

**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:

7. 29873	Denilson Adiwirya Indarno	XII MIPA 3 / 09
8. 29943	Ignatio Andi Pandhito P.	XII MIPA 3 / 17
9. 30006	Josiah Ethanael Lie	XII MIPA 3 / 19
10.30046	Laurensia Michelle Amelia	XII MIPA 3 / 21
11.30062	Maria Mulia Sukacita Hidayat	XII MIPA 3 / 24
12.30194	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.

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 JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH PROPOSAL KARYA ILMIAH.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR SINGKATAN.....	vi
DAFTAR SIMBOL	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Hipotesis.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Thermostat</i>	6
2.2 <i>Thermo-cooling</i>	9
2.3 XPE (Cross-linked Polyethylene Foam).....	12
2.4 Pembusukan.....	14
2.5 Statistika.....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.3 Tahapan Penelitian.....	22
3.3.1 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.3.2 Pembuatan Alat/Prototipe.....	23
3.3.3 Variabel Penelitian.....	23
3.4 Metode dan Analisis Data.....	24
3.4.1 Metode Penelitian.....	24
3.4.2 Teknis Analisis Data.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25

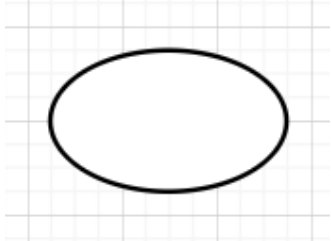
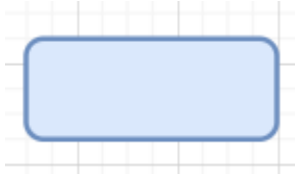
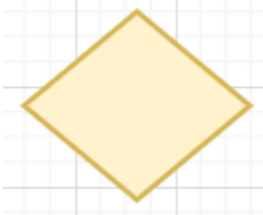
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Thermostat</i>	6
Gambar 2.2 TEC.....	9
Gambar 2.3 XPE.....	12
Gambar 2.4 Pembusukan.....	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	21

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

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

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 dalam nya 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* (HCFs) and *Hydrochlorofluorocarbons* (HCIFCs)

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 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 desain *cooler box* membantu dalam menghemat energi?
3. Bagaimana pengaruh peltier terhadap suhu dalam *cooler box*?
4. Bagaimana pengaruh suhu dalam *cooler box* dalam menjaga makanan di dalamnya tidak basi?

1.3 Hipotesis

H1: *Cooler box* peltier efektif dalam menjaga makanan di dalamnya tidak basi dengan suhu yang dihasilkan dalam *cooler box* peltier

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

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Menjelaskan cara kerja peltier
2. Mengetahui cara mendesain *cooler box* peltier yang efektif
3. Mengetahui pengaruh peltier terhadap suhu dalam *cooler box*
4. Mengetahui pengaruh suhu dalam *cooler box* dalam menjaga makanan di dalamnya tidak basi

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

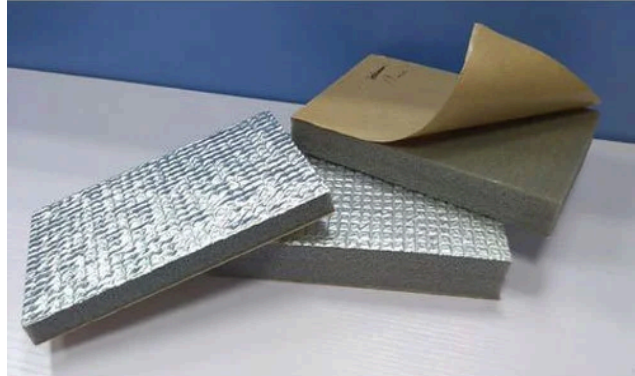
Thermo-cooling atau biasa dikenal pula dengan sebutan *Thermo Electric Cooling* (TEC) adalah salah satu alternatif teknologi pendingin yang menggunakan semikonduktor dan listrik untuk memindahkan panas dari satu sisi material ke sisi lainnya. *Thermo-cooling* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1800-an 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 lembap, 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.

2.5 Uji T

2.5.1 Statistika

Ada banyak pendapat mengenai definisi statistika. Gasperz (1989) berpendapat bahwa statistika adalah ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan cara-cara pengumpulan data, pengolahan serta analisisnya, penarikan kesimpulan, hingga pembuatan keputusan yang cukup beralasan berdasarkan fakta. Dajan (1995) menyatakan bahwa statistika bisa diartikan sebagai metode untuk mengumpulkan mengolah, menyajikan, menganalisis, dan menginterpretasi data yang berupa angka-angka. Furqon (1999) menyatakan bahwa statistika adalah bagian ilmu pengetahuan yang mempelajari cara-cara untuk menarik sampel dan analisis dari data yang diperoleh. Somantri (2006) mengartikan statistika sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang bagaimana cara mengumpulkan, mengolah, menganalisis, hingga menginterpretasi data sehingga bisa disajikan dengan baik. Dari semua interpretasi ini, maka bisa disimpulkan bahwa statistika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang metode pengumpulan, pengolahan, analisa, dan penyajian dari sebuah data yang diperoleh dalam bentuk angka. Berdasar cara penyajian statistika dapat dibagi menjadi dua, yaitu Statistika Deskriptif (*Descriptive Statistics*) dan Statistika Inferensial (*Inferential Statistics*)

Statistika deskriptif merujuk pada proses pengumpulan, pengolahan, serta penyajian data tanpa melakukan interpretasi atau penarikan kesimpulan. Metode ini melibatkan merangkum dan menampilkan angka-angka hasil

pengamatan dengan berbagai teknik grafis seperti grafik dan diagram, serta menjabarkan karakteristik dari ukuran pemusatan dan penyebaran data. Tujuannya untuk menyajikan informasi yang menarik, bermanfaat, dan mudah dipahami bagi pembaca. Dengan demikian, statistika deskriptif tidak melibatkan penafsiran data tetapi fokus pada representasi dan analisis data dalam bentuk tabel atau visualisasi.

Berdasarkan buku *Metode Statistik Deskriptif untuk Umum* oleh Rasdihan Rasyad, statistika deskriptif dapat disajikan dalam bentuk tabel, grafik batang, grafik lingkaran, grafik gambar, dan grafik peta. Statistika deskriptif dengan data berbentuk grafis biasanya disajikan dalam bentuk *histogram*, *pie chart*, *ogive*, *polygon*, dan diagram batang daun. Sedangkan statistika deskriptif dengan data berbentuk numerik biasanya disajikan dalam bentuk *central tendency*, *fractile*, *skewness*, pengukuran keruncingan, dan *dispersion*/pencaran.

Statistika inferensial, juga dikenal sebagai statistika induktif, adalah cabang statistika yang membahas teknik analisis data serta pembuatan kesimpulan. Fokus utamanya adalah pada pengambilan keputusan, termasuk estimasi parameter dan pengujian hipotesis. Metode statistika inferensial terlibat dalam analisis data sebagian untuk melakukan prediksi atau menyimpulkan informasi tentang keseluruhan data. Sampel, yang merupakan sebagian data dari variabel, digunakan untuk membuat estimasi tentang populasi secara keseluruhan. Setelah data dikumpulkan, berbagai teknik statistik digunakan untuk menganalisisnya, dan hasilnya diinterpretasikan

untuk mengambil kesimpulan yang relevan. Jika sampel mewakili populasi secara baik, statistika inferensial dapat menghasilkan generalisasi yang dapat diterapkan. Dengan demikian, statistika inferensial mempelajari proses pengambilan keputusan berdasarkan data yang tersedia.

Statistika memiliki banyak rumus. Salah satu dari rumus tersebut yang akan digunakan dalam waktu pengujian adalah rata-rata, atau biasanya juga disebut sebagai *mean*. Rata-rata atau *mean* dapat dirumuskan sebagai

$$\bar{x} = \frac{\text{jumlah semua nilai}}{\text{jumlah data total}}$$

Statistika juga memiliki perhitungan simpangan baku atau standar deviasi untuk mengetahui persebaran data pada suatu sampel untuk melihat seberapa jauh atau seberapa dekat nilai data dengan rata-ratanya. Berikut ini adalah rumus dari simpangan baku.

$$S = \sqrt{\frac{\sum fi(Xi - \bar{X})^2}{\sum fi}}$$

Uji T juga merupakan bagian dari statistika. Uji T digunakan untuk apabila terdapat perbedaan yang signifikan terhadap suatu populasi. Adapun rumus dari uji T adalah sebagai berikut.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r(\frac{s_1}{n_1})(\frac{s_2}{n_2})}}$$

Di mana

$$\bar{x}_1 = \text{Rata-rata sampel 1}$$

$\bar{x}_2$ = Rata-rata sampel 2

s_1 = Simpangan baku sampel 1

s_2 = Simpangan baku sampel 2

r = Korelasi antara dua sampel

Korelasi antara 2 sampel dapat dihitung sebagai berikut.

$$r_{xy} = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{(\Sigma x^2)(\Sigma y^2)}}$$

Dimana

$x = x_i - \bar{x}$ dari sampel pertama

$y = y_i - \bar{y}$ dari sampel kedua

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. Tembakan lem tembak

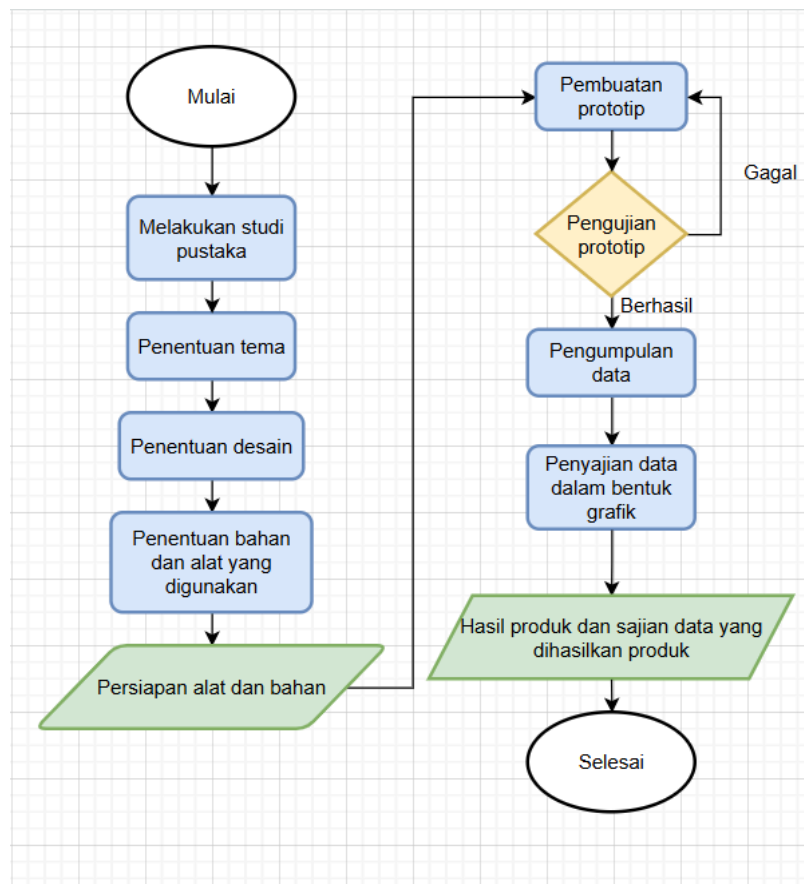
Bahan:

1. *Cooler box*
2. Charger portable 12V/2A
3. Peltier Cooling System Kit Peltier TEC 12706 Lengkap V2
4. Penjepit buaya
5. *Thermostat* W1209
6. XPE berlapis Aluminium
7. Mika/Kaca
8. Jamur Enoki
9. Tauge
10. Kabel AWG14
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 kecil dari *heatsink*
8. Potong *cooler box* sesuai bagian yang telah diukur untuk *heatsink*
9. Hubungkan kabel hitam dari peltier ke bagian K0 dan kabel merah peltier di K1 pada *thermostat*
10. Hubungkan kabel charger aki positif ke bagian +12V dan kabel charger negatif ke GND
11. Masukkan bagian sensor *thermostat* ke dalam cooler box
12. Atur suhu yang diinginkan pada *thermostat*.
13. *Cooler box* siap dipakai.

3.3.3 Variabel Penelitian

Variabel terikat: Waktu yang dibutuhkan untuk sayur basi (nominal)

Variabel kontrol: Jenis sayuran yang digunakan untuk menguji (ordinal)

Variabel bebas: Suhu dari *cooler box* (nominal)

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 grafik dan diagram batang

3.4.2 Teknis Analisis Data

Teknik analisis data yang akan digunakan yaitu secara kuantitatif dengan menghitung rata-rata waktu untuk pembusukan sayur dan perbandingannya. Data tersebut akan disajikan dalam bentuk grafik serta diagram batang dengan bantuan perangkat lunak komputer *Excel*.

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%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://hellosehat.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>