 bottles of water 20.8 °C, and 6 bottles of water 21.8 °C. Coefficient Of Performance (COP) value when without load 0.45 for 60 minutes. COP value when with a load of 2 bottles of water 0.27, 4 bottles of water 0.25, and 6 bottles of water 0.26. The 18650 Li-ion battery with 12V 40Ah capacity can last about 2 hours more.

1 Pendahuluan

Di musim panas, suhu udara yang tinggi dapat membuat minuman menjadi panas dan kurang menyenangkan saat diminum, yang menjadi masalah bagi banyak orang yang ingin menikmati minuman dingin di luar ruangan, seperti piknik, berkemah, atau perjalanan jauh. Meskipun minuman dingin tersedia secara luas, minuman dingin seringkali sulit untuk disimpan dalam jangka waktu yang lama.

Freon, bahan dasar yang biasanya digunakan dalam kulkas, adalah freon, yang merupakan komponen penting dari proses pendinginan lemari es. Selain itu, kompresor membutuhkan banyak energi, dan freon adalah bahan yang tidak ramah lingkungan [1]. Selain itu, lemari es sangat terbatas dalam hal ruang, ukuran, dan berat karena berbagai bagian, termasuk motor yang terlalu berat. Akibatnya, lemari es tidak berguna untuk perjalanan jauh di cuaca panas.

Pendingin minuman portabel yang menggunakan teknologi modul termoelektrik adalah solusi. Fenomena termoelektrik terjadi ketika energi listrik diubah menjadi energi kalor atau dari kalor menjadi energi listrik [2]. Modul-modul ini biasanya dibuat untuk digunakan sebagai pembangkit listrik atau sebagai alat pemanas atau pendingin [3].

Teknologi termoelektrik menggunakan efek *Peltier*, yang menghasilkan suhu yang berbeda ketika arus listrik mengalir melalui dua bahan semikonduktor. Suhu di satu sisi bahan akan menjadi lebih dingin, dan di sisi lain akan menjadi lebih panas [4]. Teknologi ini memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan sistem pendingin konvensional, seperti kompresor atau refrigeran. Pertama dan terpenting, termoelektrik tidak menggunakan bahan kimia berbahaya seperti *chlorofluorocarbon* (CFC) atau *hidrofluorocarbon* (HFC), yang dapat membahayakan lingkungan. Kedua, mesin ini lebih tahan lama dan tidak membuat suara. Ketiga, karena ukurannya yang kecil, modul termoelektrik cocok untuk dibawa.

Studi tentang penggunaan modul termoelektrik untuk mendinginkan kotak minuman telah dilakukan [5]. Untuk penelitian ini, tiga modul termoelektrik tipe TEC-12706 digunakan. Kotak pendingin tanpa beban mencapai suhu terendah 14,3 °C dan 16,4 °C selama 150 menit dengan beban pendingin 1 L. Penelitian tentang pendingin portabel dilakukan oleh [6]. 2 modul termoelektrik tipe TEC-12706 digunakan, dan sumber utamanya adalah baterai (aki). Penelitian ini didinginkan pada suhu target 20 °C. Volume 0,32 L dan 1,68 L masing-masing membutuhkan waktu pendinginan 1512 detik dan 6317 detik. Selain itu, penelitian telah dilakukan tentang variasi *heatsink* oleh [7]. Pada penelitian ini, modul termoelektrik tipe TEC1-12706 digunakan. Ada sumber daya listrik 12V 20A dan tiga *heatsink* aluminium bersirip yang berukuran berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu ruang pendingin selama dua jam adalah 18,75 °C.

Dalam penelitian sebelumnya, alat pendingin menggunakan sumber daya AC, sehingga tidak dapat dibawa ke mana-mana. Untuk penelitian ini, termoelektrik tipe TEC1-12715 dan sumber daya baterai *Li-ion* 18650 berkapasitas 12V 40Ah. Secara keseluruhan, diharapkan bahwa alat ini dapat menjadi solusi kreatif yang membantu orang dalam menjalani kehidupan sehari-hari, terutama bagi mereka yang membutuhkan perangkat pendingin yang dapat dibawa dan digunakan di mana pun mereka pergi. Selain itu, diharapkan bahwa desain ini akan membantu mengembangkan perangkat pendingin yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat modern dan efisien secara lingkungan. Selain itu, penelitian ini dapat membantu kemajuan lebih lanjut dalam mengembangkan perangkat pendingin.

2 Studi Literatur

2.1 Efek Seebeck

Efek *Seebeck* adalah fenomena yang mengubah perbedaan suhu menjadi energi listrik. Jika ada dua bahan yang berbeda, kedua ujungnya dihubungkan satu sama lain, maka ada dua

sambungan dalam satu rangkaian. Jika ada perbedaan suhu antara kedua sambungan ini, arus akan mengalir. Prinsip ini digunakan dalam termoelektrik sebagai generator termoelektrik (pembangkit listrik) atau disingkat TEG [8].

2.2 Efek Peltier

Efek *Peltier* merupakan kebalikan dari efek *Seebeck*. Jika arus listrik dialirkan melalui dua logam yang berbeda, titik sambungan antara keduanya akan memancarkan panas, sedangkan titik sambungan lainnya akan menyerap panas. Jumlah panas yang diserap atau dilepaskan akan berbanding lurus dengan arus yang mengalir melaluinya [3].

2.3 Termoelektrik

Termoelektrik adalah suatu alat yang dapat mengubah energi panas secara langsung menjadi energi listrik atau sebaliknya, dari energi listrik menjadi energi dingin [9]. Dua jenis teknologi termoelektrik adalah TEG (*Thermo Electric Generator*) yang menghasilkan energi listrik dengan menggunakan arus panas, dan TEC (*Thermo Electric Cooler*) mendinginkan. Prinsip kerja termoelektrik tipe TEG dan TEC adalah sama, perbedaannya terletak pada material yang digunakan. Termokopel tipe TEG menggunakan bahan PbTe dan SiGe, sedangkan termokopel tipe TEC menggunakan bahan BiTe, PbSe, dan SiGe [10].

2.4 Kinerja Termoelektrik

Modul termoelektrik adalah perangkat yang menggunakan efek termoelektrik untuk mengubah perbedaan suhu menjadi energi listrik [11]. Kinerja modul termoelektrik dapat diukur dengan beberapa parameter penting.

Kalor yang diserap pada sisi dingin modul termoelektrik :

$$Q_c = \alpha \cdot T_c \cdot I - K \cdot \Delta T - \frac{I^2 \cdot R}{2} \quad (1)$$

Kalor yang diserap pada sisi panas modul termoelektrik :

$$Q_h = \alpha \cdot T_h \cdot I - K \cdot \Delta T + \frac{I^2 \cdot R}{2} \quad (2)$$

Dimana :

- Q_h : kalor yang diserap pada sisi panas (W)
- Q_c : kalor yang diserap pada sisi dingin (W)
- α : koefisien seebeck (V/K)
- T_h : temperatur sisi panas (K)
- T_c : temperatur sisi dingin (K)
- I : arus listrik (A)
- K : konduktivitas termal (W/K)
- ΔT : beda temperatur sisi panas dan sisi dingin (K)
- R : tahanan elektrik (Ω)

Konduktivitas Termal

$$K = \frac{K_{bi-te} \cdot A}{t} \quad (3)$$

Dimana :

- K : konduktivitas termal
- K_{bi-te} : konduktivitas termal bismuth telluride
- A : luas permukaan termoelektrik
- t : tebal termoelektrik

Daya

$$P = V \times I \quad (4)$$

Dimana :

- P : daya listrik (W)
- V : tegangan listrik (V)
- I : arus listrik (A)

COP

$$COP = \frac{Q_c}{P} \quad (5)$$

Dimana:

- COP = *Coefisien of Performance*
- Q_c = Panas pada termal pendingin
- P = Daya

2.5 Baterai Li-Ion 18650

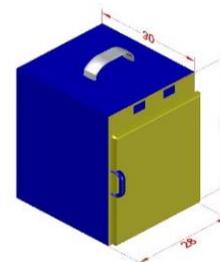
Baterai Li-ion 18650 12V 40Ah adalah pilihan terbaik untuk sumber daya karena dengan kapasitas energi yang tinggi, siklus pengisian ulang yang panjang, dan bobot yang relatif ringan, baterai 18650 sangat cocok untuk aplikasi portabel. Dengan kapasitas 12V 40Ah, sistem ini diharapkan dapat beroperasi dalam jangka waktu yang cukup lama tanpa perlu mengisi ulang daya secara teratur, sehingga memungkinkan aktivitas di luar ruangan yang membutuhkan solusi pendinginan yang handal [12].

3 Metodologi

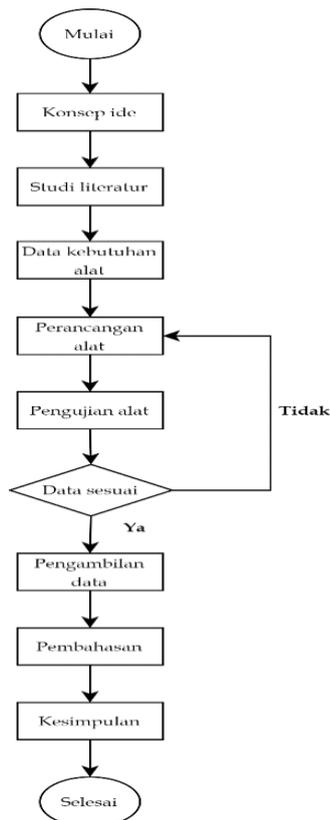
Penelitian ini menggunakan hasil penelitian sebelumnya sebagai referensi untuk melakukan percobaan variasi termoelektrik dengan sumber daya baterai *Li-ion* 18650. Penelitian ini menggunakan 3 buah termoelektrik yang dihubungkan secara paralel pada kotak pendingin. Pengujian pendingin minuman portabel ini dilakukan untuk mendapatkan kemampuan kinerja pendinginan dari termoelektrik. Pengujian melalui 2 tahap yaitu uji kinerja ketika tidak berbeban dan berbeban. Pengujian ketika tidak berbeban dilakukan tanpa menggunakan beban pendingin. Pengujian berbeban dilakukan dengan menambahkan berupa air 2400 ml. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

3.1 Perancangan Pendingin Minuman Portabel

Perancangan pendingin minuman portabel berukuran 28 cm x 30cm x 40cm menggunakan triplek. Bagian dalam kotak dilapisi menggunakan sterofoam dan aluminium foil.



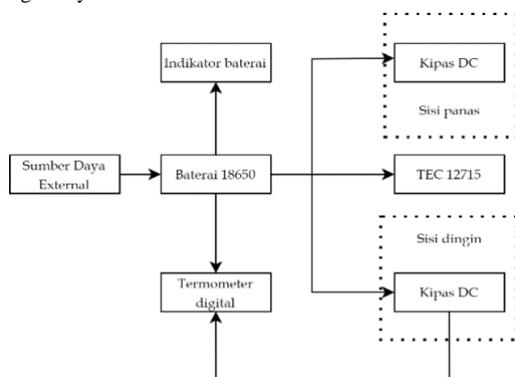
Gambar 2. Desain pendingin minuman portabel



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdiri dari elemen peltier TEC 12715 baterai 18650, kipas dc, termometer digital, dan indikator baterai. Umumnya, desain sistem ini memanfaatkan baterai sebagai sumber daya utama. Kipas DC, TEC 12715, termometer digital, dan indikator baterai ditenagai oleh baterai. Kipas DC bagian sisi panas berfungsi membuang aliran panas yang dihasilkan termoelektrik, sedangkan Kipas DC bagian sisi dingin berfungsi sebagai mengalirkan udara dingin kedalam kotak pendingin. TEC 12715 berfungsi mengatur suhu. Termometer digital berfungsi mengukur suhu sekitar dan indikator baterai menunjukkan tingkat sisa daya baterai. Sumber daya eksternal dapat digunakan untuk mengisi daya baterai.

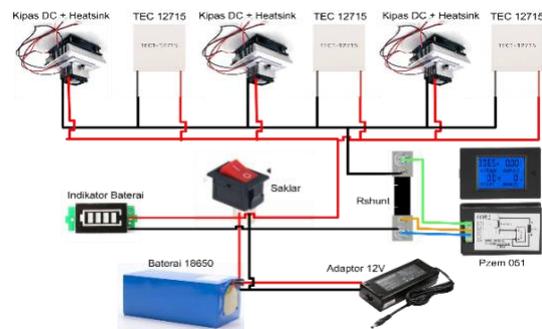


Gambar 3. Diagram blok

3.3 Skema Sistem

Pada skema diatas menunjukkan hubungan antar komponen utama sistem. PLN memasok listrik dari jaringan publik. Baterai 18650 berfungsi sebagai sumber listrik pendingin

minuman portabel ketika digunakan diluar ruangan atau dibawa kemana - mana. Indikator baterai digunakan untuk menunjukkan status pengisian baterai atau kapasitas yang tersisa. Saklar *on / off* mengontrol aliran arus di sirkuit. Termoelektrik dipasangkan dengan *heatsink* berfungsi sebagai membantu menjaga suhu sekitar tetap stabil dengan menyerap panas dari termoelektrik. Pemasangan kipas DC pada *heatsink* sisi dingin berfungsi mengalirkan udara dingin yang dihasilkan termoelektrik ke kotak pendingin, sedangkan kipas DC pada sisi panas mengalirkan udara panas ke lingkungan.



Gambar 4. Rangkaian Skema Sistem

4 Pembahasan

Pengujian alat pendingin minuman portabel ini dilakukan dalam dua tingkat, yaitu tanpa beban pendingin dan dengan beban pendingin. Pengujian berlangsung selama dua jam. Data dikumpulkan pada suhu 29,7 °C di dalam ruangan atau kotak.



Gambar 5. Hasil pendingin minuman portabel

4.1 Pengujian Tanpa Beban

Tabel 1. Hasil Pengujian tanpa beban

Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu box (°C)
5	10,66 V	14,46 A	17,3 °C
10	10,68 V	14,27 A	23,1 °C
15	10,59 V	14,18 A	22,9 °C
20	10,51 V	14,05 A	22,6 °C
25	10,43 V	13,97 A	22,2 °C
30	10,36 V	13,90 A	22,1 °C
35	10,29 V	13,80 A	21,9 °C
40	10,22 V	13,76 A	21,7 °C
45	10,16 V	13,71 A	21,3 °C
50	10,10 V	13,64 A	21,1 °C
55	10,05 V	13,55 A	20,9 °C
60	9,99 V	13,48 A	20,8 °C
120	9,28 V	12,29 A	17,9 °C

Tabel 1. Hasil pengujian tanpa beban (lanjutan)

Th (°C)	Tc (°C)	Qh	Qc
45,8 °C	12,4 °C	250,88	52,73
45,3 °C	11,3 °C	236,57	58,55
45,2 °C	11,2 °C	233,84	58,17
45,1 °C	11,1 °C	231,03	57,91
44,8 °C	10,9 °C	229,15	58,45
44,6 °C	10,6 °C	224,2	58,62
44,5 °C	10,5 °C	221,44	58,34
44,0 °C	10,3 °C	211,3	59,59
43,8 °C	10,1 °C	210,5	60,39
43,3 °C	9,9 °C	214,73	59,55
43,6 °C	9,8 °C	206,88	60,19
43,2 °C	9,6 °C	203,72	60,86
43,1 °C	9,5 °C	201,86	59,72

Dari data tabel 1., terjadi penurunan tegangan dari 10,66 V dalam waktu 5 menit menjadi 9,26 V dalam waktu 120 menit. Performa dapat menurun seiring berjalannya waktu dikarenakan sumber daya yang dikonsumsi menyebabkan penurunan kinerja. Arus juga mengalami penurunan dari 14,46 A pada menit ke-5 menjadi 12,28 A pada menit ke-120. Penurunan arus ini dapat dikaitkan dengan penurunan tegangan. Suhu sistem menurun secara bertahap dari 17,3 °C menjadi 13,6 °C selama 120 menit. Suhu heatsink sedikit menurun dari 45,8°C menjadi 43,1°C yang berarti heatsink mungkin berhasil membuang panas secara efektif. Suhu *cold sink* juga mengalami penurunan dari 12,4 °C menjadi 9,6 °C yang menunjukkan bahwa suhu *cold sink* mengalami penurunan yang cukup signifikan.

4.2 Pengujian Dengan Beban Air 1200 ml

Tabel 2. Hasil pengujian beban air 1200 ml

Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu box (°C)
5	10,69 V	14,45 A	22,1 °C
10	10,61 V	14,32 A	21,6 °C
15	10,52 V	14,20 A	21,2 °C
20	10,44 V	14,10 A	21,0 °C
25	10,37 V	13,99 A	20,6 °C
30	10,30 V	13,92 A	20,3 °C
35	10,24 V	13,79 A	20,1 °C
40	10,18 V	13,72 A	19,8 °C
45	10,11 V	13,65 A	19,6 °C
50	10,06 V	13,61 A	19,3 °C
55	10 V	13,50 A	19,0 °C
60	9,95 V	13,44 A	18,8 °C
120	9,28 V	12,29 A	16,5 °C

Tabel 2. Hasil pengujian beban air 1200ml (lanjutan)

Th (°C)	Tc (°C)	Qh	Qc
44,1 °C	14,9 °C	277,87	26,45
44,0 °C	14,7 °C	274,86	27,92
43,9 °C	14,4 °C	264,76	31,06
43,9 °C	14,3 °C	262,07	31,1
43,7 °C	14,1 °C	258,26	31,49
41,8 °C	13,5 °C	253,3	29,95
42,4 °C	13,5 °C	247,64	32,57
42,5 °C	13,4 °C	240,25	34,78
42,3 °C	13,3 °C	237,69	34,76
41,4 °C	13,0 °C	237,82	32,66
41,1 °C	12,9 °C	234,83	33,27
41,5 °C	12,6 °C	229,01	36,71
40,2 °C	11,9 °C	225,76	34,89

Dari data tabel 2. terjadi penurunan tegangan dari 10,69 V dalam waktu 5 menit menjadi 9,28 V dalam waktu 120 menit. Performa dapat menurun seiring berjalannya waktu dikarenakan

sumber daya yang dikonsumsi atau performa termoelektrik menurun yang menyebabkan penurunan kinerja. Arus juga mengalami penurunan dari 14,45 A pada menit ke-5 menjadi 12,29 A pada menit ke-120. Penurunan arus ini dapat dikaitkan dengan penurunan tegangan. Suhu ruangan menurun dari 22,1 °C dalam 5 menit menjadi 16,5 °C dalam 120 menit.

Hal ini menunjukkan bahwa perangkat termoelektrik berhasil mendinginkan lingkungan dari waktu ke waktu, meskipun laju penurunan suhu secara bertahap melambat. Suhu heatsink perlahan menurun dari 44,1 °C menjadi 40,2 °C setelah 120 menit. Meskipun perannya dalam menyerap dan mengeluarkan panas dari perangkat termoelektrik, efektivitas *heat sink* berkurang seiring berjalannya waktu. Suhu *cold sink* juga mengalami penurunan dari 14,9 °C menjadi 11,9 °C yang menunjukkan bahwa sistem masih efektif memindahkan panas dari *cold sink*, meskipun suhu lingkungan (temperatur) menurun lebih lambat dari sebelumnya.

4.3 Pengujian Dengan Beban 2400 ml

Tabel 3. Hasil pengujian beban air 2400 ml

Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu box (°C)
5	10,77 V	14,39 A	23,2 °C
10	10,68 V	14,27 A	23,1 °C
15	10,59 V	14,18 A	22,9 °C
20	10,51 V	14,05 A	22,6 °C
25	10,43 V	13,97 A	22,2 °C
30	10,36 V	13,90 A	22,1 °C
35	10,29 V	13,80 A	21,9 °C
40	10,22 V	13,76 A	21,7 °C
45	10,16 V	13,71 A	21,3 °C
50	10,10 V	13,64 A	21,1 °C
55	10,05 V	13,55 A	20,9 °C
60	9,99 V	13,48 A	20,8 °C
120	9,28 V	12,29 A	17,9 °C

Tabel 3. Hasil pengujian beban air 2400 ml (lanjutan)

Th (°C)	Tc (°C)	Qh	Qc
45,9 °C	16,1 °C	286,08	21,52
45,8 °C	16,1 °C	275,87	21,60
45,2 °C	15,8 °C	277,19	21,89
45,1 °C	15,7 °C	266,87	23,76
44,8 °C	15,2 °C	263,12	26
44,5 °C	15,0 °C	259,32	27,06
44,6 °C	14,9 °C	251,13	28,67
44,4 °C	14,4 °C	249,27	31,19
44,2 °C	14,2 °C	241,37	33,89
44,1 °C	14,0 °C	238,74	34,41
43,8 °C	13,9 °C	235,38	34,18
43,9 °C	13,9 °C	233,92	33,99
40,6 °C	10,8 °C	231,76	32,12

Dari data tabel 3, terjadi penurunan tegangan dari 10,77 V dalam waktu 5 menit menjadi 9,28 V dalam waktu 120 menit. Performa dapat menurun seiring berjalannya waktu dikarenakan sumber daya yang dikonsumsi atau performa termoelektrik menurun yang menyebabkan penurunan kinerja. Arus juga mengalami penurunan dari 14,39 A pada menit ke-5 menjadi 12,29 A pada menit ke-120. Penurunan arus ini dapat dikaitkan dengan penurunan tegangan. Suhu ruangan menurun dari 23,2 °C dalam 5 menit menjadi 17,9 °C dalam 120 menit.

Hal ini menunjukkan bahwa perangkat termoelektrik berhasil mendinginkan lingkungan dari waktu ke waktu, meskipun laju penurunan suhu secara bertahap melambat. Suhu heatsink perlahan menurun dari 45,9 °C menjadi 40,6 °C setelah

120 menit. Meskipun perannya dalam menyerap dan mengeluarkan panas dari perangkat termoelektrik, efektivitas heat sink berkurang seiring berjalannya waktu. Suhu *cold sink* juga mengalami penurunan dari 16,1 °C menjadi 10,8 °C yang menunjukkan menunjukkan bahwa sistem masih efektif memindahkan panas dari *cold sink*, meskipun suhu lingkungan (temperatur) menurun lebih lambat dari sebelumnya.

4.4 Hasil Daya Termoelektrik

Tabel 4. Hasil daya termoelektrik

Waktu (menit)	Tanpa Beban	1200 ml	2400 ml
5	154,14	154,47	154,9
10	151,74	151,93	152,4
15	149,27	149,38	150,1
20	147,19	147,20	147,6
25	145,34	145,07	145,7
30	143,57	143,47	144,0
35	141,57	141,2	142,0
40	139,93	139,66	140,6
45	138,6	138	139,2
50	137,41	136,91	137,7
55	135,92	135	136,1
60	134,68	133,72	134,6
120	113,7	114,05	118,6

4.5 Coefficient Of Performance (COP)

Coefficient of Performance adalah perbandingan antara daya listrik yang diberikan P (Watt) dan kalor yang diserap sisi dingin (Qc). Semakin tinggi nilai COP, semakin efisien sistem menggunakan listrik untuk menghasilkan panas.

Tabel 5. Hasil COP termoelektrik

Waktu (menit)	Tanpa Beban	1200 ml	2400 ml
5	0,34	0,17	0,13
10	0,38	0,18	0,14
15	0,38	0,20	0,14
20	0,39	0,21	0,16
25	0,40	0,21	0,17
30	0,40	0,20	0,18
35	0,41	0,23	0,20
40	0,43	0,24	0,22
45	0,43	0,25	0,24
50	0,43	0,24	0,24
55	0,44	0,24	0,25
60	0,45	0,27	0,25
120	0,48	0,41	0,37

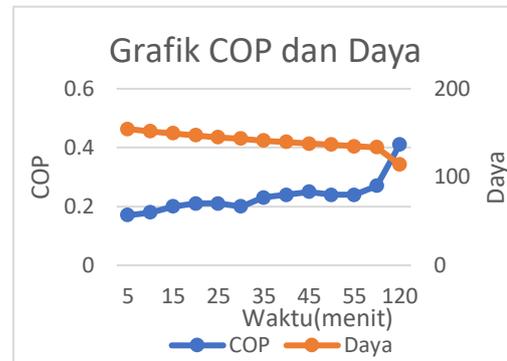
Dari gambar 6. diatas terdapat hasil nilai COP termoelektrik untuk yang tanpa beban, Nilai COP mengalami peningkatan signifikan sebesar 0,34 selama 5 menit menjadi 0,40 selama 25 menit. Setelah 25 menit, COP mulai menunjukkan stabilitas. Dari menit ke 25 hingga menit ke 50, COP berada di antara 0,40 dan 0,43. Pada menit ke 55 hingga menit ke 120, COP terus meningkat hingga mencapai 0,48 pada menit ke 120.

Kemudian, untuk beban 2 botol air/1200ml Pada menit ke 5 – 20, COP meningkat dari 0,17 menjadi 0,21. Peningkatan terbesar sebanyak (0,02) terjadi antara menit ke-10 dan 15. Pada menit ke 20 – 40, COP relatif stabil dengan sedikit kenaikan dan penurunan. COP tetap di 0,21 antara menit ke-20 dan 25. Terjadi sedikit penurunan sebanyak (0,20) pada menit ke-30, tetapi kemudian meningkat lagi secara bertahap, mencapai 0,24 setelah pada menit ke-40. Pada menit ke 40 – 120, COP meningkat dari 0,24 menjadi 0,41, menunjukkan bahwa sistem mencapai efisiensi optimal pada akhir percobaan.

Beban 4 botol air/2400ml, Pada menit ke 5 – 15, COP relatif stabil dengan sedikit kenaikan dari 0,13 menjadi 0,14. Pada

menit ke 20 – 40, COP meningkat dengan sedikit kenaikan dari 0,16 menjadi 0,22. Pada menit ke 45 – 120, COP relatif stabil dan meningkat dari 0,24 menjadi 0,37 menunjukkan bahwa sistem mencapai efisiensi optimal pada akhir percobaan.

4.6 Hubungan COP dan Daya



Gambar 6. Grafik hubungan COP dan daya

Dari gambar 6. terdapat grafik COP dan Daya yang dimana menunjukkan COP meningkat pada menit ke-5 hingga menit ke-120. Pada menit ke-5 daya menurun dikit demi sedikit hingga menit ke-120. Pada grafik diatas bisa disimpulkan Semakin tinggi daya yang digunakan, maka COP menurun, dan sebaliknya .

Hal ini penurunan efisiensi sistem pendingin pada daya tinggi disebabkan oleh energi listrik menjadi panas resistif (Efek Joule). Semakin tinggi perbedaan suhu antara sisi dingin dan panas, semakin sulit untuk menjaga efek pendinginan, menyebabkan penurunan nilai COP meskipun daya meningkat. Oleh karena itu, efisiensi berkurang pada tingkat daya tinggi [13].

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa nilai suhu termoelektrik tipe 12715 ketika tanpa beban adalah 14,3 °C. Nilai suhu ketika dengan beban 2 botol air/1200ml 18,8 °C, 4 botol air/2400ml 20,8 °C selama 120 menit.
- Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa nilai *Coefficient Of Performance* (COP) ketika tanpa beban adalah 0,45. Nilai COP ketika dengan beban 2 botol air/1200ml 0,27, 4 botol air/2400ml 0,25 selama 120 menit.
- Baterai *Li-ion* 18650 dengan kapasitas 12V 40Ah dapat memberikan daya yang cukup untuk mengoperasikan modul termoelektrik selama beberapa jam, baterai ini dapat bertahan sekitar 2 jam / 120 menit.

Referensi

- [1] A. Suryadi and A. Firmansyah, "RANCANG BANGUN KULKAS MINI PORTABLE," vol. 11, no. 1, pp. 11–22, 2020.
- [2] H. W. Fahruri, W. Aribowo, M. Widartono, and A. C. Hermawan, "Monitoring Arus , Tegangan , dan Suhu Pada Prototype Thermoelectric Generator Berbasis IoT," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 137–144, 2021.
- [3] Mirmanto, Wirawan, and Syahrul, "Teori Dasar Dan Aplikasi Pendingin Termoelektrik (Pendingin Tanpa Freon)." Deepublish, Yogyakarta, 2021.

- [4] C. Z. Pratiwi and F. H. Tamami, "UNJUK KERJA COOL BOX BERBASIS THERMOELECTRIC COOLER (TEC) MENGGUNAKAN SIRKULASI PEMBUANGAN KALOR," *J. Inov. Sains Dan Teknol. Kelaut.*, vol. 4, no. 3, pp. 233–239, 2023.
- [5] R. I. Mainil and A. Aziz, "Penggunaan Modul sebagai Elemen Pendingin," pp. 44–49, 2015.
- [6] I. Bayusari and M. R. Baskara, "Pendingin Portable Menggunakan Thermoelectric Cooler Tipe TEC1-12706," vol. 3, no. 2, pp. 202–208, 2022.
- [7] Amrullah, "Rancang Bangun Cooler Box Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi Heatsink," vol. 1, no. 9, 2021.
- [8] B. O. Zega, "Analisa Pengaruh Jumlah Dan Susunan Termoelektrik Generator Terhadap Karakteristik Termoelektrik Generator Pada Motor Bensin 4 Cylinder," Universitas Islam Riau, 2021.
- [9] G. Firmansyah, "Pengaruh Rangkaian Sel Peltier Terhadap Kinerja Mini Refrigerator Portable," Universitas Jember, 2019.
- [10] M. Helmy, "Rancang Bangun Dan Analisa Termal Showcase Mini Sebagai Alat Pendingin Minuman Menggunakan Modul Termoelektrik," Universitas Islam Riau, 2020.
- [11] K. O. Flaherty and J. Punch, "Experimental study of thermoelectric refrigerator performances : effect of air flow direction on the ribbed plat-fin heat sink at cold side of TEC," 2020.
- [12] A. A. Yusuf and A. Asrori, "Perbandingan Konsumsi Daya Baterai Li-Ion 18650 Dengan Lifepo4 32700 Berdasarkan Jarak Tempuh," *J. Energi dan Manufaktur*, vol. 6, no. 2, pp. 74–78, 2023.
- [13] J. V. Tuapetel, "Prototype Sistem Pendingin Ramah Lingkungan Berbasis Sistem Termoelektrik," Institut Teknologi Indonesia, 2021.