

**UJI EKSPERIMENTAL KINERJA TERMoeLEKTRIK
PADA PENDINGIN DISPENSER AIR MINUM**

*AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE THERMOELECTRIC
PERFORMANCE OF WATER DISPENSER COOLERS*

AMRULLAH



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**UJI EKSPERIMENTAL KINERJA TERMOELEKTRIK
PADA PENDINGIN DISPENSER AIR MINUM**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
Teknik Mesin

Disusun dan diajukan oleh

AMRULLAH

kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

TESIS
UJI EKSPERIMENTAL KINERJA TERMOELEKTRIK
PADA PENDINGIN DISPENSER AIR MINUM

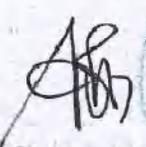
Disusun dan diajukan oleh

AMRULLAH

Nomor Pokok P2201211002

Telah di pertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Pada Tanggal 19 Juli 2013
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat


Dr. Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME

Ketua


Prof. Dr. Ir. H. Syukri Himran, MSME

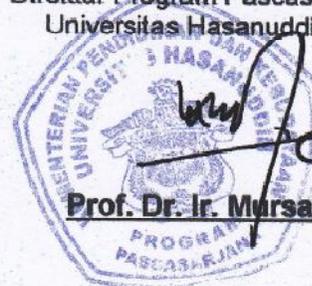
Anggota

Ketua Program Studi
Teknik Mesin


Rafiuddin Syam, ST.M, Eng, Ph.D

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,


Prof. Dr. Ir. Mursalim



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini ;

Nama : Amrullah
Nomor mahasiswa : P2201211002
Program studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 28 Juli 2013

Yang menyatakan

Amrullah

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu WaTa'ala dengan selesainya tesis ini.

Gagasan yang melatari permasalahan ini timbul dari pengamatan penulis akan pentingnya penghematan energi khususnya dalam penggunaan energi listrik. Penulis bermaksud menyumbangkan konsep penggunaan termoelektrik sebagai sumber energi alternatif yang hemat energi dan ramah lingkungan.

Banyak kendala yang dihadapi penulis dalam penyusunan tesis ini dan berkat bantuan Allah dan dukungan berbagai pihak sehingga tesis ini dapat selesai pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr-Ing.Ir.Wahyu H.Piarah,MSME sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Prof.Dr.Ir.H.Syukri Himran sebagai Anggota Komisi Penasihat atas bantuan, bimbingan, dan arahnya. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Kepala Laboratorium dan Asisten Laboratorium Mesin Pendingin dan Pemanas yang telah membantu dalam proses pengambilan data, serta kepada Dr.Ir.Zuryati Djafar, MT yang telah memberikan banyak referensi dan mengarahkan dalam proses pengambilan data. Kepada kedua orang tua, istri tercinta, ananda Najiyah, ananda Najwan, semua keluarga,dan teman-teman jurusan teknik mesin khususnya konversi energi yang telah banyak

memberi motivasi serta semua pihak yang tidak sempat kami cantumkan tapi telah banyak memberi bantuan. Semoga kebaikan kita dibalas oleh Allah dengan sesuatu yang lebih baik.

Makassar, 28 Juli 2013

Amrullah

ABSTRAK

AMRULLAH. *Uji Eksperimental Kinerja Termoelektrik pada Pendingin Dispenser Air Minum* (dibimbing oleh Wahyu H. Piarah dan Syukri Himran).

Penelitian ini bertujuan mengetahui kinerja pendinginan dengan menggunakan termoelektrik pendingin yang dirangkai tunggal, ganda seri, dan ganda paralel.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pendingin dan Pemanas Jurusan Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin, Makassar. Data yang diambil adalah temperatur sisi panas, temperatur sisi dingin, temperatur air, dan temperatur ambient. Analisis data dilakukan pada temperatur air, beda temperatur, kalor yang diserap, dan COP dengan variasi rangkaian termoelektrik dan variasi tegangan listrik DC selama 360 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul terbaik adalah termoelektrik ganda yang dirangkai secara seri pada tegangan 10 V. Hal ini terlihat setelah 360 menit dengan temperatur air yang didinginkan 12°C , beda temperatur 28°C , kalor yang diserap 19,52810 W, dan COP 1,25268.

Kata kunci: termoelektrik pendingin, temperatur air, tegangan listrik DC



ABSTRACT

AMRULLAH. *An Experimental Study on the Thermoelectric Performance of Water Dispenser Coolers* (Supervised by **Wahyu H. Piarah** and **Syukri Himran**)

This study aims to find out the cooling performance of thermoelectric coolers with single, double series, and double parallel circuit.

The experiment was conducted in the Cooling and Heating Laboratory of Mechanical Engineering Department, Hasanuddin University, Makassar. The data taken were hot side temperature, cold side temperature, -water temperature, and ambient temperature. Data analysis was carried out on water temperature, temperature difference, absorbed heat, and COP with some variations of thermoelectric circuit and DC electric voltage in 360-minute period.

The results reveal that the best module was the double thermoelectric arranged with a series circuit in the voltage of 10 V. This could be seen after 360 minutes with cold water temperature of 12°C, temperature difference of 28°C, absorbed heat of 19.52810 W, and COP of 1.25268.

Keywords: thermoelectric cooler, water temperature, DC electric voltage



DAFTAR ISI

	HALAMAN
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Batasan Masalah.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	7
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Fenomena Termoelektrik.....	8
B. Prinsip Kerja Termoelektrik	11
C. Kinerja Modul Termoelektrik	18

BAB III METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian	27
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	27
C. Peralatan dan Bahan.....	27
D. Prosedur Penelitian	30
E. Diagram Alir Penelitian	35

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL	36
B. PEMBAHASAN.....	48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN.....	65
B. SARAN	65

DAFTAR PUSTAKA	66
----------------------	----

LAMPIRAN.....	68
---------------	----

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Nilai kalor yang diserap sisi dingin (\dot{q}_c), dayalistrik (P), dan COP pada waktu pendinginan 360 menit	40
2. Nilai kalor rata-rata yang diserap sisi dingin (\bar{q}_c) dan yang diserap dari air (\bar{q}_w) pada waktu pendinginan 360 menit	47

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Efek pada termoelektrik	9
2. Model rangkaian modul termoelektrik.....	11
3. Skema siklus ideal kompresi uap	12
4. Rangkaian mesin pendingin termoelektrik.....	13
5. Arah Aliran Elektron pada Semikonduktor Tipe N	14
6. Arah Aliran Hole pada Semikonduktor tipe P.....	15
7. Rangkaian seri modul termoelektrik dengan semikonduktor tunggal.....	16
8. Rangkaian seri-zig zag modul termoelektrik semikonduktor tunggal.....	16
9. Modul termoelektrik semikonduktor ganda	17
10. Rangkaian Seri Modul Termoelektrik Semikonduktor Ganda	17
11. Perpindahan kalor pada termoelektrik	20
12. Kestimbangan energi pada termoelektrik pendingin.....	24
13. Modul termoelektrik	27
14. Dispenser air minum.....	28
15. Termokopel.....	28
16. Power supply	29
17. AVO meter	29

18. Temperatur controller	30
19. Termal pasta.....	30
20. Skema instalasi alat pengujian	32
21. Skema rangkaian termoelektrik tunggal.....	33
22. Skema rangkaian termoelektrik ganda	34
23. Diagram Alir Penelitian	35
24. Grafik pengaruh tegangan listrik yang diberikan terhadap kalor yang diserap pada sisi dingin pada 360 menit.....	40
25. Grafik pengaruh tegangan listrik yang diberikan terhadap daya listrik pada 360 menit.....	41
26. Grafik pengaruh tegangan listrik yang diberikan terhadap COP pada 360 menit.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Tabel data dan hasil perhitungan termoelektrik tunggal pada tegangan 8 V	68
2. Tabel data dan hasil perhitungan termoelektrik tunggal pada tegangan 10 V	72
3. Tabel data dan hasil perhitungan termoelektrik tunggal pada tegangan 12 V	76
4. Tabel data dan hasil perhitungan termoelektrik ganda-seri pada tegangan 8 V	80
5. Tabel data dan hasil perhitungan termoelektrik ganda-seri pada tegangan 10 V	84
6. Tabel data dan hasil perhitungan termoelektrik ganda-seri pada tegangan 12 V	88
7. Tabel data dan hasil perhitungan termoelektrik ganda-paralel pada tegangan 8 V	92
8. Tabel data dan hasil perhitungan termoelektrik ganda-paralel pada tegangan 10 V	96
9. Tabel data dan hasil perhitungan termoelektrik ganda-paralel pada tegangan 12 V	100

10. Grafik temperatur sisi panas.....	104
11. Grafik temperatur sisi dingin.....	106
12. Grafik beda temperatur.....	108
13. Grafik temperatur air yang didinginkan.....	110
14. Data teknis modul termoelektrik TEC1-12706.....	112
15. Grafik COP untuk mesin pendingin.....	113
16. Tabel sifat-sifat zat cair.....	114
17. Tampilan AZTEC software version 3.1.....	115

DAFTAR NOTASI

Notasi	Arti dan keterangan	Satuan
C_p	Kalor spesifik air	J/kgK
G	Faktor geometri elemen	cm
I	Arus listrik yang diberikan pada termoelektrik	A
K	Konduktivitas termal	W/K
K_m	Konduktivitas termal elemen	W/cmK
m	Massa air	kg
N	Jumlah sambungan elemen pada termoelektrik	
P_{in}	Daya listrik	W
\dot{Q}_c	Kalor yang diserap pada sisi dingin	W
\dot{Q}_h	Kalor yang dilepas pada sisi panas	W
\dot{Q}_w	Kalor yang diserap dari air	W
R	Tahanan elektrik	Ω
T_c	Temperatur sisi dingin	K
V	Tegangan listrik	V
Z	Figure of merit	K^{-1}
α	Koefisien Seebeck	V/K
α_m	Koefisien Seebeck elemen	V/K
ρ	Tahanan elektrik elemen	Ωcm
ΔT	Beda temperatur sisi panas dan sisi dingin	K
ΔT_{air}	Beda temperatur air	K
Δt	Selisih waktu	s

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi nasional semakin meningkat seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi nasional, sehingga diperlukan adanya upaya untuk menjamin ketersediaan energi secara berkesinambungan dalam jumlah dan mutu yang cukup dengan tingkat harga yang wajar. Dengan semakin berkurangnya energi yang berasal dari fosil, manusia berusaha untuk menemukan sumber energi alternatif baru. Salah satu solusi yang bisa digunakan untuk membangkitkan energi dan ramah lingkungan adalah dengan menggunakan termoelektrik.

Termoelektrik merupakan alat yang bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Modul termoelektrik terdiri dari susunan material semikonduktor (biasanya *Bismuth Telluride*) yang menggunakan tiga prinsip termodinamika yang dikenal sebagai efek Seebeck, Peltier dan Thomson. Konstruksinya terdiri dari pasangan material semikonduktor tipe-P dan tipe-N yang membentuk termokopel dengan bentuk seperti sandwich antara dua wafer keramik tipis (Riffat dkk, 2003).

Pada tanggal 5 September 1977, NASA meluncurkan Voyager yang menggunakan generator listrik RTG (Radioisotop Thermoelectric Generator) dengan plutonium-238 yang memanfaatkan teknologi termoelektrik. Sistem ini mampu membangkitkan listrik sebesar 400 W, serta secara kontinu dan tanpa perawatan apa pun, Voyager tetap dapat mengirimkan data walau sudah terbang selama 30 tahun (Majalah Energi,2012).

Pada tahun 2007, Vaccine Carrier Box dengan pendinginan berbasis termoelektrik dikembangkan oleh Prof. Dr.-Ing. Ir. Nandy Putra, Peneliti dan Dosen Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Teknologi ini merupakan ide baru yang didapatkan untuk memenuhi kebutuhan akan proses penyimpanan vaksin yang membutuhkan temperatur antara 2-8°C(Dewi, 2012).

Penelitian termoelektrik juga dikembangkan pada alat cryosurgery yaitu alat yang dapat digunakan untuk memusnahkan tumor ganas atau kanker yang ada di dalam tubuh. Dengan mengaplikasikan termoelektrik, temperatur pembekuan yang diperlukan untuk penanganan kanker dapat disetting sesuai kebutuhan (Sulistiowati).

Thermoelectric cooler (TEC) yang merupakan suatu rangkaian semikonduktor dengan memanfaatkan efek Peltier telah digunakan sebagai perangkat pendingin mini pada beberapa penerapan sistem pendingin. Dimana pendinginan sudah menjadi kebutuhan dalam masyarakat modern

yang telah terbukti meningkatkan kualitas dari segi rasa dan kebersihan makanan serta minuman. Selain itu, dalam keseharian kita, mobilitas telah menjadi suatu cara hidup. Oleh karenanya, pengembangan perangkat pendingin minuman portabel mini dapat memenuhi kebutuhan pendinginan dan mobilitas pada saat yang sama (Riyanto dkk,2010).

Pemilihan spesifikasi modul termoelektrik didasarkan pada beban kalor, beda suhu dan parameter listrik yang digunakan. Untuk pendingin termoelektrik memiliki beberapa kelebihan diantaranya tidak berisik, mudah perawatan, ramah lingkungan dan tidak memerlukan banyak komponen tambahan. Selain itu manfaat lain dari termoelektrik sebagai mesin pendingin adalah dapat mengurangi polusi udara dan Ozone Depleting Substances (ODSs) karena tidak lagi menggunakan Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) dan Chlorofluorocarbons (CFC). dikenal sebagai Ozone Depleting Substances (ODSs) (Tellurex,2010).

Elemen peltier atau lebih dikenal dengan thermoelectric cooler pertama kali digunakan sebagai elemen pendingin IC (Integrated Circuit). Ukuran dari elemen peltier yang sangat compact memungkinkan perkembangan yang lebih luas dalam penggunaannya. Aplikasi pendinginan oleh elemen peltier ini sekarang telah digunakan dalam berbagai bidang antara lain medis (sebagai pendingin pada vaccine carrier dan blood carrier), pendingin picnic box, pendingin processor komputer, aksesoris

otomotif (pendingin pada coolbox mobil), dan pendingin pada dispenser air minum (Imaduddin, 2007).

Dispenser air minum adalah alat yang digunakan untuk mengalirkan air minum dari tangki ke gelas. Semula fungsi dispenser hanya seperti itu namun saat ini fungsi dispenser menjadi lebih beragam diantaranya memanaskan air, mendinginkan air, dan ada juga yang mendinginkan dan memanaskan. Proses pendinginan air pada dispenser pada umumnya dibedakan menjadi 2 yaitu: **Pertama, pendinginan air dengan sistem refrigran;** pada sistem pendinginan ini, evaporator dimasukkan kedalam reservoir, sehingga kalor air akan berpindah ke refrigeran dan menyebabkan air menjadi dingin. Kemudian mengalir dan keluar melalui keran. **Kedua, pendinginan air dengan sistem termoelektrik;** Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada pada air akan terserap oleh modul termoelektrik. Kemudian panas dari termoelektrik akan dihisap oleh fan dan dilepas ke udara. Sehingga air yang berada pada reservoir akan menjadi dingin kemudian akan dikeluarkan melalui keran dan siap untuk diminum.

Modus sederhana pendingin adalah dengan menggunakan satu perangkat termoelektrik. Namun, karena batas-batas kinerja bahan termoelektrik, satu tingkat termoelektrik pada mesin pendingin hanya dapat dioperasikan dengan range suhu yang kecil. Jika rasio suhu antara heatsink dan ruang pendingin besar, maka mesin pendingin dengan satu tingkat termoelektrik akan kehilangan efektivitasnya. Dengan demikian, penerapan

termoelektrik dengan dua tingkat atau lebih yang dikombinasikan pada mesin pendingin merupakan metode penting untuk meningkatkan kinerja termoelektrik (Chen dkk, 2002).

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian eksperimental dalam peningkatan kinerja termoelektrik pada pendingin dispenser air minum. Sehingga dari uraian diatas, maka judul dari penelitian ini adalah **“UJI EKSPERIMENTAL KINERJA TERMOELEKTRIK PADA PENDINGIN DISPENSER AIR MINUM”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang telah dikemukakan pada poin A, maka penulis merumuskan masalah penulisan yaitu:

1. Bagaimana menganalisa kinerja (beda temperatur, kalor yang diserap, dan COP) dari pendinginan dengan menggunakan termoelektrik tunggal.
2. Bagaimana menganalisa kinerja (beda temperatur, kalor yang diserap, dan COP) dari pendinginan dengan menggunakan termoelektrik ganda yang dirangkai secara seri.

3. Bagaimana menganalisa kinerja (beda temperatur, kalor yang diserap, dan COP) dari pendinginan dengan menggunakan termoelektrik ganda yang dirangkai secara paralel.
4. Bagaimana menentukan modul terbaik dari ketiga variasi diatas.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa kinerja (beda temperatur, kalor yang diserap, dan COP) dari pendinginan dengan menggunakan termoelektrik tunggal.
2. Menganalisa kinerja (beda temperatur, kalor yang diserap, dan COP) dari pendinginan dengan menggunakan termoelektrik ganda yang dirangkai secara seri.
3. Menganalisa kinerja (beda temperatur, kalor yang diserap, dan COP) dari pendinginan dengan menggunakan termoelektrik ganda yang dirangkai secara paralel.
4. Menentukan modul terbaik dari ketiga variasi diatas.

D. Batasan Masalah

1. Pengujian dilakukan pada dispenser tipe CWD-1300 dan termoelektrik yang digunakan adalah tipe TEC1-12706.
2. Modifikasi alat hanya dilakukan pada rangkaian termoelektrik.
3. Penelitian dilakukan hanya pada bagian pendinginan air.

4. Penelitian tidak membandingkan antara pendingin termoelektrik dengan pendingin konvensional.
5. Penelitian tidak menganalisa pengaruh material termoelektrik.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi ilmu pengetahuan:
 - a. Dapat menambah wawasan pengetahuan dan perbendaharaan ilmu tentang pendingin termoelektrik.
 - b. Dapat memberi referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pendingin termoelektrik.
2. Bagi masyarakat:

Diharapkan dapat menjadikan pendingin termoelektrik sebagai energi alternatif pengganti refrigeran.

BAB II

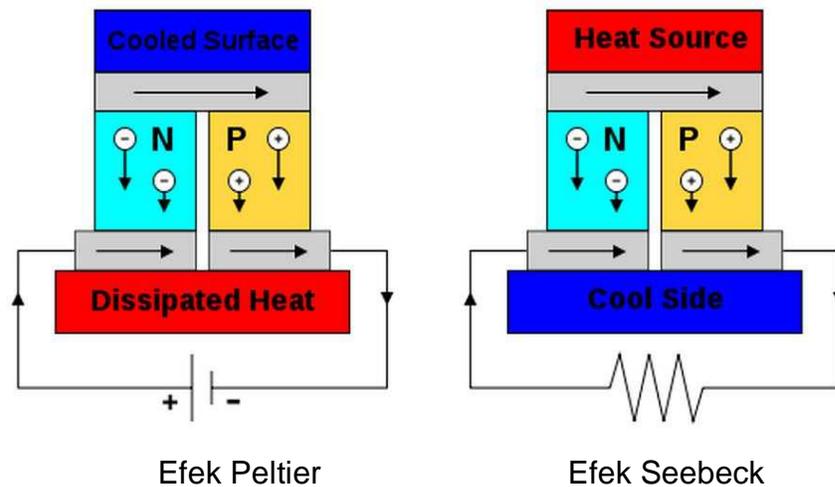
TINJAUAN PUSTAKA

A. Fenomena Termoelektrik

Termoelektrik pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh ilmuwan Jerman, Thomas Johann Seebeck. Ia menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Di antara kedua logam tersebut lalu diletakkan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Belakangan diketahui, hal ini terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek Seebeck (California Institute of Technology,2013).

Penemuan Seebeck ini memberikan inspirasi pada Jean Charles Athanase Peltier untuk melihat 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 1934 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier (Alaoui,2011).

Efek Seebeck dan Peltier inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi termoelektrik.



Gambar 1. Efek pada termoelektrik

Banyak aplikasi lain penggunaan energi termoelektrik yang sedang dikembangkan saat ini, seperti pemanfaatan perbedaan panas di dasar laut dan darat, atau pemanfaatan panas bumi. Kesulitan terbesar dalam pengembangan energi ini adalah mencari material termoelektrik yang memiliki efisiensi konversi energi yang tinggi. Idealnya, material termoelektrik memiliki konduktivitas listrik tinggi dan konduktivitas panas yang rendah. Namun kenyataannya sangat sulit mendapatkan material seperti ini, karena umumnya jika konduktivitas listrik suatu material tinggi, konduktivitas panasnya pun akan tinggi.

Umumnya modul termoelektrik ini berukuran 40mmx40mm atau lebih kecil dan memiliki tebal kurang lebih 4 mm. Umur dari sebuah modul termoelektrik yang sesuai dengan standar industri adalah sekitar 100.000-200.000 jam dan lebih dari 20 tahun jika digunakan sebagai pendingin dan dengan jumlah serta tegangan yang sesuai karakteristik dari setiap modulnya (Djafar,2008).

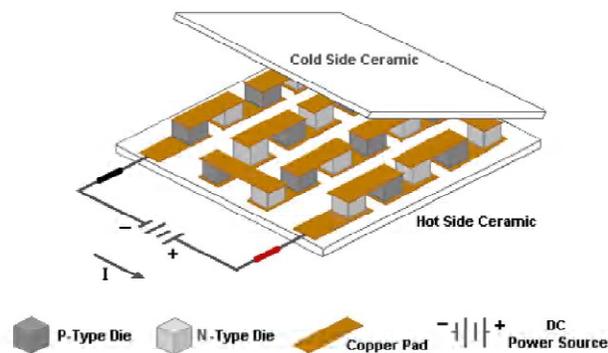
Penelitian awal tentang material termoelektrik pada tahun 1950 dan 1960 menunjukkan bahwa paduan Bismuth Telluride (Bi_2Te_3), Lead Telluride (PbTe) dan Silicon-Germanium (SiGe) sebagai material dengan bilangan Merit terbaik untuk tiga interval temperatur. Bismuth Telluride (Bi_2Te_3) dan paduannya telah digunakan secara luas dalam aplikasi pendinginan termoelektrik dan mempunyai range temperature 180K-450K. Material Lead Telluride (PbTe) dan Silikon Germanium (SiGe) telah digunakan secara luas dalam aplikasi pembangkit daya bertemperatur lebih besar, khususnya pembangkit daya kendaraan angkasa, dan range temperaturnya masing-masing 500K-900K dan 800K-1300K. Penemuan material-material tersebut sebagai material termoelektrik merupakan sesuatu yang baik untuk mendorong perkembangan industri termoelektrik dan banyak dari peserta perintis masih aktif dalam bidang tersebut (Djafar,2008).

Dalam lima puluh tahun terakhir, dengan melakukan percobaan pada campuran komposit, telah ditemukan material termoelektrik yang memiliki performance yang cocok dan dikenal saat ini dengan campuran bismuth

antimony tellurium. Pada 1990-an, ide untuk menggunakan skutterudites telah diaplikasikan. Dimana skutterudites itu sendiri merupakan nama umum untuk cobalt dan nickel ore yang ditemukan dekat di Skuterud, Norway (Rosa, 2009).

B. Prinsip Kerja Termoelektrik

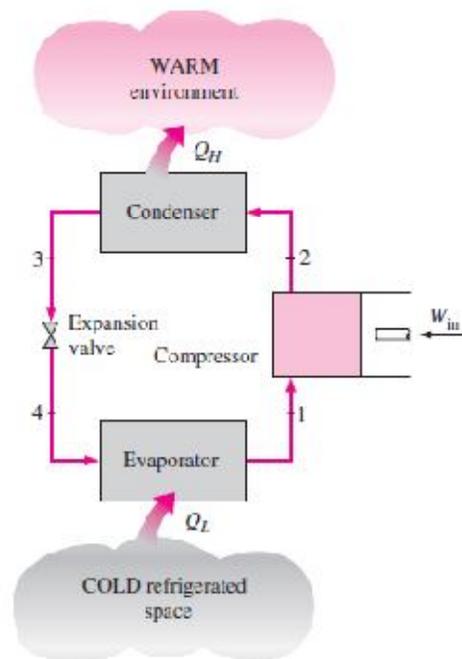
Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan efek Seebeck yaitu jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain.



Gambar 2. Model rangkaian modul termoelektrik

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa

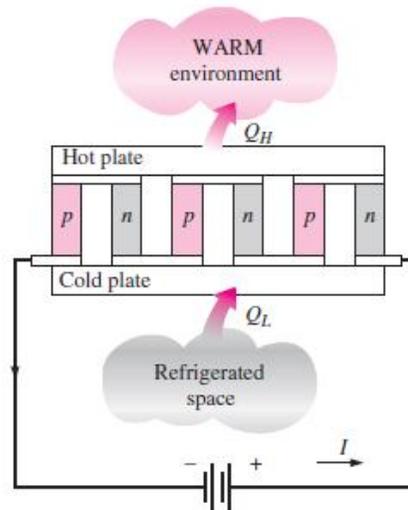
dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya pada mesin-mesin pendingin konvensional yang siklusnya ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema siklus ideal kompresi uap (Çengel and Boles,2006).

Sebuah rangkaian pendingin termoelektrik sederhana menggunakan bahan semikonduktor ditunjukkan pada gambar 4. Kalor yang diserap dari daerah dingin sebesar Q_L dan kalor yang dilepas ke lingkungan sebesar

Q_H . Perbedaan antara besar Q_H dan Q_L adalah besarnya daya listrik bersih yang perlu diberikan pada termoelektrik. Mesin pendingin termoelektrik saat ini tidak dapat bersaing dengan sistem pendingin kompresi uap karena COP yang rendah, tetapi termoelektrik banyak tersedia dipasaran dan bagaimanapun lebih disukai dalam beberapa aplikasi karena memiliki ukuran kecil, simple, tidak berisik, dan sudah teruji (Çengel and Boles,2006).



Gambar 4. Rangkaian mesin pendingin termoelektrik (Çengel and Boles,2006).

Keuntungan termoelektrik dibanding teknologi pendingin aktif yang lain:

1. Biaya yang murah dan jangka waktu service yang lama.
2. Konsumsi energi yang rendah.
3. Tidak dibutuhkan skill khusus untuk instalasi dan service.
4. Ramah lingkungan dan aman.
5. Daya pendinginan dapat dikontrol dengan sangat baik

Akan tetapi kelebihan diatas ada yang bisa tidak tercapai tergantung pada situasinya. Dengan desain sistem yang bagus, kemampuan pendingin TEC dapat meningkat dua kali lipat (Maneewan dkk,2010).

Termoelektrik sebagai pendingin memiliki semikonduktor tipe-N yang menjadikan elektron sebagai pembawa muatan sehingga berperan sangat penting dalam menciptakan efek Peltier.



Gambar 5. Arah aliran elektron pada semikonduktor tipe N (Tellurex. 2010)

Dari sumber arus DC yang terhubung seperti pada gambar 5, elektron akan keluar dari kutub negatif dan akan tertarik ke arah kutub positif sehingga aliran elektron akan searah dengan jarum jam. Dengan aliran elektron yang melalui semikonduktor tipe-N, panas akan diserap pada sisi yang di bawah dan secara aktif dipindahkan ke sisi atas.

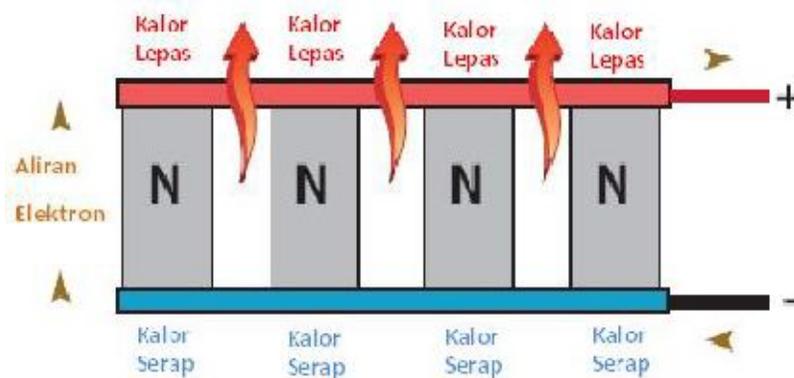
Pada termoelektrik semikonduktor tipe-P juga memiliki peranan untuk menghasilkan pembawa muatan yang dikenal dengan "hole", yang berfungsi untuk membantu elektron untuk bergerak bebas dalam sirkuit ketika diberikan

tegangan. Arus positif yang dihasilkan oleh kutub positif dari sumber DC dan tertarik ke kutub negatif. “Hole” tadi bergerak berlawanan arah dengan elektron yang dihasilkan oleh semikonduktor tipe-N. Sehingga semikonduktor tipe-P ini berfungsi untuk menarik panas atau kalor ke arah kutub negatif (gambar 6).



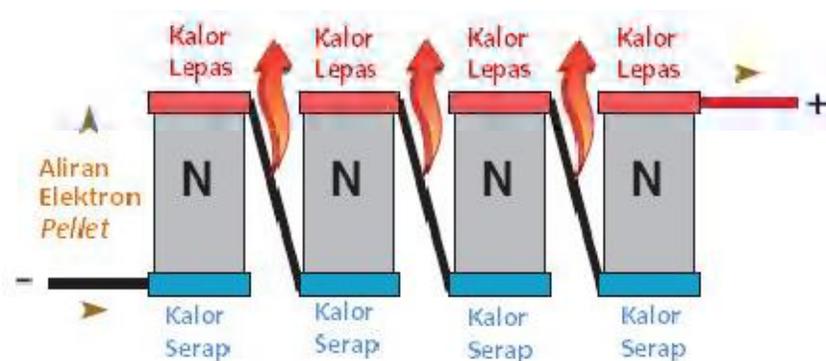
Gambar 6. Arah aliran hole pada semikonduktor tipe P (Tellurex. 2010)

Sebuah modul termoelektrik dapat disusun hanya dengan satu jenis semikonduktor saja (gambar 7), tetapi panas yang dihasilkan jumlahnya tidak besar. Untuk dapat menghasilkan panas dalam kapasitas yang besar dibutuhkan sebuah modul termoelektrik yang memiliki lebih dari satu jenis semikonduktor.



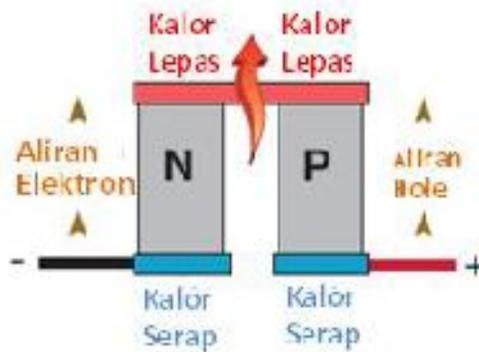
Gambar 7. Rangkaian seri modul termoelektrik dengan semikonduktor tunggal (Tellurex. 2010)

Agar susunannya tetap seri dan termal yang dihasilkan tetap paralel (memompakan panas ke arah yang sama), maka dapat dilakukan dengan menghubungkan secara zig zag semikonduktor tunggal tersebut (gambar 8). Secara teori pemasangan seperti pada gambar dapat dilakukan tetapi hubungan dalam antara tiap-tiap semikonduktor mengakibatkan berkurangnya prestasi dari modul termoelektrik tersebut.



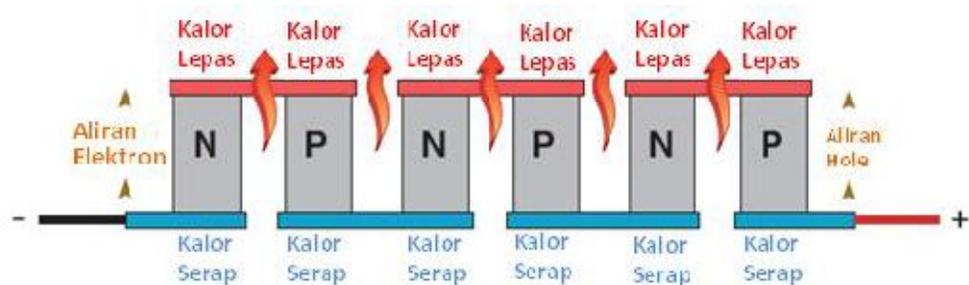
Gambar 8. Rangkaian seri-zigzag modul termoelektrik semikonduktor tunggal (Tellurex. 2010)

Penyusunan semikonduktor tipe-N dan P yang membentuk *junction* dan dihubungkan dengan tembaga, merupakan rangkaian modul termoelektrik saat ini.



Gambar 9. Modul termoelektrik semikonduktor ganda (Tellurex. 2010)

Dengan semikonduktor tipe-P yang terhubung dengan sumber tegangan positif dan bagian akhir dari semikonduktor tipe-N terhubung dengan sumber tegangan negatif, terjadi fenomena yang menarik. Dimana “holes” yang dihasilkan oleh semikonduktor tipe-P ditarik oleh kutub negatif, dan juga kebalikannya elektron yang dihasilkan oleh semikonduktor tipe-N ditarik oleh kutub positif dari sumber tegangan.



Gambar 10. Rangkaian seri modul termoelektrik semikonduktor ganda (Tellurex. 2010)

Dengan demikian berlangsung terus menerus pada saat diberikan arus, beban pembawa dan kalor yang dihasilkan akan mengalir dengan arah yang sama seperti pada gambar 9 dan 10, dengan menggunakan sifat-sifat khusus dari termoelektrik "*couple*", memungkinkan untuk menggabungkan banyak pellet ke dalam sebuah susunan persegi untuk membentuk sebuah modul termoelektrik.

Modul ini dapat menghasilkan kalor dalam jumlah yang dapat diterima, tetapi dengan hubungan kelistrikan yang disusun secara seri, DC *power supplies* dapat digunakan. Modul termoelektrik yang sekarang umum digunakan tersusun dari 254 *pellet* semikonduktor tipe-N dan P yang dapat dioperasikan pada 12-16 VDC dan hanya menggunakan arus sebesar 4-5 ampere.

C. Kinerja Modul Termoelektrik

Dalam menganalisa kinerja modul termoelektrik dapat diamati bahwa perpindahan panas yang terjadi dari beban kalor menuju sisi dingin modul termoelektrik dapat diketahui dari jumlah kalor yang dipompa oleh efek Peltier, panas yang berpindah dari sisi panas ke sisi dingin karena konduktivitas termal material termoelektrik, dan sebagian dari total efek Joule heating yang ditimbulkan oleh arus listrik terhadap tahanan termal(Al-Kaby).

Kalor yang “dipompa” oleh efek Peltier

$$\dot{q}_p = \alpha \cdot T_c \cdot I \quad (1)$$

Dimana :

- \dot{Q}_p = Kalor yang dipompa oleh efek Peltier [W]
- α = Koefisien Seebeck [V/K]
- T_c = Temperatur sisi dingin [K]
- I = Arus listrik yang diberikan pada termoelektrik [A]

Kalor yang berpindah karena konduktivitas termal

$$\dot{q}_k = K \cdot \Delta T \quad (2)$$

Dimana :

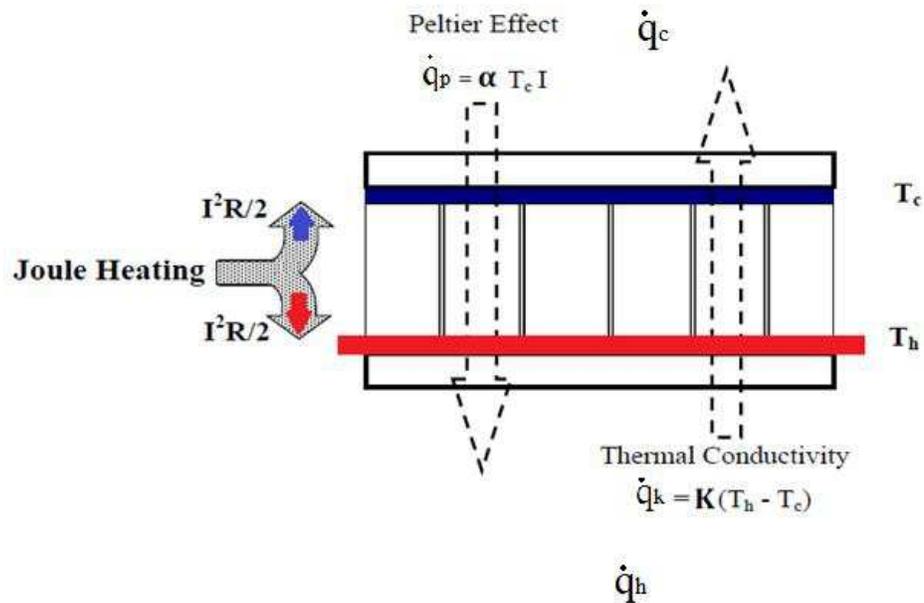
- \dot{Q}_k = Kalor yang berpindah karena konduktivitas termal [W]
- K = Konduktivitas termal [W/K]
- ΔT = Beda temperatur sisi panas dan sisi dingin [K]

Efek Joule heating yang ditimbulkan oleh arus listrik

$$\dot{q}_J = \frac{I^2 \cdot R}{2} \quad (3)$$

Dimana :

- \dot{Q}_j = Efek Joule heating yang ditimbulkan oleh arus listrik [W]
- R = Tahanan elektrik [Ω]



Gambar 11. Perpindahan kalor pada termoelektrik (Al-Kaby)

Dari balans energi diperoleh :

Kalor yang diserap pada sisi dingin modul termoelektrik

$$\dot{q}_c = \alpha \cdot T_c \cdot I - K \cdot \Delta T - \frac{I^2 \cdot R}{2} \quad (4)$$

Dimana :

\dot{q}_c = Kalor yang diserap pada sisi dingin [W]

Seperti sudah diuraikan diatas, pada persamaan (4) memperlihatkan bahwa suku pertama adalah energi listrik yang diberikan, suku kedua adalah energi panas yang diteruskan secara konduksi, dan suku ketiga merupakan rugi-rugi panas akibat arus listrik.

Kalor yang dilepas pada sisi panas modul termoelektrik

$$\dot{q}_h = \alpha \cdot T_c \cdot I - K \cdot \Delta T + \frac{I^2 \cdot R}{2} \quad (5)$$

Dimana :

$$\dot{q}_h = \text{Kalor yang dilepas pada sisi panas [W]}$$

Koefisien Seebeck

$$\alpha = 2 \cdot \alpha_m \cdot N \quad (6)$$

Dimana :

$$\alpha_m = \text{Koefisien Seebeck elemen [V/K]}$$

$$N = \text{Jumlah sambungan elemen pada termoelektrik}$$

$$= 127 \text{ (berdasarkan tipe TEC1-12706)}$$

Koefisien Seebeck elemen

$$\alpha_m = \alpha_0 + \alpha_1 T_{ave} + \alpha_2 T_{ave}^2 \quad (7)$$

Dimana :

$$\alpha_m = \text{Koefisien Seebeck elemen [V/K]}$$

$$\alpha_0 = 2.2224 \times 10^{-5}$$

$$\alpha_1 = 9.306 \times 10^{-7}$$

$$\alpha_2 = -9.905 \times 10^{-10}$$

$$T_{ave} = \text{Temperatur rata-rata sisi dingin dan sisi panas [K]}$$

Konduktivitas termal

$$K = 2 \cdot K_m \cdot N \cdot G \quad (8)$$

Dimana :

K_m = Konduktivitas termal elemen [W/cmK]

G = Faktor geometri elemen [cm]

= 0.121 cm (AZTEC software; version 3.1, Laird Technologies, 2010).

Konduktivitas termal elemen

$$K_m = K_0 + K_1 T_{ave} + K_2 T_{ave}^2 \quad (9)$$

Dimana :

K = konduktivitas termal elemen [W/cmK]

K_0 = 6.2605×10^{-2}

K_1 = -2.777×10^{-4}

K_2 = 4.131×10^{-7}

T_{ave} = Temperatur rata-rata sisi dingin dan sisi panas [K]

Tahanan elektrik

$$R = \frac{2 \cdot \rho \cdot N}{G} \quad (10)$$

Dimana :

ρ = Tahanan elektrik elemen [Ω cm]

Tahanan elektrik elemen

$$\rho = \rho_0 + \rho_1 T_{ave} + \rho_2 T_{ave}^2 \quad (11)$$

Dimana :

$$\rho_0 = 5.112 \times 10^{-5}$$

$$\rho_1 = 1.634 \times 10^{-6}$$

$$\rho_2 = 6.279 \times 10^{-9}$$

$$T_{ave} = \text{Temperatur rata-rata sisi dingin dan sisi panas modul termoelektrik [K]}$$

Dengan mensubstitusi persamaan (6), (8),(10) ke persamaan (4) dapat diperoleh :

Kalor yang diserap pada sisi dingin modul termoelektrik

$$\dot{q}_c = 2N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T \cdot G - \left(\frac{I^2 \rho}{2G} \right) \right] \quad (12)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (6), (8),(10) ke persamaan (5) dapat diperoleh :

Kalor yang dilepas pada sisi panas modul termoelektrik

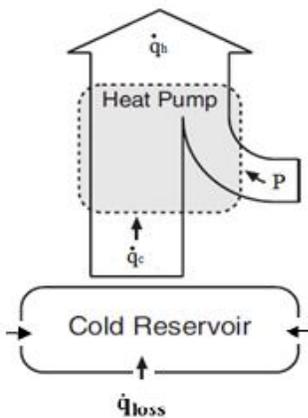
$$\dot{q}_h = 2N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T \cdot G + \left(\frac{I^2 \rho}{2G} \right) \right] \quad (13)$$

Daya listrik yang diberikan pada modul termoelektrik

$$P_{in} = I^2 \cdot R \quad (14)$$

Kesetimbangan energi

$$\dot{q}_h = \dot{q}_c + P_{in} \quad (15)$$



Gambar 12. Kesetimbangan energi pada termoelektrik pendingin

Figure of merit

Figure of merit (Z) merupakan nilai standar untuk menentukan efisiensi material dari termoelektrik. Jika nilai Z meningkat berarti kemampuan material termoelektrik juga meningkat. Nilai figure of merit bervariasi tergantung kebutuhan material termoelektrik terhadap temperatur (Jaworski,2007).

$$Z = \frac{\alpha_m^2}{\rho \cdot K_m} \quad (16)$$

Dimana:

Z = Figure of merit [K^{-1}]

Coefficient of Performance (COP)

COP merupakan ukuran efisiensi dari suatu termoelektrik pendingin yang dapat diketahui dari perbandingan besarnya kalor yang diserap pada sisi dingin terhadap besarnya daya listrik yang masuk (Riffat,2003). Besarnya COP lebih kecil jika dibandingkan dengan COP mesin pendingin kompresi uap (Çengel and Boles,2006).

$$\text{COP} = \frac{\dot{q}_c}{P_{in}} \quad (17)$$

Kalor rata-rata yang diserap pada sisi dingin modul termoelektrik hingga 360 menit

$$\bar{q}_c = \frac{\sum \dot{q}_c}{\sum n} \quad (18)$$

Dimana:

$\sum \dot{q}_c$ = Jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin (W)

$\sum n$ = Jumlah data terjadinya penyerapan kalor

Kalor yang diserap dari air

$$\dot{q}_w = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T_{air}}{\Delta t} \quad (19)$$

Dimana:

\dot{Q}_w = Kalor yang diserap dari air [W]

m = Massa air [kg]

Cp = Kalor spesifik air [J/kgK]

ΔT_{air} = Selisih temperatur air [K]

Δt = Selisih waktu [s]

Kalor rata-rata yang diserap dari air hingga 360 menit :

$$\bar{q}_w = \frac{\sum \dot{q}_w}{\sum n} \quad (20)$$

Dimana:

$\sum \dot{q}_w$ = Jumlah kalor yang diserap dari air (W)

$\sum n$ = Jumlah data terjadinya penyerapan kalor

Secara balance energi, (\dot{q}_{loss}) merupakan selisih dari kalor yang diserap pada sisi dingin nilai (\dot{q}_c) dengan kalor yang diserap dari air (\dot{q}_w).

$$\dot{q}_{loss} = \dot{q}_c - \dot{q}_w \quad (21)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Berdasarkan tipe dan rangkaian termoelektrik, selanjutnya dapat dihitung prestasi dari pendinginan.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Pendingin dan Pemanas Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Januari-April 2013.

C. Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang diperlukan untuk pengambilan data adalah:

1. Modul termoelektrik; tipe TEC1-12706, berukuran 40mmx40mmx3.8mm.



Gambar 13. Modul termoelektrik

2. Dispenser air minum; tipe CWD-1300, daya mendinginkan 75 W.



Gambar 14. Dispenser air minum

3. Termokopel; sebagai sensor untuk mengukur temperatur air dan udara.



Gambar 15. Termokopel

4. Power supply : untuk mengatur besar tegangan dan arus yang masuk pada modul termoelektrik.



Gambar 16. Power supply

5. AVO meter; untuk mengukur arus listrik, tegangan listrik, dan hambatan listrik.



Gambar 17. AVO meter

6. Temperature controller; untuk mengetahui temperature yang dipasang pada titik pengujian.



Gambar 18. Temperatur controller

7. Termal pasta (pasta silicone heat sink compound); untuk memaksimalkan pelepasan kalor pada heatsink.



Gambar 19. Termal pasta

D. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan meliputi :

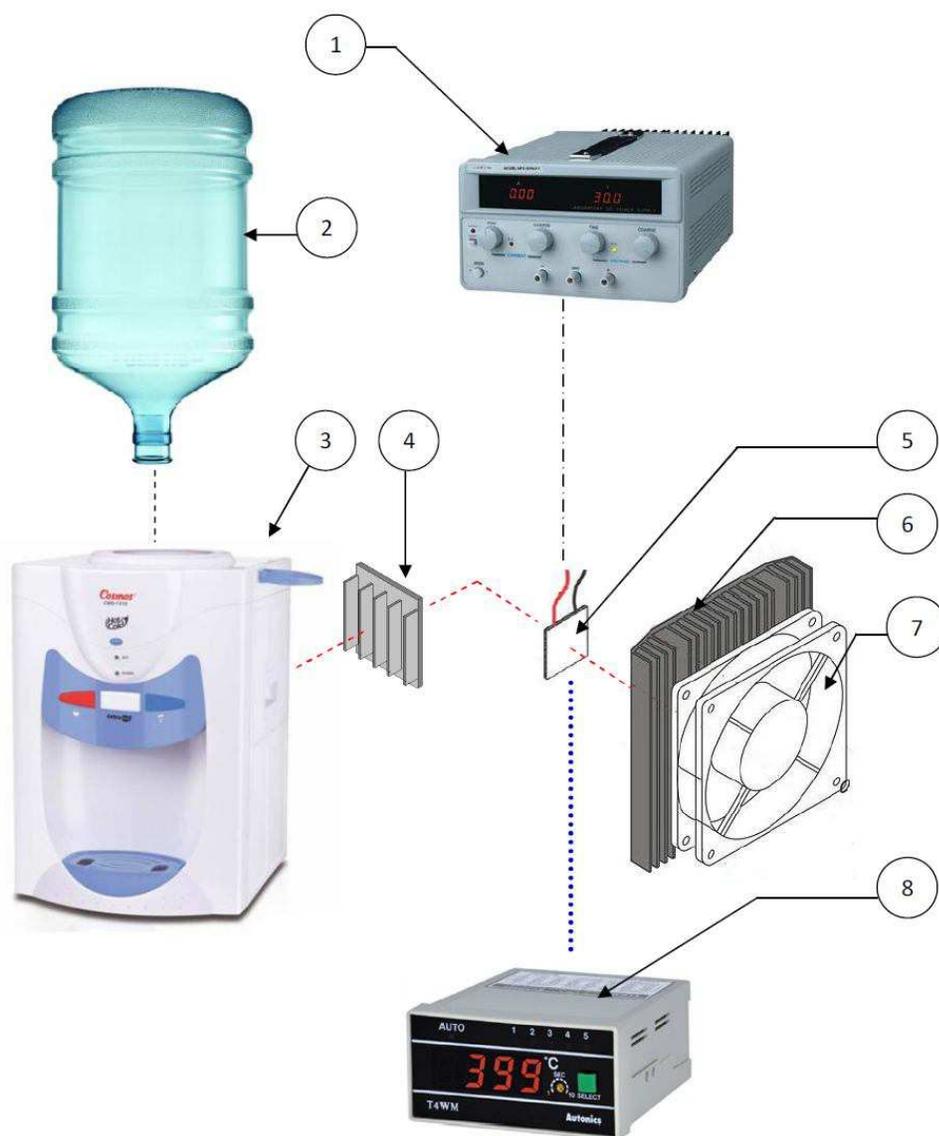
1. Studi kepustakaan

Mempelajari dan mengutip teori yang berkaitan dengan sistem pendinginan termoelektrik.

2. Rancangan Pengujian

a. Pengambilan data menggunakan termokopel dan temperatur controller.

- b. Pengujian prestasi termoelektrik pemberian daya listrik yang divariasikan pada tegangan 8V,10V, dan 12V.
 - c. Pengujian prestasi termoelektrik menggunakan modul tunggal, modul ganda yang dirangkai seri, dan modul ganda yang dirangkai paralel.
 - d. Lamanya pengujian adalah 360 menit.
3. Pengujian karakteristik termoelektrik
- a. Mengukur hambatan listrik modul untuk memastikan keadaan modul.
 - b. Melapisi modul termoelektrik dengan termal pasta.
 - c. Memasang modul (modul tunggal dan modul ganda) yang dilengkapi dengan heatsink.
 - d. Menjalankan sistem dan mencatat data temperatur yang diperoleh dari lima titik yaitu :
 6. T_1 = Temperatur sisi dingin modul termoelektrik
 7. T_2 = Temperatur sisi panas modul termoelektrik
 8. T_3 = Temperatur air dalam tangki pendingin
 9. T_4 = Temperatur air dalam gallon
 10. T_5 = Temperatur ambient
4. Pengolahan data.



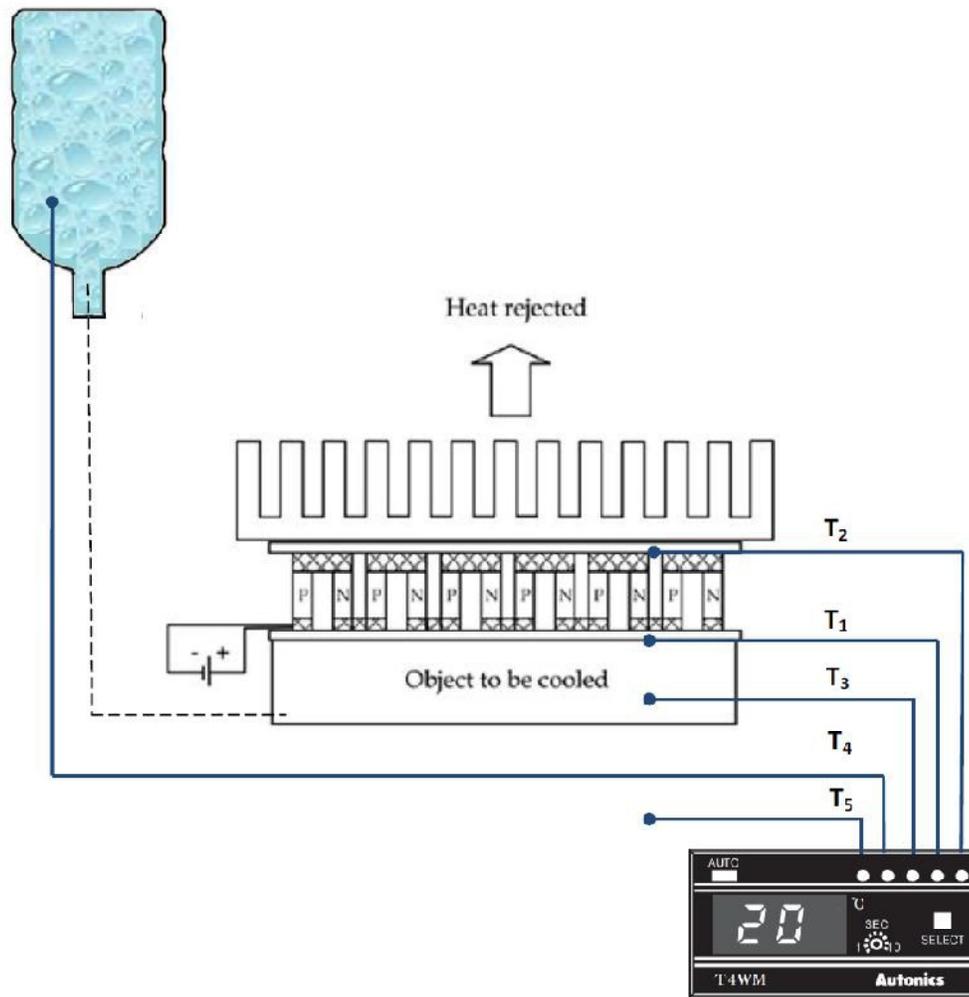
----- Power input

..... Thermocouple input

Keterangan: 1)Power supply; 2) Gallon air minum; 3)Dispenser; 4)Heatsink;

5)Thermoelectric; 6)Heatsink; 7)Fan; 8)Temperature controller

Gambar 20. Skema instalasi alat pengujian



Gambar 21. Skema rangkaian termoelektrik tunggal

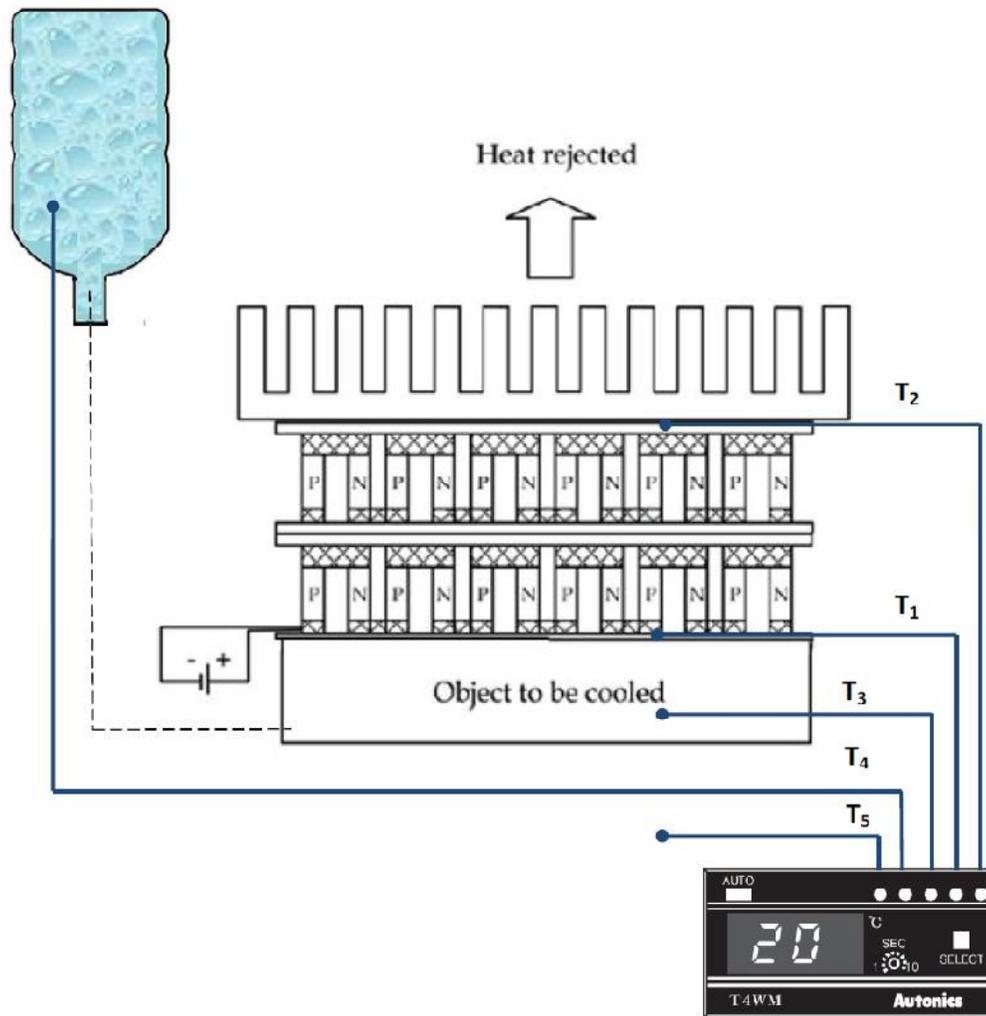
T_1 = Temperatur sisi dingin termoelektrik ($^{\circ}\text{C}$)

T_4 = Temperatur air dalam gallon ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = Temperatur sisi panas termoelektrik ($^{\circ}\text{C}$)

T_5 = Temperatur ambient ($^{\circ}\text{C}$)

T_3 = Temperatur air dalam tangki pendingin ($^{\circ}\text{C}$)



Gambar 22. Skema rangkaian termoelektrik ganda

T₁= Temperatur sisi dingin termoelektrik (°C)

T₄= Temperatur air dalam gallon(°C)

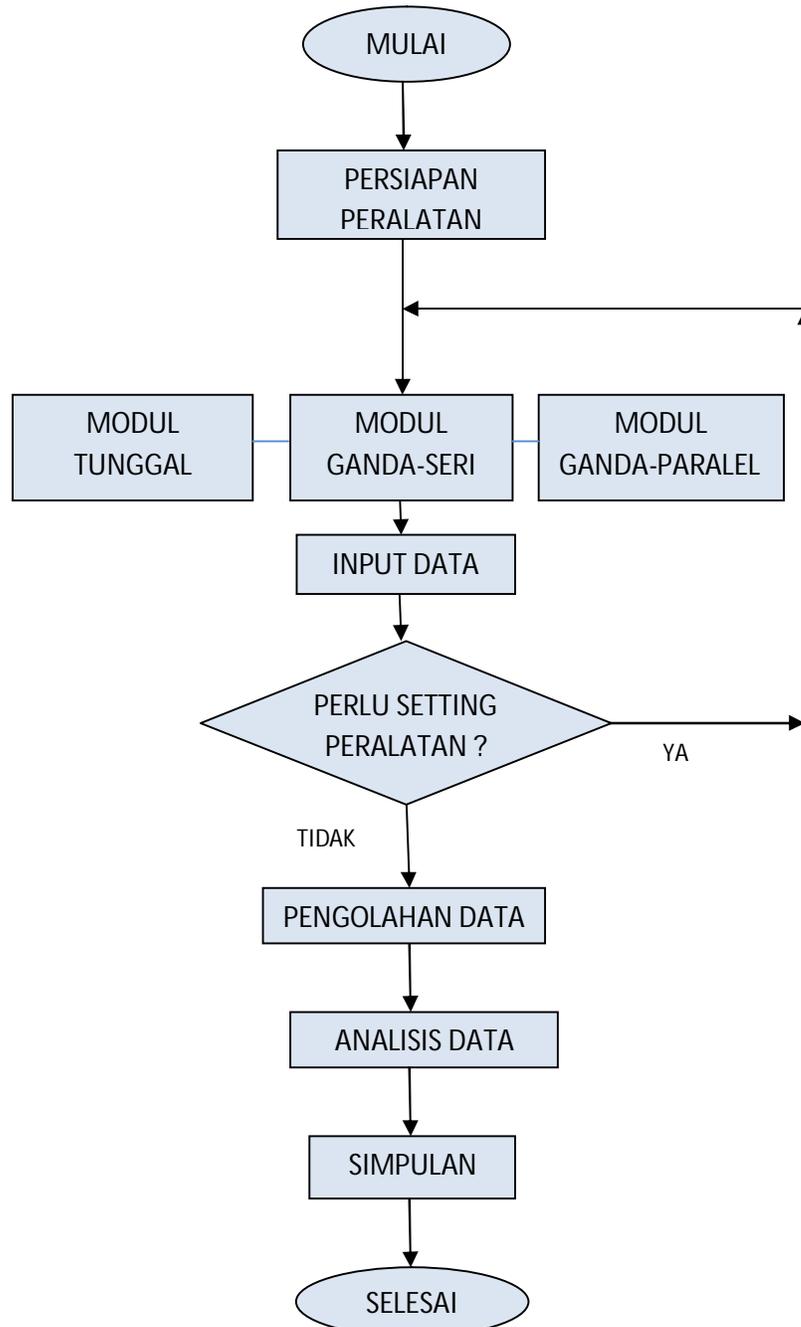
T₂= Temperatur sisi panas termoelektrik(°C)

T₅= Temperatur ambient(°C)

T₃= Temperatur air dalam tangki pendingin(°C)

E. Diagram Alir Penelitian

Proses dari persiapan peralatan sampai dengan pengolahan data dapat ditunjukkan pada diagram dibawah :



Gambar 23. Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Hasil penelitian kinerja termoelektrik tunggal dan ganda dengan variasi tegangan listrik dapat dilihat pada lampiran 1- lampiran 13.
2. Sebagai contoh perhitungan digunakan data-data termoelektrik ganda yang dirangkai seri pada tegangan 10 volt dengan waktu 360 menit.

Koefisien Seebeck elemen

$$\begin{aligned}\alpha_m &= \alpha_0 + \alpha_1 T_{ave} + \alpha_2 T_{ave}^2 \\ &= 2.2224 \times 10^{-5} + 9.306 \times 10^{-7} \times 296 - 9.905 \times 10^{-10} \times 296^2 \\ &= 0.00021 \text{ V/K}\end{aligned}$$

Konduktivitas termal elemen

$$\begin{aligned}K_m &= K_0 + K_1 T_{ave} + K_2 T_{ave}^2 \\ &= 6.2605 \times 10^{-2} - 2.777 \times 10^{-4} \times 296 + 4.131 \times 10^{-7} \times 296^2 \\ &= 0.01660 \text{ W/cmK}\end{aligned}$$

Tahanan elektrik elemen

$$\begin{aligned}\rho &= \rho_0 + \rho_1 T_{ave} + \rho_2 T_{ave}^2 \\ &= 5.112 \times 10^{-5} + 1.634 \times 10^{-6} \times 296 + 6.279 \times 10^{-9} \times 296^2 \\ &= 0.00108 \Omega \text{ cm}\end{aligned}$$

Tahanan elektrik pada rangkaian ganda seri :

$$\begin{aligned}R &= 2 \times \frac{2 \cdot \rho \cdot N}{G} \\ &= \frac{(2)(0.00108)(127)}{0.121} \\ &= 2.30561 \Omega\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada sisi dingin modul termoelektrik ganda seri :

$$\begin{aligned}\dot{q}_c &= 2 \cdot 2 \cdot N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T \cdot G - \left(\frac{I^2 \rho}{2G} \right) \right] \\ &= 2 \times 2 \times 127 \left[0.00021 \times 1.85 \times 282 - 0.01660 \times 28 \times 0.121 \right. \\ &\quad \left. - \left(\frac{1.85^2 \times 0.00111}{2 \times 0.121} \right) \right] \\ &= 19.52810 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang dilepas pada sisi panas modul termoelektrik ganda seri :

$$\begin{aligned}\dot{q}_h &= 2 \cdot 2 \cdot N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T \cdot G + \left(\frac{I^2 p}{2G} \right) \right] \\ &= 2 \times 2 \times 127 \left[0.00021 \times 1.85 \times 282 - 0.01660 \times 28 \times 0.121 \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{1.85^2 \times 0.00111}{2 \times 0.121} \right) \right] \\ &= 35.11722 \text{ W}\end{aligned}$$

Daya listrik yang diberikan pada modul termoelektrik ganda seri:

$$\begin{aligned}P_{in} &= 2 \cdot I^2 \cdot R \\ &= 2 (2.18^2) (2.30561) \\ &= 15.58912 \text{ W}\end{aligned}$$

Kesetimbangan energi

$$\begin{aligned}\dot{q}_h &= \dot{q}_c + P_{in} \\ &= 19.52810 + 15.58912 \\ &= 35.11722 \text{ W}\end{aligned}$$

Figure of merit

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Z} &= \frac{\alpha_m^2}{\rho \cdot K_m} \\
 &= \frac{0.00021^2}{0.00108 \times 0.01660} \\
 &= 0.00247 \text{ K}^{-1}
 \end{aligned}$$

Koefisien prestasi (COP)

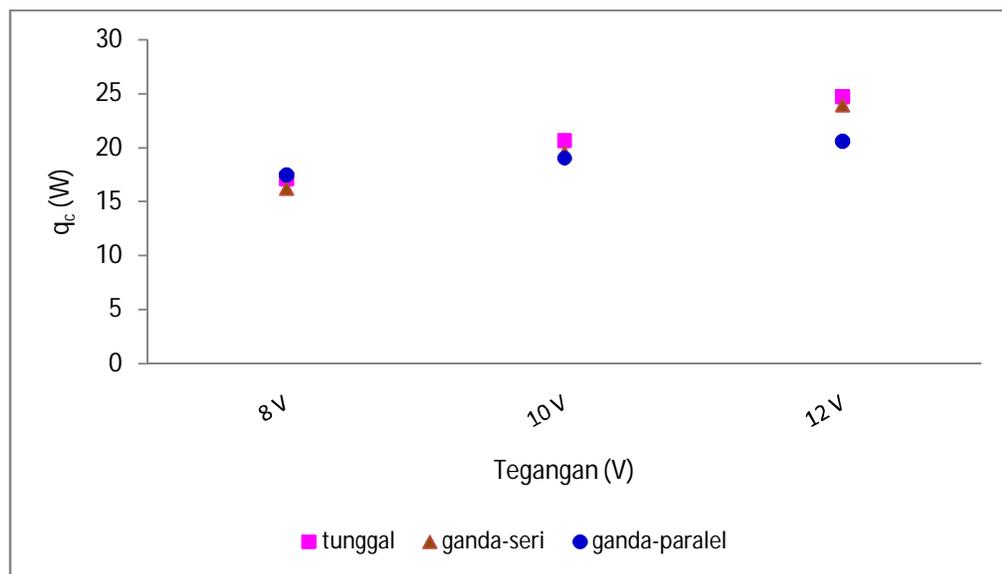
$$\begin{aligned}
 \mathbf{COP} &= \frac{\dot{q}_c}{P_{in}} \\
 &= \frac{19.52810}{15.58912} \\
 &= 1.25268
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai kalor yang diserap sisi dingin (\dot{q}_c), daya listrik (P_{in}), dan COP pada waktu pendinginan 360 menit dapat dilihat pada tabel 1.

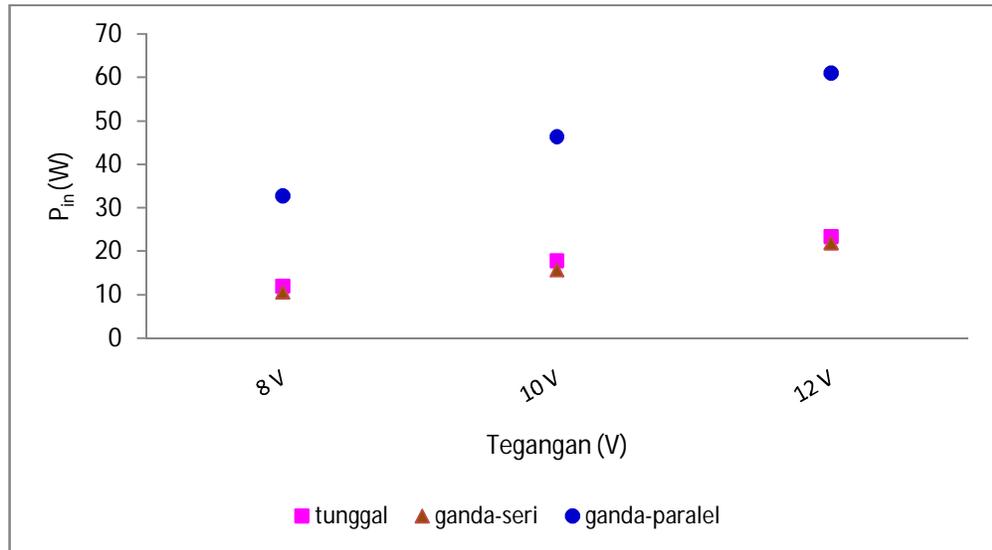
Tabel 1. Nilai kalor yang diserap sisi dingin (\dot{q}_c), daya listrik (P_{in}), dan COP pada waktu pendinginan 360 menit

Tegangan	Tunggal			Ganda Seri			Ganda Paralel		
	q_c (W)	P_{in} (W)	COP	q_c (W)	P_{in} (W)	COP	q_c (W)	P_{in} (W)	COP
8V	17.0753	11.8156	1.44515	16.2361	10.4718	1.55046	17.4419	32.6473	0.53425
10V	20.6189	17.7362	1.16253	19.5281	15.5891	1.25268	19.0113	46.3217	0.41042
12V	24.7174	23.294	1.06111	23.9288	21.9144	1.09192	20.5854	60.9684	0.33764

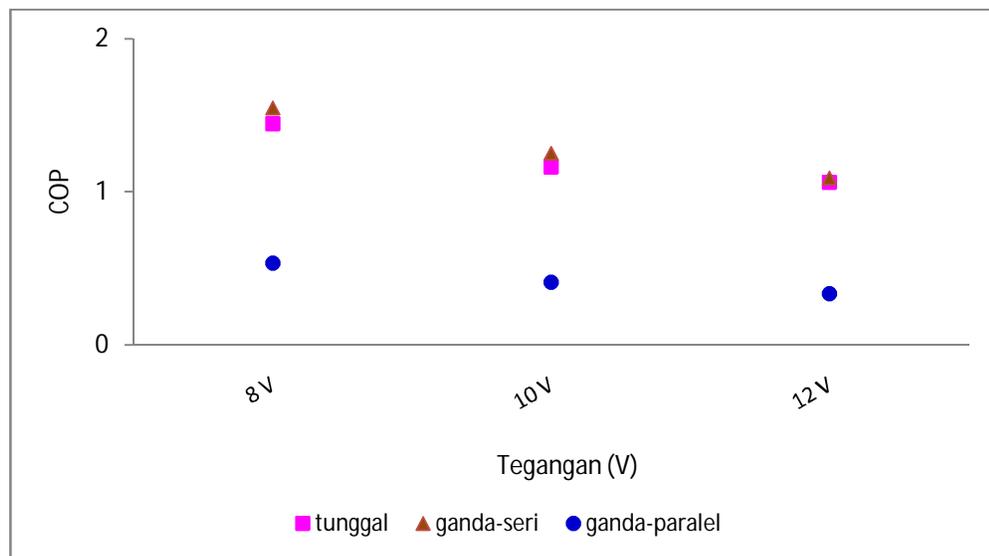
Dari tabel 1, dapat dibuat hubungan antara tegangan yang diberikan terhadap nilai kalor yang diserap sisi dingin (\dot{q}_c), daya listrik (P_{in}), dan COP dalam bentuk grafik.



Gambar 24. Grafik pengaruh tegangan listrik yang diberikan terhadap kalor yang diserap sisi dingin pada 360 menit



Gambar 25. Grafik pengaruh tegangan listrik yang diberikan terhadap daya listrik pada 360 menit



Gambar 26. Grafik pengaruh tegangan yang diberikan terhadap COP pada 360 menit

Kalor rata-rata yang diserap pada sisi dingin modul termoelektrik hingga 360 menit :

$$\begin{aligned}\bar{q}_c &= \frac{\sum \dot{q}_c}{\sum n} \\ &= \frac{1730.06292}{72} \\ &= 24.02865 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap dari air :

Kalor yang diserap dari air dapat diketahui dengan menghitung besar kalor rata-rata yang diserap pada setiap penurunan temperatur hingga 360 menit.

Kalor yang diserap pada temperatur air 26°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T_{\text{air}}}{\Delta t} \\ &= \frac{0.64793 \times 4177.6 \times 1}{300} \\ &= 9.02268 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 25°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64801 \times 4179.2 \times 1}{300} \\ &= 9.03177 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 24°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64809 \times 4180.8 \times 1}{300} \\ &= 9.03177 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 23°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64817 \times 4182.4 \times 1}{300} \\ &= 9.03631 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 22°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64825 \times 4184 \times 1}{300} \\ &= 9.04086 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 21°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64832 \times 4185.6 \times 1}{300} \\ &= 9.04540 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 20°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64840 \times 4187.2 \times 1}{300} \\ &= 9.04995 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 19°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64848 \times 4188.8 \times 1}{300} \\ &= 9.05450 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 18°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64856 \times 4190.4 \times 1}{300} \\ &= 9.05904 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 17°C

$$\dot{q}_w = \frac{0.64864 \times 4192 \times 1}{300}$$

$$= 9.06359 \text{ W}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 16°C

$$\dot{q}_w = \frac{0.64871 \times 4193.6 \times 1}{300}$$

$$= 9.06814 \text{ W}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 15°C

$$\dot{q}_w = \frac{0.64879 \times 4195.2 \times 9}{300}$$

$$= 9.07269 \text{ W}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 14°C

$$\dot{q}_w = \frac{0.64887 \times 4196.8 \times 1}{300}$$

$$= 9.07724 \text{ W}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 13°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64895 \times 4198.4 \times 1}{300} \\ &= 9.08180 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap pada temperatur air 12°C

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= \frac{0.64903 \times 4200 \times 1}{300} \\ &= 9.08635 \text{ W}\end{aligned}$$

Kalor rata-rata yang diserap dari air hingga 360 menit :

$$\bar{q}_w = \frac{\sum \dot{q}_w}{\sum n}$$

$$\begin{aligned}\dot{q}_w &= (9.02268 + 9.02723 + 9.03177 + 9.03631 + 9.04086 + 9.04540 \\ &\quad + 9.04995 + 9.05450 + 9.05904 + 9.06359 + 9.06814 + 9.07269 \\ &\quad + 9.07724 + 9.08180 + 9.08635) / 15 \\ &= 9.05450 \text{ W}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai kalor rata-rata yang diserap sisi dingin (\bar{q}_c) dan yang diserap dari air (\bar{q}_w) hingga 360 menit dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai kalor rata-rata yang diserap sisi dingin (\bar{q}_c) dan yang diserap dari air (\bar{q}_w) hingga 360 menit

Tegangan	Tunggal		Ganda Seri		Ganda Paralel	
	q_c (W)	q_w (W)	q_c (W)	q_w (W)	q_c (W)	q_w (W)
8V	18.6376	9.04086	20.4575	9.04996	18.3952	9.04086
10V	22.0464	9.04086	24.0287	9.0545	19.689	9.02723
12V	26.1171	9.03404	30.0509	9.0545	20.8009	9.0136

B. PEMBAHASAN

Pengujian pada pendingin dispenser air minum telah dilakukan untuk termoelektrik tunggal dan ganda dengan beberapa variasi tegangan. Pada saat pengujian, temperatur ambient berkisar 29°C .

Temperatur sisi panas modul termoelektrik

Pada lampiran 10 grafik 1 dapat dilihat hubungan antara temperatur sisi panas dan waktu pendinginan pada pengujian termoelektrik tunggal dengan variasi tegangan 8V, 10V, dan 12V. Pada kondisi awal sebelum pemberian tegangan, temperatur sisi panas berada pada temperatur ruangan dan setelah pemberian tegangan, temperatur sisi panas akan meningkat hingga mencapai temperatur tertentu. Untuk tegangan 8V mencapai temperatur 42°C , untuk tegangan 10V mencapai temperatur 46°C , dan untuk tegangan 12V mencapai temperatur 50°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada termoelektrik tunggal, temperatur sisi panas akan semakin naik dengan adanya penambahan tegangan.

Lampiran 10 grafik 2 menunjukkan hubungan antara temperatur sisi panas dan lamanya waktu pendinginan untuk termoelektrik ganda yang dirangkai seri. Pada kondisi awal sebelum pemberian tegangan, temperatur sisi panas berada pada temperatur ruangan. Setelah 360 menit, pada tegangan 8V temperatur sisi panas dapat mencapai 34°C , pada tegangan 10V dapat mencapai temperatur 37°C , dan pada tegangan 12V dapat

mencapai temperatur sekitar 40°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada termoelektrik ganda yang dirangkai seri, semakin besar tegangan yang diberikan maka temperatur sisi panas akan semakin meningkat.

Lampiran 10 grafik 3 merupakan hubungan antara temperatur sisi panas dengan waktu pendinginan termoelektrik ganda-paralel. Pada kondisi awal sebelum pemberian tegangan, temperatur sisi panas berada pada temperatur ruangan. Setelah 360 menit, tegangan 8 V dapat mencapai temperatur 44°C , untuk tegangan 10V dapat mencapai temperatur 51°C , dan untuk tegangan 12 V dapat mencapai temperatur 56°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada termoelektrik ganda yang dirangkai paralel, semakin besar tegangan yang diberikan maka temperatur sisi panas akan semakin meningkat.

Lampiran 10 grafik 4 adalah hubungan temperatur sisi panas dengan lamanya waktu pendinginan pada tegangan 8 V. Pada kondisi awal, temperatur sisi panas berada pada temperatur ruangan. Setelah 360 menit, termoelektrik tunggal dan ganda menunjukkan kondisi mendekati konstan, untuk termoelektrik tunggal mencapai temperatur 40°C , untuk termoelektrik ganda seri dapat mencapai temperatur 34°C , dan untuk termoelektrik ganda paralel dapat mencapai temperatur 44°C . Hal ini menunjukkan bahwa untuk tegangan 8 V besarnya temperatur sisi panas tergantung dari variasi rangkaian termoelektrik.

Hubungan temperatur sisi panas dengan lamanya pendinginan pada tegangan 10 V dapat dilihat pada lampiran 10 grafik 5. Pada kondisi awal temperatur sisi panas berada pada temperatur ruangan dan setelah 360 menit temperatur sisi panas menunjukkan temperatur yang mendekati konstan. Untuk termoelektrik tunggal dapat mencapai temperatur 44°C , untuk termoelektrik ganda seri dapat mencapai temperatur 37°C , dan untuk termoelektrik ganda paralel dapat mencapai temperatur 51°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 10 V, variasi rangkaian termoelektrik mempengaruhi besarnya temperatur sisi panas.

Lampiran 10 grafik 6 adalah hubungan temperatur sisi panas dengan waktu pendinginan pada tegangan 12 V. Pada kondisi awal, temperatur sisi panas berada pada temperatur ruangan. Setelah 360 menit, temperatur sisi panas menunjukkan kondisi mendekati konstan. Untuk termoelektrik tunggal, temperatur sisi panas menunjukkan temperatur 48°C , untuk termoelektrik ganda seri menunjukkan temperatur 41°C , dan untuk termoelektrik ganda paralel menunjukkan temperatur 56°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 12 V, besarnya temperatur sisi panas dipengaruhi dari rangkaian termoelektrik.

Temperatur sisi dingin modul termoelektrik

Lampiran 11 grafik 1 merupakan hubungan antara temperatur sisi dingin dengan lamanya waktu pendinginan pada termoelektrik tunggal. Pada

mulanya temperatur sisi dingin berada pada temperatur ruangan kemudian akan menurun hingga mencapai temperatur tertentu.

Temperatur sisi dingin akan terus menurun hingga mendekati kondisi konstan. Untuk tegangan 8 V dapat mencapai 16°C , untuk tegangan 10V dapat mencapai 17°C dan untuk tegangan 12 V dapat mencapai 21°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada termoelektrik tunggal, pemberian tegangan 8 V dan 10 V dapat mencapai temperatur yang lebih rendah dari pemberian tegangan 12 V.

Lampiran 11 grafik 2 merupakan hubungan antara temperatur sisi dingin dan lamanya waktu pendinginan pada termoelektrik ganda yang dirangkai secara seri. Pada kondisi awal, temperatur sisi dingin berada pada temperatur ruangan. Setelah 360 menit, untuk tegangan 8V dapat mencapai temperatur 10°C , pada tegangan 10V dapat mencapai temperatur 9°C , dan pada tegangan 12V dapat mencapai temperatur 10°C . Jika ditinjau dari kecepatan pendinginan, tegangan 10 V lebih baik dibanding tegangan 8 V dan 12 V. Hal ini menunjukkan bahwa untuk termoelektrik ganda yang dirangkai seri, tegangan 10 V dapat mencapai temperatur sisi dingin yang paling rendah diantara ketiga variasi tegangan.

Lampiran 11 grafik 3 merupakan hubungan antara temperatur sisi dingin dengan lamanya waktu pendinginan pada termoelektrik ganda yang dirangkai paralel. Pada kondisi awal, temperatur sisi dingin berada pada temperatur ruangan. Setelah 360 menit, pada tegangan 8V temperatur sisi dingin dapat

mencapai 15°C , pada tegangan 10 V dapat mencapai 21°C dan pada tegangan 12 V dapat mencapai temperatur 29°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada termoelektrik ganda yang dirangkai paralel, tegangan 8 V dapat mencapai temperatur sisi dingin paling rendah diantara ketiga variasi tegangan.

Lampiran 11 grafik 4 merupakan hubungan antara temperatur sisi dingin dengan waktu pendinginan pada tegangan 8V. Pada kondisi awal, temperatur sisi dingin berada pada temperatur ruangan. Setelah 360, untuk termoelektrik tunggal dapat mencapai temperatur sisi dingin sebesar 16°C , untuk rangkaian ganda seri dapat mencapai temperatur 10°C , dan untuk rangkaian ganda paralel dapat mencapai temperatur 15°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 8V, rangkaian ganda seri dapat mencapai temperatur sisi dingin paling rendah diantara ketiga variasi rangkaian.

Lampiran 11 grafik 5 adalah hubungan antara temperatur sisi dingin dengan lamanya waktu pendinginan. Pada kondisi awal, temperatur sisi dingin berada pada temperatur ruangan. Setelah 360 menit, temperatur sisi dingin akan terus menurun hingga temperatur tertentu dan mendekati kondisi konstan. Pada termoelektrik tunggal temperatur sisi dingin dapat mencapai 17°C , pada termoelektrik ganda seri dapat mencapai temperatur 9°C , dan pada termoelektrik ganda paralel dapat mencapai temperatur 21°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 10 V, termoelektrik ganda seri dapat

mencapai temperatur sisi dingin paling rendah diantara ketiga variasi rangkaian.

Lampiran 11 grafik 6 hubungan temperatur sisi dingin dngan lamanya waktu pendinginan pada tegangan 12 V. Pada kondisi awal, temperatur sisi dingin berada pada temperatur ruangan. Setelah 360 menit, temperatur sisi dingin akan turun hingga temperatur tertentu sampai mendekati kondisi konstan. Untuk termoelektrik tunggal temperatur sisi dingin dapat mencapai temperatur 21°C, untuk termoelektrik ganda seri dapat mencapai temperatur 10°C, dan untuk termoelektrik ganda paralel dapat mencapai temperatur 29°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 12 V untuk termoelektrik ganda seri dapat mencapai temperatur sisi dingin yang paling rendah diantara ketiga variasi rangkaian.

Beda temperatur modul termoelektrik

Lampiran 12 grafik 1 adalah hubungan antara beda temperatur ($T_h - T_c$) terhadap lamanya waktu pendinginan untuk termoelektrik tunggal. Pada kondisi awal, nilai beda temperatur adalah nol karena temperatur sisi panas dan sisi dingin sama-sama berada pada temperatur ruangan. Setelah 360 menit, beda temperatur untuk tegangan untuk tegangan 8V sebesar 24°C, untuk tegangan 10 V beda temperatur sebesar 27°C an untuk tegangan 12 V memiliki nilai sebesar 27°C. Hal ini menunjukkan bahwa untuk termoelektrik

tunggal, semakin besar tegangan yang diberikan maka nilai beda temperatur akan semakin besar.

Lampiran 12 grafik 2 adalah hubungan beda temperatur ($T_h - T_c$) dengan lamanya waktu pendinginan pada termoelektrik ganda seri. Pada kondisi awal, beda temperatur menunjukkan nilai nol. Setelah 360 menit nilai beda temperatur untuk tegangan 8 V sebesar 24°C , untuk tegangan 10V sebesar 28°C , dan untuk tegangan 12 V sebesar 31°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada termoelektrik ganda yang dirangkai seri, semakin besar tegangan yang diberikan maka nilai beda temperatur akan semakin meningkat.

Lampiran 12 grafik 3 merupakan hubungan antara beda temperatur ($T_h - T_c$) dengan lamanya pendinginan pada termoelektrik ganda paralel. Pada kondisi awal, beda temperatur berada pada nilai nol. Setelah 360 menit, untuk tegangan 8 V nilai beda temperatur sebesar 29°C , untuk tegangan 10 V nilai beda temperatur sebesar 30°C , dan untuk tegangan 12 V nilai beda temperatur sebesar 27°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada termoelektrik ganda paralel, nilai selisih temperatur paling rendah terjadi pada tegangan 12 V karena nilai T_h dan T_c yang cenderung konstan sejak awal pendinginan.

Lampiran 12 grafik 4 adalah hubungan beda temperatur dengan lamanya waktu pendinginan pada tegangan 8 V. Pada kondisi awal, nilai T_h dan T_c berada pada temperatur ruangan sehingga nilai beda temperatur menunjukkan 0°C . Setelah 360 menit, nilai beda temperatur akan semakin

meningkat sampai pada temperatur tertentu. Untuk termoelektrik tunggal, nilai beda temperatur sebesar 24°C , untuk termoelektrik ganda seri nilai beda temperatur sebesar 24°C , dan untuk termoelektrik ganda paralel sebesar 29°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 8 V, nilai beda temperatur untuk termoelektrik ganda paralel memiliki nilai paling tinggi diantara ketiga variasi rangkaian.

Lampiran 12 grafik 5 adalah hubungan antara beda temperatur dengan lamanya waktu pendinginan pada tegangan 10 V. Pada kondisi awal, nilai T_h dan T_c berada pada temperatur ruangan sehingga nilai beda temperatur menunjukkan nilai 0°C . Setelah 360 menit, nilai beda temperatur akan semakin meningkat hingga kondisinya mendekati konstan. Untuk termoelektrik tunggal, beda temperatur sebesar 27°C , untuk termoelektrik ganda seri, beda temperatur sebesar 24°C , dan untuk termoelektrik ganda paralel, beda temperatur sebesar 30°C . Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 10V, termoelektrik ganda paralel memiliki nilai beda temperatur paling tinggi diantara ketiga variasi rangkaian.

Lampiran 12 grafik 6 adalah hubungan antara beda temperatur dengan lamanya waktu pendinginan pada tegangan 12 V. Pada kondisi awal, nilai T_h dan T_c berada pada temperatur ruangan sehingga nilai beda temperatur berada pada 0°C . Setelah 360 menit, nilai beda temperatur mendekati kondisi konstan. Untuk termoelektrik tunggal, menunjukkan nilai beda temperatur sebesar 27°C , untuk termoelektrik ganda seri nilai selisih temperatur sebesar

24°C, dan untuk termoelektrik ganda paralel, nilai beda temperatur sebesar 27°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 12 V, beda temperatur untuk termoelektrik ganda seri menunjukkan nilai paling tinggi.

Temperatur air yang didinginkan

Lampiran 13 grafik 1 adalah hubungan antara temperatur air yang didinginkan dengan lamanya waktu pendinginan untuk termoelektrik tunggal. Pada awal pendinginan, temperatur air sekitar 29°C kemudian akan terus menurun hingga temperatur tertentu. Untuk tegangan 8 V temperatur air dapat mencapai 16°C, untuk tegangan 10 V dapat mencapai temperatur air sebesar 16°C, dan untuk tegangan 12V dapat mencapai 19°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada termoelektrik tunggal, pemberian tegangan 8 V dan 10 V dapat mencapai temperatur air yang lebih rendah dibandingkan pemberian tegangan 12 V.

Lampiran 13 grafik 2 merupakan hubungan antara temperatur air yang didinginkan dan waktu pendinginan selama 360 menit pada termoelektrik ganda yang dirangkai seri. Pada kondisi awal, temperatur air sekitar 28°C. Setelah 360 menit, untuk tegangan 8 V temperatur air dapat turun hingga 13°C sedangkan untuk tegangan 10 V dan 12 dapat mencapai temperatur air hingga 12°C. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tegangan pada termoelektrik ganda yang dirangkai seri dapat mempercepat penurunan temperatur pada air. Jika dibandingkan antara tegangan 10V dan 12 V pada

awal pendinginan, tegangan 10V dapat mendinginkan lebih cepat dibanding tegangan 12 V. Hal ini menunjukkan kinerja termoelektrik pada pemberian tegangan 10 V masih lebih baik dibanding pada pemberian tegangan 12 V.

Lampiran 13 grafik 3 menunjukan hubungan antara temperatur air yang didinginkan dan lamanya waktu pendinginan. Pada kondisi awal, temperatur air sekitar 29°C. Semakin lama waktu pendinginan maka temperatur air akan semakin menurun. Setelah 360 menit, pada tegangan 8 V temperatur air dapat mencapai 17°C, pada tegangan 10 V temperatur air dapat mencapai 22°C, dan pada tegangan 12 V menunjukkan temperatur 28°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada termoelektrik ganda-paralel, penambahan tegangan tidak selalu memberikan efek yang lebih baik terhadap pendinginan. Pada rangkaian ganda paralel dengan tegangan 12 V dapat dilihat bahwa sangat sedikit kalor yang diserap dari air. Hal ini disebabkan karena sisi panas mencapai temperatur 56°C dan kalor tidak dapat dilepas dengan baik ke udara sehingga sisi dingin termoelektrik hanya dapat mencapai temperatur 29°C dan air hanya dapat mencapai temperatur 28°C.

Lampiran 13 grafik 4 merupakan hubungan antara temperatur air dengan waktu pendinginan. Pada kondisi awal, temperatur air sekitar 28°C. Setelah 360 menit, untuk termoelektrik tunggal temperatur air dapat mencapai 16°C, untuk termoelektrik ganda seri temperatur air dapat mencapai 13°C, dan untuk termoelektrik ganda paralel temperatur air dapat mencapai 17°C. Hal ini menunjukkan bahwa termoelektrik ganda seri dapat

mencapai temperatur air yang paling rendah diantara ketiga variasi rangkaian.

Lampiran 13 grafik 5 adalah grafik hubungan antara temperatur air dengan lamanya waktu pendinginan pada tegangan 10 V. Pada kondisi awal, temperatur air sekitar 28°C. Setelah 360 menit temperatur air mengalami penurunan hingga temperatur tertentu. Untuk termoelektrik tunggal, temperatur air dapat mencapai 16°C, untuk termoelektrik ganda seri dapat mencapai temperatur air 12°C, dan untuk termoelektrik ganda paralel dapat mencapai temperatur air 22°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 10 V, termoelektrik ganda seri lebih baik dibandingkan termoelektrik tunggal dan termoelektrik ganda paralel.

Lampiran 13 grafik 6 merupakan grafik hubungan antara temperatur air dengan lamanya waktu pendinginan pada tegangan 12 V. Pada kondisi awal, temperatur air sekitar 29°C. Setelah 360 menit, untuk termoelektrik tunggal dapat mencapai temperatur air 19°C, untuk termoelektrik ganda seri dapat mencapai temperatur air 12°C, dan untuk termoelektrik ganda paralel temperatur air sebesar 28°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 12 V, termoelektrik ganda seri lebih baik dalam pendinginan dibanding termoelektrik tunggal dan ganda paralel.

Pada lampiran 13 dapat dilihat pengaruh variasi tegangan listrik dan variasi rangkaian termoelektrik terhadap temperatur air yang didinginkan. Dapat diketahui dari grafik 4 sampai grafik 6 bahwa termoelektrik ganda seri

dapat mencapai temperatur air yang paling rendah dan memiliki kecepatan pendinginan yang lebih baik dibanding termoelektrik tunggal dan termoelektrik ganda paralel. Jika dilihat pada grafik 2, termoelektrik ganda-seri dengan variasi tegangan, dapat diketahui bahwa tegangan 10V dan 12 V menunjukkan nilai temperatur air yang paling rendah yaitu sebesar 12°C. Tetapi untuk tegangan 12 V, daya listrik yang dikonsumsi lebih besar dibanding tegangan 10V, sehingga hal ini menunjukkan bahwa modul termoelektrik terbaik adalah dengan rangkaian ganda seri pada tegangan 10V.

Kalor yang diserap pada sisi dingin modul termoelektrik

Gambar 24 menunjukkan grafik pengaruh tegangan listrik yang diberikan terhadap kalor yang diserap sisi dingin pada 360 menit. Dari grafik dapat dilihat peningkatan nilai kalor dipengaruhi dari peningkatan tegangan listrik untuk tiap rangkaian. Untuk tegangan 8V, nilai q_c paling tinggi ditunjukkan oleh rangkaian ganda paralel yaitu sebesar 17.44189 W. Untuk tegangan 10V, nilai q_c paling tinggi ditunjukkan oleh rangkaian tunggal yaitu sebesar 20.61895 W. Untuk tegangan 12 V, nilai q_c paling tinggi ditunjukkan oleh rangkaian tunggal yaitu sebesar 24.71738 W. Jika diamati dari variasi rangkaian, pada pemberian tegangan 8 V, rangkaian ganda paralel menunjukkan nilai yang paling tinggi tetapi setelah penambahan tegangan 10 V dan 12 V, rangkaian ganda paralel menunjukkan nilai yang paling rendah

dibandingkan rangkaian yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan nilai kalor yang diserap sebanding dengan peningkatan tegangan yang diberikan tetapi tergantung dari variasi rangkaian termoelektrik.

Daya listrik yang diberikan pada modul termoelektrik

Pada gambar 25 merupakan grafik dapat diketahui bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada setiap rangkaian maka daya listrik yang digunakan juga semakin besar. Jika dibandingkan dari ketiga variasi rangkaian termoelektrik, rangkaian ganda seri menunjukkan nilai daya listrik yang paling rendah. Hal ini menunjukkan termoelektrik ganda seri merupakan rangkaian yang mengkonsumsi daya listrik paling sedikit diantara ketiga variasi rangkaian.

Coefisien of Performance (COP)

Gambar 26 adalah grafik hubungan antara COP terhadap tegangan yang diberikan dengan variasi rangkaian pada waktu 360 menit. Besarnya COP dipengaruhi dari besarnya nilai kalor yang diserap pada sisi dingin dan besarnya daya listrik yang digunakan. Untuk tegangan 8V, nilai COP paling tinggi ditunjukkan pada rangkaian ganda seri yaitu sebesar 1.55046. Untuk tegangan 10V, nilai COP paling tinggi ditunjukkan pada rangkaian ganda seri yaitu sebesar 1.25268 . Untuk tegangan 12V, nilai COP tertinggi ditunjukkan pada rangkaian ganda seri yaitu sebesar 1.09192. Hal ini menunjukkan

bahwa untuk variasi tegangan yang diberikan, rangkaian ganda seri menunjukkan nilai COP yang paling tinggi dibandingkan variasi rangkaian yang lain.

Pengujian menggunakan modul termoelektrik pendingin yang merupakan pengaplikasian dari efek Peltier untuk memindahkan kalor. Termoelektrik pendingin yang digunakan terdiri dari sejumlah pasangan semikonduktor tipe P dan tipe N yang dihubungkan secara seri termal dan paralel listrik. Kalor yang dipompakan secara langsung dapat diubah dengan mengubah kutub yang dialiri arus DC. Material semikonduktor pada termoelektrik tersusun dari tipe N yang terbuat dari campuran bismuth-telluride-selenium (BiTeSe) dan tipe P yang terbuat dari campuran bismuth-telluride-antimony (BiTeSb). Penggunaan bismuth telluride pada termoelektrik pendingin didasarkan pada beberapa penelitian yang menyimpulkan bahwa bismuth telluride merupakan material yang memiliki performance terbaik meskipun memiliki keterbatasan pada temperatur sisi panasnya(Jaworski,2007).

Pengamatan pada sisi panas, sisi dingin, dan beda temperatur bertujuan untuk melihat bagaimana kinerja termoelektrik ketika pemberian tegangan yang berbeda dengan rangkaian yang berbeda pula. Semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan maka temperatur sisi panas akan semakin tinggi dan akan mendekati kondisi konstan setelah pengamatan selama 360 menit. Begitu juga untuk temperatur sisi dingin akan semakin menurun dengan penambahan tegangan dan akan mendekati kondisi

konstan setelah pengamatan selama 360 menit. Hal ini disebabkan karena pada pengoperasiannya, arus listrik DC mengalir pada modul termoelektrik menyebabkan kalor ditransfer dari satu sisi ke sisi yang lain sehingga menyebabkan terjadinya panas dan dingin (Al-Kaby).

Sesuai dengan prinsip kerja termoelektrik berdasarkan efek peltier, kalor diserap dari sisi dingin sebesar q_c dan kalor dilepas ke lingkungan sebesar q_h . Selisih antara dua kalor tersebut adalah besarnya daya listrik yang dibutuhkan, $P_{in} = q_h - q_c$ (Çengel and Boles, 2006).

Nilai COP merupakan ukuran efisiensi dari suatu termoelektrik pendingin yang dapat diketahui dari perbandingan besarnya kalor yang diserap pada sisi dingin (q_c) terhadap besarnya daya listrik yang masuk (P_{in}). Untuk saat ini termoelektrik pendingin memiliki nilai COP yang masih rendah sehingga belum bisa bersaing dengan sistem pendingin kompresi uap (Çengel and Boles, 2006). Jika beban pendinginan yang sama dipalिकासikan pada jumlah sambungan yang berbeda akan menunjukkan nilai COP yang berbeda. Untuk termoelektrik dengan 127 sambungan elemen diperoleh nilai COP sekitar 1 (Khire dkk, 2005).

Perhitungan kalor yang diserap, kalor yang dilepas, dan daya listrik berhubungan dengan besarnya arus listrik yang ditimbulkan dari tegangan DC yang diberikan. Besarnya arus listrik dipengaruhi dari hambatan atau modul termoelektrik. Semakin besar tegangan listrik maka arus yang ditimbulkan juga semakin besar dan semakin besar hambatan listrik maka

arus yang ditimbulkan akan semakin kecil. Penentuan besarnya hambatan listrik tergantung dari jumlah elemen penyusun modul termoelektrik (Chen dkk, 2002). Untuk termoelektrik ganda, jumlah elemen modul adalah dua kali dari jumlah elemen modul tunggal. Akan tetapi besarnya hambatan juga dipengaruhi dari jenis rangkaian. Untuk termoelektrik ganda seri, besarnya hambatan dan variabel yang dipengaruhi arus listrik adalah dua kali dari termoelektrik tunggal. Sedangkan untuk termoelektrik ganda paralel, besarnya hambatan dan variabel yang berhubungan dengan arus listrik adalah setengah dari termoelektrik tunggal. Hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan kesetimbangan energi yang dapat dilihat pada lampiran tabel hasil perhitungan, dimana besarnya kalor yang dilepas (q_h) adalah jumlah dari daya listrik yang dibutuhkan (P_{in}) dan besarnya kalor yang diserap pada sisi dingin (q_c) (Çengel and Boles, 2006).

Setelah menganalisa kinerja termoelektrik tunggal, dapat diketahui kinerja terbaik dihasilkan dengan pemberian tegangan sebesar 8 V. Hal ini dapat dilihat setelah 360 menit, nilai beda temperatur sebesar 24°C, nilai kalor yang diserap sebesar 17.07525 W, dan COP sebesar 1.44515.

Pada termoelektrik ganda yang dirangkai secara seri, kinerja terbaik dihasilkan dengan pemberian tegangan sebesar 10 V. Hal ini dapat dilihat setelah 360 menit, nilai beda temperatur sebesar 28°C, nilai kalor yang diserap sebesar 19.52810 W, dan COP sebesar 1.25268.

Untuk termoelektrik ganda yang dirangkai secara paralel, kinerja terbaik dihasilkan dengan pemberian tegangan sebesar 8 V. Hal ini dapat dilihat setelah 360 menit, nilai beda temperatur sebesar 29°C, kalor yang diserap sebesar 17.44189 dan COP sebesar 0.53425.

Kinerja termoelektrik juga didasarkan pada peninjauan daya listrik yang dikonsumsi dan kecepatan pendinginan yaitu kemampuan termoelektrik untuk mencapai temperatur air paling rendah selama 360 menit. Dari ketiga variasi rangkaian, dapat diketahui kinerja modul terbaik adalah termoelektrik ganda yang dirangkai secara seri pada tegangan 10 V karena dapat mencapai temperatur air yang paling rendah, konsumsi daya listrik yang paling rendah, dan kecepatan pendinginan yang paling baik. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan termoelektrik dengan dua tingkat atau lebih yang dikombinasikan pada mesin pendingin merupakan metode penting untuk meningkatkan kinerja termoelektrik(Chen dkk,2002).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Setelah menganalisa kinerja termoelektrik tunggal, dapat diketahui kinerja terbaik dihasilkan dengan pemberian tegangan sebesar 8 V.
2. Setelah menganalisa kinerja termoelektrik ganda yang dirangkai secara seri, kinerja terbaik dihasilkan dengan pemberian tegangan sebesar 10 V.
3. Setelah menganalisa kinerja termoelektrik ganda yang dirangkai secara paralel, kinerja terbaik dihasilkan dengan pemberian tegangan sebesar 8 V.
4. Dari ketiga variasi rangkaian, dapat diketahui kinerja modul terbaik adalah termoelektrik ganda yang dirangkai secara seri pada tegangan 10 V.

B. SARAN

1. Diharapkan penelitian termoelektrik pendingin selanjutnya dengan memvariasikan tegangan listrik pada fan.
2. Diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan termoelektrik dengan tipe yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaoui,Chakib. 2011. *Peltier Thermoelectric Modules Modeling and Evaluation*. International Journal of Engineering (IJE), Volume (5) : Issue (1).
- Al-Kaby,Rehab N M. *Study Of Thermal Performance of Thermoelectric Cooling System*. Mechanical department, Babylon University-College of Engineering.
- California Institute of Technology.2013. *Brief History of Thermoelectrics*.(Online).
(<http://thermoelectrics.caltech.edu/thermoelectrics/history.html>).
- Çengel,Yunus A. and Boles,M. A.. 2006. *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 5th ed, McGraw-Hill.
- Chen, Jincan., Zhou,Yinghui., Wang,Hongjie., Wang,Jin T. 2002. *Comparison of the optimal performance of single- and two-stage thermoelectric refrigeration systems*.
- Dewi, Indah S. 2012.*Vaccine Carrier Box*, (Online),
(<http://www.engineeringtown.com/teenagers/index.php/karya-teknologi-bangsa/39-vaccine-carrier-box>, diakses 26 Juli 2012).
- Djafar, Zuryati.2008. *Pengantar Termoelektrik*. Karya Tulis Ilmiah Program Doktor Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- Imaduddin., Kaisar M. 2007. *Desain coolbox dengan pompa kalor elemen peltier*.
- Jaworski,Christopher M. 2007.*Opportunities for Thermoelectric Energy Conversion in Hybrid Vehicles*. The Ohio State University. Department of Mechanical Engineering.
- Khire,Ritesh A., Messac,Achille., Dessel,Steven Van.2005. *Design of thermoelectric heat pump unit for active building envelope systems*. International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 48, 2005, pp 4028-4040.

- Laird Technologies. 2010. *Thermoelectric Handbook*. (<http://www.lairdtech.com>, diakses pada 1 Agustus 2012).
- Maneewan,S., Tipsaenprom,W and Lertsatitthanakorn,C. 2010. *Thermal Comfort Study of a Compact Thermoelectric Air Conditioner*, Journal of Electronic Materials, Vol. 39, No. 9, , DOI: 10.1007/s11664-010-1239-8.
- Riffat, S.B., Ma X. 2003. *Review: Thermoelectrics: a review of present and potential applications*. Applied Thermal Engineering 23 913–935.Pergamon-Elsevier Science Ltd.
- Riyanto,Hendi., Martowibowo, Sigit Y.2010. *Modeling and Prototyping a Mini Portable Thermoelectric Beverage Cooling Device*. ICCHT2010 - 5th International Conference on Cooling and Heating Technologies.
- Rohsenow,Warren M. *Heat and Mass Transfer Laboratory,MIT*. (http://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-997-direct-solar-thermal-to-electrical-energy-conversion-technologies-fall-2009/audio-lectures/MIT2_997F09_lec02.pdf ,diakses pada 1 Juli 2013).
- Rosa, Aldo Viera da. 2009. *Fundamentals of Renewable Energy Processes,second edition*. Academic Press. United States of America.
- Sulistiowati,Ni Made Dian. *Implementasi Pendingin Termoelektrik Pada Teknologi Cryosurgery*. Program Magister Keperawatan Fakultas Ilmu Keperawatan Universitas Indonesia.
- Tellurex. 2010. *Introduction to Thermoelectric*. 1462 International Drive.Traverse Citi,MI. (<http://www.tellurex.com>).
- Termoelektrik. 2012. *Pemanfaatan Energi Panas Menjadi Energi Listrik*. (<http://majalahenergi.com>, diakses pada 1 Agustus 2012).

Lampiran 1a

Tabel Data Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
0	29	30	1	29	29	30	0	0
5	27	42	15	29	29	30	2.25	8
10	26	41	15	28	29	30	2.25	8
15	26	41	15	28	29	30	2.25	8
20	25	41	16	27	29	30	2.25	8
25	25	41	16	27	29	30	2.25	8
30	24	41	17	25	29	30	2.25	8
35	24	41	17	25	29	30	2.25	8
40	24	41	17	25	29	30	2.25	8
45	23	41	18	25	29	30	2.25	8
50	23	41	18	24	29	30	2.25	8
55	22	41	19	24	29	30	2.25	8
60	22	41	19	23	29	30	2.25	8
65	22	41	19	23	29	30	2.25	8
70	21	41	20	23	29	30	2.25	8
75	21	41	20	22	29	31	2.25	8
80	21	41	20	22	29	31	2.25	8
85	21	41	20	22	29	31	2.25	8
90	21	41	20	22	29	31	2.25	8
95	21	41	20	22	29	31	2.25	8
100	20	41	21	22	29	31	2.25	8
105	20	41	21	21	29	31	2.25	8
110	20	41	21	21	29	31	2.25	8
115	20	40	20	20	29	31	2.25	8
120	19	40	21	20	29	31	2.25	8
125	19	40	21	20	29	31	2.25	8
130	19	40	21	19	29	31	2.25	8
135	19	40	21	19	29	31	2.25	8
140	18	40	22	19	29	31	2.25	8
145	18	40	22	19	29	31	2.25	8
150	18	40	22	18	29	31	2.25	8
155	18	40	22	18	29	31	2.25	8
160	18	40	22	18	29	31	2.25	8
165	18	40	22	18	29	31	2.25	8
170	18	40	22	18	29	31	2.25	8
175	17	40	23	18	29	31	2.25	8
180	17	40	23	18	29	31	2.25	8

Lampiran 1a

Tabel Data Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
185	17	40	23	18	29	31	2.25	8
190	17	40	23	17	29	31	2.24	8
195	17	40	23	17	29	31	2.24	8
200	17	40	23	17	29	31	2.24	8
205	17	40	23	17	29	31	2.25	8
210	17	40	23	17	29	31	2.25	8
215	17	40	23	17	29	31	2.25	8
220	17	40	23	17	29	31	2.25	8
225	17	40	23	17	29	31	2.25	8
230	17	40	23	17	29	31	2.25	8
235	17	40	23	17	29	31	2.25	8
240	17	40	23	17	29	31	2.25	8
245	17	40	23	17	29	31	2.25	8
250	17	40	23	17	29	31	2.25	8
255	17	40	23	16	29	31	2.24	8
260	17	40	23	16	29	31	2.24	8
265	16	40	24	16	29	31	2.24	8
270	16	40	24	16	29	31	2.24	8
275	16	40	24	16	29	31	2.24	8
280	16	40	24	16	29	31	2.24	8
285	16	40	24	16	29	31	2.23	8
290	16	40	24	16	29	31	2.23	8
295	16	40	24	16	29	31	2.23	8
300	16	40	24	16	29	31	2.23	8
305	16	40	24	16	29	31	2.23	8
310	16	40	24	16	29	31	2.23	8
315	16	40	24	16	29	31	2.23	8
320	16	40	24	16	29	31	2.23	8
325	16	40	24	16	29	31	2.23	8
330	16	40	24	16	29	31	2.25	8
335	16	40	24	16	29	31	2.25	8
340	16	40	24	16	29	31	2.25	8
345	16	40	24	16	29	31	2.25	8
350	16	40	24	16	29	31	2.25	8
355	16	40	24	16	29	31	2.25	8
360	16	40	24	16	29	31	2.25	8

Lampiran 1b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
0	0,64887	4196,8	0	0	0,00021	0,01640	0,00112	0,00247	0	0	0	0
5	0,64774	4173,6	0	0	0,00021	0,01627	0,00115	0,00247	12,19237	1,90417	23,21629	35,40866
10	0,64778	4174,4	1	9,01360	0,00021	0,01630	0,00114	0,00247	12,13403	1,90016	23,05656	35,19059
15	0,64782	4175,2	0	0	0,00021	0,01630	0,00114	0,00247	12,13403	1,90016	23,05656	35,19059
20	0,64786	4176	1	9,01814	0,00021	0,01631	0,00114	0,00247	12,10491	1,85165	22,41405	34,51896
25	0,64789	4176,8	0	0	0,00021	0,01631	0,00114	0,00247	12,10491	1,85165	22,41405	34,51896
30	0,64793	4177,6	1	9,02268	0,00021	0,01632	0,00114	0,00247	12,07583	1,80284	21,77076	33,84659
35	0,64797	4178,4	0	0	0,00021	0,01632	0,00114	0,00247	12,07583	1,80284	21,77076	33,84659
40	0,64801	4179,2	1	9,02723	0,00021	0,01632	0,00114	0,00247	12,07583	1,80284	21,77076	33,84659
45	0,64805	4180	0	0	0,00021	0,01634	0,00113	0,00247	12,04678	1,75372	21,12666	33,17344
50	0,64809	4180,8	1	9,03177	0,00021	0,01634	0,00113	0,00247	12,04678	1,75372	21,12666	33,17344
55	0,64813	4181,6	0	0	0,00021	0,01635	0,00113	0,00247	12,01776	1,70429	20,48175	32,49951
60	0,64817	4182,4	1	9,03631	0,00021	0,01635	0,00113	0,00247	12,01776	1,70429	20,48175	32,49951
65	0,64821	4183,2	0	0	0,00021	0,01635	0,00113	0,00247	12,01776	1,70429	20,48175	32,49951
70	0,64821	4183,2	0	0	0,00021	0,01636	0,00113	0,00247	11,98878	1,65455	19,83601	31,82478
75	0,64825	4184	1	9,04086	0,00021	0,01636	0,00113	0,00247	11,98878	1,65455	19,83601	31,82478
80	0,64828	4184,8	0	0	0,00021	0,01636	0,00113	0,00247	11,98878	1,65455	19,83601	31,82478
85	0,64828	4184,8	0	0	0,00021	0,01636	0,00113	0,00247	11,98878	1,65455	19,83601	31,82478
90	0,64828	4184,8	0	0	0,00021	0,01636	0,00113	0,00247	11,98878	1,65455	19,83601	31,82478
95	0,64828	4184,8	0	0	0,00021	0,01636	0,00113	0,00247	11,98878	1,65455	19,83601	31,82478
100	0,64828	4184,8	0	0	0,00021	0,01637	0,00113	0,00247	11,95983	1,60449	19,18941	31,14923
105	0,64832	4185,6	1	9,04540	0,00021	0,01637	0,00113	0,00247	11,95983	1,60449	19,18941	31,14923
110	0,64836	4186,4	0	0	0,00021	0,01637	0,00113	0,00247	11,95983	1,60449	19,18941	31,14923
115	0,64840	4187,2	1	9,04995	0,00021	0,01639	0,00112	0,00247	11,93091	1,64876	19,67116	31,60207
120	0,64844	4188	0	0	0,00021	0,01640	0,00112	0,00247	11,90202	1,59835	19,02355	30,92557
125	0,64844	4188	0	0	0,00021	0,01640	0,00112	0,00247	11,90202	1,59835	19,02355	30,92557
130	0,64848	4188,8	1	9,05450	0,00021	0,01640	0,00112	0,00247	11,90202	1,59835	19,02355	30,92557
135	0,64852	4189,6	0	0	0,00021	0,01640	0,00112	0,00247	11,90202	1,59835	19,02355	30,92557
140	0,64852	4189,6	0	0	0,00021	0,01642	0,00112	0,00247	11,87317	1,54761	18,37504	30,24821
145	0,64852	4189,6	0	0	0,00021	0,01642	0,00112	0,00247	11,87317	1,54761	18,37504	30,24821
150	0,64856	4190,4	1	9,05904	0,00021	0,01642	0,00112	0,00247	11,87317	1,54761	18,37504	30,24821
155	0,64860	4191,2	0	0	0,00021	0,01642	0,00112	0,00247	11,87317	1,54761	18,37504	30,24821
160	0,64860	4191,2	0	0	0,00021	0,01642	0,00112	0,00247	11,87317	1,54761	18,37504	30,24821
165	0,64860	4191,2	0	0	0,00021	0,01642	0,00112	0,00247	11,87317	1,54761	18,37504	30,24821
170	0,64860	4191,2	0	0	0,00021	0,01642	0,00112	0,00247	11,87317	1,54761	18,37504	30,24821
175	0,64860	4191,2	0	0	0,00021	0,01643	0,00111	0,00247	11,84436	1,49654	17,72561	29,56997
180	0,64860	4191,2	0	0	0,00021	0,01643	0,00111	0,00247	11,84436	1,49654	17,72561	29,56997

Lampiran 1b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	K_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K ⁻¹]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
135	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
137	0.64864	4192	1	9.06359	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.73931	1.50106	17.62142	29.36072
139	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.73931	1.50106	17.62142	29.36072
200	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.73931	1.50106	17.62142	29.36072
205	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
210	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
215	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
220	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
225	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
230	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
235	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
240	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
245	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
250	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.84436	1.49654	17.72561	29.56997
255	0.64871	4193.6	1	9.06814	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.73931	1.50106	17.62142	29.36072
260	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	11.73931	1.50106	17.62142	29.36072
255	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.71078	1.44923	16.97159	28.68237
270	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.71078	1.44923	16.97159	28.68237
275	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.71078	1.44923	16.97159	28.68237
280	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.71078	1.44923	16.97159	28.68237
285	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.60645	1.45330	16.8677	28.47415
290	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.60645	1.45330	16.8677	28.47415
295	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.60645	1.45330	16.8677	28.47415
300	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.60645	1.45330	16.8677	28.47415
305	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.60645	1.45330	16.8677	28.47415
310	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.60645	1.45330	16.8677	28.47415
315	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.60645	1.45330	16.8677	28.47415
320	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.60645	1.45330	16.8677	28.47415
325	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.60645	1.45330	16.8677	28.47415
330	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.81557	1.44515	17.07525	28.89083
335	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.81557	1.44515	17.07525	28.89083
340	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.81557	1.44515	17.07525	28.89083
345	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.81557	1.44515	17.07525	28.89083
350	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.81557	1.44515	17.07525	28.89083
355	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.81557	1.44515	17.07525	28.89083
360	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	11.81557	1.44515	17.07525	28.89083

Lampiran 2a

Tabel Data Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
0	29	30	1	29	29	30	0	0
5	27	46	19	29	29	30	2.73	10
10	26	46	20	28	29	31	2.73	10
15	26	45	19	28	29	31	2.73	10
20	25	45	20	27	29	31	2.73	10
25	25	45	20	26	29	31	2.73	10
30	25	45	20	26	29	31	2.73	10
35	24	45	21	26	29	31	2.73	10
40	24	45	21	25	29	31	2.73	10
45	24	45	21	25	29	31	2.73	10
50	23	45	22	24	29	31	2.73	10
55	23	45	22	24	29	31	2.73	10
60	23	45	22	24	29	31	2.73	10
65	22	45	23	23	29	31	2.73	10
70	22	45	23	23	29	31	2.73	10
75	22	45	23	23	29	31	2.73	10
80	21	45	24	22	29	31	2.73	10
85	21	44	23	22	29	31	2.73	10
90	21	44	23	22	29	31	2.73	10
95	21	44	23	21	29	31	2.74	10
100	20	44	24	21	29	31	2.74	10
105	20	44	24	21	29	31	2.74	10
110	20	44	24	20	29	31	2.74	10
115	20	44	24	20	29	31	2.74	10
120	20	44	24	20	29	31	2.74	10
125	19	44	25	20	29	31	2.73	10
130	19	44	25	20	29	31	2.73	10
135	19	44	25	19	29	31	2.73	10
140	19	44	25	19	29	31	2.73	10
145	19	44	25	19	29	31	2.73	10
150	19	44	25	19	29	31	2.74	10
155	19	44	25	19	29	31	2.74	10
160	19	44	25	19	29	31	2.74	10
165	19	44	25	18	29	31	2.74	10
170	18	44	26	18	29	31	2.74	10
175	18	44	26	18	29	31	2.74	10
180	18	44	26	18	29	31	2.74	10

Lampiran 2a

Tabel Data Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
185	18	44	26	18	29	31	2.74	10
190	18	44	26	18	29	31	2.74	10
195	18	44	26	18	29	30	2.74	10
200	18	44	26	18	29	30	2.74	10
205	18	44	26	18	29	30	2.74	10
210	18	44	26	18	29	30	2.74	10
215	18	44	26	18	29	30	2.74	10
220	18	44	26	18	29	30	2.74	10
225	18	44	26	17	29	30	2.74	10
230	18	44	26	17	29	30	2.74	10
235	18	44	26	17	29	30	2.74	10
240	17	44	27	17	29	30	2.74	10
245	17	44	27	17	29	30	2.74	10
250	17	44	27	17	29	30	2.74	10
255	17	44	27	17	29	30	2.74	10
260	17	44	27	17	29	31	2.74	10
265	17	44	27	17	29	31	2.74	10
270	17	44	27	17	29	31	2.74	10
275	17	44	27	16	29	30	2.74	10
280	17	44	27	16	29	30	2.74	10
285	17	44	27	16	29	30	2.74	10
290	17	44	27	16	29	30	2.74	10
295	17	44	27	16	29	30	2.74	10
300	17	44	27	16	29	30	2.74	10
305	17	44	27	16	29	31	2.74	10
310	17	44	27	16	29	31	2.74	10
315	17	44	27	16	29	31	2.74	10
320	17	44	27	16	29	31	2.74	10
325	17	44	27	16	29	30	2.74	10
330	17	44	27	16	29	30	2.74	10
335	17	44	27	16	29	30	2.74	10
340	17	44	27	16	29	31	2.74	10
345	17	44	27	16	29	31	2.74	10
350	17	44	27	16	29	31	2.74	10
355	17	44	27	16	29	31	2.74	10
360	17	44	27	16	29	31	2.74	10

Lampiran 2b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_n (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
0	0.64867	4196.8	29	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	0	0	0	0
5	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	18.12168	1.44934	25.26441	44.38609
10	0.64778	4174.4	1	9.01360	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	18.07852	1.41594	25.59912	43.67664
15	0.64782	4175.2	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	18.03541	1.34599	26.07908	44.1245
20	0.64786	4176	1	9.01814	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	17.99234	1.41238	25.41194	43.40428
25	0.64792	4177.6	1	9.02268	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	17.99234	1.41238	25.41194	43.40428
30	0.64797	4178.4	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	17.99234	1.41238	25.41194	43.40428
35	0.64797	4178.4	0	0	0.00021	0.01627	0.00115	0.00247	17.94933	1.37855	24.74104	42.69337
40	0.64801	4179.2	1	9.02723	0.00021	0.01627	0.00115	0.00247	17.94933	1.37855	24.74104	42.69337
45	0.64805	4180	0	0	0.00021	0.01627	0.00115	0.00247	17.94933	1.37855	24.74104	42.69337
50	0.64809	4180.8	1	9.03177	0.00021	0.01629	0.00114	0.00247	17.90637	1.34451	24.07538	41.98174
55	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01629	0.00114	0.00247	17.90637	1.34451	24.07538	41.98174
60	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01629	0.00114	0.00247	17.90637	1.34451	24.07538	41.98174
65	0.64817	4182.4	1	9.03631	0.00021	0.01630	0.00114	0.00247	17.86345	1.31027	23.40593	41.26938
70	0.64821	4183.2	0	0	0.00021	0.01630	0.00114	0.00247	17.86345	1.31027	23.40593	41.26938
75	0.64821	4183.2	0	0	0.00021	0.01630	0.00114	0.00247	17.86345	1.31027	23.40593	41.26938
80	0.64825	4184	1	9.04086	0.00021	0.01631	0.00114	0.00247	17.82058	1.27581	22.73565	40.55627
85	0.64828	4184.8	0	0	0.00021	0.01632	0.00114	0.00247	17.77777	1.30592	23.21538	40.99414
90	0.64828	4184.8	0	0	0.00021	0.01632	0.00114	0.00247	17.77777	1.30592	23.21538	40.99414
95	0.64832	4185.6	1	9.04540	0.00021	0.01632	0.00114	0.00247	17.90625	1.30169	23.311	41.21925
100	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01634	0.00113	0.00247	17.86516	1.26723	22.63927	40.50443
105	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01634	0.00113	0.00247	17.86516	1.26723	22.63927	40.50443
110	0.64840	4187.2	1	9.04995	0.00021	0.01634	0.00113	0.00247	17.86516	1.26723	22.63927	40.50443
115	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01634	0.00113	0.00247	17.86516	1.26723	22.63927	40.50443
120	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01634	0.00113	0.00247	17.86516	1.26723	22.63927	40.50443
125	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	17.69228	1.23631	21.87308	39.56536
130	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	17.69228	1.23631	21.87308	39.56536
135	0.64848	4188.8	1	9.05450	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	17.69228	1.23631	21.87308	39.56536
140	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	17.69228	1.23631	21.87308	39.56536
145	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	17.69228	1.23631	21.87308	39.56536
150	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	17.82213	1.23255	21.96569	39.78882
155	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	17.82213	1.23255	21.96569	39.78882
160	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	17.82213	1.23255	21.96569	39.78882
165	0.64856	4190.4	1	9.05904	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	17.82213	1.23255	21.96569	39.78882
170	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.19765	21.29326	39.07241
175	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.19765	21.29326	39.07241
180	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.19765	21.29326	39.07241

Lampiran 2b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m [V/K]	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	z [K ⁻¹]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
185	0.6486	4191.2	0	0	0.000214	0.016361	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
190	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
195	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
200	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
205	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
210	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
215	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
220	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
225	0.64864	4192	1	9.06859	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
230	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
235	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	17.77915	1.15765	21.29326	39.07241
240	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
245	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
250	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
255	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
260	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
265	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
270	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
275	0.64871	4193.6	1	9.06814	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
280	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
285	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
290	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
295	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
300	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
305	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
310	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
315	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
320	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
325	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
330	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
335	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
340	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
345	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
350	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
355	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516
360	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	17.73621	1.16253	20.51895	38.35516

Lampiran 3a

Tabel Data Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
0	29	30	1	29	29	30	0	0
5	29	50	21	28	29	31	3.09	12
10	29	50	21	28	29	31	3.09	12
15	28	50	22	27	29	31	3.1	12
20	28	50	22	27	29	31	3.1	12
25	28	50	22	27	29	31	3.1	12
30	27	50	23	26	29	31	3.1	12
35	27	50	23	26	29	31	3.1	12
40	27	50	23	26	29	31	3.1	12
45	26	50	24	26	29	31	3.1	12
50	26	50	24	25	29	31	3.1	12
55	26	50	24	25	29	31	3.1	12
60	26	49	23	25	29	31	3.1	12
65	26	49	23	25	29	31	3.1	12
70	26	49	23	25	29	31	3.1	12
75	25	49	24	24	29	31	3.1	12
80	25	49	24	24	29	31	3.1	12
85	25	49	24	23	29	31	3.1	12
90	25	49	24	23	29	31	3.1	12
95	25	49	24	23	29	31	3.1	12
100	25	49	24	23	29	31	3.1	12
105	24	49	25	23	29	31	3.11	12
110	24	49	25	23	29	31	3.11	12
115	24	49	25	23	29	31	3.11	12
120	24	49	25	23	29	31	3.11	12
125	24	49	25	22	29	31	3.11	12
130	24	49	25	22	29	31	3.11	12
135	24	49	25	22	29	31	3.11	12
140	23	49	26	22	29	31	3.11	12
145	23	49	26	22	29	31	3.11	12
150	23	49	26	22	29	31	3.11	12
155	23	49	26	21	29	31	3.11	12
160	23	49	26	21	29	31	3.11	12
165	23	49	26	21	29	31	3.11	12
170	23	49	26	21	29	31	3.12	12
175	23	49	26	21	29	31	3.12	12
180	23	49	26	21	29	31	3.12	12

Lampiran 3a

Tabel Data Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	i [A]	V [V]
185	23	49	26	21	29	31	3.12	12
190	23	49	26	21	29	31	3.12	12
195	23	49	26	21	29	31	3.12	12
200	23	49	26	21	29	31	3.12	12
205	22	49	27	21	29	31	3.12	12
210	22	49	27	20	29	31	3.12	12
215	22	49	27	20	29	31	3.12	12
220	22	49	27	20	29	31	3.12	12
225	22	49	27	20	29	31	3.12	12
230	22	49	27	20	29	31	3.12	12
235	22	49	27	20	29	31	3.12	12
240	22	49	27	20	29	31	3.12	12
245	22	48	26	20	29	31	3.12	12
250	22	48	26	20	29	31	3.12	12
255	22	48	26	20	29	31	3.12	12
260	22	48	26	20	29	31	3.12	12
265	22	48	26	20	29	31	3.12	12
270	22	48	26	20	29	31	3.12	12
275	22	48	26	20	29	31	3.12	12
280	22	48	26	20	29	31	3.12	12
285	22	48	26	20	29	31	3.12	12
290	22	48	26	19	29	31	3.12	12
295	22	48	26	19	29	31	3.12	12
300	22	48	26	19	29	31	3.12	12
305	22	48	26	19	29	31	3.12	12
310	22	48	26	19	29	31	3.12	12
315	22	48	26	19	29	31	3.12	12
320	22	48	26	19	29	31	3.12	12
325	22	48	26	19	29	31	3.12	12
330	22	48	26	19	29	31	3.12	12
335	22	48	26	19	29	31	3.12	12
340	22	48	26	19	29	31	3.12	12
345	22	48	26	19	29	31	3.12	12
350	22	48	26	19	29	31	3.12	12
355	21	48	27	19	29	31	3.12	12
360	21	48	27	19	29	31	3.11	12

Lampiran 3b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
0	0.64887	4196.8	-29	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	0	0	0	0
5	0.64778	4174.4	1	9.01360	0.00022	0.01617	0.00117	0.00246	23.54923	1.23413	29.06290	52.61213
10	0.64782	4175.2	0	0	0.00022	0.01617	0.00117	0.00246	23.54923	1.23413	29.06290	52.61213
15	0.64786	4176	1	9.01814	0.00022	0.01618	0.00117	0.00246	23.64587	1.20400	28.46971	52.11558
20	0.64789	4176.8	0	0	0.00022	0.01618	0.00117	0.00246	23.64587	1.20400	28.46971	52.11558
25	0.64789	4176.8	0	0	0.00022	0.01618	0.00117	0.00246	23.64587	1.20400	28.46971	52.11558
30	0.64793	4177.6	1	9.02268	0.00022	0.01619	0.00117	0.00246	23.58990	1.17789	27.78628	51.37618
35	0.64797	4178.4	0	0	0.00022	0.01619	0.00117	0.00246	23.58990	1.17789	27.78628	51.37618
40	0.64797	4178.4	0	0	0.00022	0.01619	0.00117	0.00246	23.58990	1.17789	27.78628	51.37618
45	0.64797	4178.4	0	0	0.00022	0.01620	0.00117	0.00247	23.53399	1.15162	27.10217	50.63616
50	0.64801	4179.2	1	9.02723	0.00022	0.01620	0.00117	0.00247	23.53399	1.15162	27.10217	50.63616
55	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01620	0.00117	0.00247	23.53399	1.15162	27.10217	50.63616
60	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01621	0.00116	0.00247	23.47815	1.17485	27.58336	51.06151
65	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01621	0.00116	0.00247	23.47815	1.17485	27.58336	51.06151
70	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01621	0.00116	0.00247	23.47815	1.17485	27.58336	51.06151
75	0.64809	4180.8	1	9.03177	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	23.42237	1.14841	26.89839	50.32076
80	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	23.42237	1.14841	26.89839	50.32076
85	0.64817	4182.4	1	9.03631	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	23.42237	1.14841	26.89839	50.32076
90	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	23.42237	1.14841	26.89839	50.32076
95	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	23.42237	1.14841	26.89839	50.32076
100	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	23.42237	1.14841	26.89839	50.32076
105	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	23.51765	1.11829	26.29967	49.81732
110	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	23.51765	1.11829	26.29967	49.81732
115	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	23.51765	1.11829	26.29967	49.81732
120	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	23.51765	1.11829	26.29967	49.81732
125	0.64825	4184	1	9.04086	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	23.51765	1.11829	26.29967	49.81732
130	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	23.51765	1.11829	26.29967	49.81732
135	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	23.51765	1.11829	26.29967	49.81732
140	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.46164	1.09169	25.61276	49.07440
145	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.46164	1.09169	25.61276	49.07440
150	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.46164	1.09169	25.61276	49.07440
155	0.64832	4185.6	1	9.04540	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.46164	1.09169	25.61276	49.07440
160	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.46164	1.09169	25.61276	49.07440
165	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.46164	1.09169	25.61276	49.07440
170	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.61276	1.08835	25.69900	49.31176
175	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.61276	1.08835	25.69900	49.31176
180	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.61276	1.08835	25.69900	49.31176

Lampiran 3b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Tunggal pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	z (K^{-1})	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
185	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.61276	1.08835	25.69900	49.31176
190	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.61276	1.08835	25.69900	49.31176
195	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.61276	1.08835	25.69900	49.31176
200	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	23.61276	1.08835	25.69900	49.31176
205	0.64836	4186.4	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	23.55645	1.06174	25.01086	48.56731
210	0.64840	4187.2	1	9.04995	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	23.55645	1.06174	25.01086	48.56731
215	0.64844	4188	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	23.55645	1.06174	25.01086	48.56731
220	0.64844	4188	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	23.55645	1.06174	25.01086	48.56731
225	0.64844	4188	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	23.55645	1.06174	25.01086	48.56731
230	0.64844	4188	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	23.55645	1.06174	25.01086	48.56731
235	0.64844	4188	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	23.55645	1.06174	25.01086	48.56731
240	0.64844	4188	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	23.55645	1.06174	25.01086	48.56731
245	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
250	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
255	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
260	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
265	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
270	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
275	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
280	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
285	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
290	0.64848	4188.8	1	9.05450	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
295	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
300	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
305	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
310	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
315	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
320	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
325	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
330	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
335	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
340	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
345	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
350	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01626	0.00115	0.00247	23.50020	1.08475	25.49181	48.99202
355	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01627	0.00115	0.00247	23.44402	1.05795	24.80271	48.24673
360	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01627	0.00115	0.00247	23.29398	1.06111	24.71738	48.01136

Lampiran 4a

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	T_c [°C]	T_h [°C]	ΔT [K]	$T_{\text{air dingin}}$ [°C]	T_{air} [°C]	T_{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
0	29	29	0	28	29	30	0	0
5	21	35	14	28	29	30	1.5	8
10	21	35	14	28	29	30	1.5	8
15	20	35	15	27	29	30	1.5	8
20	20	35	15	27	29	30	1.5	8
25	20	35	15	27	29	30	1.5	8
30	20	35	15	27	29	30	1.5	8
35	19	35	16	26	29	30	1.5	8
40	19	35	16	25	30	30	1.5	8
45	19	35	16	25	30	30	1.5	8
50	19	35	16	24	30	30	1.5	8
55	19	35	16	24	30	30	1.5	8
60	18	35	17	24	30	30	1.5	8
65	18	35	17	23	30	30	1.5	8
70	18	35	17	23	30	30	1.51	8
75	18	35	17	23	30	30	1.51	8
80	17	35	18	22	30	30	1.51	8
85	17	35	18	22	30	30	1.51	8
90	16	35	19	22	30	30	1.51	8
95	16	35	19	21	30	30	1.51	8
100	16	35	19	21	30	30	1.51	8
105	16	35	19	21	30	30	1.51	8
110	15	35	20	21	30	30	1.51	8
115	15	35	20	20	30	30	1.51	8
120	15	35	20	20	30	30	1.51	8
125	15	35	20	20	30	30	1.51	8
130	15	35	20	20	30	30	1.51	8
135	14	35	21	19	30	30	1.51	8
140	14	35	21	19	30	30	1.51	8
145	14	35	21	19	30	30	1.51	8
150	14	35	21	19	30	30	1.51	8
155	14	35	21	19	30	30	1.51	8
160	14	35	21	18	30	30	1.51	8
165	14	35	21	18	30	30	1.51	8
170	13	35	22	18	31	31	1.51	8
175	13	35	22	18	31	31	1.51	8
180	13	35	22	18	31	31	1.51	8

Lampiran 4a

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
185	13	35	22	17	31	31	1.51	8
190	13	35	22	17	31	31	1.51	8
195	13	35	22	17	31	31	1.51	8
200	13	35	22	17	31	31	1.51	8
205	13	35	22	17	31	31	1.51	8
210	13	35	22	17	31	31	1.51	8
215	13	35	22	17	31	31	1.51	8
220	12	35	23	17	31	31	1.51	8
225	12	34	22	16	31	30	1.51	8
230	12	34	22	16	31	30	1.51	8
235	12	35	23	16	31	30	1.51	8
240	12	35	23	16	31	30	1.51	8
245	12	34	22	16	31	30	1.51	8
250	12	34	22	16	31	30	1.51	8
255	11	34	23	15	31	30	1.51	8
260	11	34	23	15	31	30	1.51	8
265	11	34	23	15	31	30	1.51	8
270	11	34	23	15	31	30	1.51	8
275	11	34	23	15	31	30	1.51	8
280	12	34	22	15	31	30	1.51	8
285	12	34	22	15	31	30	1.51	8
290	12	34	22	15	31	30	1.51	8
295	12	34	22	15	31	30	1.51	8
300	12	34	22	14	31	30	1.51	8
305	12	34	22	14	31	30	1.51	8
310	11	34	23	14	31	30	1.51	8
315	11	34	23	14	31	30	1.51	8
320	11	34	23	14	31	30	1.51	8
325	11	34	23	14	31	30	1.51	8
330	11	34	23	14	31	30	1.51	8
335	11	34	23	14	31	30	1.51	8
340	11	34	23	14	31	30	1.51	8
345	11	34	23	14	31	30	1.51	8
350	11	34	23	14	31	30	1.52	8
355	10	34	24	13	31	30	1.52	8
360	10	34	24	13	31	30	1.52	8

Lampiran 4b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
0	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01642	0.00112	0.00247	0	0	0	0
5	0.64782	4175.2	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	10.50273	2.68733	28.2243	38.72703
10	0.64782	4175.2	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	10.50273	2.68733	28.2243	38.72703
15	0.64786	4176	1	9.01814	0.00021	0.01646	0.00111	0.00247	10.47718	2.57831	27.01342	37.4906
20	0.64789	4176.8	0	0	0.00021	0.01646	0.00111	0.00247	10.47718	2.57831	27.01342	37.4906
25	0.64789	4176.8	0	0	0.00021	0.01646	0.00111	0.00247	10.47718	2.57831	27.01342	37.4906
30	0.64789	4176.8	0	0	0.00021	0.01646	0.00111	0.00247	10.47718	2.57831	27.01342	37.4906
35	0.64793	4177.6	1	9.02268	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	10.45165	2.46857	25.80067	36.25232
40	0.64801	4179.2	1	9.02723	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	10.45165	2.46857	25.80067	36.25232
45	0.64805	4180	0	0	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	10.45165	2.46857	25.80067	36.25232
50	0.64809	4180.8	1	9.03177	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	10.45165	2.46857	25.80067	36.25232
55	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	10.45165	2.46857	25.80067	36.25232
60	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	10.42615	2.35811	24.58601	35.01217
65	0.64817	4182.4	1	9.03631	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	10.42615	2.35811	24.58601	35.01217
70	0.64821	4183.2	0	0	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	10.56563	2.35005	24.8298	35.39544
75	0.64821	4183.2	0	0	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	10.56563	2.35005	24.8298	35.39544
80	0.64825	4184	1	9.04086	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	10.53982	2.24027	23.61205	34.15187
85	0.64828	4184.8	0	0	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	10.53982	2.24027	23.61205	34.15187
90	0.64828	4184.8	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	10.51405	2.12975	22.39231	32.90636
95	0.64832	4185.6	1	9.0454	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	10.51405	2.12975	22.39231	32.90636
100	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	10.51405	2.12975	22.39231	32.90636
105	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	10.51405	2.12975	22.39231	32.90636
110	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	10.4883	2.01849	21.17056	31.65886
115	0.64840	4187.2	1	9.04995	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	10.4883	2.01849	21.17056	31.65886
120	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	10.4883	2.01849	21.17056	31.65886
125	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	10.4883	2.01849	21.17056	31.65886
130	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	10.4883	2.01849	21.17056	31.65886
135	0.64848	4188.8	1	9.0545	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	10.46258	1.90649	19.94676	30.40934
140	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	10.46258	1.90649	19.94676	30.40934
145	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	10.46258	1.90649	19.94676	30.40934
150	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	10.46258	1.90649	19.94676	30.40934
155	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	10.46258	1.90649	19.94676	30.40934
160	0.64856	4190.4	1	9.05904	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	10.46258	1.90649	19.94676	30.40934
165	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	10.46258	1.90649	19.94676	30.40934
170	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	10.43689	1.79372	18.72087	29.15776
175	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	10.43689	1.79372	18.72087	29.15776
180	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	10.43689	1.79372	18.72087	29.15776

Lampiran 4b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
185	0,64864	4192	1	9,06359	0,00021	0,01657	0,00109	0,00247	10,43689	1,79372	18,72087	29,15776
190	0,64867	4192,8	0	0	0,00021	0,01657	0,00109	0,00247	10,43689	1,79372	18,72087	29,15776
195	0,64867	4192,8	0	0	0,00021	0,01657	0,00109	0,00247	10,43689	1,79372	18,72087	29,15776
200	0,64867	4192,8	0	0	0,00021	0,01657	0,00109	0,00247	10,43689	1,79372	18,72087	29,15776
205	0,64867	4192,8	0	0	0,00021	0,01657	0,00109	0,00247	10,43689	1,79372	18,72087	29,15776
210	0,64867	4192,8	0	0	0,00021	0,01657	0,00109	0,00247	10,43689	1,79372	18,72087	29,15776
215	0,64867	4192,8	0	0	0,00021	0,01657	0,00109	0,00247	10,43689	1,79372	18,72087	29,15776
220	0,64867	4192,8	0	0	0,00021	0,01658	0,00109	0,00247	10,41123	1,68019	17,49285	27,90408
225	0,64871	4193,6	1	9,06814	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
230	0,64875	4194,4	0	0	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
235	0,64875	4194,4	0	0	0,00021	0,01658	0,00109	0,00247	10,41123	1,68019	17,49285	27,90408
240	0,64875	4194,4	0	0	0,00021	0,01658	0,00109	0,00247	10,41123	1,68019	17,49285	27,90408
245	0,64875	4194,4	0	0	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
250	0,64875	4194,4	0	0	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
255	0,64879	4195,2	1	9,07269	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
260	0,64883	4196	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
265	0,64883	4196	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
270	0,64883	4196	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
275	0,64883	4196	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
280	0,64883	4196	0	0	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
285	0,64883	4196	0	0	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
290	0,64883	4196	0	0	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
295	0,64883	4196	0	0	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
300	0,64887	4196,8	1	9,07724	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
305	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01660	0,00108	0,00247	10,38561	1,77796	18,46517	28,85078
310	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
315	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
320	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
325	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
330	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
335	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
340	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
345	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,36001	1,66358	17,2347	27,59471
350	0,64891	4197,6	0	0	0,00021	0,01662	0,00108	0,00247	10,49768	1,66417	17,46988	27,96757
355	0,64895	4198,4	1	9,0818	0,00021	0,01663	0,00108	0,00247	10,47178	1,55046	16,23605	26,70783
360	0,64899	4199,2	0	0	0,00021	0,01663	0,00108	0,00247	10,47178	1,55046	16,23605	26,70783

Lampiran 5a

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	T_c [°C]	T_h [°C]	ΔT [K]	$T_{\text{air dingin}}$ [°C]	T_{air} [°C]	T_{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
0	27	28	1	27	29	29	0	0
5	20	37	17	26	29	29	1.88	10
10	19	37	18	26	28	29	1.87	10
15	19	37	18	26	28	29	1.87	10
20	18	37	19	25	29	29	1.87	10
25	18	37	19	25	29	29	1.87	10
30	18	37	19	24	29	29	1.87	10
35	17	37	20	24	29	29	1.87	10
40	17	37	20	24	29	29	1.87	10
45	17	37	20	23	29	29	1.87	10
50	17	37	20	23	29	29	1.87	10
55	16	37	21	22	29	30	1.87	10
60	16	37	21	22	29	30	1.87	10
65	16	37	21	22	29	30	1.87	10
70	15	37	22	21	29	30	1.87	10
75	15	37	22	21	29	30	1.87	10
80	15	37	22	21	29	30	1.87	10
85	14	37	23	20	30	30	1.87	10
90	14	37	23	20	30	30	1.87	10
95	14	37	23	20	30	30	1.87	10
100	14	37	23	19	30	30	1.87	10
105	14	37	23	19	30	30	1.87	10
110	14	37	23	19	30	30	1.87	10
115	13	37	24	19	30	30	1.87	10
120	13	37	24	18	30	30	1.87	10
125	13	37	24	18	30	30	1.87	10
130	13	37	24	18	30	30	1.87	10
135	13	37	24	18	30	30	1.87	10
140	13	37	24	17	30	30	1.87	10
145	12	37	25	17	30	30	1.87	10
150	12	37	25	17	30	30	1.87	10
155	12	37	25	17	30	30	1.87	10
160	12	37	25	17	30	30	1.87	10
165	12	37	25	16	30	30	1.87	10
170	12	37	25	16	30	30	1.87	10
175	12	37	25	16	30	30	1.87	10
180	11	37	26	16	30	30	1.87	10

Lampiran 5a

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	T_c [°C]	T_h [°C]	ΔT [K]	$T_{\text{air dingin}}$ [°C]	T_{air} [°C]	T_{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
185	11	37	26	16	30	30	1.87	10
190	11	37	26	16	30	30	1.87	10
195	11	37	26	15	30	30	1.87	10
200	11	37	26	15	30	30	1.87	10
205	11	37	26	15	30	30	1.87	10
210	11	37	26	15	30	30	1.87	10
215	11	37	26	15	30	30	1.87	10
220	11	37	26	15	30	30	1.87	10
225	10	37	27	15	30	30	1.87	10
230	10	37	27	15	30	30	1.87	10
235	10	37	27	15	30	30	1.87	10
240	10	36	26	14	30	30	1.87	10
245	10	36	26	14	30	30	1.87	10
250	10	36	26	14	30	30	1.86	10
255	10	36	26	14	30	30	1.86	10
260	10	36	26	14	30	30	1.86	10
265	10	36	26	14	30	30	1.86	10
270	10	36	26	14	30	30	1.86	10
275	9	37	28	13	30	30	1.86	10
280	9	37	28	13	30	30	1.85	10
285	9	37	28	13	30	30	1.85	10
290	9	37	28	13	30	30	1.85	10
295	9	37	28	13	30	30	1.85	10
300	9	37	28	13	30	30	1.85	10
305	9	37	28	13	30	30	1.85	10
310	9	37	28	13	30	30	1.85	10
315	9	37	28	13	30	30	1.85	10
320	9	37	28	13	30	30	1.85	10
325	9	37	28	13	30	30	1.85	10
330	9	37	28	13	30	30	1.85	10
335	9	37	28	13	30	30	1.85	10
340	9	37	28	13	30	30	1.85	10
345	9	37	28	12	30	30	1.85	10
350	9	37	28	12	30	30	1.85	10
355	9	37	28	12	30	30	1.85	10
360	9	37	28	12	30	30	1.85	10

Lampiran 5b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
0	0.64895	4198.4	0	0	0.00021	0.01646	0.00111	0.00247	0	0	0	0
5	0.64793	4177.6	1	9.02268	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	16.53835	2.06177	34.0983	50.63664
10	0.64797	4178.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	16.32311	1.99808	32.61495	48.93806
15	0.64797	4178.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	16.32311	1.99808	32.61495	48.93806
20	0.64801	4179.2	1	9.02723	0.00021	0.01646	0.00111	0.00247	16.28339	1.92581	31.3587	47.64209
25	0.64805	4180	0	0	0.00021	0.01646	0.00111	0.00247	16.28339	1.92581	31.3587	47.64209
30	0.64809	4180.8	1	9.03177	0.00021	0.01646	0.00111	0.00247	16.28339	1.92581	31.3587	47.64209
35	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	16.24372	1.85306	30.10056	46.34428
40	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	16.24372	1.85306	30.10056	46.34428
45	0.64817	4182.4	1	9.03631	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	16.24372	1.85306	30.10056	46.34428
50	0.64821	4183.2	0	0	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	16.24372	1.85306	30.10056	46.34428
55	0.64825	4184	1	9.04085	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	16.20409	1.77983	28.84048	45.04458
60	0.64829	4184.8	0	0	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	16.20409	1.77983	28.84048	45.04458
65	0.64828	4184.8	0	0	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	16.20409	1.77983	28.84048	45.04458
70	0.64832	4185.6	1	9.04540	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	16.16451	1.70611	27.57845	43.74296
75	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	16.16451	1.70611	27.57845	43.74296
80	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	16.16451	1.70611	27.57845	43.74296
85	0.64840	4187.2	1	9.04995	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	16.12498	1.63190	26.31441	42.43939
90	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	16.12498	1.63190	26.31441	42.43939
95	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	16.12498	1.63190	26.31441	42.43939
100	0.64848	4188.8	1	9.05450	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	16.12498	1.63190	26.31441	42.43939
105	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	16.12498	1.63190	26.31441	42.43939
110	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	16.12498	1.63190	26.31441	42.43939
115	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	16.08549	1.55720	25.04833	41.13382
120	0.64856	4190.4	1	9.05904	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	16.08549	1.55720	25.04833	41.13382
125	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	16.08549	1.55720	25.04833	41.13382
130	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	16.08549	1.55720	25.04833	41.13382
135	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	16.08549	1.55720	25.04833	41.13382
140	0.64864	4192	1	9.06359	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	16.04605	1.48200	23.78018	39.82623
145	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	16.04605	1.48200	23.78018	39.82623
150	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	16.04605	1.48200	23.78018	39.82623
155	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	16.04605	1.48200	23.78018	39.82623
160	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	16.04605	1.48200	23.78018	39.82623
165	0.64871	4193.6	1	9.06814	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	16.04605	1.48200	23.78018	39.82623
170	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	16.04605	1.48200	23.78018	39.82623
175	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	16.04605	1.48200	23.78018	39.82623
180	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	16.00665	1.40629	22.50992	38.51557

Lampiran 5b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_u [W]	α_m [V/K]	K_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K ⁻¹]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
185	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	16.00665	1.40629	22.50992	38.51657
190	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	16.00665	1.40629	22.50992	38.51657
195	0.64875	4195.2	1	5.07268	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	16.00665	1.40629	22.50992	38.51657
200	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	16.00665	1.40629	22.50992	38.51657
205	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	16.00665	1.40629	22.50992	38.51657
210	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	16.00665	1.40629	22.50992	38.51657
215	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	16.00665	1.40629	22.50992	38.51657
220	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01657	0.00109	0.00247	16.00665	1.40629	22.50992	38.51657
225	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01658	0.00109	0.00247	15.9673	1.33006	21.23751	37.20481
230	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01658	0.00109	0.00247	15.9673	1.33006	21.23751	37.20481
235	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01658	0.00109	0.00247	15.9673	1.33006	21.23751	37.20481
240	0.64887	4196.8	1	9.07724	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.928	1.39402	22.20399	38.13199
245	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.928	1.39402	22.20399	38.13199
250	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.7581	1.39520	21.98574	37.74384
255	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.75810	1.39520	21.98574	37.74384
260	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.7581	1.39520	21.98574	37.74384
265	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.7581	1.39520	21.98574	37.74384
270	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.7581	1.39520	21.98574	37.74384
275	0.64895	4198.4	1	9.08180	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.7581	1.25305	19.74573	35.50384
280	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
285	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
290	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
295	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
300	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
305	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
310	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
315	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
320	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
325	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
330	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
335	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
340	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
345	0.64903	4200	1	9.08636	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
350	0.64906	4200.8	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
355	0.64906	4200.8	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722
360	0.64906	4200.8	0	0	0.00021	0.01660	0.00108	0.00247	15.58912	1.25268	19.52810	35.11722

Lampiran 6a

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	T_c [°C]	T_h [°C]	ΔT [K]	$T_{\text{air dingin}}$ [°C]	T_{air} [°C]	T_{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
0	29	29	0	27	31	30	0	0
5	22	40	18	27	31	30	2.22	12
10	21	40	19	27	31	30	2.22	12
15	21	40	19	26	31	30	2.22	12
20	20	40	20	25	30	30	2.21	12
25	20	40	20	25	30	30	2.22	12
30	19	40	21	24	30	30	2.22	12
35	19	40	21	24	30	30	2.21	12
40	19	40	21	24	30	30	2.21	12
45	18	40	22	24	30	30	2.21	12
50	18	40	22	23	30	30	2.21	12
55	17	40	23	23	30	30	2.21	12
60	17	40	23	22	30	30	2.21	12
65	16	40	24	21	30	30	2.21	12
70	16	40	24	21	30	30	2.21	12
75	16	40	24	21	30	30	2.21	12
80	16	40	24	21	30	30	2.22	12
85	15	39	24	20	30	30	2.22	12
90	15	39	24	20	30	30	2.22	12
95	15	39	24	19	30	30	2.22	12
100	15	39	24	19	30	30	2.22	12
105	15	39	24	19	30	30	2.22	12
110	15	39	24	19	30	30	2.22	12
115	14	39	25	18	30	30	2.22	12
120	14	39	25	18	30	30	2.22	12
125	14	39	25	18	30	30	2.22	12
130	13	39	26	17	30	30	2.22	12
135	13	39	26	17	30	30	2.22	12
140	13	39	26	17	30	30	2.22	12
145	13	39	26	17	30	30	2.22	12
150	13	39	26	16	30	30	2.22	12
155	13	39	26	16	30	30	2.22	12
160	13	39	26	16	30	30	2.22	12
165	12	39	27	16	30	30	2.22	12
170	12	39	27	16	30	30	2.22	12
175	12	39	27	16	30	30	2.22	12
180	12	39	27	16	30	30	2.22	12

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	T_c [$^{\circ}\text{C}$]	T_h [$^{\circ}\text{C}$]	ΔT [K]	$T_{\text{air dingin}}$ [$^{\circ}\text{C}$]	T_{air} [$^{\circ}\text{C}$]	T_{ambient} [$^{\circ}\text{C}$]	I [A]	V [V]
185	12	39	27	16	30	30	2.22	12
190	12	39	27	15	30	30	2.22	12
195	11	39	28	15	30	30	2.22	12
200	11	39	28	15	30	30	2.22	12
205	11	39	28	15	30	30	2.22	12
210	11	39	28	15	30	30	2.22	12
215	11	39	28	14	30	30	2.22	12
220	11	39	28	14	30	30	2.22	12
225	11	39	28	14	30	30	2.22	12
230	11	39	28	14	30	30	2.22	12
235	11	39	28	14	30	30	2.22	12
240	11	39	28	14	30	30	2.22	12
245	11	39	28	14	30	30	2.22	12
250	11	39	28	14	30	30	2.22	12
255	11	39	28	14	30	30	2.22	12
260	10	39	29	13	30	30	2.22	12
265	10	39	29	13	30	30	2.22	12
270	10	39	29	13	30	30	2.21	12
275	10	40	30	13	30	30	2.2	12
280	10	40	30	13	30	30	2.2	12
285	10	40	30	13	30	30	2.2	12
290	10	40	30	13	30	30	2.2	12
295	10	40	30	13	30	30	2.2	12
300	10	40	30	13	30	30	2.2	12
305	10	40	30	13	31	30	2.2	12
310	10	40	30	13	31	30	2.2	12
315	10	40	30	13	31	29	2.2	12
320	10	40	30	13	31	29	2.2	12
325	10	40	30	13	31	29	2.2	12
330	10	40	30	13	31	29	2.2	12
335	10	40	30	12	31	29	2.2	12
340	10	40	30	12	31	29	2.19	12
345	10	40	30	12	31	29	2.19	12
350	10	41	31	12	30	29	2.18	12
355	10	41	31	12	30	29	2.18	12
360	10	41	31	12	30	29	2.18	12

Lampiran 6b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
0	0.64895	4198.4	0	0	0.00021	0.01642	0.00112	0.00247	0	0	0	0
5	0.64789	4176.8	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	23.34241	1.76866	41.28485	64.62727
10	0.64789	4176.8	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	23.28605	1.71761	39.99633	63.28238
15	0.64793	4177.6	1	9.02268	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	23.28605	1.71761	39.99633	63.28238
20	0.64801	4179.2	1	9.02723	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	23.02094	1.67209	38.49306	61.514
25	0.64805	4180	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	23.22974	1.66623	38.70608	61.93583
30	0.64809	4180.8	1	9.03177	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	23.17351	1.61452	37.41408	60.58759
35	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	22.96521	1.61993	37.20214	60.16734
40	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	22.96521	1.61993	37.20214	60.16734
45	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01642	0.00112	0.00247	22.90954	1.56744	35.90941	58.81895
50	0.64817	4182.4	1	9.03631	0.00021	0.01642	0.00112	0.00247	22.90954	1.56744	35.90941	58.81895
55	0.64821	4183.2	0	0	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	22.85393	1.51461	34.61485	57.46879
60	0.64825	4184	1	9.04086	0.00021	0.01643	0.00111	0.00247	22.85393	1.51461	34.61485	57.46879
65	0.64832	4185.6	1	9.04540	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	22.7984	1.46144	33.31843	56.11682
70	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	22.7984	1.46144	33.31843	56.11682
75	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	22.7984	1.46144	33.31843	56.11682
80	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01644	0.00111	0.00247	23.00518	1.45737	33.52715	56.53233
85	0.64840	4187.2	1	9.04995	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	22.89329	1.44981	33.19102	56.08431
90	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	22.89329	1.44981	33.19102	56.08431
95	0.64848	4188.8	1	9.05450	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	22.89329	1.44981	33.19102	56.08431
100	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	22.89329	1.44981	33.19102	56.08431
105	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	22.89329	1.44981	33.19102	56.08431
110	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01647	0.00111	0.00247	22.89329	1.44981	33.19102	56.08431
115	0.64856	4190.4	1	9.05904	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	22.83744	1.39636	31.88935	54.72679
120	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	22.83744	1.39636	31.88935	54.72679
125	0.64860	4191.2	0	0	0.00021	0.01649	0.00110	0.00247	22.83744	1.39636	31.88935	54.72679
130	0.64864	4192	1	9.06359	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	22.78166	1.34256	30.58569	53.36735
135	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	22.78166	1.34256	30.58569	53.36735
140	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	22.78166	1.34256	30.58569	53.36735
145	0.64867	4192.8	0	0	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	22.78166	1.34256	30.58569	53.36735
150	0.64871	4193.6	1	9.06814	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	22.78166	1.34256	30.58569	53.36735
155	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	22.78166	1.34256	30.58569	53.36735
160	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01650	0.00110	0.00247	22.78166	1.34256	30.58569	53.36735
165	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	22.72594	1.28840	29.28001	52.00595
170	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	22.72594	1.28840	29.28001	52.00595
175	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	22.72594	1.28840	29.28001	52.00595
180	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	22.72594	1.28840	29.28001	52.00595

Lampiran 6b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Seri pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	U_m (V/K)	K_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z (K^{-1})	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
185	0.64875	4194.4	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	22.72594	1.28840	29.28001	52.00595
190	0.64879	4195.2	1	9.07269	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	22.72594	1.28840	29.28001	52.00595
195	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
200	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
205	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
210	0.64883	4196	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
215	0.64887	4196.8	1	9.07724	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
220	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
225	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
230	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
235	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
240	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
245	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
250	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
255	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.67029	1.23387	27.97226	50.64255
260	0.64895	4198.4	1	9.08180	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	22.6147	1.17899	26.66242	49.27712
265	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	22.6147	1.17899	26.66242	49.27712
270	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01655	0.00109	0.00247	22.41142	1.18065	26.46012	48.87155
275	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
280	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
285	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
290	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
295	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
300	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
305	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
310	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
315	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
320	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
325	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
330	0.64899	4199.2	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
335	0.64903	4200	1	9.08635	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.26366	1.13613	25.29582	47.55948
340	0.64906	4200.8	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.06172	1.13733	25.09261	47.15433
345	0.64906	4200.8	0	0	0.00021	0.01654	0.00110	0.00247	22.06172	1.13733	25.09261	47.15433
350	0.64906	4200.8	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	21.91437	1.09192	23.92876	45.84313
355	0.64906	4200.8	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	21.91437	1.09192	23.92876	45.84313
360	0.64906	4200.8	0	0	0.00021	0.01652	0.00110	0.00247	21.91437	1.09192	23.92876	45.84313

Lampiran 7a

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
0	29	29	0	28	29	29	0	0
5	24	44	20	28	29	29	5.23	8
10	24	44	20	28	29	29	5.23	8
15	23	45	22	28	29	30	5.24	8
20	23	45	22	27	29	30	5.24	8
25	23	45	22	27	29	30	5.24	8
30	22	44	22	26	29	30	5.25	8
35	22	45	23	26	29	30	5.25	8
40	22	45	23	25	29	30	5.25	8
45	21	45	24	25	29	30	5.26	8
50	21	45	24	24	29	30	5.26	8
55	21	45	24	24	29	30	5.26	8
60	21	45	24	24	29	30	5.26	8
65	21	45	24	24	29	30	5.26	8
70	20	45	25	23	29	30	5.27	8
75	20	45	25	23	29	30	5.27	8
80	20	45	25	23	29	30	5.27	8
85	19	45	26	22	29	30	5.27	8
90	19	44	25	22	29	30	5.27	8
95	19	44	25	22	29	30	5.27	8
100	19	44	25	21	29	30	5.27	8
105	19	44	25	21	29	30	5.27	8
110	18	44	26	21	29	30	5.27	8
115	18	44	26	21	29	30	5.27	8
120	18	44	26	21	29	30	5.27	8
125	18	44	26	20	29	30	5.27	8
130	18	44	26	20	29	30	5.27	8
135	18	44	26	20	29	30	5.27	8
140	18	44	26	20	29	30	5.27	8
145	17	44	27	20	29	30	5.28	8
150	17	44	27	19	29	30	5.28	8
155	17	44	27	19	29	30	5.28	8
160	17	44	27	19	29	30	5.28	8
165	17	44	27	19	29	30	5.28	8
170	17	44	27	19	29	30	5.28	8
175	17	44	27	19	29	31	5.28	8
180	17	44	27	19	29	31	5.28	8

Lampiran 7a

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
185	17	44	27	18	29	31	5.28	8
190	17	44	27	18	29	31	5.27	8
195	16	44	28	18	29	30	5.27	8
200	16	44	28	18	29	30	5.27	8
205	16	44	28	18	29	30	5.27	8
210	16	44	28	18	29	30	5.27	8
215	16	44	28	18	29	30	5.27	8
220	16	44	28	18	29	30	5.27	8
225	16	44	28	18	29	30	5.27	8
230	16	44	28	18	29	30	5.27	8
235	16	44	28	18	29	30	5.27	8
240	16	44	28	18	29	30	5.27	8
245	16	44	28	17	29	30	5.27	8
250	16	44	28	17	29	30	5.27	8
255	16	44	28	17	29	30	5.27	8
260	16	44	28	17	29	31	5.27	8
265	16	44	28	17	29	31	5.27	8
270	16	44	28	17	29	31	5.27	8
275	15	44	29	17	29	31	5.27	8
280	15	44	29	17	29	30	5.27	8
285	15	44	29	17	29	30	5.27	8
290	15	44	29	17	29	30	5.27	8
295	15	44	29	17	29	30	5.27	8
300	15	44	29	17	29	30	5.27	8
305	15	44	29	17	29	30	5.27	8
310	15	44	29	17	29	30	5.27	8
315	15	44	29	17	29	30	5.27	8
320	15	44	29	17	29	30	5.27	8
325	15	44	29	17	29	30	5.27	8
330	15	44	29	17	29	30	5.27	8
335	15	44	29	17	29	30	5.27	8
340	15	44	29	17	29	30	5.27	8
345	15	44	29	17	29	31	5.27	8
350	15	44	29	17	29	31	5.27	8
355	15	44	29	17	29	31	5.27	8
360	15	44	29	17	29	31	5.27	8

Lampiran 7b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
0	0.64891	4197.6	0	0	0.00021	0.01642	0.00112	0.00247	0	0	0	0
5	0.64782	4175.2	0	0	0.00021	0.01629	0.00114	0.00247	32.85909	0.63582	20.89254	53.75163
10	0.64782	4175.2	0	0	0.00021	0.01629	0.00114	0.00247	32.85909	0.63582	20.89254	53.75163
15	0.64782	4175.2	0	0	0.00021	0.01629	0.00114	0.00247	32.98487	0.61444	20.26728	53.25215
20	0.64786	4176	1	9.01814	0.00021	0.01629	0.00114	0.00247	32.98487	0.61444	20.26728	53.25215
25	0.64789	4176.8	0	0	0.00021	0.01629	0.00114	0.00247	32.98487	0.61444	20.26728	53.25215
30	0.64793	4177.6	1	9.02268	0.00021	0.01631	0.00114	0.00247	32.95226	0.61147	20.1493	53.10156
35	0.64797	4178.4	0	0	0.00021	0.01630	0.00114	0.00247	33.03153	0.60231	19.89525	52.92678
40	0.64801	4179.2	1	9.02723	0.00021	0.01630	0.00114	0.00247	33.03153	0.60231	19.89525	52.92678
45	0.64805	4180	0	0	0.00021	0.01631	0.00114	0.00247	33.07792	0.59019	19.52235	52.60027
50	0.64809	4180.8	1	9.03177	0.00021	0.01631	0.00114	0.00247	33.07792	0.59019	19.52235	52.60027
55	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01631	0.00114	0.00247	33.07792	0.59019	19.52235	52.60027
60	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01631	0.00114	0.00247	33.07792	0.59019	19.52235	52.60027
65	0.64813	4181.6	0	0	0.00021	0.01631	0.00114	0.00247	33.07792	0.59019	19.52235	52.60027
70	0.64817	4182.4	1	9.03631	0.00021	0.01632	0.00114	0.00247	33.12403	0.57809	19.14859	52.27262
75	0.64821	4183.2	0	0	0.00021	0.01632	0.00114	0.00247	33.12403	0.57809	19.14859	52.27262
80	0.64821	4183.2	0	0	0.00021	0.01632	0.00114	0.00247	33.12403	0.57809	19.14859	52.27262
85	0.64825	4184	1	9.04086	0.00021	0.01634	0.00113	0.00247	33.04434	0.56764	18.75739	51.80173
90	0.64828	4184.8	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	32.96475	0.57672	19.01128	51.97603
95	0.64828	4184.8	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	32.96475	0.57672	19.01128	51.97603
100	0.64832	4185.6	1	9.0454	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	32.96475	0.57672	19.01128	51.97603
105	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01635	0.00113	0.00247	32.96475	0.57672	19.01128	51.97603
110	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	32.88524	0.56620	18.61956	51.50481
115	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	32.88524	0.56620	18.61956	51.50481
120	0.64836	4186.4	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	32.88524	0.56620	18.61956	51.50481
125	0.64840	4187.2	1	9.04995	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	32.88524	0.56620	18.61956	51.50481
130	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	32.88524	0.56620	18.61956	51.50481
135	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	32.88524	0.56620	18.61956	51.50481
140	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01636	0.00113	0.00247	32.88524	0.56620	18.61956	51.50481
145	0.64844	4188	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.93045	0.55401	18.24372	51.17417
150	0.64848	4188.8	1	9.0545	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.93045	0.55401	18.24372	51.17417
155	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.93045	0.55401	18.24372	51.17417
160	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.93045	0.55401	18.24372	51.17417
165	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.93045	0.55401	18.24372	51.17417
170	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.93045	0.55401	18.24372	51.17417
175	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.93045	0.55401	18.24372	51.17417
180	0.64852	4189.6	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.93045	0.55401	18.24372	51.17417

Lampiran 7b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 8 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	K_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
183	0.64866	4150.4	1	9.05304	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.93045	0.55401	18.24372	51.17417
190	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	32.80583	0.55562	18.22743	51.03326
195	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
200	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
205	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
210	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
215	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
220	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
225	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
230	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
235	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
240	0.64866	4151.2	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
245	0.64867	4152	1	9.06359	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
250	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
255	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
260	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
265	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
270	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01639	0.00112	0.00247	32.72651	0.54497	17.83487	50.56139
275	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
280	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
285	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
290	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
295	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
300	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
305	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
310	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
315	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
320	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
325	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
330	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
335	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
340	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
345	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
350	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
355	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917
360	0.64867	4152.8	0	0	0.00021	0.01640	0.00112	0.00247	32.64728	0.53425	17.44189	50.08917

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
0	30	31	1	29	29	31	0	0
5	26	51	25	28	29	30	6.17	10
10	26	51	25	28	29	30	6.17	10
15	25	51	26	28	29	30	6.17	10
20	25	51	26	28	29	30	6.17	10
25	25	51	26	28	29	30	6.17	10
30	25	51	26	27	29	30	6.17	10
35	24	50	26	27	29	30	6.17	10
40	24	50	26	27	29	30	6.2	10
45	24	50	26	26	29	31	6.2	10
50	24	50	26	26	29	31	6.21	10
55	24	50	26	26	29	31	6.21	10
60	24	50	26	26	29	30	6.21	10
65	24	50	26	25	29	30	6.21	10
70	23	50	27	25	29	30	6.21	10
75	23	50	27	25	29	30	6.21	10
80	23	50	27	25	29	30	6.21	10
85	23	50	27	25	29	30	6.21	10
90	23	50	27	25	29	30	6.21	10
95	23	50	27	25	29	30	6.21	10
100	23	50	27	24	29	30	6.21	10
105	23	50	27	24	29	30	6.21	10
110	23	50	27	24	29	30	6.21	10
115	23	50	27	24	29	30	6.21	10
120	23	50	27	24	29	30	6.21	10
125	22	50	28	24	29	30	6.21	10
130	22	50	28	24	29	31	6.21	10
135	22	50	28	24	29	31	6.21	10
140	22	50	28	24	29	31	6.21	10
145	22	50	28	24	29	31	6.21	10
150	22	50	28	24	29	31	6.21	10
155	22	50	28	24	29	31	6.21	10
160	22	50	28	24	29	31	6.21	10
165	22	50	28	24	29	31	6.21	10
170	22	50	28	24	29	31	6.21	10
175	22	50	28	23	29	31	6.21	10
180	22	50	28	23	29	31	6.21	10

Lampiran 8a

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
185	22	50	28	23	29	31	6.21	10
190	22	50	28	23	29	31	6.21	10
195	21	50	29	23	29	31	6.21	10
200	21	50	29	23	29	31	6.21	10
205	21	50	29	23	29	31	6.21	10
210	21	50	29	23	29	31	6.21	10
215	21	50	29	22	29	31	6.21	10
220	21	50	29	22	29	31	6.21	10
225	21	50	29	22	29	31	6.21	10
230	21	50	29	22	29	31	6.21	10
235	21	50	29	22	29	31	6.21	10
240	21	50	29	22	29	31	6.2	10
245	21	50	29	22	29	31	6.2	10
250	21	50	29	22	29	31	6.2	10
255	21	50	29	22	29	31	6.2	10
260	21	50	29	22	29	31	6.2	10
265	21	50	29	22	29	31	6.2	10
270	21	50	29	22	29	31	6.2	10
275	21	50	29	22	29	31	6.2	10
280	21	50	29	22	29	31	6.2	10
285	21	50	29	22	29	31	6.2	10
290	21	50	29	22	29	31	6.2	10
295	21	50	29	22	29	31	6.2	10
300	21	50	29	22	29	31	6.19	10
305	21	50	29	22	29	31	6.18	10
310	21	51	30	22	29	31	6.18	10
315	21	51	30	22	29	31	6.18	10
320	21	51	30	22	29	31	6.18	10
325	21	51	30	22	29	31	6.18	10
330	21	51	30	22	29	31	6.18	10
335	21	51	30	22	29	31	6.18	10
340	21	51	30	22	29	31	6.18	10
345	21	51	30	22	29	31	6.18	10
350	21	51	30	22	29	31	6.18	10
355	21	51	30	22	29	31	6.18	10
360	21	51	30	22	29	31	6.18	10

Lampiran 8b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K ⁻¹]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
0	0.64887	4196.8	0	0	0.00021	0.01637	0.00113	0.00247	0	0	0	0
5	0.64778	4174.4	1	9.01360	0.00022	0.01619	0.00117	0.00246	46.72433	0.45000	21.0261	67.75042
10	0.64782	4175.2	0	0	0.00022	0.01619	0.00117	0.00246	46.72433	0.45000	21.0261	67.75042
15	0.64782	4175.2	0	0	0.00022	0.01620	0.00117	0.00247	46.61359	0.44242	20.62272	67.23631
20	0.64782	4175.2	0	0	0.00022	0.01620	0.00117	0.00247	46.61359	0.44242	20.62272	67.23631
25	0.64782	4175.2	0	0	0.00022	0.01620	0.00117	0.00247	46.61359	0.44242	20.62272	67.23631
30	0.64786	4176	1	9.01814	0.00022	0.01620	0.00117	0.00247	46.61359	0.44242	20.62272	67.23631
35	0.64789	4176.8	0	0	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	46.3925	0.44150	20.48226	66.87476
40	0.64789	4176.8	0	0	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	46.84474	0.43762	20.50002	67.34476
45	0.64793	4177.6	1	9.02268	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	46.84474	0.43762	20.50002	67.34476
50	0.64797	4178.4	0	0	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	46.99598	0.43633	20.50569	67.50167
55	0.64797	4178.4	0	0	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	46.99598	0.43633	20.50569	67.50167
60	0.64797	4178.4	0	0	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	46.99598	0.43633	20.50569	67.50167
65	0.64801	4179.2	1	9.02723	0.00022	0.01622	0.00116	0.00247	46.99598	0.43633	20.50569	67.50167
70	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
75	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
80	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
85	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
90	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
95	0.64805	4180	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
100	0.64809	4180.8	1	9.03177	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
105	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
110	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
115	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
120	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01623	0.00116	0.00247	46.88418	0.42873	20.10089	66.98507
125	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
130	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
135	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
140	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
145	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
150	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
155	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
160	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
165	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
170	0.64813	4181.6	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
175	0.64817	4182.4	1	9.03631	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825
180	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.69573	66.46825

Lampiran 8b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda Paralel pada Tegangan 10 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
185	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.59573	56.46825
190	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.77252	0.42110	19.59573	56.46825
195	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.66098	0.41341	19.29021	55.95119
200	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.66098	0.41341	19.29021	55.95119
205	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.66098	0.41341	19.29021	55.95119
210	0.64821	4183.2	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.66098	0.41341	19.29021	55.95119
215	0.64825	4184	0	0.04086	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.66098	0.41341	19.29021	55.95119
220	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.66098	0.41341	19.29021	55.95119
225	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.66098	0.41341	19.29021	55.95119
230	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.66098	0.41341	19.29021	55.95119
235	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.66098	0.41341	19.29021	55.95119
240	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
245	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
250	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
255	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
260	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
265	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
270	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
275	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
280	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
285	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
290	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.51082	0.41463	19.285	55.79582
295	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.45083	0.41512	19.28288	55.73371
300	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.36091	0.41586	19.27966	55.64057
305	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01625	0.00115	0.00247	46.21124	0.41709	19.2742	55.48544
310	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
315	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
320	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
325	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
330	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
335	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
340	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
345	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
350	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
355	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297
360	0.64828	4184.8	0	0	0.00022	0.01624	0.00116	0.00247	46.3217	0.41042	19.01127	55.33297

Lampiran 9a

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	T_c [°C]	T_h [°C]	ΔT [K]	$T_{\text{air dingin}}$ [°C]	T_{air} [°C]	T_{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
0	29	29	0	29	29	29	0	0
5	29	55	27	29	29	29	6.99	12
10	29	55	27	29	29	29	6.98	12
15	29	55	27	29	29	29	6.98	12
20	29	55	27	29	29	29	6.99	12
25	29	55	27	29	29	29	7	12
30	29	55	27	29	29	29	7	12
35	29	55	27	29	29	30	6.99	12
40	29	55	27	29	29	30	6.99	12
45	29	55	27	29	29	30	6.99	12
50	29	55	26	29	29	30	6.99	12
55	29	55	26	29	29	30	6.99	12
60	29	55	26	29	29	29	7	12
65	29	55	26	29	29	29	7	12
70	28	55	26	29	29	29	7	12
75	28	55	26	29	29	29	7	12
80	28	55	26	28	29	29	7	12
85	28	55	26	28	29	30	6.99	12
90	28	55	26	28	29	30	6.99	12
95	28	55	26	28	29	30	6.99	12
100	28	55	26	28	29	30	6.99	12
105	28	55	26	28	29	30	6.99	12
110	28	55	26	28	29	30	6.99	12
115	28	55	26	28	29	30	6.99	12
120	28	55	26	28	29	30	6.99	12
125	28	55	26	28	29	30	6.99	12
130	28	55	26	28	29	30	6.99	12
135	28	55	26	28	29	30	6.99	12
140	28	55	26	28	29	30	6.99	12
145	28	55	26	28	29	30	6.99	12
150	28	55	26	28	29	30	6.99	12
155	28	55	26	28	29	30	6.99	12
160	28	55	26	28	29	30	6.99	12
165	28	55	26	28	29	30	6.99	12
170	28	55	26	28	29	30	6.99	12
175	28	56	27	28	29	30	6.99	12
180	28	56	27	28	29	30	6.99	12

Tabel Data Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	T _c [°C]	T _h [°C]	ΔT [K]	T _{air dingin} [°C]	T _{air} [°C]	T _{ambient} [°C]	I [A]	V [V]
185	28	56	27	28	29	30	6,99	12
190	28	56	27	28	29	30	6,99	12
195	28	56	27	28	29	30	6,99	12
200	28	55	26	28	29	30	6,99	12
205	28	55	26	28	29	30	6,99	12
210	28	55	26	28	29	30	6,99	12
215	28	56	27	28	29	30	6,99	12
220	28	56	27	28	29	30	6,99	12
225	28	56	27	28	29	30	6,99	12
230	28	56	27	28	29	30	6,99	12
235	28	56	27	28	29	30	6,99	12
240	28	56	27	28	29	30	6,99	12
245	28	56	27	28	29	30	6,99	12
250	28	56	27	28	29	30	6,99	12
255	28	56	27	28	29	30	6,99	12
260	28	56	27	28	29	30	6,99	12
265	28	56	27	28	29	30	6,99	12
270	28	56	27	28	29	30	6,99	12
275	28	56	27	28	29	30	6,99	12
280	28	56	27	28	29	30	6,99	12
285	28	56	27	28	29	30	6,99	12
290	28	56	27	28	29	30	6,99	12
295	28	56	27	28	29	30	6,99	12
300	28	56	27	28	29	30	6,99	12
305	28	56	27	28	29	30	6,99	12
310	28	56	27	28	29	30	6,99	12
315	28	56	27	28	29	30	6,99	12
320	28	56	27	28	29	30	6,99	12
325	28	56	27	28	29	30	6,99	12
330	28	56	27	28	29	30	6,99	12
335	28	56	27	28	29	30	6,99	12
340	28	56	27	28	29	30	6,99	12
345	28	56	27	28	29	30	6,99	12
350	28	56	27	28	29	30	6,99	12
355	28	56	27	28	29	30	6,99	12
360	28	56	27	28	29	30	6,99	12

Lampiran 9b

Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 12 V

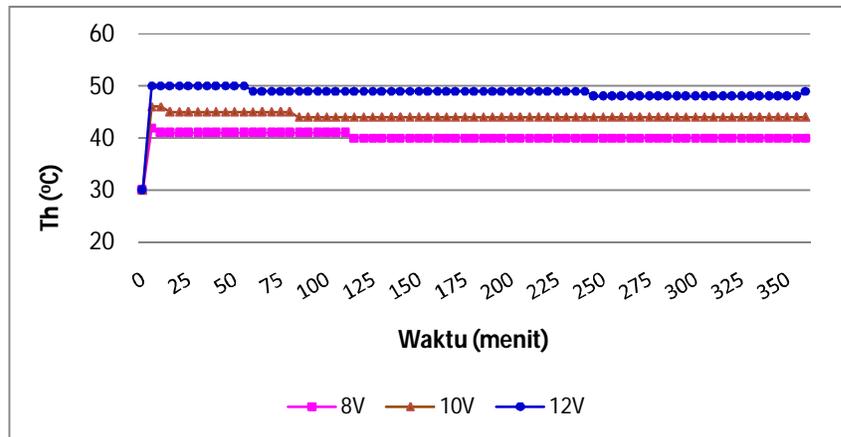
Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ωcm)	z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
0	0.64887	4196.8	0	0	0.00021	0.01642	0.00112	0.00247	0	0	0	0
5	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01613	0.00119	0.00246	60.9684	0.34893	21.27356	82.24196
10	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01613	0.00119	0.00246	60.79408	0.34999	21.27746	82.07154
15	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01613	0.00119	0.00246	60.79408	0.34999	21.27746	82.07154
20	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01613	0.00119	0.00246	60.9684	0.34893	21.27356	82.24196
25	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01613	0.00119	0.00246	61.14297	0.34787	21.26953	82.4125
30	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01613	0.00119	0.00246	61.14297	0.34787	21.26953	82.4125
35	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01613	0.00119	0.00246	60.9684	0.34893	21.27356	82.24196
40	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01613	0.00119	0.00246	60.9684	0.34893	21.27356	82.24196
45	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01613	0.00119	0.00246	60.9684	0.34893	21.27356	82.24196
50	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.9684	0.34893	21.27356	82.24196
55	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.9684	0.34893	21.27356	82.24196
60	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	61.14297	0.34787	21.26953	82.4125
65	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	61.14297	0.34787	21.26953	82.4125
70	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.99931	0.34190	20.85593	81.85524
75	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.99931	0.34190	20.85593	81.85524
80	0.64774	4173.6	1	9.01360	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.99931	0.34190	20.85593	81.85524
85	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
90	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
95	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
100	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
105	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
110	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
115	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
120	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
125	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
130	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
135	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
140	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
145	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
150	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
155	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
160	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
165	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
170	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
175	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
180	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384

Lampiran 9b

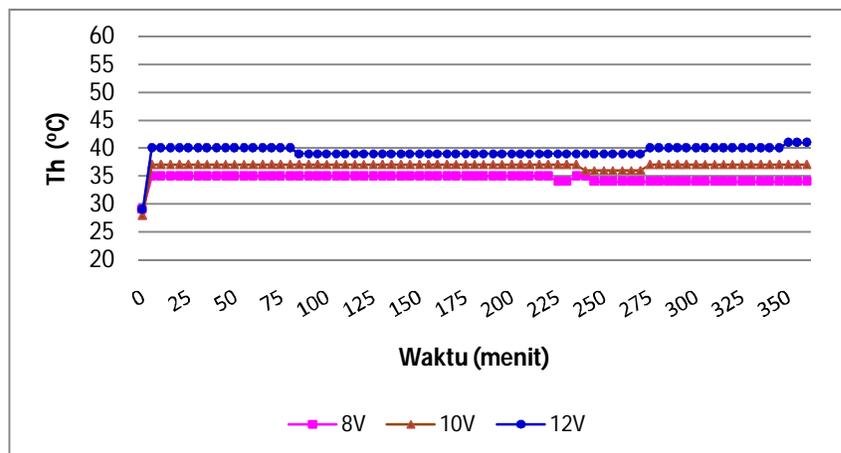
Tabel Hasil Perhitungan Termoelektrik Ganda-Paralel pada Tegangan 12 V

Waktu [menit]	m_{air} [kg]	C_p [J/kgK]	ΔT_{air} [K]	q_w [W]	α_m (V/K)	κ_m (W/cmK)	ρ (Ω cm)	Z [K^{-1}]	P [W]	COP	q_c [W]	q_h [W]
185	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
190	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
195	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
200	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
205	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
210	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01612	0.00119	0.00246	60.82515	0.34295	20.86008	81.68523
215	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
220	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
225	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
230	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
235	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
240	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
245	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
250	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
255	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
260	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
265	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
270	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
275	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
280	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
285	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
290	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
295	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
300	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
305	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
310	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
315	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
320	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
325	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
330	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
335	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
340	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
345	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
350	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
355	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384
360	0.64774	4173.6	0	0	0.00022	0.01611	0.00119	0.00246	60.9684	0.33764	20.58544	81.55384

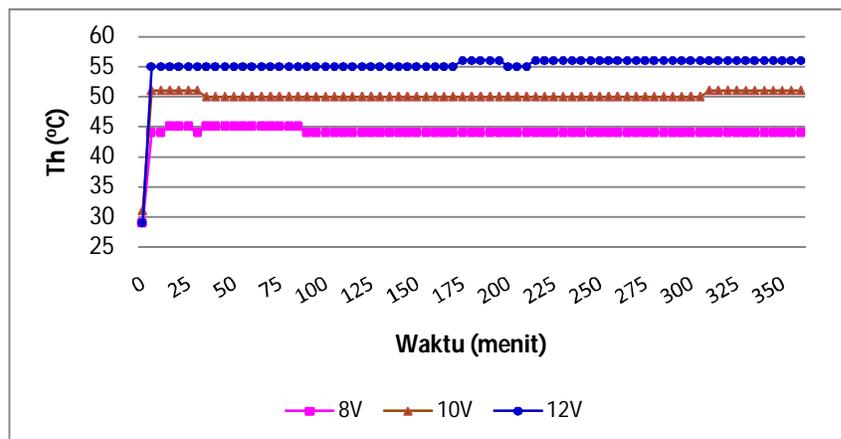
Lampiran 10. Grafik temperatur sisi panas



Grafik 1. Temperatur sisi panas untuk modul termoelektrik tunggal

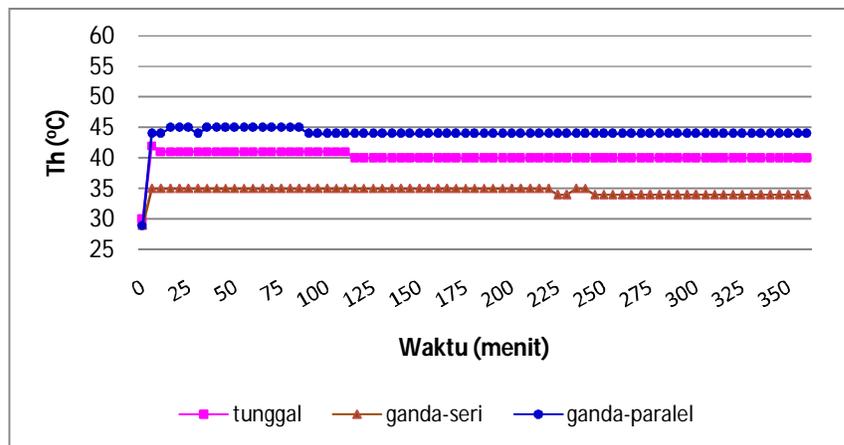


Grafik 2. Temperatur sisi panas untuk modul termoelektrik ganda-seri

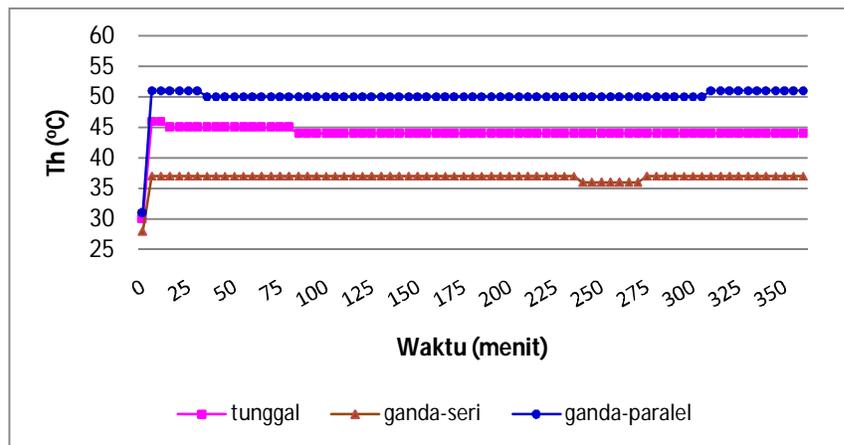


Grafik 3. Temperatur sisi panas untuk modul termoelektrik ganda-paralel

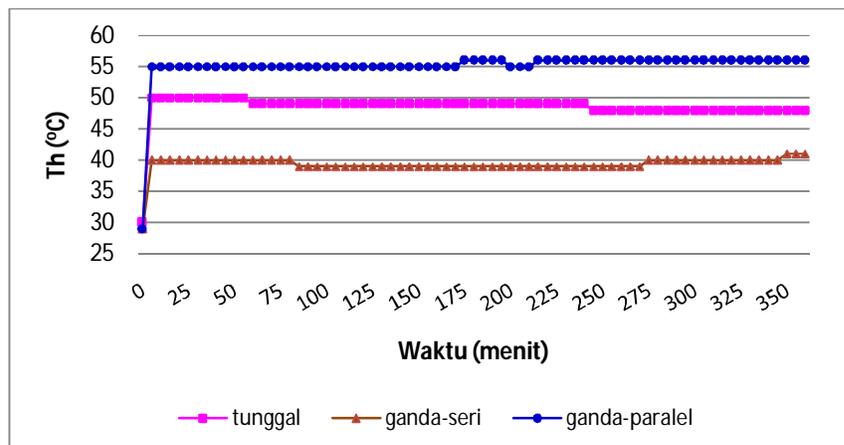
Lampiran 10. Grafik temperatur sisi panas



Grafik 4. Temperatur sisi panas dengan tegangan 8V

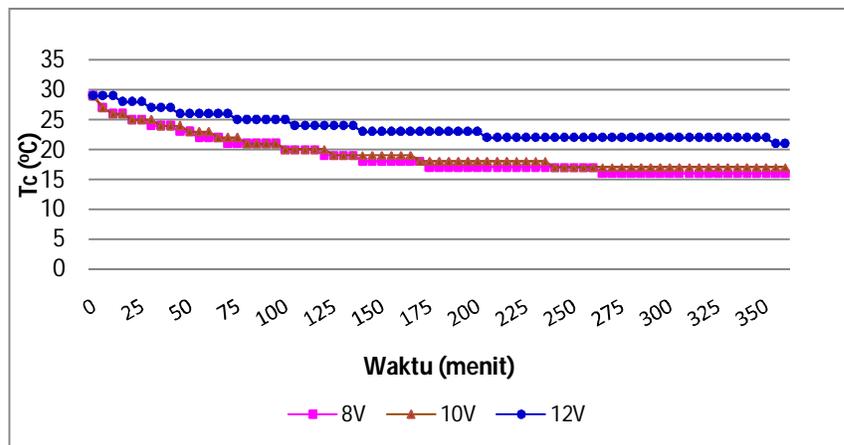


Grafik 5. Temperatur sisi panas dengan tegangan 10V

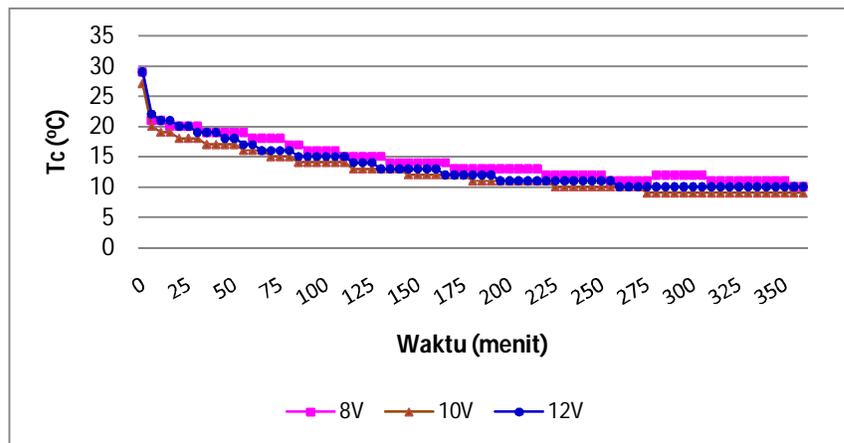


Grafik 6. Temperatur sisi panas dengan tegangan 12V

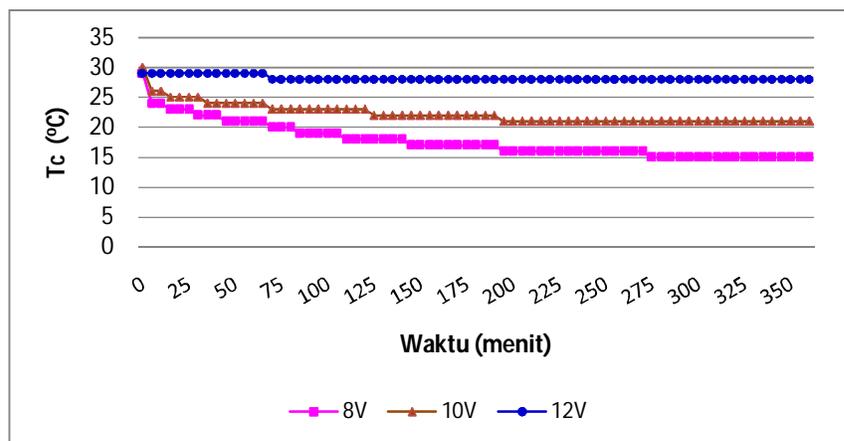
Lampiran 11. Grafik temperatur sisi dingin



Grafik 1. Temperatur sisi dingin untuk modul termoelektrik tunggal

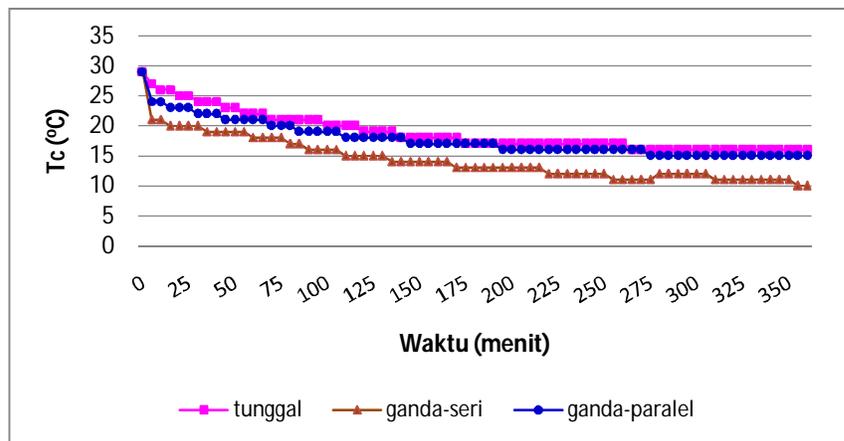


Grafik 2. Temperatur sisi dingin untuk modul termoelektrik ganda-seri

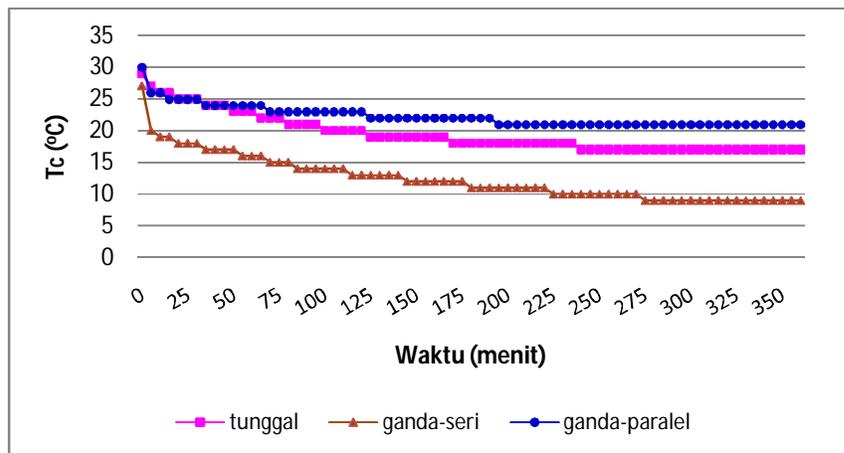


Grafik 3. Temperatur sisi dingin untuk modul termoelektrik ganda-paralel

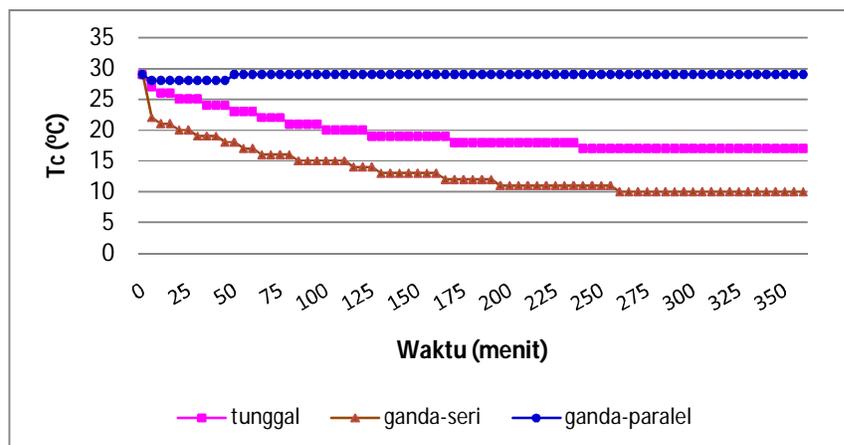
Lampiran 11. Grafik temperatur sisi dingin



Grafik 4. Temperatur sisi dingin dengan tegangan 8V

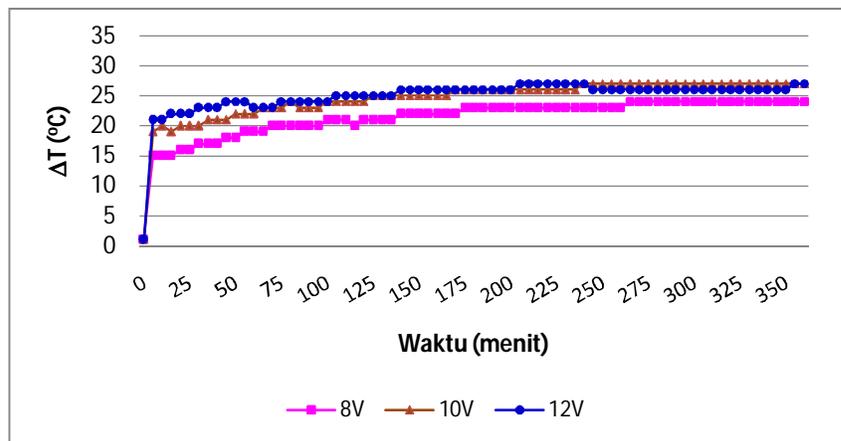


Grafik 5. Temperatur sisi dingin dengan tegangan 10V

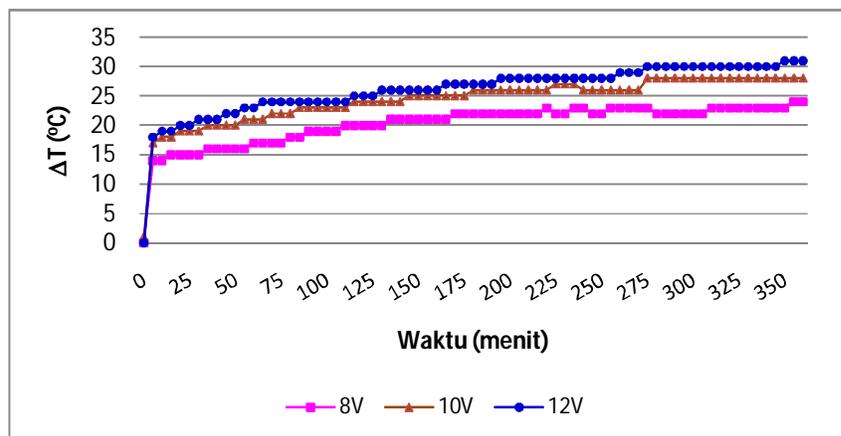


Grafik 6. Temperatur sisi dingin dengan tegangan 12V

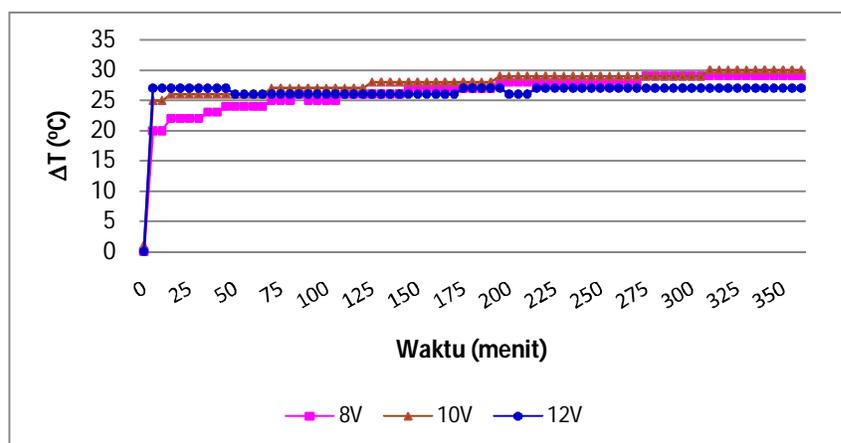
Lampiran 12. Grafik beda temperatur



Grafik 1. Beda temperatur untuk modul termoelektrik tunggal

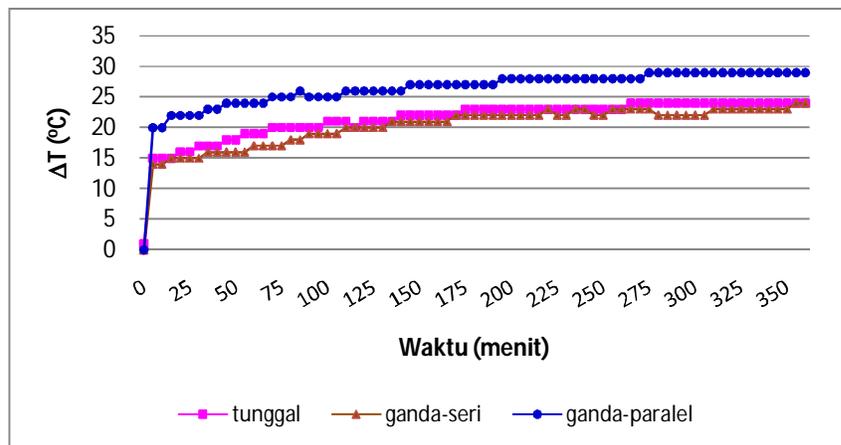


Grafik 2. Beda temperatur untuk modul termoelektrik ganda-seri

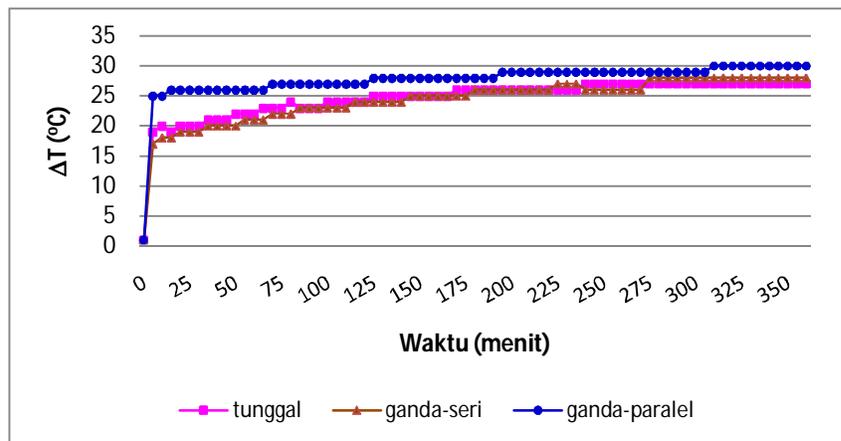


Grafik 3. Beda temperatur untuk modul termoelektrik ganda-paralel

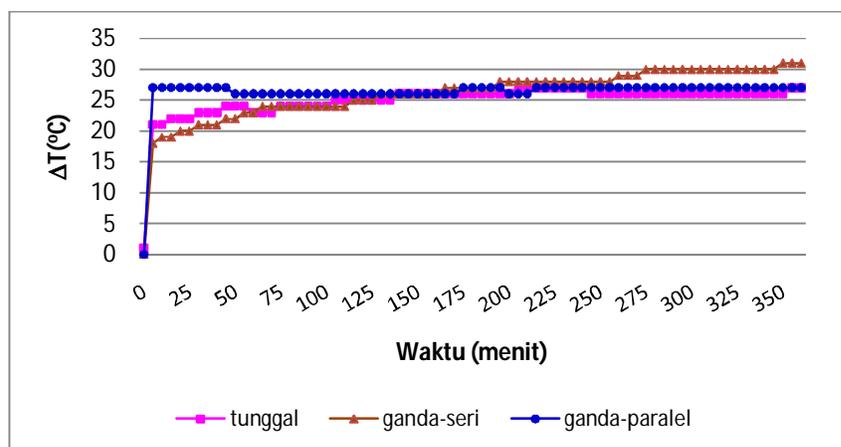
Lampiran 12. Grafik beda temperatur



.Grafik 4. Benda temperatur dengan tegangan 8 V

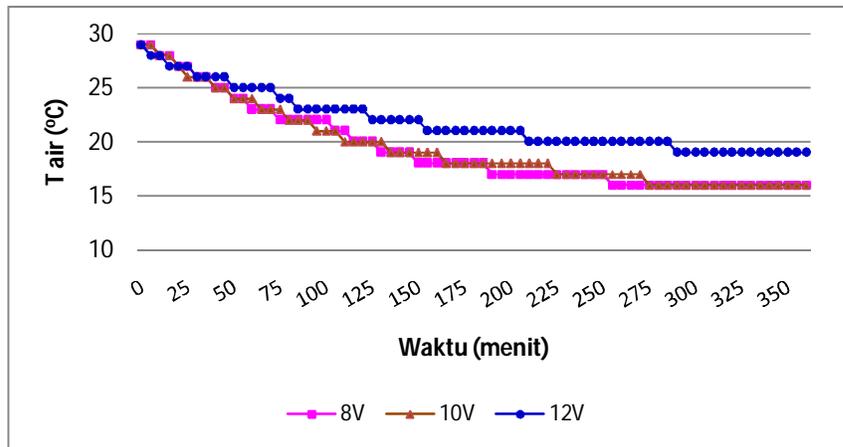


Grafik 5. Benda temperatur dengan tegangan 10 V

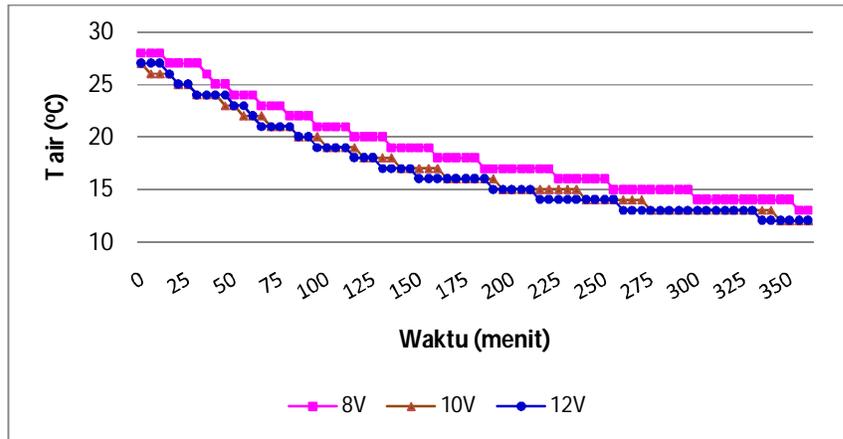


Grafik 6. Benda temperatur dengan tegangan 12 V

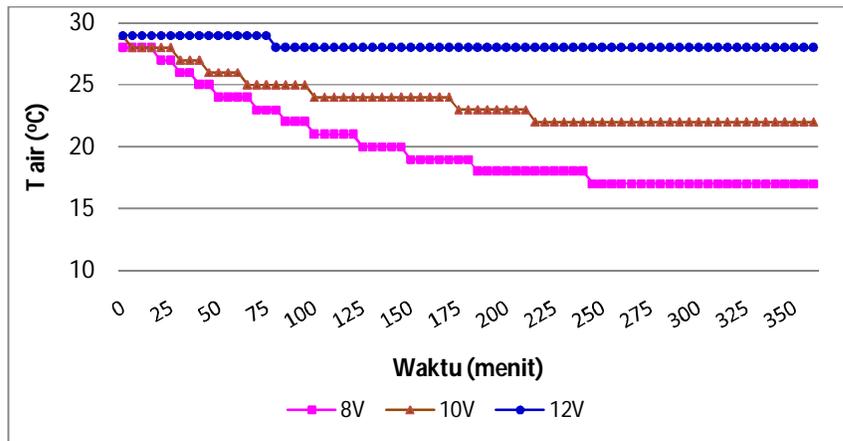
Lampiran 13. Grafik temperatur air yang didinginkan



Grafik 1. Temperatur air untuk termoelektrik tunggal

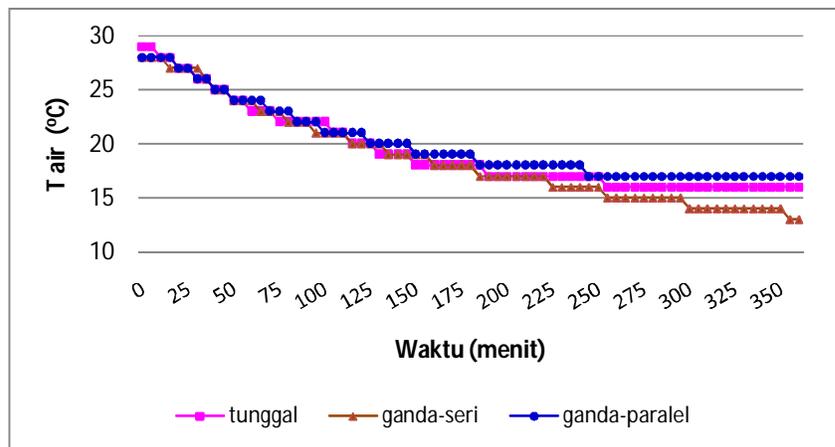


Grafik 2. Temperatur air untuk termoelektrik ganda-seri

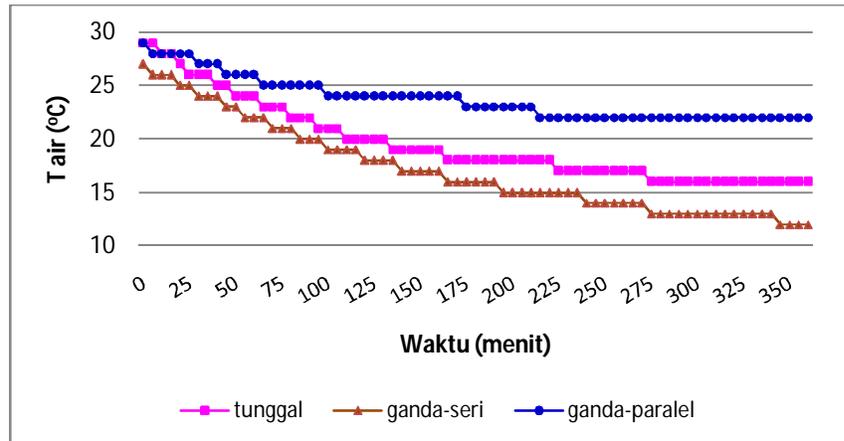


Grafik 3. Temperatur air untuk modul termoelektrik ganda-paralel

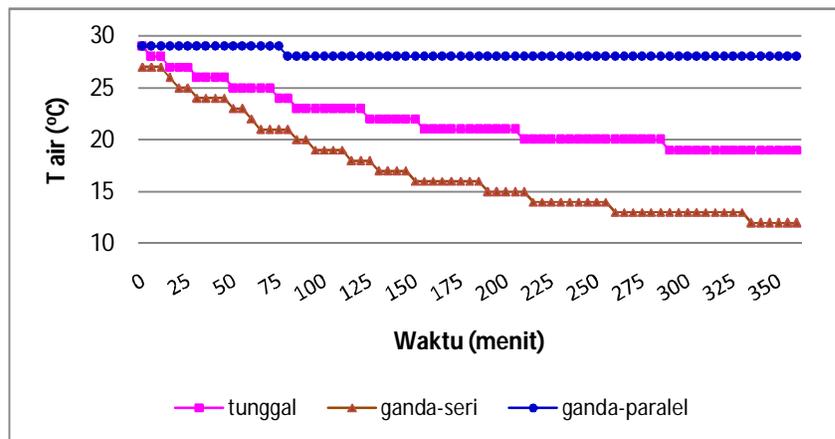
Lampiran 13. Grafik temperatur air yang didinginkan



Grafik 4. Temperatur air dengan tegangan 8 V

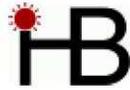


Grafik 5. Temperatur air dengan tegangan 10 V



Grafik 6. Temperatur air dengan tegangan 12 V

Lampiran 14. Data teknis modul termoelektrik TEC1-12706

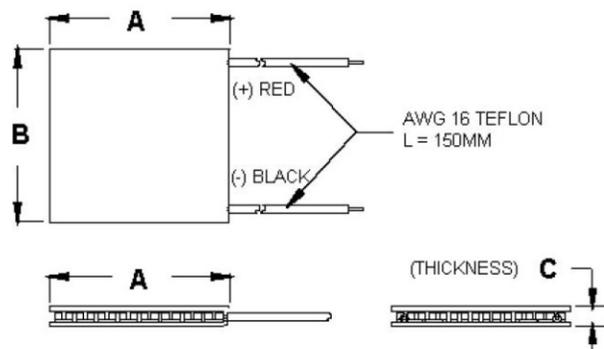
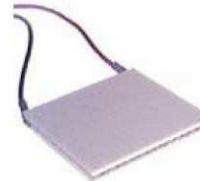


**Thermoelectric
Cooler**

TEC1-12706

Performance Specifications

Hot Side Temperature (°C)	25° C	50° C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



Ceramic Material: Alumina (Al₂O₃)
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

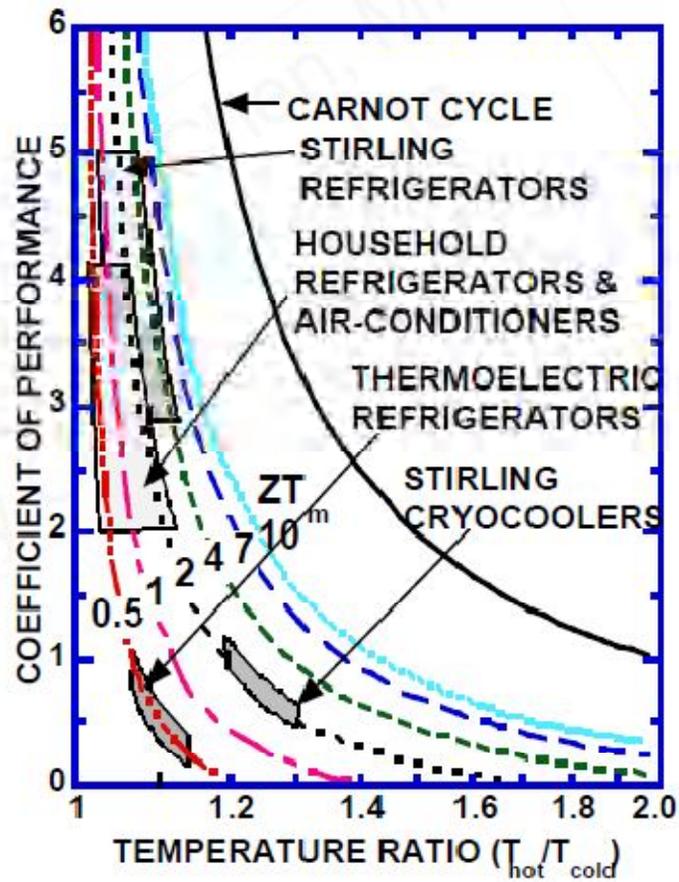
Size table:

A	B	C				
40	40	3.8				

Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed I_{max} or V_{max} when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
-
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

Lampiran 15. Grafik COP untuk mesin pendingin (Rohsenow,2013).



Lampiran 16. Tabel sifat-sifat zat cair (Çengel and Boles, 2006).

TABLE A-3

Properties of common liquids, solids, and foods

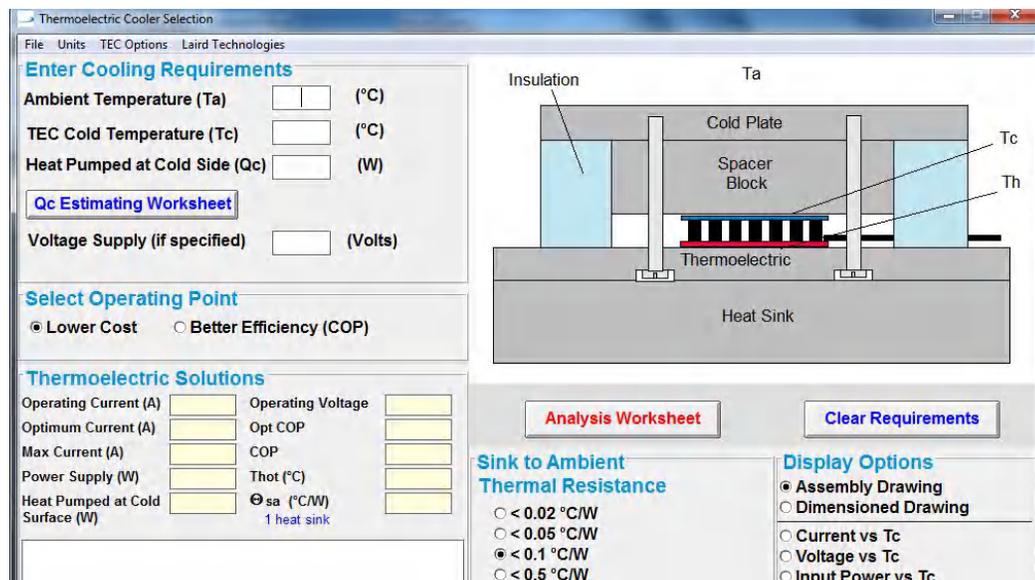
(a) Liquids

Substance	Boiling data at 1 atm		Freezing data		Liquid properties		
	Normal boiling point, °C	Latent heat of vaporization h_{fg} , kJ/kg	Freezing point, °C	Latent heat of fusion h_{if} , kJ/kg	Temperature, °C	Density ρ , kg/m ³	Specific heat c_p , kJ/kg · K
Ammonia	-33.3	1357	-77.7	322.4	-33.3	682	4.43
					-20	665	4.52
					0	639	4.60
					25	602	4.80
Argon	-185.9	161.6	-189.3	28	-185.6	1394	1.14
Benzene	80.2	394	5.5	126	20	879	1.72
Brine (20% sodium chloride by mass)	103.9	—	-17.4	—	20	1150	3.11
<i>n</i> -Butane	-0.5	385.2	-138.5	80.3	-0.5	601	2.31
Carbon dioxide	-78.4*	230.5 (at 0°C)	-56.6	—	0	298	0.59
Ethanol	78.2	838.3	-114.2	109	25	783	2.46
Ethyl alcohol	78.6	855	-156	108	20	789	2.84
Ethylene glycol	198.1	800.1	-10.8	181.1	20	1109	2.84
Glycerine	179.9	974	18.9	200.6	20	1261	2.32
Helium	-268.9	22.8	—	—	-268.9	146.2	22.8
Hydrogen	-252.8	445.7	-259.2	59.5	-252.8	70.7	10.0
Isobutane	-11.7	367.1	-160	105.7	-11.7	593.8	2.28
Kerosene	204–293	251	-24.9	—	20	820	2.00
Mercury	356.7	294.7	-38.9	11.4	25	13,560	0.139
Methane	-161.5	510.4	-182.2	58.4	-161.5	423	3.49
Methanol	64.5	1100	-97.7	99.2	-100	301	5.79
					25	787	2.55
Nitrogen	-195.8	198.6	-210	25.3	-195.8	809	2.06
					-160	596	2.97
Octane	124.8	306.3	-57.5	180.7	20	703	2.10
Oil (light)	—	—	—	—	25	910	1.80
Oxygen	-183	212.7	-218.8	13.7	-183	1141	1.71
Petroleum	—	230–384	—	—	20	640	2.0
Propane	-42.1	427.8	-187.7	80.0	-42.1	581	2.25
					0	529	2.53
					50	449	3.13
					-50	1443	1.23
Refrigerant-134a	-26.1	217.0	-96.6	—	-26.1	1374	1.27
					0	1295	1.34
					25	1207	1.43
					0	1000	4.22
Water	100	2257	0.0	333.7	25	997	4.18
					50	988	4.18
					75	975	4.19
					100	958	4.22

* Sublimation temperature. (At pressures below the triple-point pressure of 518 kPa, carbon dioxide exists as a solid or gas. Also, the freezing-point temperature of carbon dioxide is the triple-point temperature of -56.5°C.)

Lampiran 17. Tampilan AZTEC software version 3.1

(Laird Technologies. 2010).



Gambar proses pengambilan data dan rangkaian alat penelitian

