

**SKRIPSI**

**KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN  
BUAH JERUK MENGGUNAKAN  
*THERMOELECTRIC COOLER DAN HEAT PIPE***



**MUHAMMAD FIRDAUS**

**03051281924047**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**

**SKRIPSI**

**KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN  
BUAH JERUK MENGGUNAKAN  
*THERMOELECTRIC COOLER DAN HEAT PIPE***

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



**OLEH  
MUHAMMAD FIRDAUS  
03051281924047**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN BUAH  
JERUK MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER*  
DAN *HEAT PIPE***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**MUHAMMAD FIRDAUS**

**03051281924047**

**Palembang, Juli 2023**

**Diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Skripsi**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Mesin**




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



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

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.  
Diterima Tanggal  
Paraf

: 031 /TH /AK /2023  
: 27-7-2023  
: 

## SKRIPSI

NAMA : MUHAMMAD FIRDAUS  
NIM : 03051281924047  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL SKRIPSI : KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK  
PENDINGIN BUAH JERUK  
MENGUNAKAN *THERMOELECTRIC*  
*COOLER* DAN *HEAT PIPE*  
DIBUAT TANGGAL : 18 JUNI 2022  
SELESAI TANGGAL : 12 JUNI 2023

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

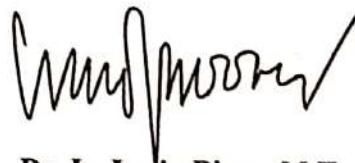


Irsyadh Yani, S.T, M.Eng, Ph.D.  
NIP.197112251997021001

Palembang, Juli 2023

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing Skripsi



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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Buah Jeruk Menggunakan *Thermoelectric Cooler* Dan *Heat pipe*” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Juni 2023.

Palembang, Juli 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM.

NIP. 197112251997021001

(.....)

Sekretaris :

2. Akbar Teguh Prakoso, S.T., M.T.

NIP. 199204122022031009

(.....)

Anggota :

3. Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198105102005011005

(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM.

NIP. 197112251997021001

Palembang, Juli 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,  
Pembimbing Skripsi

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Irwin Bizzy'.

Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

NIP. 196005281989031002

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbilalamin* puji syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan Rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat beserta salam kepada Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam*, yang telah menuntun kita dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang. Skripsi yang berjudul “Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Buah Jeruk Menggunakan *Thermoelectric Cooler Dan Heat pipe* ” Universitas Sriwijaya, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa penuh terima kasih atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penulisan ini, oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang tua saya, Bapak Zamhari, S.T. dan Ibu Syafitri Dewi yang selalu mendoakan, memberi semangat dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Dr. Ir.Irwin Bizzy, M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi serta Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak sekali memberikan arahan, saran serta nasihat dalam menyelesaikan Tugas Ahir ini.
3. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. IPP. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakutas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Gunawan, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Pembina Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Seluruh tenaga pendidik dan kependidikan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu dan pelajaran yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Seluruh Sahabat penulis di lingkungan rumah, sekolah, dan perkuliahan terkhusus rekan-rekan Teknik Mesin 2019 yang selalu menemani penulis dan memberikan semangat untuk menyelesaikan masa perkuliahan.
8. Seluruh pihak yang telah mendukung penulis dalam pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan wawasan penulis. Oleh karena itu, kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini akan sangat membantu. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Palembang, Juli 2023

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muf', enclosed within a faint rectangular border.

Muhammad Firdaus

NIM.03051281924047

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Firdaus

NIM : 03051281924047

Judul : Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Buah Jeruk  
Menggunakan *Thermoelectric Cooler* Dan *Heat pipe*

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

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

Inderalaya, Juni 2023



Muhammad Firdaus

NIM. 03051281924047



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Firdaus

NIM : 03051281924047

Judul : Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Buah Jeruk Menggunakan  
*Thermoelectric Cooler dan Heat pipe*

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

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Juni 2023



Muhammad Firdaus  
NIM. 03051281924047

## RINGKASAN

### KAJI EKSPERIMENTAL KOTAK PENDINGIN BUAH JERUK MENGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER* DAN *HEAT PIPE*

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 13 Juni 2023

Muhammad Firdaus, dibimbing oleh Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxvi + 62 halaman, 3 tabel, 32 gambar, 5 lampiran

### RINGKASAN

Buah-buahan segar merupakan salah satu kebutuhan utama di dalam keluarga sehingga komoditi ini hampir setiap hari dibeli oleh konsumen dari para pedagang buah. Buah- buahan segar banyak diminati oleh para konsumen karena berperan penting pada nutrisi manusia, khususnya sebagai sumber vitamin (C, B6, A, thiamin, niacin), mineral, dan serat. Namun buah-buahan segar akan cepat mengalami penurunan mutu dan kesegarannya apabila tidak dilakukan perlakuan pendinginan sesuai dengan standar mutu produk buah- buahan. Penyimpanan buah-buahan segar membutuhkan temperatur yang optimum, yaitu di bawah temperatur 15°C dan di atas titik beku (umumnya 5–15°C) untuk mempertahankan mutu dan kesegarannya. Mesin pendinginan saat ini digunakan untuk menjaga produk makanan yang mudah busuk. Mesin pendingin konvensional berdasarkan kompresi uap memiliki koefisien kinerja (COP) yang tinggi, namun penggunaan refrigeran memiliki efek merugikan pada lingkungan. Pendinginan termoelektrik berdasarkan efek Peltier memiliki keunggulan penting dibandingkan dengan teknologi kompresi uap meskipun faktanya bahwa COP dari termoelektrik tidak setinggi teknologi kompresi uap. Pada perangkat mesin pendingin termoelektrik, modul termoelektrik yang digunakan akan dipengaruhi oleh perangkat pengantar panas (*heat pipe*). Metode penelitian berupa eksperimen membuat kotak pendingin dengan ukuran 28cm x 26cm x 18,2cm menggunakan 2 modul *Thermoelectric Cooler* dan *Heat pipe*. Pengambilan data temperatur menggunakan Lutron BTM-4208SD, memiliki 12 channel dengan termokopel tipe-K yang dipasang pada beberapa titik pengambilan data. Sumber listrik menggunakan power supply memiliki

spesifikasi 12V, 40A. Pengujian menggunakan variasi pada ukuran kotak ( $13.24\text{m}^3$  &  $6.62\text{m}^3$ ) dan terdapat variasi pada penggunaan kipas persebaran udara di dalam kotak (dihidupkan & dimatikan). Pengujian ini dilakukan pada ruangan ber AC dengan temperatur rata rata  $29,74^\circ\text{C}$ , temperatur rata rata kotak dihidupkan selama 1 hari dapat mencapai  $21,45^\circ\text{C}$ . Tegangan tiap modul TEC diukur menggunakan multimeter dan arus diukur menggunakan clampmeter didapatkan nilai  $\text{TEC}_1$  (10,2A & 11,64V)  $\text{TEC}_2$  (10,9 A & 11,80V). Daya total yang digunakan oleh kedua modul Thermoelectric sebesar 247,348 Watt. Nilai COP terbaik didapatkan pada variasi kotak ( $6.62\text{m}^3$ ) yang menggunakan kipas dibagian dalam untuk persebaran udara, dengan nilai COP  $\text{TEC}_1$  (0,219) dan COP  $\text{TEC}_2$  (0,194). Namun lain hal nya dengan kotak pendingin yang tidak menggunakan kipas, nilai COP nya hanya mencapai  $\text{TEC}_1$  (0.106) dan  $\text{TEC}_2$  (0.069). Nilai COP sangat bergantung pada temperatur sisi panas dan sisi dingin pada modul Thermoelectric Cooler. Namun semakin rendah temperatur sisi dingin modul TEC belum menjamin mendapatkan nilai COP yang optimal. Hal ini dapat dilihat pada data pengujian kotak yang menggunakan bantuan kipas dan tidak. Kotak dengan kipas memiliki rata rata sisi dingin tiap modulnya  $8,97^\circ\text{C}$  &  $12,12^\circ\text{C}$  mendapatkan nilai COP lebih tinggi dari pada kotak yang tidak menggunakan kipas dengan rata-rata sisi dingin tiap modulnya  $4,63^\circ\text{C}$  &  $4,36^\circ\text{C}$ . Kotak pendingin dirancang untuk mendinginkan buah jeruk untuk melihat penurunan kadar air dengan melakukan pengukuran pada buah setelah di dinginkan selama 3 hari. Didapatkan nilai susut bobot pada buah jeruk sebear 7,3%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan penguapan yang dialami buah jeruk selama 3 hari di dalam kotak pendingin.

Kata Kunci : COP, kotak pendingin buah, pipa kalor, *thermoelectric cooler*

Literatur : 32 (1999-2021)

## SUMMARY

### EXPERIMENTAL STUDY OF COOLING BOX ORANGE FRUIT USING THERMOELECTRIC COOLER AND HEAT PIPE

Scientific Writing in the Form of a Thesis, 13 June 2023

Muhammad Firdaus, supervised of Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxvi + 62 pages, 3 tables, 32 figures, 5 attachments

### SUMMARY

Fresh fruits are one of the main needs in the family so this commodity is almost daily purchased by consumers from fruit traders. Fresh fruits are in great demand by consumers because they play an important role in human nutrition, especially as a source of vitamins (C, B6, A, thiamin, niacin), minerals, and fiber. However, fresh fruits will quickly decrease in quality and freshness if cooling treatment is not carried out in accordance with the quality standards of fruit products. Storage of fresh fruits requires an optimum temperature, which is below 15°C and above freezing (generally 5-15°C) to maintain quality and freshness. Refrigeration machines are currently used to preserve perishable food products. Conventional refrigeration machines based on vapor compression have a high coefficient of performance (COP), but the use of refrigerants has adverse effects on the environment. Thermoelectric refrigeration based on the Peltier effect has important advantages over vapor compression technology despite the fact that the COP of thermoelectrics is not as high as vapor compression technology. In the thermoelectric cooling machine device, the thermoelectric module used will be affected by the heat introduction device (heat pipe). The research method is an experiment to make a cooling box with a size of 28cm x 26cm x 18.2cm using 2 Thermoelectric Cooler modules and Heat pipe. Temperature data collection using Lutron BTM-4208SD, has 12 channels with K-type thermocouples installed at several data collection points. The power source uses a power supply having 12V, 40A specifications. Testing uses variations in box size (13.24m<sup>3</sup> & 6.62m<sup>3</sup>) and there are variations in the use of air distribution fans in the box (on & off). This test was carried out in an air-

conditioned room with an average temperature of 29.74°C, the average temperature of the box turned on for 1 day can reach 21.45°C. The voltage of each TEC module was measured using a multimeter and the current was measured using a clampmeter and the values of TEC1 (10.2A & 11.64V) TEC2 (10.9 A & 11.80V) were obtained. The total power used by the two Thermoelectric modules is 247.348 Watt. The best COP value is obtained in the box variation (6.62m<sup>3</sup>) which uses a fan inside for air distribution, with a COP value of TEC1 (0.219) and COP TEC2 (0.194). However, it is different with a cooling box that does not use a fan, the COP value only reaches TEC1 (0.106) and TEC2 (0.069). The COP value is highly dependent on the hot side and cold side temperatures of the Thermoelectric Cooler module. However, the lower the cold side temperature of the TEC module does not guarantee getting the optimal COP value. This can be seen in the test data for boxes that use fan assistance and not. Boxes with fans have an average cold side of each module 8.97°C and 12.12°C to get a higher COP value than boxes that do not use fans with an average cold side of each module 4.63°C & 4.36°C. The cooling box is designed to cool citrus fruits to see the decrease in water content by taking measurements on the fruit after being cooled for 3 days. A weight loss value of 7.3% was obtained on the citrus fruit. This can occur due to the evaporation experienced by citrus fruits for 3 days in the cooling box.

Keywords : COP, fruit cooler box, heat pipe, thermoelectric cooler  
Literature : 32 (1999-2021)

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	v
SKRIPSI .....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....	xv
RINGKASAN .....	xvii
SUMMARY .....	xix
DAFTAR ISI .....	xxi
DAFTAR GAMBAR .....	xxiii
DAFTAR TABEL .....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Batasan Penelitian .....	3
1.4    Tujuan Penelitian .....	3
1.5    Manfaat Penelitian .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Mesin Pendingin .....	5
2.2    Refrigerasi Siklus Kompresi Uap.....	5
2.3    Heat pipe .....	6
2.3.1    Fluida <i>Heat Pipe</i> .....	8
2.3.2    Pipa Kapiler ( <i>Wick</i> ) .....	9
2.4    Modul Thermoelectric.....	10
2.4.1    Efek Seebeck .....	11
2.4.2    Efek Peltier .....	12
2.5    Thermoelectric Generator .....	13
2.6    Thermoelectric Cooler .....	14
2.7    Perpindahan Panas .....	17
2.7.1    Konduksi .....	17

2.7.2	Konveksi.....	18
2.8	Coefficient of Performance (COP).....	19
2.9	Susut Bobot Buah.....	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		23
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	23
3.2	Alat dan Bahan .....	24
3.3	Desain Penelitian.....	30
3.4	Prosedur Penelitian.....	31
3.5	Pengolahan data dan Analisa.....	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		33
4.1	Hasil Pengujian .....	33
4.2	4.2 Perhitungan COP .....	41
4.3	Perhitungan Daya Masuk .....	42
4.4	Perhitungan susut bobot buah jeruk .....	43
4.5	Perhitungan kalor penguapan pada buah.....	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN .....		53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Siklus kompresi uap .....	5
Gambar 2. 2	Konsep dasar <i>heat pipe</i> .....	6
Gambar 2. 3	<i>Heat pipe</i> .....	7
Gambar 2. 4	Macam-macam wick .....	9
Gambar 2. 5	Sistem peltier .....	12
Gambar 2. 6	Pergerakan elektron pada termoelektrik.....	15
Gambar 2. 7	Stuktur efek Peltier .....	16
Gambar 2. 8	<i>P-N junction</i> .....	16
Gambar 2. 9	Skema perpindahan kalor konduksi.....	18
Gambar 2. 10	Skema perpindahan kalor konveksi.....	18
Gambar 2. 11	Konveksi paksa dan alami pada telur rebus .....	19
Gambar 2. 12	Perubahan susut bobot jeruk keprok pada suhu penyimpanan dan umur petik yang berbeda .....	21
Gambar 3. 1	Diagram alir penelitian .....	23
Gambar 3. 2	Modul TEC .....	24
Gambar 3. 3	<i>Heat pipe</i> .....	25
Gambar 3. 4	<i>Fan DC</i> .....	25
Gambar 3. 5	<i>Power supply</i> .....	26
Gambar 3. 6	Kotak pendingin .....	26
Gambar 3. 7	Aluminium foil .....	27
Gambar 3. 8	<i>Thermal paste</i> .....	27
Gambar 3. 9	Lutron BTM-4208SSD.....	28
Gambar 3. 10	Clampmeter Kyoritsu 2300R.....	28
Gambar 3. 11	Multimeter digital.....	29
Gambar 3. 12	Hygrometer.....	29
Gambar 3. 13	Lokasi titik pengujian temperatur dan RH .....	30
Gambar 3. 14	Susunan komponen pendinginan .....	30
Gambar 3. 15	<i>Wiring diagram</i> penelitian.....	31
Gambar 4. 1	Data temperatur kotak pendingin besar (0,0132 m <sup>3</sup> ).....	35



Gambar 4. 2	Data temperatur kotak pendingin kecil (0,0066 m <sup>3</sup> ).....	36
Gambar 4. 3	Data temperatur kotak pendingin selama 3 hari .....	38
Gambar 4. 4	Temperatur ambien dan rata rata kotak selama 3 hari .....	40
Gambar 4. 5	Penurunan massa buah jeruk .....	43
Gambar 4. 6	Hubungan kalor penguapan terhadap lama simpan buah .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data hasil pengujian kotak kecil selama 1 jam .....	33
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian kotak besar selama 1 Jam .....	34
Tabel 4. 3 Data hasil pengujian kotak kecil selama 3 Hari .....	34
Tabel 4. 4 Hasil pengukuran tegangan dan arus.....	42
Tabel 4. 5 Kalor penguapan buah.....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan COP ( <i>Coefficient of Performance</i> ) di setiap variasi modul TEC .....	53
Lampiran 2. Perhitungan kalor penguapan pada buah .....	57
Lampiran 3. <i>Thermophysical properties of saturated water table</i> .....	58
Lampiran 4. Dokumentasi pengambilan data .....	59
Lampiran 5. Data <i>relative humidity</i> (RH) .....	60
Lampiran 6. Gambar teknik alat pengujian .....	61
Lampiran 7. Biaya pembuatan alat penelitian .....	61
Lampiran 8. Perbandingan daya pendingin penelitian dan pendingin yang ada di pasar .....	62

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Buah-buahan segar merupakan salah satu kebutuhan utama di dalam keluarga sehingga komoditi ini hampir setiap hari dibeli oleh konsumen dari para pedagang buah. Buah- buahan segar banyak diminati oleh para konsumen karena berperan penting pada nutrisi manusia, khususnya sebagai sumber vitamin (C, B6, A, thiamin, niacin), mineral, dan serat. Namun buah-buahan segar akan cepat mengalami penurunan mutu dan kesegarannya apabila tidak dilakukan perlakuan pendinginan sesuai dengan standar mutu produk buah- buahan. Dari segi ekonomi mutu dan kesegaran buah memegang peranan penting dan sangat menentukan harga jual dari komoditi ini, bahkan ikut menentukan apakah komoditi ini akan laku terjual atau tidak. Dengan demikian maka pedagang buah harus cermat dan teliti saat menyimpan dagangannya agar senantiasa dalam keadaan segar dan dapat disimpan dalam waktu yang cukup lama sehingga laku terjual dan pedagang tidak mengalami kerugian (Dwinanto, 2014).

Hasil observasi dan wawancara langsung dengan para pedagang buah di tempat pedagang buah eceran tempat mitra menjalankan usahanya, para pedagang buah ini tidak memiliki lemari pendingin untuk mengawetkan buah-buahan sehingga hal ini dirasakan sebagai suatu kendala bagi mitra dalam menjalankan usahanya. Dengan kondisi seperti ini seringkali mitra secara terpaksa menjual dagangannya dengan harga murah sekedar untuk mengembalikan modal, bahkan tidak jarang mengalami kerugian akibat buah-buahannya tidak laku dijual karena kesegarannya menurun atau rusak. Bagi pedagang buah idealnya mereka harus memiliki lemari pendingin yang dapat menampung buah- buahan dengan kapasitas yang cukup dan temperatur pendinginannya tidak boleh mencapai titik beku buah. Sistem pendingin seperti ini tidak terdapat di toko-toko elektronik, karena lemari pendingin yang dijual

dipasaran merupakan lemari pendingin rumah tangga yang fungsinya untuk mendinginkan dan membekukan produk pangan. Penyimpanan buah-buahan segar membutuhkan temperatur yang optimum, yaitu di bawah temperatur 15 °C dan di atas titik beku (umumnya 5–15 °C) untuk mempertahankan mutu dan kesegarannya (Dwinanto, 2014). Pada penelitian kali ini akan digunakan buah jeruk sebagai sampel uji. Menurut Harris (2007), penanam dan penangan komersial dapat menyimpan jeruk selama 3 hingga 8 minggu saat didinginkan pada temperatur 38° hingga 48°F (3° hingga 9°C) tergantung pada kondisi awal buah.

Mesin pendinginan saat ini digunakan untuk menjaga produk makanan yang mudah busuk. Mesin pendingin konvensional berdasarkan kompresi uap memiliki koefisien kinerja (COP) yang tinggi, namun penggunaan refrigeran memiliki efek merugikan pada lingkungan. Pendinginan termoelektrik berdasarkan efek Peltier memiliki keunggulan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan teknologi kompresi uap meskipun faktanya bahwa COP dari termoelektrik tidak setinggi teknologi kompresi uap. Pada perangkat mesin pendingin termoelektrik, modul termoelektrik yang digunakan akan dipengaruhi oleh perangkat pengantar panas (*heat pipe*). Dengan demikian, desain atau pemilihan *heat pipe* untuk setiap sisi mesin pendingin termoelektrik sangat penting untuk mendukung kinerja keseluruhan sistem mesin pendingin termoelektrik (Dwinanto, 2014).

## 1.2 Rumusan Masalah

Menjaga mutu dan kesegaran buah dengan menggunakan temperatur rendah merupakan suatu usaha untuk meningkatkan keamanan pangan. Serta penggunaan CFC (*Chlorofluorocarbon*) pada sistem pendingin konvensional ikut berkontribusi dalam menghasilkan emisi carbon di dunia. Untuk itu, perlu diteliti kotak pendingin yang ramah lingkungan dan mampu menjaga kesegaran buah.

### 1.3 Batasan Penelitian

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

1. Modul *Thermoelectric Cooler* yang digunakan 2 unit bertipe TEC1-12715 .
2. Dianggap tidak ada kebocoran di instalasi penelitian.
3. Peneliti hanya membahas efek hasil pendinginan Peltier.
4. Udara lingkungan sekitar diasumsikan memiliki kelembaban dan temperatur yang konstan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Perancangan kotak pendingin yang tepat dan efisien untuk menjaga kualitas buah dengan menggunakan modul TEC.
2. Mendapatkan hasil nilai *coefficient of performance* (COP) dari kotak pendingin dengan modul TEC.
3. Melihat penurunan massa dan pengaruh temperatur terhadap umur simpan buah jeruk.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan dari penelitian ini, antara lain:

1. Menghasilkan desain kotak pendingin untuk menjaga buah agar tetap segar.
2. Memberikan solusi kepada masyarakat dalam menjaga kesegaran buah yang sederhana, ringan, dan ramah lingkungan.
3. Sebagai salah satu referensi tambahan bagi mahasiswa Teknik Mesin dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, Djafar, Z. dan Piarah, W. H. (2015) 'Penerapan Termoelektrik Ganda pada Mesin Pendingin Air Minum sebagai Solusi Penghematan Energi', *Jurnal Teknologi Terapan*, 1(1), pp. 42–48.
- Aziz, A., Subroto, J. dan Silpana, V. (2015) 'Aplikasi modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman', *Technology*, pp. 1–7.
- Aziz, R. dkk. (2017) 'Sistem Kontrol Suhu Penyimpan Buah-Sayur Pada Mesin Pendingin Termoelektrik', *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 3(2), pp. 32–36. doi: 10.31884/jtt.v3i2.59.
- Buchori, L. (2004) *Perpindahan Panas*, Jurusan Teknik Kimia Fak.Teknik Universitas Diponegoro.
- Cengel, Y. A. (2006) 'Fluid Mechanics', *Fluid Mechanics*, 4(1), pp. 88–100.
- Crane, D. T. dan Jackson, G. S. (2004) 'Optimization of cross flow heat exchangers for thermoelectric waste heat recovery', *Energy Conversion and Management*, 45(9–10), pp. 1565–1582. doi: 10.1016/j.enconman.2003.09.003.
- Delly, J., Hasbi, M. dan Alkhoiron, I. fitra (2016) 'Studi Penggunaan Modul Termoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Portable', *ENTHALPY – Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 1(1), pp. 50–55.
- Dwinanto, M. (2014) 'Rancangbangun lemari pendingin untuk pengawetan buah-Buahan lokal', *Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*
- Enright, R. dkk. (2015) '(Invited) Electrodeposited Micro Thermoelectric Module Design for Hybrid Semiconductor Laser Cooling on a Silicon Photonics Platform', *ECS Transactions*, 69(9), pp. 37–51.
- Goupil, C. dkk. (2011) 'Thermodynamics of thermoelectric phenomena and applications', *Entropy*, 13(8), pp. 1481–1517. doi: 10.3390/e13081481.
- Harris, L. J. (2007) 'Apples: Safe Methods to Store, Preserve, and Enjoy', *Apples: Safe Methods to Store, Preserve, and Enjoy*. doi: 10.3733/ucanr.8229.
- Jouhara, H. dkk. (2018) 'Waste heat recovery technologies and applications', *Thermal Science and Engineering Progress*, 6(April), pp. 268–289. doi: 10.1016/j.tsep.2018.04.017.
- L. Bergman, T. (2011) *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. United States of America.
- Lawal, O. M. dan Chang, Z. (2021) 'Development of an effective TE cooler box for food storage', *Case Studies in Thermal Engineering*, 28(August), p. 101564. doi: 10.1016/j.csite.2021.101564.
- Meng, F. (2021) 'First Principles Methods for Calculating Thermoelectric Transport Properties', (May).

- Mooko, G. dan Kusakana, K. (2018) 'Prospective Use of Thermoelectric Device for PV Panel Cooling', 2018 Open Innovations Conference, OI 2018, (October), pp. 68–72. doi: 10.1109/OI.2018.8535716.
- Moran, M., J. S. (2006) *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, Fundamentals of Engineering Thermodynamics. doi: 10.4324/9781315119717.
- Nahdi, M. A., Putro, T. Y. dan Sudarsa, Y. (2019) 'IoT Based Hydroponic Plant Nutrient Monitoring and Control System', *Prosiding Industrial Research*, pp. 201–207. Available at: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1390>.
- Nurdinawati, V. (2017) 'Studi Termoelektrik Generator Tipe Teg Sp1848 27145 Sa', *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 6 No.1 Oktober 2017*, 6(1), pp. 33–41.
- Pangestuti, R. (2016) 'Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Perubahan Kualitas Dan Umur Simpan Buah Jeruk Keprok Soe (Citrus Reticulata Blanco) Pada Umur Petik Yang Berbeda', pp. 1–23.
- Purwanto, E. dan Ridhuan, K. (2014) 'Pengaruh Jenis Refrigerant Dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin', *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1), pp. 11–16. doi: 10.24127/trb.v3i1.19.
- Purwiyanti, S. (2017) 'Aplikasi Efek Peltier Sebagai Kotak Penghangat dan Pendingin Berbasis Mikroprosesor Arduino Uno', *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 3, pp. 90–104.
- Putra, N. (2014) *Teknologi Pipa Kalor*. Universitas Indonesia
- Riffat, S. B. dan Ma, X. (2004) 'Improving the coefficient of performance of thermoelectric cooling systems: A review', *International Journal of Energy Research*, 28(9), pp. 753–768. doi: 10.1002/er.991.
- Rowe, D. M. (1999) 'Thermoelectrics, an environmentally-friendly source of electrical power', *Renewable Energy*, 16(1–4), pp. 1251–1256. doi: 10.1016/s0960-1481(98)00512-6.
- Setyawan, I. dkk. (2020) 'Analisis Kinerja Pipa Kalor Lurus Menggunakan Sumbu Kapiler Screen Mesh 300 Dengan Memvariasikan Filling Rasio', *Jurnal ASIIMETRIK: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 2(2), pp. 133–138. doi: 10.35814/asiimetrik.v2i2.1470.
- Sulaiman, A. C. dkk. (2018) 'Cooling Performance of Thermoelectric Cooling (TEC) and Applications: A review', *MATEC Web of Conferences*, 225, pp. 1–10. doi: 10.1051/mateconf/201822503021.
- Sungkar, A. A. dkk. (2013) 'Performance of thermoelectrics and heat pipes refrigerator', *Applied Mechanics and Materials*, 388, pp. 52–57. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.388.52.
- Suzuki, R. O. dan Tanaka, D. (2003) 'Mathematical simulation of thermoelectric power generation with the multi-panels', *Journal of Power Sources*, 122(2), pp. 201–209. doi: 10.1016/S0378-7753(03)00396-3.



- Umboh, R. (2012) 'Perancangan Alat Pendinginan Portable Menggunakan Elemen Peltier', *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 1(3), pp. 1–6.
- Zhao, D. dan Tan, G. (2014) 'A review of thermoelectric cooling: Materials, modeling and applications', *Applied Thermal Engineering*, 66(1–2), pp. 15–24. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2014.01.074.