

PENDINGIN COOLER BOX DENGAN PRINSIP *THERMO COOLING* MENGGUNAKAN *THERMOSTAT*

PROPOSAL KARYA ILMIAH

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah



Disusun oleh:

- | | | |
|----------|------------------------------|-----------------|
| 1. 29873 | Denilson Adiwirya Indarno | XII MIPA 3 / 09 |
| 2. 29943 | Ignatio Andi Pandhito P. | XII MIPA 3 / 17 |
| 3. 30006 | Josiah Ethanael Lie | XII MIPA 3 / 19 |
| 4. 30046 | Laurensia Michelle Amelia | XII MIPA 3 / 21 |
| 5. 30062 | Maria Mulia Sukacita Hidayat | XII MIPA 3 / 24 |
| 6. 30194 | Wynlee Yudana | XII MIPA 3 / 34 |

SMA KATOLIK ST. LOUIS 1

SURABAYA

2024

**PENDINGIN COOLER BOX DENGAN PRINSIP *THERMO*
COOLING MENGGUNAKAN *THERMOSTAT***

PROPOSAL KARYA ILMIAH

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah



Disusun oleh:

- | | | |
|----------|------------------------------|-----------------|
| 1. 29873 | Denilson Adiwirya Indarno | XII MIPA 3 / 09 |
| 2. 29943 | Ignatio Andi Pandhito P. | XII MIPA 3 / 17 |
| 3. 30006 | Josiah Ethanael Lie | XII MIPA 3 / 19 |
| 4. 30046 | Laurensia Michelle Amelia | XII MIPA 3 / 21 |
| 5. 30062 | Maria Mulia Sukacita Hidayat | XII MIPA 3 / 24 |
| 6. 30194 | Wynlee Yudana | XII MIPA 3 / 34 |

**SMA KATOLIK ST. LOUIS 1
SURABAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH PROPOSAL KARYA

ILMIAH

Judul : Pendingin Cooler Box Dengan Prinsip *Thermo Cooling*
Menggunakan *Thermostat*

Penyusun : 1. 29873 Denilson Adiwirya Indarno XII MIPA 3 / 09
2. 29943 Ignatio Andi Pandhito P. XII MIPA 3 / 17
3. 30006 Josiah Ethanael Lie XII MIPA 3 / 19
4. 30046 Laurensia Michelle Amelia XII MIPA 3 / 21
5. 30062 Maria Mulia Sukacita H. XII MIPA 3 / 24
6. 30194 Wynlee Yudana XII MIPA 3 / 34

Pembimbing I : Irmina Indiyarti, S.Pd.
Pembimbing II : Fransiskus Asisi Subono, S.Si., M.Kes.
Tanggal Presentasi : Selasa, 3 Desember 2024

Disetujui oleh:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Irmina Indiyarti, S.Pd.

Fransiskus Asisi Subono, S.Si., M.Kes.

Kepala Sekolah

Dra. Sri Wahjoeni Hadi S.

PENDINGIN COOLER BOX DENGAN PRINSIP *THERMO COOLING* MENGGUNAKAN *THERMOSTAT*
ABSTRAK

Indarno, D. A., Pramoedya, I. A. P., Lie, J. E., Laurensia, M. A., Hidayat, M. M. S., Yudana, W. (2025). *Pendingin Cooler Box Dengan Prinsip Thermo Cooling Menggunakan Thermostat*

Penggunaan energi, terutama energi listrik, yang terlalu banyak merupakan salah satu keprihatinan di jaman sekarang. Alat sehari-hari yang menggunakan listrik terus-menerus dalam jumlah besar yaitu kulkas, dan kulkas menggunakan CFC untuk membuat suhu dalamnya dingin. CFC merupakan bahan yang dapat merusak lapisan ozon. Penelitian ini berusaha untuk melihat efektivitas *cooler box* yang ditambah dengan peltier, termostat, XPE berlapis aluminium, dan mika akrilik dengan cara membandingkan waktu yang dibutuhkan untuk taugé membusuk dan waktu untuk es batu mencair. Penelitian ini menemukan bahwa kulkas konvensional lebih efektif dan efisien dalam mendinginkan dibandingkan dengan *cooler box*.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya proposal proyek ujian praktik ini dapat disusun serta diselesaikan tepat waktu. Laporan ini berjudul “Pendingin Cooler Box Dengan Prinsip *Thermo Cooling* Menggunakan *Thermostat*.”

Kelancaran dan keberhasilan pembuatan karya ilmiah ini tentunya tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dan doa dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, kami para penyusun ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Dra. Sri Wahjoeni Hadi S., Kepala SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya, yang telah memberikan kami kesempatan untuk melaksanakan Ujian Praktik Ilmu Pengetahuan Alam Terpadu.
2. Ibu Irmina Indiyarti, S.Pd., selaku Pembimbing 1 sekaligus Wali Kelas XII MIPA 3, atas waktu, bantuan, dukungan, dan saran yang sangat berharga dalam penyusunan karya ilmiah.
3. Bapak Fransiskus Asisi Subono, S.Si., M.Kes., selaku Asisten Kepala SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya sekaligus Pembimbing 2, yang telah mendampingi kami dengan penuh perhatian selama proses penyusunan karya ilmiah.
4. Orang tua, teman, dan sahabat kami, atas segala dukungan moral dan kasih sayang yang selalu menguatkan kami.

Kami juga menyadari bahwa karya ilmiah ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat berguna bagi kami para penyusun. Namun penulis berharap hasil karya ilmiah ini dapat bermanfaat untuk para pembaca.

Surabaya, 30 November 2024

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH PROPOSAL KARYA ILMIAH.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR SIMBOL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Hipotesis.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Thermostat.....	6
2.2 Thermo-cooling.....	9
2.3 XPE (Cross-linked Polyethylene Foam).....	12
2.4 Pembusukan.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.3 Tahapan Penelitian.....	18

3.3.1 Diagram Alur Penelitian.....	18
3.3.2 Pembuatan Alat/Prototipe.....	19
3.3.3 Variabel Penelitian.....	20
3.3.4 Tabel Pengambilan Data.....	20
3.3.4.1 Tabel Pengambilan Data Pembusukan Tauge.....	20
3.3.4.2 Tabel Pengambilan Data Pencairan Es Batu.....	21
3.4 Metode dan Analisis Data.....	22
3.4.1 Metode Penelitian.....	22
3.4.2 Teknis Analisis Data.....	22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Hasil Penelitian.....	23
4.1.1 Hasil Penelitian Pembusukan Tauge.....	23
4.1.2 Hasil Penelitian Pencairan Es Batu.....	26
4.2 Pembahasan.....	27
4.2.1 Pembahasan Pembusukan Tauge.....	27
4.2.2 Pembahasan Pencairan Es Batu.....	28
4.2.3 Pembahasan Suhu dalam Cooler box.....	28
4.2.3.1 Efisiensi peltier.....	28
4.2.3.2 Distribusi suhu.....	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran.....	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Thermostat.....	6
Gambar 2.2 TEC.....	9
Gambar 2.4 Pembusukan.....	14
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Standar Pembusukan Tauge.....	21
Gambar 6.1 Pengeboran Cooler Box Diambil pada 18 Desember 2024.....	35
Gambar 6.2 Pembahasan Prototipe pada 20 Desember 2024.....	35
Gambar 6.3 Pemotongan Cooler Box Diambil pada 12 Januari 2025.....	35
Gambar 6.4 Pemotongan Cooler Box dan Pemasangan Kabel pada 12 Januari 2025.....	35
Gambar 6.5 Pemotongan Cooler Box pada 12 Januari 2025.....	36
Gambar 6.6 Pemasangan Alat Thermostat pada 21 Januari 2025.....	36
Gambar 6.7 Penempelan Lakban pada Permukaan Cooler Box pada 24 Januari 2025.....	36
Gambar 6.8 Pengaturan Ulang Sistem Cooler Box pada 24 Januari 2025.....	36

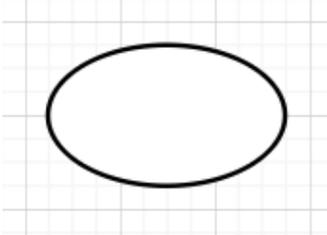
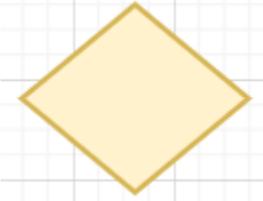
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pengambilan Data Pembusukan Tauge.....	20
Tabel 3.2 Pengambilan Data Pencairan Es Batu.....	22
Tabel 4.1 Pengambilan Data Pembusukan Tauge Hari Pertama.....	23
Tabel 4.2 Pengambilan Data Pembusukan Tauge Hari Kedua.....	24
Tabel 4.3 Pengambilan Data Pembusukan Tauge Hari Ketiga.....	25
Tabel 4.4 Pengambilan Data Pencairan Es Batu.....	27

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan
CFC	<i>Chloro Fluoro Carbon</i>
DC	<i>Direct Current</i>
GND	<i>Ground</i>
HCFs	<i>Hydrofluorocarbons</i>
HCIFCs	<i>Hydrochlorofluorocarbons</i>
HVAC	<i>Heating, Ventilation, and Air Conditioning</i>
kWh	<i>Kilowatt/Hour</i>
TEC	<i>Thermoelectric Cooling</i>
UHMWPE	<i>Ultra High Molecular Weight Polyethylene</i>
XPE	<i>Cross-linked Polyethylene Foam</i>

DAFTAR SIMBOL

	<p>Start Point Menggambarkan permulaan atau juga akhir dari suatu proses diagram alir.</p>
	<p>Arrow Menggambarkan arah dari proses diagram alir.</p>
	<p>Process Menunjukkan proses yang terjadi pada diagram alir.</p>
	<p>Decision Menggambarkan proses keputusan dalam proses diagram alir.</p>
	<p>Input/output Menunjukkan hal yang dimasukkan atau dikeluarkan proses diagram alir</p>

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Dokumentasi Kerja	35
2.	Dokumentasi Produk	36

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi memegang peran penting dalam perkembangan kehidupan manusia karena hampir setiap aktivitas sehari-hari memerlukan energi. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja atau bisa juga diartikan sebagai daya (kekuatan) yang digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan. Energi hadir dalam beragam bentuk seperti listrik, air, bahan bakar, dan energi potensial, yang masing-masing memiliki fungsinya sendiri. Namun, seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dunia, kebutuhan energi terus bertambah. Oleh karena itu, penghematan energi sebaiknya menjadi tanggung jawab bersama. Dikutip dari PPSDM Migas, penghematan energi merupakan tindakan untuk mengurangi jumlah penggunaan energi baru, baik itu terbarukan maupun tak terbarukan demi keberlangsungan kehidupan manusia dan lingkungan sekitarnya. Tujuan dari penghematan energi adalah melindungi cadangan energi tak terbarukan yang terbatas, dan mengurangi penggunaan tanpa menurunkan kualitas hidup atau kinerja sistem.

Listrik merupakan salah satu elemen yang paling penting dalam keberlangsungan hidup manusia. Di berbagai sektor kehidupan, baik rumah tangga, industri, komunikasi, transportasi, dan lain-lain, listrik selalu menyumbang peran penting. Di Indonesia sendiri, penggunaan listrik tiap tahunnya selalu mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya

kemudahan dalam mengakses listrik di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia, konsumsi listrik di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2021, konsumsi listrik Indonesia sebesar 1.100 kWh per kapita, sedangkan pada tahun 2022 mencapai 1.200 kWh per kapita. Peningkatan konsumsi listrik memang menunjukkan peningkatan pada tingkat kesejahteraan rakyat, di mana akses listrik di berbagai wilayah di Indonesia menjadi semakin mudah. Namun, hal ini juga dapat berdampak buruk terhadap kelestarian lingkungan hidup. Energi listrik banyak berasal dari batu bara dan bahan bakar fosil, yang jika digunakan secara berlebihan akan berdampak pada peningkatan emisi karbon. Oleh karena itu, diperlukan adanya upaya untuk mengurangi konsumsi listrik untuk mengurangi risiko kerusakan lingkungan hidup.

Cooler box adalah suatu wadah yang bersifat *portable* karena ukurannya kecil dan mudah dibawa kemana mana. Fungsi utama dari *cooler box* sendiri adalah untuk mempertahankan suhu dibawah suhu ruang agar makanan yang berada di dalamnya tetap segar. Namun dibalik itu, untuk mendinginkan suhu di dalamnya biasanya suatu *cooler box* memakai bahan kimia tambahan yaitu CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) yang jika bahan itu menguap ke udara maka bisa merusak lapisan ozon. Zaman sekarang orang-orang sudah mulai sadar akan efek buruk dari CFC. Maka, orang-orang berlomba untuk membuat *cooler box* yang lebih ramah lingkungan dengan mengganti CFC menjadi bahan yang lain, seperti : Peltier , *Hydrofluorocarbons* (HFCs) and *Hydrochlorofluorocarbons* (HCFCs)

Kami mencoba untuk menggunakan inovasi dengan menerapkan *thermostat* dan melapisi *cooler box* dengan aluminium foil. *Thermostat* adalah sebuah sensor suhu yang bekerja ketika suhu udara di dalam ruangan melebihi batas atas atau turun di bawah batas bawah, maka *thermostat* akan mendeteksinya. Setelah terdeteksi adanya perubahan suhu, sinyal kemudian akan dikirimkan oleh *thermostat* ke sistem pendingin untuk mematikan atau menyalakan unit AC khususnya kompresor sesuai dengan kondisi lingkungan. *Thermostat* disini berfungsi untuk mengendalikan suhu agar tidak terlalu dingin ataupun terlalu panas.

Lapisan aluminium digunakan dengan harapan kulkas buatan yang dibuat akan lebih dingin dan tahan lama. Aluminium foil merupakan salah satu bahan yang bersifat sebagai insulator panas. Penggunaan aluminium foil banyak digunakan dalam bidang kesehatan contohnya sebagai selimut emergency bagi pendaki gunung. Insulasi termal (isolasi termal, isolasi panas) merupakan metode yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat disimpulkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara kerja cooling termoelektrik?
2. Bagaimana pengaruh suhu dalam *cooler box* dalam menjaga makanan di dalamnya tidak basi dibandingkan dengan kulkas yang menggunakan CFC biasa?
3. Bagaimana pengaruh suhu dalam cooler box dalam menjaga es batu agar tetap dingin?

1.3 Hipotesis

H1: *Cooler box* peltier lebih efektif dalam menjaga makanan di dalamnya tidak basi dengan suhu yang dihasilkan dalam *cooler box* peltier dibandingkan dengan suhu kulkas yang menggunakan CFC biasa

H0: *Cooler box* peltier kurang efektif dalam menjaga makanan di dalamnya tidak basi dengan suhu yang dihasilkan dalam *cooler box* peltier dibandingkan dengan kulkas yang menggunakan CFC biasa

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat disimpulkan tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Menjelaskan cara kerja peltier

2. Mengetahui cara mika dan busa XPE dapat membantu *cooler box* peltier dalam menghemat energi
3. Mengetahui pengaruh suhu dalam *cooler box* dalam menjaga makanan di dalamnya tidak basi yang dibandingkan dengan kulkas yang menggunakan CFC biasa

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, dapat disimpulkan manfaat penelitian sebagai berikut.

1. Memahami cara kerja peltier
2. Menambah wawasan terhadap *thermocooling*
3. Membuat inovasi kulkas hemat energi

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Thermostat*



Gambar 2.1 *Thermostat*

Thermostat adalah perangkat yang mengatur dan menjaga suhu dalam sistem pemanasan atau pendinginan, seperti kulkas, dengan memutus atau menyambungkan arus listrik sesuai perubahan suhu lingkungan. *Thermostat* menggunakan sensor untuk mendeteksi suhu dan memastikan agar suhu dalam sistem tetap stabil di titik yang diinginkan (*setpoint*) dengan mengatur kinerja kompresor. Kompresor hanya beroperasi saat diperlukan, sehingga kulkas tidak mengonsumsi listrik secara terus-menerus. Hal ini tidak hanya, hemat energi tetapi juga menurunkan biaya listrik, memperpanjang usia kompresor dan komponen lainnya.

Istilah "thermostat" berasal dari bahasa Yunani kuno, yaitu "*thermo*" (panas) dan "*statos*" (tetap), yang berarti menjaga panas tetap stabil. Perangkat ini pertama kali diciptakan oleh Cornelis Drebbel, seorang inovator Belanda,

pada abad ke-17 di Inggris, menggunakan *thermostat* merkuri untuk mengatur suhu inkubator ayam. Pada tahun 1830, Andrew Ure, ahli kimia Skotlandia, memperkenalkan versi modern yang menggunakan bimetal untuk mengendalikan suhu mesin produksi di pabrik tekstil.

Agar *thermostat* berfungsi optimal dan kulkas lebih awet, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Sebaiknya suhu diatur sesuai rekomendasi pabrik untuk menjaga kinerja *thermostat*. Kondensor, filter, dan sensor suhu harus dibersihkan secara rutin, dan sensor suhu tidak boleh terhalang oleh benda lain. *Thermostat* perlu diperiksa secara berkala, jika suhu tidak stabil atau kompresor terus bekerja, kemungkinan besar *thermostat* perlu diperbaiki atau diganti. Ventilasi *cooler box* harus dipastikan baik dengan tidak mengisi terlalu penuh dan tidak menutupi kipas. Perawatan ini akan membantu menghemat energi dan memperpanjang umur kulkas.

Pada umumnya, *thermostat* terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu manual, otomatis (*programmable*), dan elektronik (*digital*). Masing-masing jenis *thermostat* ini memiliki prinsip kerja dan keunggulan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan pengguna dan teknologi yang digunakan dalam sistem pengendalian suhu.

Thermostat manual adalah jenis *thermostat* yang paling sederhana. Penggunaannya memerlukan penyesuaian suhu secara langsung, umumnya dengan cara memutar atau menggeser pengatur suhu pada perangkat. *Thermostat* manual banyak digunakan pada sistem pemanas atau pendingin yang tidak memerlukan pengaturan otomatis. Pengguna harus mengatur suhu

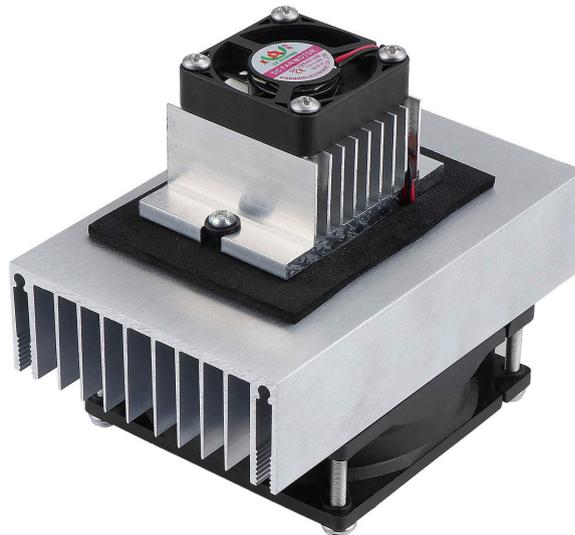
sesuai dengan keinginan mereka tanpa adanya penjadwalan atau pengaturan otomatis lainnya. Meskipun sederhana, *thermostat* manual tetap efektif dalam pengendalian suhu pada perangkat yang tidak membutuhkan pengaturan kompleks.

Thermostat otomatis atau *programmable* memungkinkan pengguna untuk mengatur suhu secara terjadwal. Dengan *thermostat* ini, pengguna dapat menentukan waktu dan suhu tertentu pada berbagai periode, seperti mengatur suhu lebih rendah saat rumah kosong maupun saat tidur. *Thermostat* otomatis memberikan kenyamanan lebih, serta dapat membantu mengoptimalkan penggunaan energi dengan mengurangi konsumsi listrik pada saat-saat yang tidak diperlukan. *Thermostat* jenis ini banyak digunakan pada sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*), karena dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional jangka panjang.

Thermostat elektronik menggunakan teknologi digital dan sensor elektronik, seperti thermistor, untuk mendeteksi suhu secara lebih akurat. Thermistor ini akan mengubah hambatannya seiring dengan perubahan suhu, yang kemudian diolah oleh rangkaian elektronik untuk mengontrol aliran listrik pada sistem pemanas atau pendingin. *Thermostat* elektronik menawarkan kontrol suhu yang lebih presisi, responsif, dan stabil dibandingkan dengan jenis mekanis. Beberapa *thermostat* elektronik bahkan dapat diprogram atau terhubung dengan jaringan *Wi-Fi* untuk memungkinkan kontrol jarak jauh, meningkatkan kenyamanan, dan memberikan efisiensi energi yang lebih baik.

Prinsip kerja *thermostat* bervariasi sesuai dengan jenisnya. *Thermostat* mekanis, seperti yang menggunakan *bimetal strip*, bekerja berdasarkan pemuaian logam. Ketika suhu meningkat, *bimetal strip* yang terdiri dari dua logam dengan koefisien ekspansi berbeda akan melengkung, memutuskan aliran listrik dan menonaktifkan sistem pemanas atau pendingin. Sebaliknya, ketika suhu menurun, strip tersebut kembali ke bentuk semula dan menghubungkan kembali rangkaian listrik, menghidupkan sistem kembali. Sedangkan *thermostat* elektronik menggunakan sensor suhu, seperti thermistor, yang mengubah nilai hambatannya seiring dengan perubahan suhu. Sensor ini mengontrol aliran listrik ke sistem pemanas atau pendingin dengan cara yang lebih cepat dan lebih akurat dibandingkan dengan sistem mekanis.

2.2 Thermo-cooling



Gambar 2.2 TEC

Thermo-cooling atau biasa dikenal pula dengan sebutan *Thermo Electric Cooling* (TEC) adalah salah satu alternatif teknologi pendingin yang menggunakan semikonduktor dan listrik untuk memindahkan panas dari satu sisi material ke sisi lainnya. *Thermo-cooling* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1800-an sebagai penerusan dari efek *Seebeck*. Seorang fisikawan Jerman, Thomas Johann Seebeck menemukan bahwa tegangan mikro dapat dihasilkan dari hubungan dua jenis logam, yaitu tembaga dan besi, yang ditahan pada suhu yang berbeda. Di tengah kedua logam diletakkan pula sebuah jarum kompas, yang ternyata bergerak ketika sisi logam dipanaskan. Fenomena ini kemudian dikenal dengan sebutan efek *Seebeck*. Pada tahun 1834, seorang ilmuwan Prancis, Jean Charles Peltier, terinspirasi dari penemuan *Seebeck* untuk mengetahui efek yang berkebalikan dengan efek *Seebeck*. Ia mengalirkan arus listrik DC ke dua buah logam. Hasil percobaannya menunjukkan bahwa terjadi peristiwa penyerapan panas pada satu sisi logam dan pelepasan panas pada sisi lainnya. Ketika arah arus listrik dibalik, maka terjadi pertukaran antara sisi yang menyerap panas dengan sisi yang melepas panas. Fenomena ini kemudian dikenal sebagai efek Peltier yang kemudian menjadi dasar dari inovasi teknologi pendingin termoelektrik.

Thermoelectric cooler menggunakan prinsip efek Peltier dalam prinsip kerjanya sebagai komponen utama dan arus listrik searah (arus listrik DC) sebagai sumber energi. Peltier memiliki 2 sisi, yaitu sisi panas dan sisi dingin. Dalam penggunaannya, demi memaksimalkan kinerja sisi dingin peltier, maka sisi panas harus didinginkan dengan kipas angin dan *heatsink*. Dengan

memberikan arus listrik searah ke TEC, akan terbentuk perbedaan suhu di kedua permukaan elemen Peltier. Ketika arus DC dialirkan ke Peltier, elektron mengalir dari semikonduktor tipe p (semikonduktor dengan tingkat energi lebih rendah) ke semikonduktor tipe n (semikonduktor dengan tingkat energi lebih tinggi), akan menyebabkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin. Agar elektron dapat mengalir ke semikonduktor tipe p, energi berlebih pada semikonduktor tipe n dapat dibuang ke lingkungan, sehingga sisi tipe n menjadi panas. Dengan prinsip inilah TEC dapat dikembangkan menjadi alternatif sistem pendingin. Modul TEC akan melepaskan kalor dari salah satu sisi perangkatnya dan mengalirkannya ke sisi sebaliknya untuk mendapatkan suhu yang rendah pada sisi dingin modul tersebut.

Peltier berbahan dasar lempengan keramik tipis (lempengan dingin yang menyerap kalor dan lempengan panas yang melepas kalor) yang berisikan batang *Bismuth Telluride* di dalamnya. Teknologi pendingin termoelektrik ini dinilai lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan teknologi pendingin konvensional yang menggunakan freon sehingga menghasilkan emisi gas CFC. TEC juga dinilai lebih tahan lama dan dapat digunakan dalam berbagai skala, baik dalam skala besar maupun kecil. Selain itu, peltier dianggap lebih efisien dibandingkan dengan mesin pendingin konvensional, karena tidak membutuhkan keberadaan kompresor, sehingga tidak menimbulkan suara yang bising.

2.3 XPE (Cross-linked Polyethylene Foam)



Gambar 2.3 XPE

Cross-linked Polyethylene Foam atau Busa Polietilena Ikatan Silang adalah suatu busa yang memiliki ikatan tertutup yang terbuat dari polietilena. Ikatan rantai polimer etilena dibuat menjadi ikatan silang. XPE memiliki sifat khusus yang disebabkan oleh ikatannya yang tertutup, yaitu bisa menahan panas, meredam suara, dan memiliki tekstur yang lebih fleksibel dibanding Polietilena biasanya.

Keunikan keunikan tersebut membuat XPE dipakai sebagai bahan insulator, baik itu insulator thermal maupun suara. Beberapa fungsi XPE di kehidupan sehari-hari contohnya sebagai lapisan insulator thermal pada lunchbox, sebagai insulator pada struktur rumah, dan sebagai peredam suara. Untuk menambah efisiensi XPE dalam menjalankan fungsinya sebagai insulator thermal, biasanya pabrikan menambah aluminium foil di sisi luar XPE untuk menambah unsur insulator

XPE pada dasarnya berasal dari keluarga polietilena. Polietilena sendiri adalah hasil polimerisasi dari etena. Maka dari itu, XPE adalah Polietilena yang memiliki ikatan silang. Karena memiliki ikatan silang, XPE

memiliki struktur *closed cell*, yang berarti tembok sel dalam XPE tidak memiliki lubang.

Ada 3 cara menimbulkan ikatan silang, yaitu melalui peroksida, iradiasi, dan *cross-linking* kelembaban. Metode peroksida adalah metode yang telah bertahun-tahun digunakan oleh pembuat kabel. Metode ini membutuhkan senyawa khusus yang mengandung peroksida organik dalam strukturnya yang orisinal dan alat hilir khusus *cross-linking*. Senyawa tersebut harus disiapkan untuk diekstrusi dalam suhu yang lebih rendah dari suhu dekomposisi peroksida, lalu dilakukan *cross-link* di alat hilir dalam suhu dan tekanan yang jauh lebih tinggi. Ini akan melakukan dekomposisi terhadap peroksida dan melepas radikal-radikal yang dapat berhubungan dengan hidrogen, sehingga tempat tersebut bisa membentuk ikatan *cross-link* dengan polietilena lain. Cara ini memiliki kekurangan yaitu membatasi pemakaian aditif. Metode *cross-linking* kelembaban menggunakan kopolimer etilen vinil silan. Kopolimer ini menjadi komponen basis dari sistem multi bagian, yang termasuk katalis dan zat aditif sesuai keinginan. Metode ini memiliki kelebihan yaitu adisi seperti antioksidan bukan masalah. Meskipun begitu, ada kekurangan yaitu produk yang bisa dibuat melalui cara ini terbatas. Metode iradiasi melibatkan memberikan elektron berenergi tinggi kepada polietilena, sehingga membebaskan radikal bebas dan menyebabkan reaksi ikatan silang berikutnya, ini adalah metode yang paling umum digunakan untuk menghubungkan silang UHMWPE untuk tujuan medis. Polietilena yang terkena iradiasi dengan sinar radiasi kuat seperti sinar γ atau *electron beam*

akan menghasilkan kerusakan dan pembentukan radikal. Iradiasi dilakukan beberapa kali agar dapat mencapai hasil yang diinginkan. Akselerator dan promotor digunakan untuk mempercepat reaksi. Keunggulan dari metode ini yaitu kecepatan ekstrusi yang tinggi. Metode ini kurang populer karena adanya ketidakseragaman dalam kepadatan hasil *cross-link*, dan juga biayanya yang tinggi, serta tindakan pencegahan keselamatan yang harus diambil cukup banyak.

2.4 Pembusukan



Gambar 2.4 Pembusukan

Pembusukan adalah proses alamiah yang penting dalam kehidupan, di mana hampir semua makhluk hidup, seperti buah-buahan, makanan, hewan mati, dan tubuh manusia, akan mengalaminya. Pada makanan, pembusukan merupakan proses metabolisme yang menyebabkan perubahan karakteristik seperti rasa, tekstur, aroma, tampilan fisik, serta menghasilkan toksin atau racun. Proses ini membuat makanan tidak layak untuk dikonsumsi.

Makanan yang mudah basi disebabkan oleh berbagai faktor, seperti penyimpanan yang tidak tepat, suhu kulkas yang tidak ideal, paparan cahaya berlebihan, tidak adanya pengawet, atau sifat alami bahan makanan itu sendiri. Penyimpanan di tempat terbuka, terutama dalam kondisi hangat dan lembap, mempercepat pertumbuhan jamur dan bakteri pembusuk. Oleh karena itu, makanan perlu disimpan dalam wadah tertutup rapat, dengan memisahkan masakan berbahan daging dari makanan lain, serta segera membuang makanan yang mulai basi untuk mencegah kontaminasi. Suhu kulkas yang kurang dingin juga mempercepat pembusukan, disarankan kulkas diatur pada suhu minimal 4°C dan freezer di bawah 0°C untuk menekan pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, menyimpan makanan panas langsung dalam wadah tertutup menciptakan uap yang meningkatkan kelembaban, sehingga makanan sebaiknya didinginkan lebih dahulu sebelum disimpan. Paparan sinar matahari atau lampu juga dapat menyebabkan fotodegradasi, yang mengurangi kualitas makanan seperti warna, rasa, dan kandungan nutrisinya. Makanan tanpa pengawet lebih cepat basi, namun pengawet alami seperti garam, gula, cuka, atau rempah-rempah dapat membantu memperpanjang umur simpannya. Buah dan sayuran yang kehilangan kelembaban setelah dipetik juga rentan membusuk, terutama jika disimpan dalam kondisi udara kulkas yang terlalu kering atau lembab, meskipun pembekuan dapat memperlambat proses pembusukan ini.

Pembusukan makanan juga disebabkan oleh mikroorganisme seperti bakteri dan khamir, yang menggunakan makanan sebagai sumber karbon dan

energi, sehingga memicu reaksi kimia yang mengubah sifat sensorik makanan. Khamir adalah mikroorganisme bersel tunggal yang mampu beradaptasi dan bertahan hidup di berbagai lingkungan, termasuk pada bahan pangan. Salah satu genus khamir yang sering menyebabkan pembusukan pada makanan adalah *Candida*, yang terlibat dalam proses pembusukan buah-buahan, sayuran, dan produk berbahan dasar susu. Selain khamir, mikroorganisme penyebab pembusukan lainnya adalah bakteri, yang meliputi bakteri Gram positif dan Gram negatif.

Bakteri Gram positif, seperti *Bacillus*, dapat membentuk spora yang tahan terhadap suhu tinggi dan mampu tumbuh pada makanan yang telah melalui perlakuan panas. *Bacillus* diketahui menyebabkan pembusukan asam pada makanan dalam kemasan kaleng dan kerusakan roti pada suhu lingkungan tinggi. Salah satu spesiesnya, *Bacillus cereus*, sering ditemukan pada berbagai sayuran, seperti kecambah alfalfa, selada, mentimun, sawi, dan kecambah kedelai. Sementara itu, bakteri Gram negatif dari famili *Enterobacteriaceae* juga merupakan penyebab pembusukan yang umum ditemukan di lingkungan, seperti pada permukaan tanaman, tanah, dan saluran pencernaan hewan. Bakteri ini dapat mencemari berbagai jenis makanan. Salah satu contohnya adalah *Escherichia coli*, yang dalam lingkungan kaya karbon seperti laktosa dan glukosa, dapat mengubah pH menjadi asam serta menghasilkan gas melalui proses penguraian glukosa.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini akan dilaksanakan pada:

Tanggal : 16 Desember 2024

Tempat : Perumahan Nirwana Regency No. 375

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat:

1. Gergaji elektrik
2. Bor
3. Tembakan lem tembak

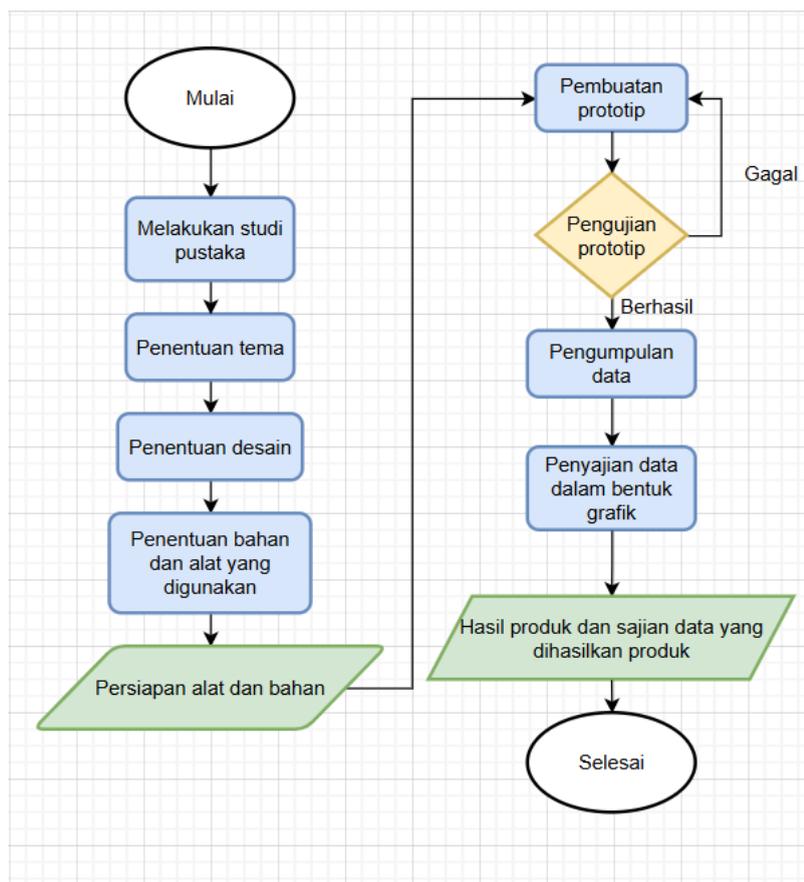
Bahan:

1. *Cooler box*
2. Power supply unit 12 volt
3. Peltier Cooling System Kit Peltier TEC 12706 Lengkap V2
4. *Thermostat* W1209
5. XPE berlapis Aluminium
6. Mika akrilik
7. Air
8. Tauge
9. Kabel AWG14
10. Kabel AC

11. Kipas Komputer 8 cm 12V 2 pin
12. *Heatsink* kecil
13. *Heatsink* besar
14. *Thermal paste*
15. Lem tembak

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.3.2 Pembuatan Alat/Prototipe

1. Tentukan ukuran seberapa besar bagian yang bisa dilihat dari luar
2. Potong mika dan *cooler box* sesuai keinginan
3. Masukkan mika ke dalam *cooler box* dan tempel ke bagian yang telah dipotong di *cooler box* menggunakan lem tembak.
4. Ukur luas bagian dalam dari *cooler box*
5. Potong XPE berlapis aluminium sesuai dengan luas dalam cooler box
6. Tempelkan potongan tersebut ke dalam *cooler box*
7. Ukur bagian *heatsink* pendingin
8. Potong *cooler box* sesuai bagian yang telah diukur untuk *heatsink*
9. Masukkan peltier bagian dingin ke dalam bagian yang telah disiapkan di cooler box.
10. Hubungkan kabel hitam dari peltier ke bagian GND dan kabel merah peltier di K0 pada *thermostat*
11. Hubungkan kabel dari power supply +V ke bagian +12V di termostat dan kabel dari -V dari power supply ke GND
12. Hubungkan 2 kabel dari adaptor AC ke AC+ dan AC-
13. Masukkan bagian sensor *thermostat* ke dalam cooler box
14. Atur suhu yang ingin dipertahankan pada *thermostat*.
15. *Cooler box* siap dipakai.

3.3.3 Variabel Penelitian

Variabel terikat: Waktu yang dibutuhkan untuk sayur basi

Variabel kontrol: Jenis sayuran yang digunakan untuk menguji

Variabel bebas: Suhu dari *cooler box*

3.3.4 Tabel Pengambilan Data

3.3.4.1 Tabel Pengambilan Data Pembusukan Tauge

Waktu (Jam)	Gambar Tauge <i>Cooler Box</i>	Gambar Tauge Kulkas

Tabel 3.1 Pengambilan Data Pembusukan Tauge

Pengambilan data dilakukan setiap delapan jam yaitu pada pukul 08.00, 16.00, dan 24.00 untuk membandingkan kondisi fisik tauge yang disimpan di *cooler box* dan di kulkas konvensional. Pengambilan data akan terus berlangsung hingga tauge menunjukkan tanda-tanda pembusukan berdasarkan standar yang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar 3.2 Standar Pembusukan Tauge

Adapun ciri-ciri taugé yang menjadi standar pembusukan antara lain warna taugé yang berubah dari putih cerah menjadi kecoklatan atau kekuningan, dimana perubahan warna ini menandakan penurunan kesegaran. Tekstur taugé busuk menjadi lembek, layu, dan sering kali dilapisi lendir yang lengket, berbeda dengan taugé segar yang terasa renyah. Selain itu, taugé busuk mengeluarkan aroma tidak sedap.

3.3.4.2 Tabel Pengambilan Data Pencairan Es Batu

Waktu (menit)	Suhu pada <i>Cooler Box</i> (°C)	Gambar Es Batu pada <i>Cooler Box</i>	Gambar Es Batu pada Kulkas Konvensional
Menit ke-0			
Menit ke-5			
Menit ke-10			
Menit ke-15			
Menit ke-20			
Menit ke-25			
Menit ke-30			

Tabel 3.2 Pengambilan Data Pencairan Es Batu

3.4 Metode dan Analisis Data

3.4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Melakukan riset terhadap tema yang telah dilakukan
2. Membuat prototipe produk
3. Mengumpulkan dan mencatat data variabel terikat dari prototipe yang telah dibuat
4. Menganalisa data yang telah dikumpulkan
5. Menyajikan data dalam bentuk tabel

3.4.2 Teknis Analisis Data

Teknik analisis data yang akan digunakan yaitu secara kualitatif dengan menilai pembusukan taugé dan pencairan es batu yang kemudian akan diambil datanya dalam bentuk tabel.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Penelitian Pembusukan Tauge

Pengambilan data dimulai pada hari Sabtu, 25 Januari 2025, sebagai hari pertama.

Waktu (Jam)	Suhu cooler box	Gambar Tauge Cooler Box	Gambar Tauge Kulkas
08.00	27,8		
16.00	31,2		
24.00	28,6		

Tabel 4.1 Pengambilan Data Pembusukan Tauge Hari Pertama

Pengambilan data dilanjutkan pada hari Minggu, 26 Januari 2025, sebagai hari kedua.

Waktu (Jam)	Suhu cooler box	Gambar Tauge Cooler Box	Gambar Tauge Kulkas
08.00	26,3		
16.00	30,4		
24.00	27,5		

Tabel 4.2 Pengambilan Data Pembusukan Tauge Hari Kedua

Pengambilan data dilanjutkan pada hari Senin, 27 Januari 2025, sebagai hari ketiga sekaligus terakhir.

Waktu (Jam)	Suhu cooler box	Gambar Tauge Cooler Box	Gambar Tauge Kulkas
08.00	26,1		
16.00	28,7		
24.00	31,4		

Tabel 4.3 Pengambilan Data Pembusukan Tauge Hari Ketiga

4.1.2 Hasil Penelitian Pencairan Es Batu

Pengambilan data dilakukan pada hari Sabtu, 25 Desember 2024.

Waktu (menit)	Suhu pada Cooler Box (°C)	Gambar Es Batu pada Cooler Box	Gambar Es Batu pada Kulkas Konvensional
Menit ke-0	25,8	 A photograph showing a white square cooler box containing several ice cubes, placed inside a larger insulated container with a silver reflective lining.	 A photograph showing a white square cooler box containing several ice cubes, held by a hand against a dark background.
Menit ke-5	26	 A photograph showing a white square cooler box containing several ice cubes, placed inside a larger insulated container with a silver reflective lining.	 A photograph showing a white square cooler box containing several ice cubes, held by a hand against a dark background.
Menit ke-10	27	 A photograph showing a white square cooler box containing several ice cubes, placed inside a larger insulated container with a silver reflective lining.	 A photograph showing a white square cooler box containing several ice cubes, held by a hand against a dark background.
Menit ke-15	24,1	 A photograph showing a white square cooler box containing several ice cubes, placed inside a larger insulated container with a silver reflective lining.	 A photograph showing a white square cooler box containing several ice cubes, held by a hand against a dark background.

Menit ke-20	26,1		
Menit ke-25	26,1		
Menit ke-30	25		

Tabel 4.4 Pengambilan Data Pencairan Es Batu

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pembahasan Pembusukan Tauge

Tauge merupakan salah satu jenis sayuran yang mudah mengalami pembusukan karena kandungan airnya yang tinggi. Proses pembusukan tauge di *cooler box* dapat terjadi lebih cepat dibandingkan dengan pembusukan tauge di kulkas konvensional. Hal ini dapat dilihat pada pukul 16:00 di hari Sabtu, dimana tauge pada *cooler box* terlihat lebih gelap dan layu dibandingkan tauge di kulkas konvensional. Tauge pada kulkas konvensional baru terlihat gelap dan layu sama seperti

tauge *cooler box* pada hari minggu. Selama percobaan suhu pada thermostat *cooler box* juga menunjukkan bahwa dalam *cooler box* hanya 25-30°C.

4.2.2 Pembahasan Pencairan Es Batu

Es batu lebih cepat mencair di *cooler box* dibandingkan dengan kulkas konvensional. Perbedaan ini dipengaruhi oleh suhu yang dihasilkan oleh kedua perangkat tersebut. *Cooler box* menunjukkan suhu berkisar antara 24-27°C, sedangkan kulkas konvensional menjaga suhu stabil pada 0-4°C. Perbedaan suhu ini membuat es batu dalam *cooler box* mencair sepenuhnya dalam waktu 30 menit, sementara es batu di kulkas konvensional membutuhkan waktu sekitar 2 jam untuk mencair sepenuhnya.

4.2.3 Pembahasan Suhu dalam *Cooler box*

Selama percobaan *cooler box* hanya menunjukkan angka antara 24-30 derajat. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya hal ini adalah sebagai berikut.

4.2.3.1 Efisiensi peltier

Penurunan suhu yang dihasilkan melalui penggunaan modul peltier biasanya tidak bisa serendah suhu yang dihasilkan oleh mesin pendingin konvensional. Suhu yang dihasilkan oleh peltier tidak kuat untuk melenyapkan bakteri pembusukan dalam *cooler box* dan untuk mempertahankan es batu agar tidak meleleh. Sebaliknya, suhu di kulkas konvensional biasanya berkisar antara 0-4°C sehingga dapat memperlambat proses pembusukan taug. Selain itu, kulkas konvensional dengan CFC dirancang untuk mempertahankan suhu internal yang stabil dan

konsisten untuk menjaga kualitas makanan di dalamnya agar tidak cepat mengalami pembusukan.

4.2.3.2 Distribusi suhu

Distribusi suhu yang kurang merata pada cooler box disebabkan oleh beberapa faktor, yang berujung pada pendinginan yang tidak optimal. Pertama, suhu dingin dari sisi dingin modul Peltier tidak dapat menyebar secara merata ke seluruh *cooler box*, meskipun kipas telah ditambahkan untuk membantu distribusi udara dingin. Akibatnya, suhu dingin terkonsentrasi hanya di area dekat *heatsink* kecil, sehingga area lain di *cooler box* tetap lebih hangat. Selain itu, posisi modul Peltier memainkan peran penting dalam menentukan seberapa baik suhu dingin dapat tersebar. Penempatan yang tidak ideal dapat memperparah ketidakmerataan distribusi suhu, membuat sebagian area *cooler box* lebih efektif mendinginkan dibandingkan daerah lainnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas maka bisa disimpulkan bahwa *cooler box* dengan modul Peltier memiliki efisiensi pendinginan yang lebih rendah dibandingkan dengan kulkas konvensional. Hal ini berpengaruh terhadap percepatan proses pembusukan tauge dan pencairan es batu.

Modul Peltier tidak mampu mencapai suhu serendah kulkas konvensional, sehingga tidak efektif dalam memperlambat pertumbuhan bakteri maupun menjaga es batu agar tidak cepat mencair, ditambah suhu dalam *cooler box* tidak tersebar secara merata meskipun telah dilengkapi kipas. Suhu dingin terkonsentrasi di area dekat *heatsink*, sementara area lain tetap lebih hangat, mengurangi efektivitas pendinginan.

5.2 Saran

1. Memikirkan cara untuk lebih baik mengalirkan udara dingin dari peltier ke dalam *cooler box* dan menyebarkannya secara rata dalam *cooler box*
2. Memakai lebih banyak peltier agar dapat lebih efisien dalam menyebarkan udara dingin.
3. Memakai thermostat yang dapat lebih akurat dalam mengukur suhu dalam *cooler box*.
4. Memakai kerangka lain seperti styrofoam yang lebih efisien, mudah dibawa, dan lebih mudah untuk dicari.

DAFTAR PUSTAKA

- Eccles, A. (2023 Maret 13). What is Cross Linked Polyethylene?. Diakses pada 29 November 2024 melalui <https://www.ntotank.com/blog/what-is-cross-linked-polyethylene#:~:text=Cross%20linked%20polyethylene%20is%20a,and%20XLP E%20to%20storage%20tanks>.
- Affatato, et. al. (2014, April 05). Supercritical Fluid Science and Technology. Diakses pada 29 November 2024 melalui <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/cross-linked-polyethylene>
- Ahdiat, A. (2023 Februari 23). Konsumsi Listrik Penduduk Indonesia Naik pada 2022, Capai Rekor Baru. Diakses pada 13 November 2024 melalui <https://databoks.katadata.co.id/energi/statistik/85f8ade6a4835c2/konsumsi-listrik-penduduk-indonesia-naik-pada-2022-capai-rekor-baru>
- Atilla, R., Gischa S. (2023, November 9). Prinsip Kerja Thermostat Sebagai Sensor Suhu. Diakses pada 13 Oktober 2024 melalui <https://www.kompas.com/skola/read/2023/11/09/053000069/prinsip-kerja-thermostat-sebagai-sensor-suhu>
- Augustyn, et. al. (2024 November 14). Polyethylene. Diakses pada 29 November 2024 melalui <https://www.britannica.com/science/polyethylene>
- Fajar, G. S. (2019). Rancang Bangun Alat Monitoring Pemakaian Daya Dan Gangguan Listrik Pada Rumah Tinggal Berbasis Internet Of Things. Diakses pada 13 November 2024 melalui

https://eprints.uny.ac.id/65479/3/16506134005_Gito%20Syahril%20Fajar_2_Bab1.pdf

Firmansyah, G., Wibowo, R. K. K., Ilminnafik, N., Setyawan, D. L., Sholahuddin, I. (2024). Pengaruh Rangkaian Sel Peltier Terhadap Kinerja Mini Refrigerator Portable. Diakses pada 15 November 2024 melalui <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/STATOR/article/view/9664>

Indrawan, W., Suryono, S. (2019). Sistem Pendingin Menggunakan Thermo-Electric Cooler Dengan Kontroler Proportional-Integralderivative. Diakses pada 15 November 2024 melalui https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/23877

Joseph, N. (2023, Agustus 15). 6 Penyebab Makanan Lebih Cepat Basi Dari Biasanya. Diakses pada 30 November 2024 melalui <https://helo sehat.com/nutrisi/tips-makan-sehat/penyebab-makanan-cepat-basi/>

NN Digital. (2019 Juni 13). Mengenal Peltier sebagai Modul Kulkas Mini dan AC Mini. Diakses pada 15 November 2024 melalui <https://www.nn-digital.com/blog/2019/06/13/mengenal-peltier-sebagai-modul-kulkas-mini-dan-ac-mini/>

Oktarisa, S. L. (2014). Sistem Thermoelectric Cooler (TEC) Berbasis Mikrokontroler. Diakses pada 15 November 2024 melalui <https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20385701>

Shenzhen Carry Most Plastic Co., Ltd. (2024). EPE Foam VS XPE Foam: Properties, Applications and Selection Guide. Diakses pada 29 November 2024 melalui <https://carrymost.com/xpe-foam/>

Suzhou Bintang Baru Bahan Co.,Ltd. (2023). Pengenalan Bahan Insulasi Foil Busa XPE dan EPE. Diakses pada 29 November 2024 melalui <https://id.star-newmaterial.com/info/introduction-of-xpe-and-epe-foam-foil-insulati-83609629.html>

Surya, A. (2020 April 01). Rancang Bangun Kulkas Mini Portable Menggunakan Peltier. Diakses pada 06 November 2024 melalui https://www.researchgate.net/publication/341075544_RANCANG_BANGUN_KULKAS_MINI_PORTABLE_MENGGUNAKAN_PELTIER

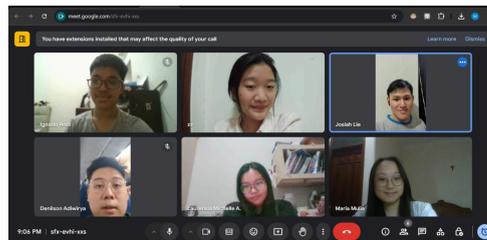
Xia, B., Dong, W. (2020). Study on Cellular Structure and Mechanical Property of Foaming/Cross-linking Polyethylene System. Diakses pada 29 November 2024 melalui <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202018504053>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Kerja



Gambar 6.1 Pengeboran Cooler Box Diambil pada 18 Desember 2024



Gambar 6.2 Pembahasan Prototipe pada 20 Desember 2024



Gambar 6.3 Pemotongan Cooler Box Diambil pada 12 Januari 2025



Gambar 6.4 Pemotongan Cooler Box dan Pemasangan Kabel pada 12 Januari 2025



Gambar 6.5 Pemotongan Cooler Box pada 12 Januari 2025

Lampiran 2. Dokumentasi Produk



Gambar 6.6 Pemasangan Alat Thermostat pada 21 Januari 2025



Gambar 6.7 Penempelan Lakban pada Permukaan Cooler Box pada 24 Januari 2025



Gambar 6.8 Pengaturan Ulang Sistem Cooler Box pada 24 Januari 2025