

Design of a smart food container using a thermoelectric cooler and a heat pipe integrated with the Internet of Things

Annisa Wulan Sari^a, Adinda Diana Suci Istiqomah, Awaludin Martin^{a,1}

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru, 28293

¹Email korespondensi: awaludinmartin01@gmail.com

Abstract. The increasing demand for food delivery systems that ensure product quality, freshness, and safety has driven the development of a Smart Food Container (SFC) integrated with the Internet of Things (IoT), using a combination of a Thermoelectric Cooler (TEC) and a heat pipe as the primary temperature-control mechanism. The design employs a TEC2-25408 module coupled with a copper heat pipe containing water as the working fluid, which efficiently transfers heat from the TEC's hot side to maintain temperature stability while reducing the TEC's workload. The integration of IoT technology using a NodeMCU ESP8266 enables real-time temperature monitoring and remote system control. The research process includes design, prototype fabrication, and experimental testing to evaluate system performance. The SFC prototype, measuring 63 cm × 34 cm × 37 cm, consists of two compartments: a cooling section operating at 5–10 °C and a heating section operating at 50–70 °C. Experimental results indicate that the system achieves a design COP of 0.383 and an average experimental COP of 0.339 with a performance deviation of 11.38%.

Keywords: Smart Food Container, Thermoelectric Cooler, Heat Pipe, Internet of Things, COP

Received: 30 September 2025; **Presented:** 9 October 2025; **Publication:** 9 March 2026

DOI: <https://doi.org/10.71452/sxnxjfl5>

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman berkaitan juga dengan perkembangan teknologi. Dengan berkembangnya teknologi, dunia pada saat ini sudah berada di dalam era digitalisasi yang juga mengalihkan pergerakan manusia. Seiring berkembangnya era digitalisasi, semakin tidak memungkinkan seseorang untuk tidak memiliki teknologi yang mendukung kehidupan sehari-harinya. Maka dari itu penggunaan teknologi seperti *smartphone* semakin meningkat. Pada tahun 2017, jumlah pengguna *smartphone* di Indonesia hanya 117 juta. Kemudian, pada tahun 2020, pengguna *smartphone* terus meningkat menjadi 183,68 juta [1].

Salah satu penggunaan aplikasi *mobile* yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari pada masyarakat, terutama di bidang ekonomi, yaitu belanja *online* (*online shopping*) atau e-commerce untuk memesan makanan. Keberadaan aplikasi ini juga semakin berguna semenjak adanya pandemi COVID-19 yang mengakibatkan masyarakat seluruh dunia diharuskan menetap di rumah masing-masing [2]. Adapun masalah yang sering terjadi yaitu masih banyak layanan pesan antar yang mengabaikan standar ideal pengiriman makanan. Pengemudi banyak tidak dilengkapi dengan kotak khusus penyimpanan makanan. Pengemudi cenderung hanya menggantung makanan yang dipesan di sisi motor. Kondisi tersebut berisiko menyebabkan masalah pada kualitas makanan.

Berdasarkan hasil riset Nielsen Media Research tahun 2019, diketahui sebanyak 58% dari total responden memesan makanan dengan memanfaatkan layanan *online food*. Layanan aplikasi pemesanan

makanan *online* (*online food*) yang tersedia di Indonesia dan bekerja sama dengan berbagai restoran ataupun outlet makanan, di antaranya yaitu GoFood, GrabFood, dan ShopeeFood. Gaya hidup, terutama pola konsumsi pangan, berubah karena adanya perkembangan teknologi internet [3]. Sebagai pengguna jasa pemesanan makanan secara *online*, banyak konsumen yang mengeluhkan estimasi yang diberikan oleh jasa pemesanan layanan makanan, yaitu selama 20 - 60 menit, yang mengakibatkan penurunan kualitas makanan yang didapatkan karena estimasi tersebut membuat makanan yang didapatkan tidak lagi *fresh* atau sesuai dengan ketentuan makanan yang seharusnya [4].

Nuri Andarwulan [5] mengatakan jarak yang terlalu jauh dapat menurunkan kualitas makanan karena pengemudi menghabiskan waktu lebih lama untuk mengantarkan makanan ke rumah pelanggan. Sebelumnya, sudah dilakukan penelitian mengenai teknologi pendinginan cerdas yang menggunakan modul thermoelectric Peltier oleh Bambang dan Fahrozi [6] yang merancang dan membuat Blood Carrier Box dengan kapasitas 2,45 liter atau setara dengan 75 vial vaksin menggunakan 4 buah Thermoelectric Cooler tipe TEC1-12706 dengan daya maksimum sebesar 282,35 watt. Dari hasil pengujian didapat temperatur terendah tanpa beban adalah 2 °C.

Vaccine Carrier Box dengan memanfaatkan modul Thermoelectric Cooler tipe TEC2-25408 yang dipasangkan dengan sistem *heat pipe* sebagai pendingin untuk menjaga kualitas vaksin Covid-19 selama distribusi. Box ini memiliki kapasitas hingga

100 vial vaksin dan diuji dengan variasi pembebanan serta input tegangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tegangan 12 volt, konsumsi daya yang digunakan sebesar 51,12 W dengan nilai *Coefficient of Performance* (COP) eksperimental tertinggi mencapai 0,332 telah diuji oleh Nathaniel dkk. [6].

Smart food box menggunakan modul termoelektrik Peltier berbasis *Internet of Things* (IOT). Kotak makanan cerdas ini dapat mempertahankan temperatur makanan pada skala 16 °C untuk temperatur dingin, sedangkan 60°C pada temperatur panas yang melakukan penelitian menggunakan modul *thermoelectric peltier* berbasis *internet of things* dengan mikrokontroler ESP32 yang digunakan untuk proses *input* dan *output* data yang ditampilkan pada LCD 20x4 12C dan menggunakan aplikasi Blynk sebagai perangkat IOT untuk mengontrol dan *memonitoring* sistem jarak jauh sehingga dapat mempertahankan temperatur sebesar 16°C untuk pendingin dan 60°C untuk pemanas dan daya yang digunakan sebesar 75 watt telah dirancang oleh Ahda. dkk [6].

Perancangan sistem dengan integrasi *heat pipe* untuk aplikasi bangunan *Nearly Zero Energy Building* (nZEB). Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *heatpipe* di kedua sisi TEC mampu menurunkan resistansi termal dan meningkatkan *Coefficient of Performance* (COP) baik pada mode pendinginan maupun pemanasan. Orientasi vertikal *heatpipe* terbukti lebih optimal dibandingkan horizontal, dengan akurasi prediksi COP hingga $\pm 12\%$. Sistem ini dirancang oleh Aranguren. Dkk [9]. Temuan ini memberikan dasar teoritis yang relevan bagi SFC, mengingat konsep *hybrid* TEC-*heatpipe* juga digunakan untuk meningkatkan kinerja pendinginan dan pemanasan. Penelitian diperkuat oleh hasil penelitian oleh Energies [10] yang membuktikan bahwa penggunaan *heat pipe* yang dilengkapi kipas pada sisi panas dan dingin TEC dapat meningkatkan kinerja sistem dengan COP mencapai 0,53 serta laju pendinginan sebesar 26,26 W.

Ketika *heatpipe* dipasang dengan elemen Peltier, kalor dari sisi panas elemen Peltier akan diserap oleh sisi evaporator *heatpipe*, akan dibuang pada sisi kondenser *heatpipe* yang menempel pada bagian heatsink. Maka, bagian kondenser *heatpipe* akan membuang kalor dengan bantuan kipas (fan). Dengan begitu, beban kerja elemen Peltier untuk mencapai temperatur yang lebih rendah dapat dikurangi sehingga penggunaan jumlah elemen Peltier dan daya dapat berkurang. Kemudian, dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) yang merupakan teknologi untuk memungkinkan integrasi sensor dan perangkat untuk pemantauan dan pengendalian kondisi secara *real-time* [11]. Diharapkan *smart food container* dapat memberikan kontrol yang lebih baik dan efisien serta

memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi penyimpanan dari jarak jauh dan melakukan penyesuaian yang diperlukan.

Oleh karena itu, peneliti ingin mengembangkan *Smart food container* yang memanfaatkan kontrol *Internet of Things* (IOT) berbasis ESP8266 dengan sistem pendingin *thermoelectric cooler* (TEC) dan *heatpipe* untuk menjaga fluktuasi suhu yang konsisten yang bekerja sebagai pendingin dan juga pemanas di kedua sisinya. TEC dipilih karena ramah lingkungan, tidak menggunakan bahan pendingin berbahaya, serta hemat daya dan dapat digunakan dalam skala besar maupun kecil [12] [13], sementara *heatpipe* dikenal sebagai suatu alat penukar kalor pasif tanpa memerlukan listrik. *Heatpipe* merupakan sebuah teknologi penghantar panas yang menggunakan pipa tembaga berukuran tertentu, yang berisi cairan khusus di dalamnya sebagai penghantar panas. Keuntungan dari penggunaan *heatpipe* adalah *heatpipe* mampu memindahkan sejumlah kalor yang cukup besar dengan selisih temperatur yang kecil [14]. Teknologi IoT dimanfaatkan untuk memantau kondisi penyimpanan secara *real-time*, mengatur suhu secara otomatis, dan memberikan notifikasi bila terjadi perubahan kondisi.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah *smart food container* yang mampu mempertahankan temperatur panas dan dingin pada makanan dan minuman dengan memanfaatkan teknologi *Thermoelectric Cooler* (TEC) dan *heat pipe* berbasis *Internet of Things* (IoT). Dalam proses perancangannya, dilakukan perhitungan terhadap jumlah kalor yang diserap oleh *heatpipe* serta penentuan kebutuhan daya dari TEC untuk menjaga kestabilan suhu produk pada ruang dingin (*cold side*) dan ruang panas (*hot side*). Selain itu, analisis juga dilakukan untuk menghitung nilai *Coefficient of Performance* (COP) dari sistem pendingin menggunakan TEC serta sistem pemanas menggunakan *Heatpipe* yang diaplikasikan pada *smart food container* tersebut.

METODOLOGI

Metode penelitian ini menggunakan metode analitik. Fokus dalam perancangan *Smart Food Container* diawali dengan studi literatur untuk menentukan parameter yang dibutuhkan, meliputi parameter perancangan awal, dimulai dengan perancangan dimensi dari *Smart Food Container*, menghitung beban pendinginan dan pemanasan, serta menghitung pendinginan dan pemanasan *Thermoelectric Cooler* dan *Heatpipe*. Berdasarkan hasil perhitungan dapat ditentukan jumlah elemen *peltier* yang akan digunakan.

Dimensi Smart Food Container

Dimensi *Smart food container*, khususnya untuk ruang pendingin dan pemanas, dirancang dengan merancang Thermoelectric cooler dan heatpipe, ketebalan dinding

insulasi, dan beban pendingin dan pemanas sebanyak 500 ml. Parameter perancangan *smart food container* dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Parameter Perancangan

No	Simbol	Keterangan	Satuan	Nilai
1	$T_{\infty 1}$	Temperatur Lingkungan	K	303
2	$T_{\infty 2}$	Temperatur <i>Cold Side</i>	K	278
3	$T_{\infty 3}$	Temperatur <i>Hot Side</i>	K	323
4	k_1	Konduktivitas Termal Polyurethane	$\frac{W}{m \cdot K}$	0,027
5	k_2	Konduktivitas Termal Armaflex	$\frac{W}{m \cdot K}$	0,02
6	k_3	Konduktivitas Termal Akrilik	$\frac{W}{m \cdot K}$	0,19
7	k_4	Konduktivitas Termal Plastik Box	$\frac{W}{m \cdot K}$	0,37
8	X_1	Ketebalan Polyurethane	m	0,015
9	X_2	Ketebalan Armaflex	m	0,04
10	X_3	Ketebalan Akrilik	m	0,005
11	X_4	Ketebalan Plastik Box	m	0,004
12	m_{air}	Beban Produk Air	kg	0,488

Tabel 2 Parameter Perhitungan Beban Transmisi

No	Parameter	Persamaan
1.	Ra	$\frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_i) L^3}{\nu^2} \cdot Pr$
2.	Nu (Vertikal)	$\left[0,825 + \frac{0,387 Ra^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left[\frac{0,492}{Pr} \right]^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2$
3.	Nu (Horizontal)	$0,54 \cdot Ra^{\frac{1}{4}}$
4.	h	$\frac{k}{Lc} Nu$
5.	U	$\frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{h_i}}$
6.	q	$U \cdot A \cdot \Delta T$

A. Beban Pendinginan dan Pemanasan

Perhitungan beban pendinginan pada *Smart Food Container* terdiri dari tiga parameter utama, yaitu beban transmisi, beban produk, dan beban infiltrasi,

yang masing-masing berkontribusi terhadap total kebutuhan energi untuk mempertahankan suhu ruang penyimpanan.

1. Beban Transmisi

Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban transmisi dapat dilihat pada Tabel 2 [15],

2. Beban Produk

Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban produk berupa air beserta wadahnya dapat dilihat pada Tabel 3 [15]

3. Beban Infiltrasi

Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 4 [15].

B. Thermoelectric Cooler

Thermoelectric Cooler yang digunakan adalah TEC2-25408 dengan refrigeration cooling sheet, rentang suhu

kerja -40°C hingga 90°C , arus maksimum 8 A, dan tegangan maksimum 16 V, serta perbedaan suhu maksimum 95°C pada temperatur sisi panas 50°C dan 84°C pada temperatur sisi panas 27°C , dengan jumlah pasangan N-P sebanyak 254 buah. Thermoelectric Cooler yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.

Adapun parameter perhitungan Thermoelectric Cooler (TEC), untuk mengetahui performa sebuah TEC dapat diketahui berdasarkan persamaan perhitungannya yang dapat dilihat pada Tabel 5 [13][16].

Tabel 3 Persamaan Beban Produk

No	Parameter	Persamaan
1.	$q_{product}$	$\frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{\Delta t}$
2.	$Q_{cyl(glass)}$	$\frac{(T_{out} - T_{in})}{R_{total}}$
3.	R_{total}	$R_{conv1} + R_{cyl} + R_{conv2}$

Tabel 4 Persamaan Beban Infiltrasi

No	Parameter	Persamaan
1.	$Q_{infiltrasi}$	$m \cdot C_p \cdot \Delta T$
2.	m	$\frac{p_o \cdot V_{udara}}{R \cdot T_h}$



Gambar 1 Spesifikasi tipe TEC2-25408 [7]

Tabel 5 Parameter Perhitungan TEC

No	Parameter	Persamaan
1.	Seebeck Coefficient	$s_m = \frac{V_{max}}{T_h}$
2.	Konduktansi Panas	$K_m = \frac{(T_h - \Delta T_{max}) V_{max} \cdot I_{max}}{2 T_h \cdot \Delta T_{max}}$
3.	Resistansi Listrik	$R_m = \frac{(T_h - \Delta T_{max}) V_{max}}{T_h I_{max}}$
4.	Daya Elektrik	$w_e = I s_m (T_h - T_c) + R_m I^2$
5.	Kalor yang diserap (Qc)	$Q_c = I \cdot s_m \cdot T_c - \frac{R_m \cdot I^2}{2} K_m (T_h - T_c)$
6.	Kalor yang dilepas (Qh)	$Q_h = I \cdot s_m \cdot T_h - \frac{R_m \cdot I^2}{2} K_m \cdot (T_h - T_c)$
7.	Coefficient of Performance	$COP = \frac{Q_{load}}{W_e}$
8.	Jumlah elemen peltier	$n = \frac{Q_{load}}{Q_c}$

C. Hea tpipe

Heat pipe yang digunakan adalah *heatpipe* tipe vga cooler tipe IS-40XT dengan spesifikasi seperti terlihat pada tabel 6 [7].

Tabel 6 Spesifikasi *Heatpipe*

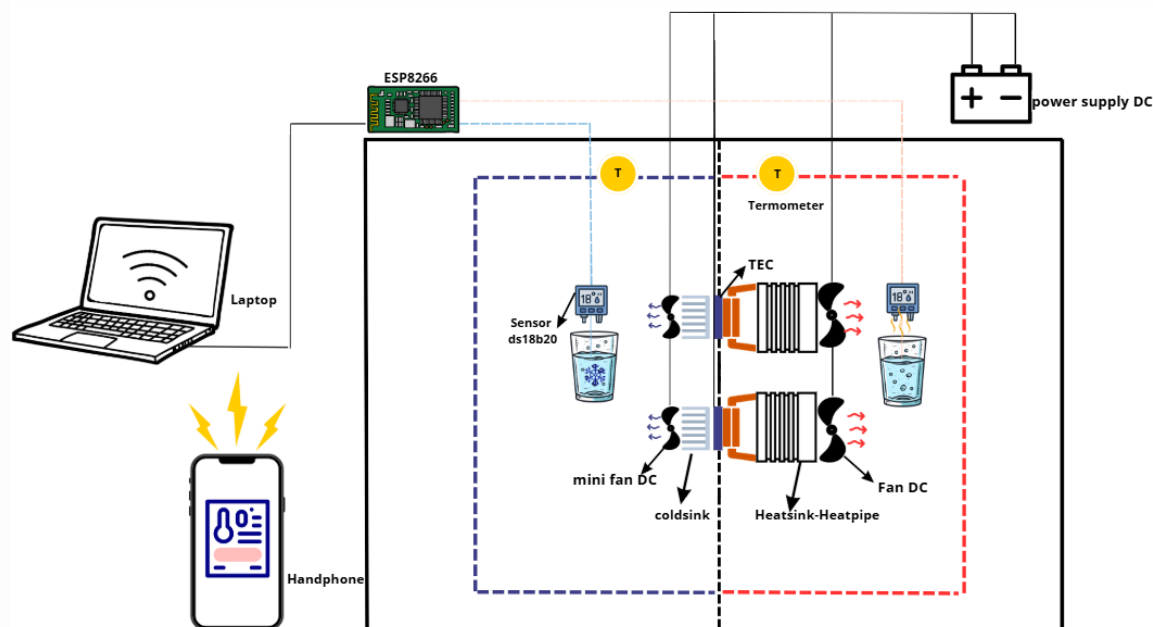
Spesifikasi vga cooler tipe IS-40XT	
TDP	100 watt
Power small fan	1,3 watt
Power large fan	1,3 watt
Heat pipe	4 x Ø6 mm cooper heat pipe
Working Fluids	Water
Condensor length	85 mm
Evaporator length	45 mm
Adiabatic length	60 mm
Total Length	190 mm
Inner heat pipe diameter	2 mm
Outer heat pipe diameter	3 mm
Evaporator Temperature	35°C
Condenser Temperature	32°C
Differential Temperature	3°C

Unjuk kerja *heatpipe* dalam menyerap kalor dapat dihitung dengan persamaan pada Tabel 7 [7].

Tabel 7 Parameter Perhitungan *Heatpipe*

No	Parameter	Persamaan
1.	Konduktansi melalui dinding tertutup dan sumbu	$R_{we} = \frac{r_2}{2\pi l_e k}$
2.	Evaporasi	$R_e = \frac{1}{2\pi l_e r_i h_e}$
3.	Vapor Space Temperature Drop	$R_{vs} = \frac{l_{eff}}{2\pi r^2 k_{eff}}$
		$l_{eff} = \frac{l_c + l_e}{2} + l_a$
		$k_{eff} = \frac{Q \cdot l_{eff}}{A \cdot \Delta T}$

No	Parameter	Persamaan
4.	Condensation	$R_e = \frac{1}{2\pi l_e r_i h_c}$
5.	Konduksi melalui dinding tertutup dan sumbu	$R_{wc} = \frac{\frac{r_2}{r_1}}{2\pi l_c k}$



Gambar 2 Skematik Smart Food Container

Berdasarkan hasil perhitungan parameter pada Tabel 7, rancangan sistem *Smart Food Container* yang memanfaatkan kombinasi *Thermoelectric Cooler* dan *heatpipe* divisualisasikan dalam bentuk skematik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan sistem kerja *Smart Food Container* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk menjaga suhu makanan pada dua ruang terpisah, yaitu ruang dingin dan ruang panas. Sistem ini menggunakan modul mikrokontroler ESP8266 yang terhubung ke sensor suhu DS18B20 untuk membaca suhu ruang dingin, kemudian mengirimkan data secara *real-time* ke perangkat seperti laptop atau *handphone* melalui jaringan WiFi. Elemen utama sistem pendingin dan pemanas adalah *Thermoelectric Cooler* (TEC), yang memanfaatkan perbedaan suhu pada sisi dingin dan panas untuk menjaga stabilitas termal di kedua ruang. Sisi dingin TEC dikombinasikan dengan *cold sink* dan *mini fan DC* untuk menurunkan suhu ruang dingin, sementara sisi panas dibantu oleh *heatpipe* dan fan DC untuk menjaga suhu ruang panas. Seluruh sistem mendapat suplai daya dari *power supply DC*, serta dilengkapi dengan termometer untuk memantau suhu secara manual di kedua ruang penyimpanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan yang telah dilakukan, didapatkan hasil perancangan pembuatan *smart food container* yang dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut.

Pembahasan

Unjuk kerja *Smart Food Container* dilakukan melalui pengujian skala laboratorium pada keadaan dengan beban dan tanpa beban dengan tegangan 12 volt dan kuat arus 5 *ampere* untuk setiap TEC dengan beban 500 ml air. Pengujian *Smart Food Container* yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan unjuk kerjanya dilakukan dengan mengukur temperatur produk pada sisi panas dan sisi dingin dengan menggunakan termometer digital dan sensor DS18B20 sebagai sistem kontrol yang terintegrasi dengan sistem *Internet of Things*.

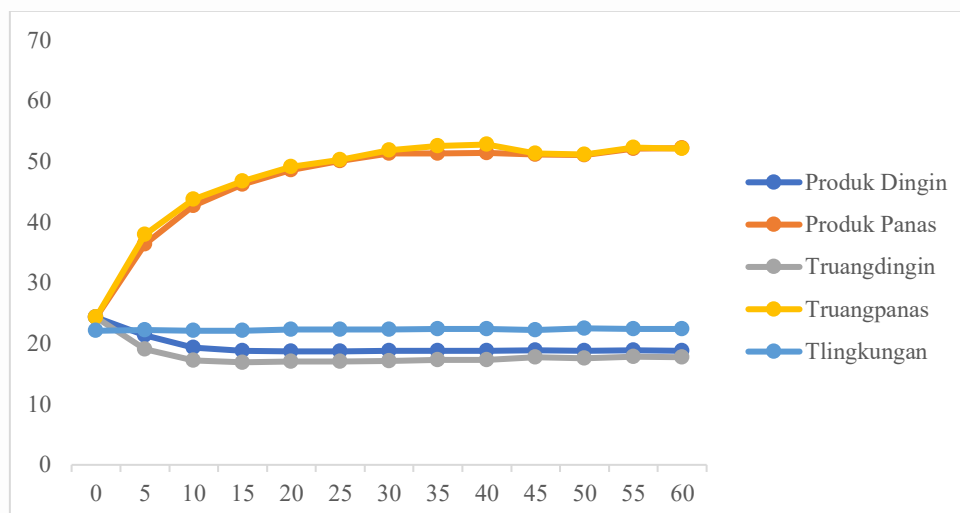
Pengujian Tanpa Beban

Setelah pengujian dilakukan, diperoleh hasil perbandingan temperatur terhadap waktu pada *Smart Food Container* dalam kondisi tanpa beban. Hasil penelitian menunjukkan perubahan temperatur selama proses pengujian berlangsung, seperti terlihat pada Gambar 4.

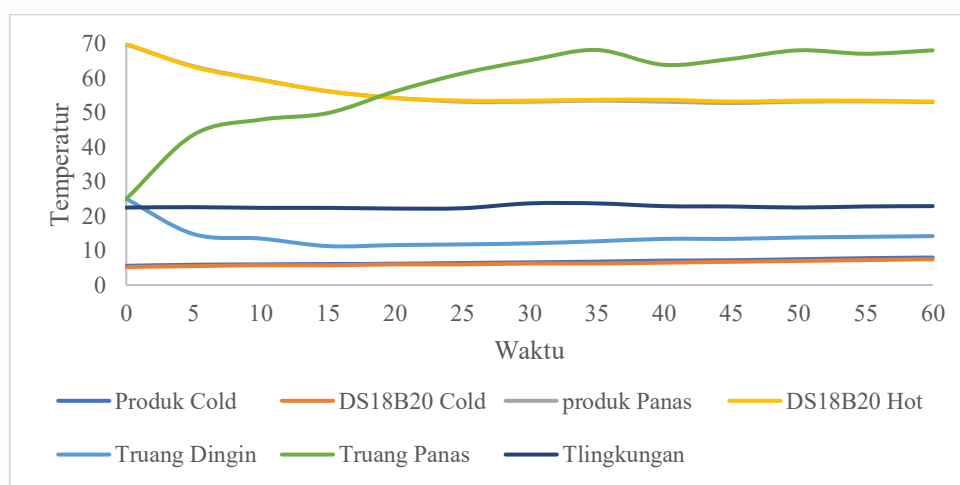
Tabel 8 Rekapitulasi Hasil Perancangan

No	Parameter	Nilai	Satuan
1.	Dimensi Box	Panjang (Sisi Dingin)	31,5 cm
		Panjang (Sisi Dingin)	31,5 cm
		Lebar (Sisi Dingin)	34 cm
		Tinggi (Sisi Dingin)	37 cm
		Panjang (Sisi Panas)	31,5 cm
		Lebar (Sisi Panas)	34 cm
		Tinggi (Sisi Panas)	37 cm
		Tebal Insulasi Armaflex	4 cm
		Tebal insulasi Akrilik	0,5 cm
		Volume total Kabin Box	50 L
2.	Beban Pendinginan	Transmisi	4,531 W
3.	Beban Pemanas	Produk	16,234 W
		Infiltrasi	1,055 W
		Sekat	3,055 W
		Total	24,875 W
		Transmisi	8,536 W
		Produk	12,652 W
		Infiltrasi	1,055 W
		Sekat	3,055 W
		Total	33,833 W
4.	Kinerja Termoelektrik	<i>Rated Voltage</i>	12 V
		<i>Rated Current</i>	5 A
		<i>Seebeck Coefficient</i>	0,03715 V/K
		Tahanan Listrik	1,694 Ohm
		Konduktansi Termal	0,223 W/K
		Kalor yang diserap	20,43 W
		Kalor yang dilepas	71,14 W
		Kebutuhan daya	50,69 W
		Kebutuhan termoelektrik	2 Buah
5.	Kinerja Termal <i>Heatpipe</i>	Kebutuhan daya	2,6 W
		Wall/Wick Conduction (Evaporator)	0,00358 K/Watt
		Evaporation	0,05653 K/W
		<i>Vapor Space</i>	0,003 K/W
		<i>Condensation</i>	0,02975 K/W
		Wall/ wick Conduction	0,00188 K/W
		Q_{absorbed} pada <i>heatpipe</i>	31,665 W/heatpipe
6.	Total daya yang dibutuhkan	53,29	W
7.	COP perancangan <i>Smart Food Container</i>	0,383	





Gambar 4 Grafik Pengujian Tanpa Beban



Gambar 5 Grafik Pengujian dengan beban 500 ml

Pengujian tanpa beban *Smart Food Container* (SFC) menunjukkan penurunan temperatur pada ruang pendingin karena adanya perbedaan temperatur di ruang pendingin dengan temperatur lingkungan yang cukup besar. Perubahan temperatur yang signifikan di ruang pendingin pada menit ke-30: temperatur ruang pendingin mengalami penurunan dari 24,3°C ke 17,1°C. Hal ini memperlihatkan efektivitas *cold sink* dalam menyerap panas meskipun tanpa beban. Pada ruang pemanas terjadi kenaikan temperatur yang diakibatkan oleh peltier yang memindahkan kalor dari ruang pendingin ke ruang pemanas. Pada ruang pemanas, temperatur ruang mengalami kenaikan fluktuatif pada menit ke-30 dari 24,3°C ke 51,9°C. Berdasarkan data pengujian yang diperoleh, kalor yang diserap oleh TEC dan *heatpipe* adalah 22 watt dan 43,6 watt dengan nilai COP pengujian sebesar 0,515.

Pengujian Dengan Beban 500 ml

Setelah pengujian dilakukan, didapatkan hasil perbandingan temperatur terhadap waktu pada *Smart Food Container* dengan beban 500 ml. Pengujian dilakukan dengan menggunakan termometer digital serta sensor DS1820 selama proses pengujian berlangsung. Didapatkan hasil pengujian berupa perubahan temperatur seperti terlihat pada Gambar 5.

Pengujian dengan beban *Smart Food Container* dengan beban 500 ml menunjukkan penurunan temperatur ruang dingin dari 25°C menjadi 11,3°C dalam waktu 15 menit. Produk dimasukkan ke dalam ruang panas dan ruang dingin sejak awal pengujian dengan temperatur masing-masing 5,6°C dan 69,8°C. Saat produk dingin dimasukkan, terjadi penurunan temperatur ruangan akibat perpindahan kalor udara menuju produk dengan temperatur lebih rendah, sedangkan pada ruang panas temperatur ruang mengalami kenaikan yang cenderung fluktuatif dari

25°C menjadi 68,1°C, sementara temperatur produk panas menurun hingga 53,25°C setelah 60 menit. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa SFC mampu menjaga temperatur produk dingin dan panas selama 60 menit dengan temperatur akhir masing-masing 7,5°C dan 53,25°C, dengan kemampuan penyerapan kalor pada TEC dan *heatpipe* adalah 14,38 watt dan 40,02 watt serta nilai COP pengujian sebesar 0,368. Midiani (2020) [17] menegaskan bahwa *Heat Pipe Heat Sink* (HPHE) merupakan pendingin yang efektif pada sisi panas TEC karena kemampuannya menyerap panas secara optimal, dan ketika fluks panas pada evaporator *heat pipe* mencapai titik operasi, panas dari sisi panas TEC dapat terserap dengan baik sehingga suhu *hot side* tetap stabil. Penelitian ini relevan dengan penelitian [18]

yang merancang sistem pendinginan satelit berbasis kombinasi *flat plate Loop Heat Pipe* (LHP) dan TEC, yang membuktikan bahwa perpaduan pendinginan aktif (TEC) dengan *heat pipe* (pendinginan pasif) mampu menekan kebocoran panas, mempercepat proses *start-up*, serta meningkatkan efisiensi transfer panas dan stabilitas suhu dibandingkan dengan penggunaan TEC secara tunggal.

Unjuk Kerja Smart Food Container

Penelitian *Smart Food Container* yang diuji menghasilkan data temperatur pada kedua ruang, energi yang diserap pada TEC, supply daya pada *heat pipe*, dan unjuk kerja (*Coefficient of Performance*), seperti terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Perbandingan Nilai COP *Smart Food Container* menggunakan beban

Pengujian	Pembebanan	$\Delta T = T_h - T_c$	Qc (Watt)	Supply Daya (Watt)	COP
I	Tanpa Beban	28,96	22	43,6	0,515
II	500 ml	56,04	14	43	0,3
III	500 ml	50,12	15	40,6	0,35
IV	500 ml	49,39	14,38	36,47	0,368
V	Perancangan	45	20,43	50,71	0,383

Nilai unjuk kerja (COP) *Smart Food Container* (SFC) tertinggi tercatat sebesar 0,515 pada pengujian tanpa beban (I), sedangkan pengujian dengan beban 500 ml (II dan III) menunjukkan penurunan COP menjadi 0,3 dan 0,35 akibat peningkatan beban kalor yang menyebabkan selisih temperatur ($\Delta T = T_h - T_c$) bertambah dan efisiensi penyerapan kalor menurun. Pada pengujian beban 500 ml lainnya (IV), COP naik kembali ke 0,368 karena ΔT lebih kecil dibandingkan dengan pengujian II, sedangkan COP hasil perancangan (V) tercatat sebesar 0,383, hanya sedikit lebih tinggi dari COP aktual rata-rata 0,339 dengan deviasi 0,0436 atau 11,38%. Pengujian ini sejalan dengan penelitian [19] yang menegaskan bahwa ΔT yang besar menurunkan COP TEC, di mana penambahan *heatpipe* pada sisi panas TEC berfungsi mempercepat pelepasan panas, menurunkan ΔT dan meningkatkan stabilitas sistem dengan peningkatan kapasitas pendinginan hingga 64,8% dibandingkan dengan *heat sink* konvensional. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian [7] yang menyatakan bahwa integrasi TEC dengan *heatpipe* dapat mengurangi kebocoran panas, mempercepat proses *start-up*, dan meningkatkan efisiensi perpindahan panas. Sementara

itu, penelitian [20] menemukan bahwa semakin besar ΔT antara sisi panas dan dingin, efisiensi penyerapan kalor TEC menurun sehingga COP juga turun.

KESIMPULAN

Perancangan dan pembuatan *Smart Food Container* (SFC) menghasilkan dimensi akhir sebesar 63 cm × 34 cm × 37 cm yang terbagi menjadi dua ruang, yakni ruang dingin dan ruang panas, dengan dinding pemisah menggunakan material insulasi Armaflex setebal 4 cm dan akrilik 0,5 cm. Sistem ini dirancang untuk menjaga suhu produk pada kisaran 5–10 °C di sisi dingin dan 50–70 °C di sisi panas dengan memanfaatkan dua unit *thermoelectric cooler* (TEC) yang dikombinasikan dengan *heatsink* dan *heatpipe* sebagai sistem pendinginan dan pelepas panas. Total konsumsi daya sistem adalah sebesar 101,42 watt. SFC ini dikembangkan sebagai inovasi teknologi untuk mendukung layanan pengantaran makanan agar tetap segar dan higienis. Hasil perancangan menunjukkan nilai COP desain sebesar 0,383 dan COP pengujian sebesar 0,339.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jasmine D & Ginting M. (2022). Pengaruh Mobile Food Ordering Application GoFood Terhadap Loyalitas Merek Restoran Di Indonesia. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 9(4), 3489-3502.
- [2] Surahman, S., & Setiawan, E. B. (2017). Aplikasi Mobile Driver Online Berbasis Android Untuk Perusahaan

Rental Kendaraan. *Ultima InfoSys: Jurnal Ilmu Sistem Informasi*, 8(1), 35-42.

- [3] Damar HandayaniA. and KhomsanA., “Hubungan Intensitas Penggunaan Aplikasi Pesan Antar Makanan Secara Online dan Status Gizi Mahasiswa: Relationship between Intensity using Online Food Delivery Applications and College Student’s Nutritional Status”, *J. Giz. Diet*, vol. 2, no. 1, pp. 1-8, Apr. 2023.
- [4] Kualitas, P., Dan, L., Terhadap, H., Pada, P., Studi, G., & Kecamatan, W. (2022). Pengaruh Kualitas Layanan Dan Harga Terhadap Kepuasan Pelanggan Pada Grabfood (Studi Wilayah Kecamatan Setiabudi). *Jurnal Ilmiah M-Progress*, 12(1), 70–83. <https://doi.org/10.35968/m-pu.v12i1.867>
- [5] Aditya Widya Putri. (2017). Amankah Makanan yang diantar Ojek Online? *tirto.id*. <https://tirto.id/amankah-makanan-yang-diantar-ojek-online-cB9o>. Dipetik April 2024.
- [6] A. M. Tri Bambang Lesmana, “Perancangan Sistem Pendinginan Peltier Kapasitas 7 x 350 ml Darah,” vol. 7, pp. 1–10, 2020.
- [7] N. Andrew and S. Sitompul, “Kaji eksperimental vaccine covid – 19 carrier box menggunakan thermoelectric cooler dan heat pipe sebagai alternatif alat distribusi vaccine covid - 19,” 2021.
- [8] Nurul Achmadiah, M., Yulianto, & Amal, A. ikhlasul. (2023). Perancangan smart food box menggunakan modul termoelektrik *Peltier* berbasis internet of things (IOT). *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 10(3), 292–299. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v10i3.4398>.
- [9] P. Aranguren, S. DiazDeGarayo, A. Martínez, M. Araiz, and D. Astrain, “Heat pipes thermal performance for a reversible thermoelectric cooler-heat pump for a nZEB,” *Energy Build.*, vol. 187, pp. 163–172, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.01.039.
- [10] M. A. Alrefae, “Enhanced Performance of a Thermoelectric Module with Heat Pipes for Refrigeration Applications,” *Energies*, vol. 18, no. 10, pp. 1–16, 2025, doi: 10.3390/en18102426.
- [11] Anggoro, Wisnu Widi. 2021. “The Perancangan Dan Penerapan Kendali Lampu Ruangan Berbasis IoT (Internet of Things) Android.” *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)* 8(3): 1596–1606.
- [12] H. Kusnadi, O. Abdul Rozak, and M. Hardiansyah, “Penerapan Thermo Electric Cooler (TEC) Sebagai Teknologi Berbiaya Rendah dan Ramah Lingkungan pada Sistem Pendingin Ruangan Application of Thermo Electric Cooler (TEC) as a Low Cost and Environmentally Friendly Technology in Air Conditioning Systems,” vol. 11, p. 1, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.25124/jrsi.v11i01.591>.
- [13] Z. Pratiwi, I. Mawardi, and F. H. Tamami, “Unjuk Kerja Cool Box Berbasis Thermoelectric Cooler (TEC) Menggunakan Sirkulasi Pembuangan Kalor,” *Zo. Laut J. Inov. Sains Dan Teknol. Kelaut.*, vol. 4, no. 3, pp. 233–239, 2023, doi: 10.62012/zl.v4i3.30830.
- [14] K. A. Semara Jaya, W. N. Septiadi, and M. R. Murti, “Analisis Kinerja Thermal Sistem Heat Pipe Air Conditioning (HPAC) Pada Model Heat Pipe Type Konvensional Dipasang Secara Vertikal,” *J. Ilm. Tek. Desain Mek.*, vol. 8, no. 1, pp. 416–420, 2019.
- [15] Cengel, Y. A., & J. Ghajar, A. (2020). *Heat and Mass Transfer Fundamentals & Applications*. New York: McGraw-Hill.
- [16] Lee, H. S. (2010). *Thermal design heat sinks, thermoelectric generators and coolers, heat pipes, and heat exchangers Hosung Lee*. Wiley.
- [17] L. P. I. Midiani, I. W. A. Subagia, I. W. Suastawa, A. A. N. G. Sapteka, and A. Winarta, “Preliminary investigation of performance and temperature distribution of thermoelectric cooler box with and without internal fan,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1450, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1450/1/012088.
- [18] M. Zhang, T. Yang, T. Gao, S. Zhao, and Q. Meng, “Design experiment and in orbit application of flat plate loop heat pipe coupled with TEC,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2977, no. 1, 2025, doi: 10.1088/1742-6596/2977/1/012022.
- [19] X. Sun, L. Ling, S. Liao, Y. Chu, S. Fan, and Y. Mo, “A thermoelectric cooler coupled with a gravity-assisted heat pipe: An analysis from heat pipe perspective,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 155, no. October 2017, pp. 230–242, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2017.10.068.
- [20] Z. Ren, S. Zhang, Y. Ye, G. Hu, Z. Zhang, and Y. Suo, “Effect of the temperature difference between the hot and cold sides of TEC on specific energy consumption of thermoelectric distiller,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 68, no. November 2024, p. 105852, 2025, doi: 10.1016/j.csite.2025.105852.