

**RANCANG BANGUN PENDINGIN *PORTABLE* MENGGUNAKAN
*THERMOELECTRIC COOLER***



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

M RENALDY BASKARA

03041281621115

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN
RANCANG BANGUN PENDINGIN *PORTABLE* MENGGUNAKAN
THERMOELECTRIC COOLER



SKRIPSI

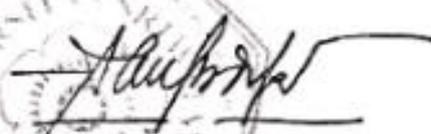
Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

M RENALDY BASKARA

03041281621115

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197108141999031005

Indralaya, Agustus 2020

Menyetujui,
Pembimbing Utama



Ike Bayusari, S.T., M.T.

NIP. 197010181997022001

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Ike Bayusari, S.T, M.T.

Tanggal : 10 / 8 / 2020

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M Renaldy Baskara
NIM : 03041281621115
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**RANCANG BANGUN PENDINGIN *PORTABLE* MENGGUNAKAN
*THERMOELECTRIC COOLER***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada tanggal: Agustus 2020



M Renaldy Baskara

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M Renaldy Baskara
NIM : 03041281621115
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 12%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “**Rancang Bangun Pendingin Portable Menggunakan Thermoelectric Cooler**” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, Agustus 2020



M Renaldy Baskara

NIM. 03041281621115

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Pendingin *Portable* Menggunakan *Thermoelectric Cooler*”. Shalawat serta salam tak hentinya tucurahkan kepada Rasulullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya yang Insyaallah hingga akhir zaman.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya beserta staff.
2. Ketua Jurusan Teknik Elektro, Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
3. Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran dan masukan dalam pengambilan mata kuliah
4. Ibu Ike Bayusari S.T, M.T. selaku pembimbing utama penulis dalam penyusunan tugas akhir dan penulisan skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat, dan bantuan kepada penulis dari awal hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Kedua Orang tua dan keluarga besar yang memberi dukungan serta senantiasa mendo'akan untuk kelancaran penulisan skripsi.
6. Afifa Nurul Faiza yang telah berbagi susah senang selama ini.
7. Teman-teman seperjuangan dari awal kuliah hingga skripsi (Ahmad Fadhlillah, Anil Mulya, Rafli Leo, Addien Nanda Ardhana, Hendriansyah dan Gustira Pratama).
8. Teman-teman seperjuangan sampai sekarang AABigFamily.
9. Keluarga Besar Teknik Elektro angkatan 2016 yang telah berbagi susah senang selama masa perkuliahan.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan terutama bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya dan masyarakat pada umumnya.

Palembang, Agustus 2020

Penulis

ABSTRAK**RANCANG BANGUN PENDINGIN *PORTABLE* MENGGUNAKAN
*THERMOELECTRIC COOLER***

(M. Renaldy Baskara, 03041281621115, 2020, 46 halaman)

Meningkatnya kebutuhan manusia terhadap alat pendingin cukup signifikan. Dikarena alat pendingin yang ada kebanyakan memiliki ukuran relatif besar dan susah untuk dibawa kemana-mana. Selain itu pendingin yang ada kebanyakan menggunakan bahan yang membahayakan bagi kesehatan manusia yaitu Freon. Pada penelitian ini, akan dibuat prototipe pendingin *portable* menggunakan *thermoelectric cooler* sebagai alternatif pendingin yang menggunakan freon dan ukuran yang relative besar. Pada penelitian ini selain menggunakan *thermoelectric cooler* sebagai bahan utama pendingin tetapi juga menggunakan *heatsink* dan *fan* untuk membuang kalor dari *thermoelectric cooler* tersebut sehingga suhu dingin yang dihasilkan menjadi lebih maksimal. Selain itu, Arduino juga digunakan sebagai control utama alat ini, yaitu untuk mengatur suhu yang diinginkan yaitu sebesar 20°C, mengatur relay yang mana jika alat tersebut telah mencapai suhu yang diinginkan akan otomatis mati agar menghemat energi, menampilkan suhu yang terbaca oleh sensor suhu pada LCD. Variasi volum yang digunakan sebesar 0.32 liter, 0,64 liter, 0.96 liter, dan 1,28 liter. Berdasarkan pengujian ini, variasi volum yang diberikan akan berbanding lurus dengan waktu untuk mencapai suhu yang diatur Arduino dimana pada 0.32 liter akan membutuhkan waktu 1512 detik dan pada 1.28 liter akan membutuhkan waktu 6317 detik. Hal ini disebabkan karena semakin besar volume maka massa semakin besar menyebabkan kalornya semakin tinggi maka waktu untuk mencapai suhu yang diatur oleh arduino. Sedangkan pengaruh variasi volum akan berbanding lurus juga dengan efisiensi prototipe pendingin *portable* yang mana pada 0.32 liter akan menghasilkan efisiensi prototipe sebesar 6.5% dan pada 1.28 liter akan menghasilkan efisiensi prototipe sebesar 9.6%. Hal ini disebabkan semakin besar volum maka akan semain besar juga massa dan akan menyebabkan daya outputnya semakin besar.

Kata kunci: *Thermoelectric Cooler*, Pendingin *portable*, Arduino

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197108141999031005

Indralaya, Agustus 2020

Menyetujui,
Pembimbing Utama



Ike Bayusari, S.T, M.T.
NIP. 197010181997022001

ABSTRACT**PROTOTYPE OF PORTABLE COOLING USING THERMOELECTRIC COOLER**

(M. Renaldy Baskara, 03041281621115, 2020, 46 pages)

Increasing of the needs of human to cooling device is significant enough. Because of cooling device's size is relatively big and hardly brings to everywhere. In addition, cooling device has been used a dangerous chemical for human health. In this research, *portable* cooling using *thermoelectric cooler* will make as an alternative cooling device. *Thermoelectric cooler* is used as a main chemical in this device. In addition, this cooling device use a heatsink and fan to dispense thermal on hot side in *thermoelectric cooler*. In addition, this cooling device use Arduino as a main control in device. Arduino can control the minimum *temperature* is 20°C, also arduino control relay to automatically turn off the device had the device already reach the minimum *temperature*, Arduino also can display the *temperature* in LCD. The test use load variation 0.32 liters, 0.64 liters, 0.96 liters, and 1.28 liters. Based on this test, the load variations will directly proportional with time to reach the minimum *temperature* 20°C which in 0.32 liters will take time 1512 seconds and in 1.28 liters will take time 6317 seconds to reach the minimum *temperature*. While, load variations will directly proportional with the efficiency this prototipe cooling device. In 0.32 liters the efficiency of this cooling device reach 6.5% and in 1.28 liters the efficiency of this cooling device rach 9.6%.

Kata kunci: *Thermoelectric Cooler, portable cooling, Arduino*

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197108141999031005

Indralaya, Agustus 2020

Menyetujui,
Pembimbing Utama



Ike Bayusari, S.T, M.T.

NIP. 197010181997022001

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR RUMUS.....	ixvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sejarah <i>Thermoelectric</i>	5
2.2 Material Semikonduktor.....	5
2.3 Efek Seebeck[6].....	6
2.4 Elemen Peltier[8].....	8
2.5 Efek Peltier[11].....	9
2.6 Prinsip Kerja Peltier[12].....	10
2.7 Perpindahan Panas.....	11
2.7.1 Konveksi.....	11
2.7.2 Radiasi.....	12
2.7.3 Konduksi.....	12
2.8 Konduktivitas <i>Thermal</i>	13
2.9 Efisiensi [15].....	13
2.10 <i>Coefficient Of Perfomance</i> [15].....	15

2.11	Spesifikasi TEC-12706[16].....	16
2.12	Arduino Uno.....	17
BAB III.....		19
METODE PENELITIAN.....		19
3.1	Tempat Penelitian.....	19
3.2	Waktu Penelitian.....	19
3.3	Metode Penelitian.....	20
3.4	Tahanan Penelitian.....	20
3.5	Alat-alat yang digunakan Pendingin <i>Portable</i> menggunakan <i>Thermoelectric Cooler</i>	21
3.6	Konstruksi dan Dimensi Alat.....	25
3.7	Flowchart Metode Penelitian.....	29
BAB IV.....		30
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1	Umum.....	30
4.2	Data Hasil Pengukuran.....	30
4.3	Hasil Perhitungan Data.....	31
4.4	Hasil dan Analisa.....	35
BAB V.....		38
KESIMPULAN DAN SARAN.....		38
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN.....		41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Efek Seebeck.....	7
Gambar 2.2 Elemen Peltier.....	9
Gambar 2.3 Efek Peltier.....	10
Gambar 2.4 Aliran Electron dari P ke N.....	10
Gambar 2.5 Tampilan pada Termoelektrik seri TEC-12706.....	17
Gambar 2.6 Ukuran Thermoelektrik Seri TEC-12706	18
Gambar 3.1 <i>Thermoelectric Cooler</i> 12706	21
Gambar 3.2 Relay Module 2 Channel	21
Gambar 3.3 Arduino Uno	21
Gambar 3.4 Baterai 12V	22
Gambar 3.5 Sensor DS18B20.....	22
Gambar 3.6 Fan+Heatsink	22
Gambar 3.7 LCD 12x2 + Module I2C.....	23
Gambar 3.8 Thermal Pasta.....	23
Gambar 3.9 <i>Module Stepdown</i>	23
Gambar 3.10 Triplek MDF	24
Gambar 3.11 Styrofoam.....	24
Gambar 3.12 Desain Rancang Bangun Pendingin <i>Portable</i> menggunakan <i>thermoelectric</i> tampak samping.....	24
Gambar 3.13 Desain Rancang Bangun Pendingin <i>Portable</i> menggunakan <i>thermoelectric</i> tampak atas	25
Gambar 3.14 Desain Rancang Bangun Pendingin <i>Portable</i> menggunakan <i>thermoelectric</i> tampak atas	25

Gambar 3.15 Desain rancang bangun pendingin <i>portable thermoelectric</i> beserta penjelasan.....	26
Gambar 3.16 Pendingin <i>Portable</i> Menggunakan <i>Thermoelectric Cooler</i>	26
Gambar 3.17 Rangkaian Skematik.....	27
Gambar 4.1 Grafik pengaruh variasi volum terhadap waktu untuk mencapai suhu yang diatur arduino.....	35
Gambar 4.2 Grafik pengaruh variasi volum terhadap efisiensi prototipe pendingin <i>portable</i> menggunakan <i>thermoelectric cooler</i>	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konduktivitas <i>Thermal</i> pada berbagai bahan	13
Tabel 3.1 Kegiatan dan waktu penelitian.....	19
Tabel 4.1 Data pengujian pendingin <i>portable</i> menggunakan <i>thermoelectric cooler</i>	30
Tabel 4.2 Hasil perhitungan daya output dan efisiensi prototipe.....	34

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Koefisien Seebeck	7
Rumus 2.2 Arus	7
Rumus 2.3 Laju Perpindahan Panas	8
Rumus 2.4 Daya.....	8
Rumus 2.5 Efisiensi Hubungan Seebeck	8
Rumus 2.6 Laju Perpindahan Panas Konveksi	11
Rumus 2.7 Laju Perpindahan Panas Radiasi	12
Rumus 2.8 Laju Perpindahan Panas Konduksi	12
Rumus 2.9 Efisiensi	14
Rumus 2.10 Daya Output.....	14
Rumus 2.11 <i>Coefficiency Of Performance</i>	14
Rumus 2.12 Kalor yang dilepas.....	14
Rumus 2.13 Daya Input	14
Rumus 2.14 COP dengan Q dan P_{output}	15
Rumus 2.15 COP dengan Suhu awal dan Akhir.....	15

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lampiran Pengambilan Data

Lampiran 1.1 Pengambilan data Tegangan (V)

Lampiran 1.2 Pengambilan data Arus (A)

Lampiran 1.3 Data Arus yang Terukur

Lampiran 2 Foto Prototipe Pendingin *Portable* Menggunakan *Thermoelectric Cooler*

Lampiran 2.1 Foto Bagian Belakang prototipe

Lampiran 2.2 Foto Bagian Fan + Heatsink

Lampiran 2.3 Foto Rangkaian elektroniknya

Lampiran 2.4 Foto Bagian dalam Prototipe

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan industri, yang sekarang telah memasuki industri 4.0 dimana perkembangan akan kebutuhan manusia juga akan semakin meningkat. Salah satunya ialah kebutuhan manusia terhadap alat pendingin. Salah satu kesulitan masyarakat sekarang ialah pendistribusian produk-produk seperti donor darah, obat-obatan, minuman dan makanan. Dalam proses pendistribusian mungkin memakan waktu satu atau dua hari perjalanan. Dalam proses pendistribusian produk-produk tersebut harus didinginkan atau menurunkan suhunya agar aktivitas enzim dan mikroba yang ada akan berkurang sehingga penurunan atau kerusakan mutu pada produk tersebut dapat dihambat. [1]

Ukuran dari alat pendingin ini merupakan salah satu permasalahan yang terjadi sekarang. Hal ini menjadi kelemahan alat pendingin yang sekarang karena akan susah untuk dibawa kemana-mana. Sedangkan, masyarakat sekarang lebih banyak melakukan aktifitas diluar rumah karena kesibukan masing-masing. Yang mengharuskan masyarakat menggunakan peralatan yang mempunyai ukuran yang lebih praktis agar bisa dibawa kemana-mana tanpa mengurangi fungsi alat tersebut.

Freon masih menjadi bahan utama pada system pendingin sekarang. Padahal Freon mengandung bahan yang berbahaya yaitu CFC (Chlorofluorocarbon) yang dapat menyebabkan menipisnya lapisan ozon dan menyebabkan efek rumah kaca[2]. Oleh karena itu, belakangan ini banyak sekali yang menjadikan penelitian yang membahas pendinginan *thermoelectric* menjadi sumber alternatif utama untuk menjawab kebutuhan tersebut dikarenakan *thermoelectric cooler* lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan sistem pendinginan yang ada dipasaran sekarang.[3]

Mengacu pada penelitian terdahulu yang berjudul “Rancang Bangun Pendingin Ruang *Portable* dengan Memanfaatkan Efek Perbedaan Suhu Pada *Thermoelectric Cooler* (TEC)”. Penelitian terdahulu ini menggunakan power supply yang harus tersambung ke listrik rumah sehingga tidak bisa di bawa kemana-

mana. Sedangkan pada penelitian kali ini penulis melakukan inovasi pada Pendingin *portable* nya dengan menambahkan Arduino agar suhu minimum yang dihasilkan Pendingin *portable* nya bisa di control dan menggunakan Batere sebagai sumber utamanya agar lebih praktis. Pendingin *portable* ini memakai tegangan aki sepeda motor sebesar 12VDC dengan menggunakan beberapa komponen juga seperti Thermoelektrik, heatsink, fan, Pasta konduktor peltier, Arduino Uno, dan sensor *temperature*. [4]

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada penelitian terdahulu yang berjudul “Rancang Bangun Pendingin Ruangan *Portable* dengan Memanfaatkan Efek Perbedaan Suhu Pada *Thermoelectric Cooler* (TEC)” suhu yang dihasilkan pendingin *portable* yang menggunakan *Thermoelectric Cooler* (TEC) sebagai sumber pendinginnya akan bervariasi sesuai dengan volum. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan inovasi pada pendingin *portable thermoelectric cooler* (TEC) dengan menambahkan Arduino sebagai kontrol suhu yang dihasilkan sehingga kita mendapatkan dan mengatur suhu yang kita inginkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Membuat rancang bangun pendingin *portable* menggunakan *Thermoelectric Cooler* (TEC).
2. Mengukur dan menganalisa waktu untuk mencapai suhu minimum yang diatur oleh arduino dengan memvariasikan volum.
3. Menghitung dan menganalisa efisiensi dari rancang bangun kotak pendingin *portable Thermo Electric Cooler* (TEC)

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat lebih terarah, maka perlunya diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini tidak membahas Arduino Uno secara mendalam.
2. Penelitian ini tidak meninjau material.
3. Penelitian ini hanya membahas pengaplikasian Arduino untuk mengontrol suhu ruangan yang dihasilkan.
4. Penelitian menggunakan data yang didapat dari hasil pengukuran.
5. Tidak memperhitungkan suhu luar ruangan.
6. Pengambilan data diambil di waktu yang sama.
7. Variasi volum yang digunakan maksimal 4 buah
8. Ruangan yang dibuat rapat.
9. Munggunakan TEC 12706

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan proposal tugas akhir ini menggunakan Sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini berisi tentang latar belakang penelitian, perumusan dari permasalahan yang akan diteliti, batasan masalah dari penelitian yang dilakukan, tujuan dari penelitian, dan sistematika dari penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan landasan teori- teori dasar yang berhubungan dengan perancangan rancang bangun pendingin *portable* menggunakan *Thermoelectric Cooler* (TEC).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan metode dan prosedur yang digunakan untuk pengambilan data saat melangsungkan pengujian rancang bangun pendingin *portable* menggunakan *Thermoelectric Cooler*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data hasil pengujian, perhitungan dan analisa data dihasilkan pada rancang bangun pendingin *portable* menggunakan *Thermoelectric Cooler*.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan beberapa kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian dan juga saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Arif, “penghambatan mutu pada produk.,” *Univ. Lampung*, vol. 53, 2018, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [2] J. Oliver, “濟無No Title No Title,” *Hilos Tensados*, vol. 1, no., pp. 1–476, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [3] B. J. Huang, C. J. Chin, and C. L. Duang, “A design method of thermoelectric cooler \hat{A} lectrique Conception d ’ un refroidisseur thermoe,” *Int. J. Refrig.*, vol. 23, pp. 208–218, 2000.
- [4] R. Umboh, “Perancangan Alat Pendinginan Portable Menggunakan Elemen Peltier,” *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–6, 2012.
- [5] H. Rafika, R. I. Mainil, and A. Aziz, “Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (Teg) Dengan Pendinginan Menggunakan Udara,” *J. Sains dan Teknol.*, vol. 15, no. 1, pp. 7–11, 2017.
- [6] M. Yusuf, “Memanfaatkan Limbah Panas Mesin Mobil City Car Menggunakan Modul Termo Electric Cooler (Tec),” pp. 1–6, 2018.
- [7] A. S. Lestary, “PERANCANGAN TESCH (THERMOELECTRIC SYSTEM FOR COOLING AND HEATING) SEBAGAI PENDINGIN UDARA DAN PEMANAS AIR MANDI,” *Institue Technol. Bandung*, 2015.
- [8] F. Gandi and M. Yusfi, “Pendingin menggunakan thermo electric cooler mikrokontroler ATMega,” *J. Fis. Unand*, vol. 5, no. 1, pp. 35–41, 2016.
- [9] M. T. Kapasitas, R. I. Mainil, A. Aziz, R. N. Gultom, and K. Mainil, “PENDINGINAN PADA PENDINGIN MINUMAN PORTABLE,” vol. 14, no. September, pp. 38–44, 2015.
- [10] J. Delly, M. Hasbi, and I. fitra Alkhoiron, “Studi Penggunaan Modul Thermoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Portable,” *ENTHALPY – J. Ilm. Mhs. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 50–55, 2016.

- [11] H. Riyanto, S. Yoewono, F. Teknik, and I. T. Bandung, “Kaji Penerapan Efek Peltier Untuk Alat Kecil-Ringan,” pp. 13–15, 2010.
- [12] D. T. Mesin, F. Teknik, U. N. Surabaya, J. T. Mesin, F. Teknik, and U. N. Surabaya, “RANCANG BANGUN PENDINGIN RUANGAN PORTABLE DENGAN MEMANFAATKAN EFEK PERBEDAAN SUHU PADA THERMO ELECTRIC COOLER (TEC) Munib Ahsani Agung Prijo Budijono Abstrak Abstract,” vol. 03, pp. 100–109, 2015.
- [13] L. Buchori, “Perpindahan Panas (Heat Transfer) Bagian I,” *Buku Ajar Perpindahan Panas Bagian I*, p. 94, 2003.
- [14] A. Muhammad, “濟無No Title No Title,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [15] M. Elaoud, A. McAuley, G. Kim, and J. Chennikara, *Cross-layer optimized unicast and multicast routing on overlay networks*, vol. 2005. 2005.
- [16] F. Ibrahim, “Studi Eksperimental Karakteristik Dan Performa TEC (Thermoelectric Cooler) 1-12706,” p. 87, 2017.
- [17] L. Hebei I.T. (Shanghai) Co., “Technical Data Sheet for TEC1-12706, Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.,” pp. 2–4.
- [18] S. Lineykin and S. Ben-Yaakov, “Modeling and analysis of thermoelectric modules,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 43, no. 2, pp. 505–512, 2007, doi: 10.1109/TIA.2006.889813.
- [19] emadwiandr, “Mikrokontroler,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [20] J. T. Elektro, F. Teknik, U. W. Kartika, and A. Rusli, “Pengaturan Temperatur Pendingin Portable menggunakan Arduino Nano,” pp. 73–78.
- [21] A. Mulyanto, “Perbandingan Konduktivitas tembaga, Baja Dan Aluminium,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 2–4, 2011, doi: 10.29303/d.v1i1.124.