

SKRIPSI

**KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN
MINI MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC
COOLER (TEC)* DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR
DAN UDARA**



DIAN APRIYAN

03051181722023

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

SKRIPSI

**KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN
MINI MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC
COOLER (TEC)* DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR
DAN UDARA**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Oleh

DIAN APRIYAN

03051181722023

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN MINI MENGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER* (TEC) DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN UDARA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

DIAN APRIYAN

03051181722023



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Inderalaya, Oktober 2021
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi

Dr. Ir Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI


NAMA : DIAN APRIYAN
NIM : 03051181722023
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL : KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN MINI
MENGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER* (TEC)
DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN UDARA
DIBUAT : JANUARI 2021
SELESAI : DESEMBER 2021

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Indralaya, 24 Desember 2021
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi



Dr. Ir Irwin Birzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN MINI MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER* (TEC) DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN UDARA” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 November 2021.

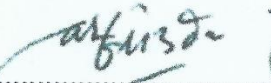
Palembang, Desember 2021
Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi
Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA
NIP. 195701181985031004

(
.....)

Sekretaris :

2. Aneka Firdaus, S.T., M.T.
NIP. 197502261999031001

(
.....)

Anggota :

3. Dr. Fajri Vidian, S.T., M.T.
NIP. 19720716006041002

(
.....)


Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Indralaya, 24 Desember 2021
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi


Dr. Ir Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul “**Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Mini Menggunakan *Thermoelectric Cooler* (TEC) dengan Media Pendingin Air dan Udara**”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan Skripsi ini kepada:

1. Bapak Suduri dan Ibu Winarni selaku orang tua penulis yang selalu mendukung baik secara lahir maupun batin.
2. Dr. Ir. Irwn Bizzy, M.T. selaku dosen pengarah Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.
3. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
4. Amir Arifin, S.T., M.Eng, Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Ir. Dyos Santoso, M.T. Selaku pembimbing akademik penulis di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Fadhil Fuad Rachman, S.T., M.T. yang senantiasa membantu dan mengarahkan penulis dalam melaksanakan penelitian.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini kedepannya akan sangat

membantu. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dimasa yang akan datang dikemudian hari.

Indralaya, 24 Oktober 2021



Dian Apriyan

03051181722023

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dian Apriyan

NIM : 03051181722023

Judul : Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Mini Menggunakan
Thermoelectric Cooler (TEC) dengan Media Pendingin Air dan
Udara

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, 24 Desember 2021



Dian Apriyan

03051181722023

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dian Apriyan

NIM : 03051181722023

Judul : Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Mini Menggunakan *Thermoelectric Cooler* (TEC) dengan Media Pendingin Air dan Udara

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, 24 Desember 2021



Dian Apriyan

03051181722023

RINGKASAN

KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN MINI MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER* (TEC) DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN UDARA

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Desember 2021

Dian Apriyan; Dibimbing oleh Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxix + 78 Halaman, 3 Tabel, 37 Gambar

RINGKASAN

Pemanasan global menyebabkan perkembangan teknologi pengkondisian udara semakin berkembang. Salah satu penyebab pemanasan global adalah penggunaan mesin pendingin yang menggunakan refrigerasi berjenis HFC. Mesin pendingin yang menggunakan *thermoelectric cooler* (TEC) sebagai salah satu alternatif pengganti refrigerasi berjenis HFC untuk mengurangi pemanasan global akibat penggunaan HFC. Namun ada beberapa kekurangan penggunaan *thermoelectric cooler* (TEC), salah satunya pelepasan kalor disisi panas akan sangat mempengaruhi temperatur pada sisi dingin modul *thermoelectric cooler* (TEC). Berdasarkan tinjauan tersebut maka dilakukanlah kaji eksperimental kotak pendingin mini menggunakan *thermoelectric cooler* (TEC) dengan media pendingin sisi panas berupa air dan udara. Bertujuan untuk membandingkan media pendingin air dan udara pada sisi panas *thermoelectric cooler* (TEC), *coefficient of performance* (COP), variasi arus listrik ke modul, serta mengetahui nilai pelepasan dan penyerapan kalor secara konveksi bebas maupun konveksi paksa pada modul TEC. Metode penelitian berupa eksperimen merangkai kotak pendingin mini menggunakan kotak styrofoam dengan *thermoelectric cooler* (TEC) sebagai refrigerator dan volume ruang pendingin sebesar 22 cm x 22 cm x 13 cm. Pengambilan data temperatur menggunakan arduino atmega 2560 serta sensor temperatur DS18B20 dan termokopel type-K yang dipasang pada

beberapa titik pengambilan data dan adjustable power supply untuk memvariasikan arus yang masuk ke dalam modul TEC berturut-turut 1,5A; 3,0A; dan 4,5A. Daya listrik yang masuk ke modul TEC berubah-ubah karena beban keluaran dari modul TEC berupa Δ Temperatur. Penetapan variasi arus menyebabkan terjadinya perubahan tegangan yang masuk mengikuti beban yang dihasilkan oleh modul TEC. Hasil dari penelitian menghasilkan temperatur rata-rata di ruang pendingin dalam kotak terendah sebesar 26°C pada pengujian TEC berpendingin air dan udara (2 TEC) variasi arus masuk 1,5A dengan daya yang dihasilkan sebesar 6W dan temperatur rata-rata di ruang pendingin dalam kotak tertinggi sebesar 29°C pada pengujian TEC berpendingin air variasi arus masuk 1,5A dan daya masuk sebesar 16,6W. Nilai pelepasan kalor pada sisi panas TEC (Qh) tertinggi pada pengujian TEC berpendingin air dengan daya masuk 108W sebesar 88W, sedangkan nilai penyerapan kalor pada permukaan sisi dingin modul (Qc) tertinggi terjadi pada pengujian TEC air dengan sebesar 27W daya masuk 54W. Nilai COP terbaik terjadi pada pengujian TEC berpendingin air dan udara sebesar 2,2 (2 TEC) dan pengujian TEC berpendingin air 1,07 (1 TEC). Nilai pelepasan kalor secara konveksi paksa terjadi pada sisi panas modul TEC berpendingin udara dengan bantuan *fan* menyimpulkan bahwa semakin tinggi daya yang masuk ke dalam modul TEC maka nilai pelepasan kalor secara konveksi paksa akan semakin besar. Laju perpindahan kalor secara konveksi paksa tertinggi sebesar 18W dengan daya listrik 106W. Perpindahan kalor secara konveksi bebas terjadi pada ruang pendinginan dan sisi panas TEC berpendingin air. Perpindahan kalor pada ruang pendingin secara konveksi bebas menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian TEC berpendingin air sebesar 0,34W daya listrik 54W, dan pada bagian sisi panas TEC berpendingin air menghasilkan perpindahan kalor secara konveksi bebas tertinggi pada daya masuk 108W sebesar 162W. Koefisien perpindahan kalor konveksi (h) tertinggi pada pengujian TEC berpendingin air 471 W/m²K. Koefisien perpindahan kalor konveksi paksa memiliki nilai 15,4-15,5 W/m²K.

Kata Kunci : *Thermoelectric Cooler* (TEC), Kotak Pendingin, Energi Terbarukan, COP, Perpindahan Kalor Konveksi,

Kepustakaan : 32 (2004-2021)

SUMMARY

EXPERIMENTAL STUDY OF MINI COOLER BOX USING THERMOELECTRIC COOLER (TEC) WITH WATER AND AIR COOLING MEDIA

Scientific writing in the form of a thesis, December 2021

Dian Apriyan ; Supervised of Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxix + 78 pages, 3 tables, 37 images

SUMMARY

Global warming causes the development of air conditioning technology is growing. One of the causes of global warming is the use of cooling machines that use HFC-type refrigeration. A cooling machine that uses a thermoelectric cooler (TEC) as an alternative to HFC-type refrigeration to reduce global warming due to the use of HFCs. However, there are several drawbacks to using a thermoelectric cooler (TEC), one of which is that the release of heat on the hot side will greatly affect the temperature on the cold side of the thermoelectric cooler (TEC) module. Based on this review, an experimental study of the mini cooler box was carried out using a thermoelectric cooler (TEC) with the hot side cooling media in the form of water and air. Aims to compare water and air cooling media on the hot side of the thermoelectric cooler (TEC), compare the coefficient of performance (COP) value between water and air media, compare variations in the inflow into the module, and determine the value of heat release and absorption by free convection and forced convection on the TEC module. The research method is an experiment in assembling a mini cooler box using a styrofoam box with a thermoelectric cooler (TEC) as a refrigerator and the volume of the cooling room is 22 cm x 22 cm x 13 cm. Temperature data retrieval using Arduino Atmega 2560 as well as temperature sensor DS18B20 and type-K thermocouple installed at several data collection points and adjustable power

supply to vary the current entering the TEC module successively 1.5A; 3.0A; and 4.5A. The electric power that enters the TEC module varies because the output load from the TEC module is Temperature. The determination of the current variation causes a change in the incoming voltage following the load generated by the TEC module. The results of the study showed that the average temperature in the cooling room in the lowest box was 26°C in the water and air-cooled TEC test (2 TEC) with an inflow variation of 1.5A with a power generated of 6W and the average temperature in the cooling room in the highest box. of 29°C in the water-cooled TEC test, the inflow variation is 1.5A and the inlet power is 16.6W. The heat release value on the hot side of TEC (Q_h) was highest in the TEC test using a cooling medium on the hot side of water with an input power of 108W of 88W, while the highest heat absorption value on the cold side of the module (Q_c) occurred in the TEC test using cooling media on the side surface. water and air heat current 4.5A with 54W input power of 27W. The best COP value occurs in the water and air-cooled TEC test of 2.2 for the use of 2 TEC modules and the use of 1 TEC module has the highest COP value of 1.07 in the water-cooled TEC test. The value of heat release by forced convection occurs on the hot side of the air-cooled TEC module with the help of a fan. It concludes that the higher the power that enters the TEC module, the value of heat release by forced convection will be even greater. The highest forced convection heat transfer rate is 18W with an electric power of 106W. Free convection heat transfer occurs in the cooling chamber and the hot side of the water-cooled TEC. The heat transfer in the cooling chamber by free convection resulted in the highest value in the water-cooled TEC test of 0.34W with an electric power of 54W, and on the hot side of the water-cooled TEC the highest free convection heat transfer at the input power of 108W was 162W. The highest convection heat transfer coefficient (h) in the water-cooled TEC test on the hot side of the module is 471 W/m²K. The forced convection heat transfer coefficient has a value of 15.4-15.5 W/m²K.

Keyword: Thermoelectric Cooling (TEC), Cooling Box, Renewable Energy, COP, Convection Heat Transfer

Literatures: 32 (2004-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	iii
Halaman Persetujuan.....	vii
kata Pengantar	ix
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	xi
Halaman Pernyataan Integritas.....	xiii
Ringkasan	xv
Summary	xvii
Daftar Isi	xix
Daftar Gambar.....	xxiii
Daftar Tabel.....	xxv
Daftar Rumus	xxvii
Daftar lampiran	xxix
BAB 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Mesin Pendingin	5
2.2 Termoelektrik	6
2.2.1 Efek Seebeck	6
2.2.2 Efek Peltier	7
2.2.3 Efek Joulean	8
2.2.4 Thermoelectric Cooler.....	9
2.3 Material Thermoelectric	12

2.3.1	Silicon Germanium.....	12
2.3.2	Lead Telluride.....	13
2.3.3	Bismuth Telluride	13
2.4	Prinsip Kerja Termoelektrik	14
2.5	Kinerja Modul Termoelektrik.....	16
2.6	Coefficient of Performance (COP)	19
2.7	Perpindahan Kalor	20
2.7.1	Perpindahan Kalor Konduksi.....	20
2.7.2	Perpindahan Kalor Konveksi.....	21
2.7.2.1	Perpindahan Kalor Konveksi Paksa.....	22
2.7.2.2	Perpindahan Kalor Konveksi Bebas.....	24
BAB 3 Metodologi Penelitian		26
3.1	Metode Penelitian	27
3.2	Diagram Alir Penelitian	27
3.3	Variabel Penelitian.....	29
3.4	Alat dan Bahan.....	29
3.5	Peralatan Eksperimen.....	35
3.6	Prosedur Pengujian	38
BAB 4 Hasil dan Pembahasan.....		41
4.1	Hasil Pengujian	41
4.2	Perhitungan Daya Masuk.....	46
4.3	Perhitungan Kalor Setiap Sisi TEC.....	49
4.3.1	Sisi Panas.....	51
4.3.2	Sisi Dingin	54
4.4	Temperatur Permukaan TEC	56
4.5	Coefficient of Performance (COP)	59
4.6	Perpindahan Kalor Konveksi Paksa.....	62
4.7	Perpindahan Kalor Konveksi Bebas	65
4.8	Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi	71
BAB 5 Kesimpulan dan Saran.....		73

5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
	Daftar Rujukan	75
	Lampiran	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pergerakan elektron pada logam semikonduktor	10
Gambar 2.2 Struktur modul thermoelectric cooler (TEC)	11
Gambar 2.3 Skema aliran pada modul TEC.....	14
Gambar 2.4 Sistem pendinginan modul TEC.....	15
Gambar 2.5 Perpindahan kalor pada modul TEC.....	16
Gambar 2.6 Skema perpindahan kalor konduksi.....	21
Gambar 2.7 Skema perpindahan kalor konveksi.....	21
Gambar 2.8 Jenis aliran laminar dan turbulen pada konveksi paksa.....	23
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	28
Gambar 3.2 Thermoelectric Cooler (TEC).....	30
Gambar 3.3 Heatsink	31
Gambar 3.4 Fan	31
Gambar 3.5 Kotak styrofoam	32
Gambar 3.6 Adjustable power supply	33
Gambar 3.7 Aluminium foil	33
Gambar 3.8 Thermal paste	34
Gambar 3.9 Kotak air	34
Gambar 3.10 Arduino atmega 2560	35
Gambar 3.11 Skema Instalasi kotak pendingin mini.....	36
Gambar 3.12 Skema peralatan uji dan pengambilan data dengan Arduino Mega 2560.....	37
Gambar 4.1 Data temperatur dan waktu modul TEC pendinginan air	41
Gambar 4.2 Data temperatur dan waktu modul TEC pendinginan udara	43
Gambar 4.3 Data temperatur dan waktu modul TEC pendinginan air dan udara	44
Gambar 4.4 Data beda temperatur dan waktu modul TEC	45
Gambar 4.5 Daya masuk dan Δ temperatur modul TEC.....	48

Gambar 4.6 Pelepasan kalor sisi panas dan daya masuk TEC air dan TEC udara	51
Gambar 4.7 Pelepasan kalor sisi panas dan daya masuk TEC air dan udara (2 TEC)	53
Gambar 4.8 Penyerapan kalor sisi dingin dan daya masuk TEC air dan TEC udara	54
Gambar 4.9 Penyerapan kalor sisi dingin dan daya masuk TEC air dan udara (2 TEC)	55
Gambar 4.10 Pengaruh temperatur dan efek peltier terhadap arus listrik pada TEC air dan udara (2 TEC)	57
Gambar 4.11 Pengaruh temperatur dan koefisien peltier terhadap arus listrik pada TEC air dan TEC udara	58
Gambar 4.12 COP dan daya masuk TEC air dan TEC udara	60
Gambar 4.13 COP dan daya masuk 2 TEC	61
Gambar 4.14 Perpindahan kalor konveksi paksa dan daya masuk TEC	64
Gambar 4.15 Perpindahan kalor konveksi bebas sisi dingin dan arus masuk TEC	68
Gambar 4.16 Sisi panas TEC air dan daya masuk	70
Gambar 4.17 Koefisien perpindahan kalor konveksi dan arus masuk TEC	71

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Temperatur rata-rata hasil pengujian kotak pendingin mini	40
Tabel 3.2 Arus dan tegangan masuk	40
Tabel 4.1 Daya listrik dan beban keluar di modul TEC.....	47

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Koefisien Seebeck couple	7
Rumus 2.2 Koefisien Seebeck.....	7
Rumus 2.3 Koefisien Peltier.....	8
Rumus 2.4 Efek Joulean (Joule Heating)	8
Rumus 2.5 Efek Joulean satu sisi	8
Rumus 2.6 Tahanan elektrik couple	9
Rumus 2.7 Tahanan elektrik total.....	9
Rumus 2.8 Penyerapan Kalor sisi dingin (Q_c)	17
Rumus 2.9 Pelepasan Kalor sisi panas (Q_h).....	17
Rumus 2.10 Perpindahan panas konduksi modul TEC	18
Rumus 2.11 Konduktivitas termal modul.....	18
Rumus 2.12 Konduktivitas termal couple	18
Rumus 2.13 Coefficient of Performance (COP)	19
Rumus 2.14 Power In	19
Rumus 2.15 Perpindahan panas konveksi	22
Rumus 2.16 Bilangan Reynold.....	22
Rumus 2.17 Bilangan Prandtl.....	23
Rumus 2.18 Bilangan Nusselt konveksi paksa.....	24
Rumus 2.19 Bilangan Grashoff	24
Rumus 2.20 Bilangan Rayleigh.....	25
Rumus 2.21 Bilangan Nusselt konveksi bebas.....	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Daya Masuk.....	79
Lampiran 2. Perhitungan Kalor setiap sisi modul TEC	79
Lampiran 3. Tabel A-9 (karakteristik Fluida udara (SI Unit)	86
Lampiran 4. Perhitungan Perpindahan kalor Konveksi Paksa	87
Lampiran 5. Perhitungan Perpindahan kalor Konveksi Bebas di dalam Kotak Pendingin Mini	89
Lampiran 6. Tabel Karakteristik Fluida Air (SI unit)	97
Lampiran 7. Perhitungan sisi panas TEC Air (Perpindahan Kalor Konveksi Bebas)	98
Lampiran 8. Gambar Pengambilan Data	101

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang hanya memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Pada setiap musim menyebabkan kondisi ruangan terasa lebih panas pada saat musim kemarau dan terasa lebih dingin pada saat musim hujan. Pesatnya perkembangan teknologi di dunia mengakibatkan munculnya inovasi dan penerapan teknologi yang menunjang kehidupan manusia. Hal ini mendorong banyak dikembangkannya ilmu mengenai teknologi salah satunya mengkondisikan udara agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Pada zaman sekarang ini pemanfaatan teknologi semakin maju dalam mengatur pengkondisian udara.

Teknologi pengkondisian udara memiliki beberapa manfaat bagi kehidupan manusia seperti pengkondisian udara untuk industri, pengkondisian udara pada rumah tangga, pengkondisian udara pada instalasi power plant dan sebagainya. Pengkondisian udara pada rumah tangga meliputi pendinginan setiap ruangan yang dibutuhkan, seperti tempat penyimpanan makanan sampai pakaian. Fungsi utama dari pengkondisian udara pada rumah tangga adalah menjaga temperatur dan kelembapan ruangan agar sesuai dengan kondisi yang dianggap nyaman oleh manusia.

Mesin pendingin adalah suatu mesin konversi energi yang digunakan untuk memindahkan kalor dari dalam ruangan ke luar ruangan untuk menjadikan temperatur ruangan tersebut menjadi lebih rendah dari temperatur sebelumnya sehingga menghasilkan temperatur yang diinginkan. Mesin pendingin yang berjenis kompresi uap dan mesin pendingin absorpsi sudah banyak digunakan. Mesin pendingin yang digunakan pada saat ini hampir semuanya menggunakan refrigerant sebagai media pembawa kalor. Kelemahan dari refrigerant sendiri memiliki kandungan HFC (*hydroflourocarbon*) yang tidak ramah lingkungan.

Walaupun tidak mengandung senyawa yang dapat menimbulkan kerusakan lapisan ozon (*Ozon Depleting Substances*) atau ODS tetapi untuk potensi pemanasan global (*Global warming potential*) atau GWP masih tinggi. Selain itu senyawa ini masih memiliki harga yang relatif mahal. Pemanasan global dan harganya yang relatif mahal membuat mesin pengkondisian udara semakin berkembang.

Pengembangan mesin pengkondisian udara yang memiliki harga relatif murah dan ramah lingkungan terus dilakukan. Salah satu contohnya adalah penggunaan *thermoelectric cooler* (TEC) yang tidak menggunakan refrigerant. Cara kerja Thermoelectric yaitu dengan mengkonversikan energi kalor menjadi energi listrik secara langsung disebut *thermoelectric generator* (TEG) dan mengkonversikan energi listrik menjadi proses pompa kalor atau refrigerasi disebut *thermoelectric cooler* (TEC). Prinsip yang digunakan *thermoelectric cooler* atau pendinginan termoelektrik adalah menggunakan efek peltier. Efek peltier didefinisikan jika dua logam yang berbeda disambungkan kemudian dialirkan arus listrik pada sambungan tersebut maka akan terjadi fenomena pompa kalor. Dimana setiap sisi pada TEC memiliki perbedaan temperatur yang signifikan. Sisi dingin digunakan untuk mendinginkan udara sehingga tidak perlu lagi menggunakan kompresor pendingin seperti mesin pendingin pada umumnya. Pendingin termoelektrik masih memiliki kekurangan dimana temperatur dingin yang dibutuhkan dipengaruhi oleh pembuangan kalor di sisi kalor TEC sehingga jika pembuangan kalor pada sisi kalor TEC tidak maksimal maka pendinginan pada sisi yang lainnya juga tidak maksimal.

Berdasarkan uraian diatas tersebut maka penulis mengambil tugas akhir / skripsi mengenai “Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Mini Menggunakan *Thermoelectric Cooler* (TEC) dengan Media Pendingin Air dan Udara”.

1.2 Rumusan Masalah

Penurunan temperatur di sisi dingin *thermoelectric cooler* (TEC) dipengaruhi oleh pembuangan kalor di sisi panas, maka dari itu, bagaimana kaji eksperimental kotak pendingin mini menggunakan *thermoelectric cooler* (TEC) dengan media pendingin air dan udara sebagai media pembuangan kalor di sisi panas *thermoelectric cooler* (TEC) dengan variasi arus masuk ke dalam modul *thermoelectric cooler* (TEC) untuk melihat pengaruh pendinginan kotak pendingin mini terhadap kalor yang dibuang di sisi yang lain.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tersebut dapat lebih fokus, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah, antara lain:

1. TEC yang digunakan adalah TEC1-12706.
2. Dianggap tidak ada kebocoran di instalasi penelitian.
3. Ruang sekat dianggap dalam kondisi *steady state* dan adiabatik.
4. Peneliti hanya membahas TEC dan efek hasil pendinginan TEC.
5. Udara lingkungan sekitar diasumsikan memiliki kelembaban dan temperatur yang konstan.
6. Perpindahan kalor konduksi di *heatsink* dianggap sempurna.
7. *Heatsink* dianggap pelat datar.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan utama yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Membandingkan media pendingin air dan udara pada sisi panas *thermoelectric cooler* (TEC) pada kotak pendingin mini.

2. Membandingkan nilai *coefficient of performance* (COP) antara media pendingin sisi panas TEC berupa air dan udara.
3. Membandingkan variasi arus masuk ke modul TEC pada kotak pendingin mini.
4. Mengetahui pelepasan dan penyerapan kalor secara konveksi bebas dan konveksi paksa pada kotak pendingin mini.

1.5 Manfaat Penelitian

Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Mini Menggunakan *Thermoelectric Cooler* (TEC) dengan Media Pendingin Air dan Udara memiliki manfaat yang diharapkan oleh peneliti, antara lain:

1. Untuk mengetahui bahwa antara air dan udara memiliki kemampuan pendinginan pada sisi panas *termoelektrik cooler* yang berbeda.
2. Untuk mengetahui nilai *coefficient of performance* (COP) pada setiap pengujian
3. Memberikan solusi kepada masyarakat bahwa termoelektrik cooler dapat digunakan sebagai mesin refrigerasi yang ramah lingkungan.
4. Sebagai salah satu referensi tambahan bagi mahasiswa Teknik Mesin dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Agus Salim, A. T. and Indarto, B. (2018) ‘Studi Eksperimental Karakterisasi Elemen Termoelektrik Peltier Tipe TEC’, *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 3(1), pp. 179–182. doi: 10.32486/jeecae.v3i1.211.
- Al-kaby, R. N. M. (2009) ‘Study of Thermal Performance of Thermoelectric Cooling System’, (May), pp. 1–17.
- Amrullah, Djafar, Z. and Piarah, W. H. (2015) ‘Penerapan Termoelektrik Ganda pada Mesin Pendingin Air Minum sebagai Solusi Penghematan Energi’, *Jurnal Teknologi Terapan*, 1(1), pp. 42–48.
- Aziz, A., Subroto, J. and Silpana, V. (2015) ‘Aplikasi modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman’, *Technology*, pp. 1–7.
- Bizzy, I. and Apriansyah, R. (2013) ‘Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Minuman Kaleng Dengan Termoelektrik Bersumber Dari Arus Dc Kendaraan Dalam Rangkaian Seri Dan Paralel’, (Snttm Xii), pp. 23–24.
- Buchori, L. (2004) *Perpindahan Panas, Jurusan Teknik Kimia Fak.Teknik Universitas Diponegoro*.
- Cengel, Y. A. (2004) *Heat Transfer a Practical Approach, MacGraw-Hill*,
- Cengel, Y. A. and Boles, M. A. (2015) *Thermodynamics : An Engineering Approach*. 8th Editio, *Journal of Chemical Information and Modeling*. 8th Editio. McGraw-Hill Education.
- Delly, J., Hasbi, M. and Alkhoiron, I. fitra (2016) ‘Studi Penggunaan Modul Termoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Portable’, *ENTHALPY – Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 1(1), pp. 50–55.
- Goupil, C., Seifert, W., Zabrocki, K., Müller, E. and Snyder, G. J. (2011) ‘Thermodynamics of thermoelectric phenomena and applications’, *Entropy*, 13(8), pp. 1481–1517. doi: 10.3390/e13081481.
- Gunawan, T., Tanujaya, H. and Aziz, A. (2014) ‘UJI EKSPERIMENTAL

MESIN PENDINGIN BERPENDINGIN AIR DENGAN MENGGUNAKAN REFRIGERAN R22 DAN REFRIGERAN R407C', *POROS*, 12–2, pp. 165–172.

- Hadiansyah, H., Roza, E. and Rosalina, R. (2018) 'Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Panas pada Knalpot Motor', *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), p. 70. doi: 10.22236/teknoka.v3i0.2827.
- Harfi, R. and Suntajaya, B. J. (2020) 'Perancangan dan Analisa Alat Pengubah Energi Panas Menjadi Energi Listrik dengan Prototype Thermo Electric Generator dengan Varian Fluid Panas dan Fluida Dingin', *Presisi*, 22(1), pp. 1–9.
- Incropera, F. p., Dewitt, D. P., Bergman, T. L. and Lavine, A. S. (2011) *Fundamental of HEAT AND MASS TRANSFER*. John Wiley and Sons.
- Kwan, T. H., Zhao, B., Liu, J., Xi, Z. and Pei, G. (2020) 'Enhanced cooling by applying the radiative sky cooler to both ends of the thermoelectric cooler', *Energy Conversion and Management*. Elsevier, 212(February), p. 112785. doi: 10.1016/j.enconman.2020.112785.
- Mahmud, K. M., Yudistirani, S. A. and Ramadhan, A. I. (2016) 'Model Thermoelectric Generator (TEG) Small Modular As Micro Electricity Plant At Indonesia Part 1: Design And Material', *International Journal of Scientific & Technology Research*, 5(9), pp. 1–6.
- Mamur, H., Bhuiyan, M. R. A., Korkmaz, F. and Nil, M. (2018) 'A review on bismuth telluride (Bi₂Te₃) nanostructure for thermoelectric applications', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 82(July 2016), pp. 4159–4169. doi: 10.1016/j.rser.2017.10.112.
- Mirmanto, M., Syahrul, S. and Wirdan, Y. (2019) 'Experimental performances of a thermoelectric cooler box with thermoelectric position variations', *Engineering Science and Technology, an International Journal*. Elsevier B.V., 22(1), pp. 177–184. doi: 10.1016/j.jestch.2018.09.006.
- Mirmanto, Syahrul and Wirawan, M. (2021) *Teori Dasar dan Aplikasi Pendingin Termoelektrik (Pendingin Tanpa Freon)*. Pertama. Yogyakarta: Deepublish (CV Budi Utama).
- Mitrani, D., Salazar, J., Turó, A., García, M. J. and Chávez, J. A. (2009) 'One-

- dimensional modeling of TE devices considering temperature-dependent parameters using SPICE’, *Microelectronics Journal*, 40(9), pp. 1398–1405. doi: 10.1016/j.mejo.2008.04.001.
- Munawir, Sasongko, M. N. and Hamidi, N. (2021) ‘KINERJA THERMOELECTRIC PADA KOTAK PENDINGIN BERDASARKAN RANGKAIAN THERMOELECTRIC DAN PUTARAN FAN WIND TUNNEL’, (June 2020), pp. 79–86.
- Nurdinawati, V. (2017) ‘Studi Termoelektrik Generator Tipe Teg Sp1848 27145 Sa’, *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 6 No.1 Oktober 2017*, 6(1), pp. 33–41.
- Pratama, K. A., Suyanto, E. and Suane, W. (2018) ‘Peraga Fenomena Kelistrikan Akibat Perbedaan Temperatur Pada Pasangan Kawat Tembaga dan Seng’, pp. 224–236. doi: 10.24127/jpf.v7i2.1487.
- Purwiyanti, S. (2017) ‘Aplikasi Efek Peltier Sebagai Kotak Penghangat dan Pendingin Berbasis Mikroprosesor Arduino Uno’, *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 3, pp. 90–104.
- Putra, N., Koestoer, R. A., Adhitya, M., Roekettino, A. and Trianto, B. (2009) ‘Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik untuk kendaraan Hibrid’, 13(2), pp. 53–58.
- Riffat, S. B. and Ma, X. (2004) ‘Improving the coefficient of performance of thermoelectric cooling systems: A review’, *International Journal of Energy Research*, 28(9), pp. 753–768. doi: 10.1002/er.991.
- Sulaiman, A. C., Amin, N. A. M., Basha, M. H., Majid, M. S. A., Nasir, N. F. B. M. and Zaman, I. (2018) ‘Cooling Performance of Thermoelectric Cooling (TEC) and Applications: A review’, *MATEC Web of Conferences*, 225, pp. 1–10. doi: 10.1051/mateconf/201822503021.
- Sumarna (2008) ‘Bahan kuliah fisika semikonduktor’, in 2008, pp. 1–29.
- Sumirat, I. R. (2014) ‘Rancang bangun prototipe kulkas mini termoelektrik’, (c), pp. 32–38.
- Tijani, A. S. and Jaffri, N. B. (2018) ‘Thermal analysis of perforated pin-fins heat sink under forced convection condition’, *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 24, pp. 290–298. doi: 10.1016/j.promfg.2018.06.025.

- Wardoyo (2016) 'Studi Karakteristik Pembangkit Listrik Thermoelektrik Melalui Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor Sport 150 cc .', (April), pp. 70–75.
- Zhao, D. and Tan, G. (2014) 'A review of thermoelectric cooling: Materials, modeling and applications', *Applied Thermal Engineering*. Elsevier Ltd, 66(1–2), pp. 15–24. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2014.01.074.