

Rancang Bangun Sistem Pendingin Makanan dan Minuman Tanpa Freon dengan Menggunakan Modul Termoelektrik Peltier TEC – 12706

Design and Build of a Food and Beverage Cooling System Without Freon Using the Peltier TEC – 12706 Thermoelectric Module.

Dandi Ardiansyah^{a,1}, Yusfrizal^{b,2}

^aMahasiswa Program Studi Rekayasa Sistem Komputer Universitas Potensi Utama

^bDosen Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Potensi Utama

Universitas Potensi Utama, K.L. Yos Sudarso KM 6,5 No.3A Tanjung Mulia – Medan

dandi16.d1@gmail.com¹, yusfrizal80@gmail.com²

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebuah alternatif berkelanjutan dalam mengatasi dampak negatif yang ditimbulkan oleh mesin pendingin konvensional terhadap lingkungan. Untuk mencapai tujuan ini, berbagai tahapan utama telah dilakukan, termasuk perancangan prototipe, pemilihan komponen yang krusial, dan pengujian kinerja dari sistem yang dikembangkan. Perancangan prototipe adalah langkah awal yang sangat penting dalam penelitian ini. Proses ini melibatkan desain sistem pendingin yang menggunakan modul Peltier TEC-12706 sebagai inti teknologi pengganti freon. Pemilihan komponen juga memegang peranan kunci dalam menjamin bahwa mesin pendingin ini beroperasi dengan baik dan efisien. Penelitian ini bertujuan mengurangi penggunaan freon dengan memahami prinsip kerja modul Peltier, mengintegrasikannya dalam mesin pendingin, dan mengukur efisiensi pendinginan, konsumsi energi, serta suhu hasil pendinginan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin pendingin tanpa freon dengan modul Peltier TEC-12706 dimulai bekerja pada suhu ruangan 30.8 °C dan proses dimulai sehingga mencapai suhu yang optimal (-4.1°C) pada ± 90 menit yang berarti memiliki potensi sebagai alternatif yang efisien dan ramah lingkungan dengan kemampuan mencapai suhu pendinginan yang memadai dan mengurangi dampak lingkungan. Keseluruhan, penelitian ini menggambarkan bahwa upaya untuk mencapai teknologi pendinginan yang lebih berkelanjutan adalah langkah yang signifikan dalam menjaga keberlanjutan dan keseimbangan lingkungan kita.

Kata Kunci : Freon, Peltier TEC-12706, Alternatif, Lingkungan

ABSTRACT

This research aims to identify a sustainable alternative to mitigate the negative environmental impact caused by conventional refrigeration systems. To achieve this goal, various essential stages have been carried out, including the prototype design, the crucial component selection, and the performance testing of the developed system. Prototype design is a critical initial step in this research, involving the design of a cooling system using the Peltier TEC-12706 module as a replacement for freon. The selection of components also plays a pivotal role in ensuring the efficient and effective operation of this freon-free refrigeration system. The research aims to reduce the use of freon by understanding the working principles of the Peltier module, integrating it into the refrigeration system, and measuring cooling efficiency, energy consumption, and the resulting temperature. The research results indicate that the freon-free refrigeration system with the Peltier TEC-12706 module starts working at room temperature of 30.8°C and the process begins to reach the optimal temperature of -4.1°C in approximately 90 minutes, signifying its potential as an efficient and environmentally friendly alternative with the capability to achieve adequate cooling temperatures while reducing environmental impact. Overall, this research demonstrates that efforts to attain more sustainable refrigeration technology are a significant step in preserving environmental sustainability and balance..

Keywords : Freon, Peltier TEC-12706, Alternative, Environment

Info Artikel :

Disubmit: 18 November 2023

Direview: 19 Desember 2023

Diterima : 20 Januari 2024

1. PENDAHULUAN

Pentingnya sistem pendingin makanan dan minuman dalam kehidupan sehari-hari, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia, telah meningkat pesat selama beberapa dekade terakhir. Perangkat seperti kulkas, pendingin ruangan, dan dispenser air kini menjadi peralatan rumah tangga yang umum digunakan. Namun, sebagian besar dari perangkat tersebut bergantung pada bahan refrigeran, seperti Freon, sebagai medium pendingin utama. Penggunaan Freon dalam perangkat pendingin telah menjadi perhatian serius akibat dampaknya terhadap ekosistem. Freon, yang terkait dengan penipisan lapisan ozon, telah menjadi isu global yang sangat signifikan. Oleh karena itu, fokus utama saat ini adalah mengurangi penggunaan Freon dan mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Modul termoelektrik Peltier TEC 12706 menawarkan alternatif menjanjikan untuk menggantikan refrigeran berbasis Freon dalam sistem pendingin. Modul ini beroperasi berdasarkan prinsip efek termoelektrik, yang memungkinkan perubahan panas menjadi energi listrik dan sebaliknya. Keunggulan tambahan yang dimiliki oleh modul Peltier adalah desainnya yang kompak dan bobotnya yang ringan, membuatnya sangat cocok untuk digunakan dalam peralatan portabel atau dalam situasi di mana penggunaan kulkas konvensional tidaklah praktis. Hal ini membuka potensi penggunaan yang lebih luas dan berkelanjutan dari teknologi termoelektrik ini dalam berbagai aplikasi, memungkinkan perkembangan solusi pendingin yang ramah lingkungan.

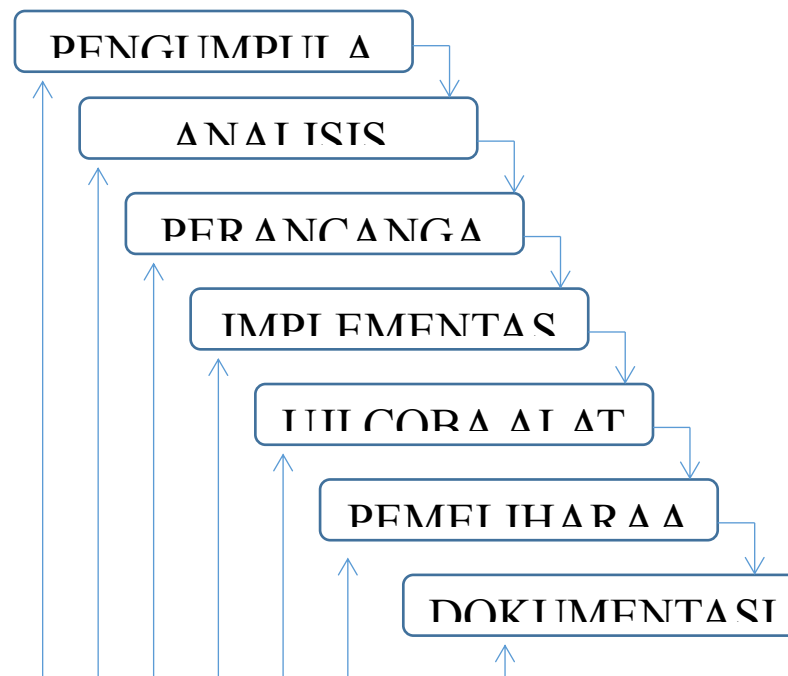
Walau berpotensi besar, penerapan modul termoelektrik Peltier dalam sistem pendingin makanan dan minuman masih merupakan bidang penelitian yang relatif baru, terutama di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki relevansi yang signifikan dalam menghadapi tantangan global, seperti perubahan iklim dan masalah penipisan lapisan ozon. Dengan mengintegrasikan teknologi termoelektrik ke dalam sistem pendingin makanan dan minuman, kita dapat mengurangi ketergantungan pada Freon, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, serta memberikan solusi yang praktis dan efisien untuk menjaga kesegaran makanan dan minuman dalam beragam konteks. Keberhasilan dalam menggabungkan teknologi ini dengan kebutuhan sehari-hari kita akan memainkan peran penting dalam upaya kita untuk menjaga lingkungan dan mendukung keberlanjutan.

Karena alasan ini, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan dan menyusun sistem pendingin makanan dan minuman yang mengadopsi modul termoelektrik Peltier TEC 12706 sebagai solusi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Selama penelitian, pertimbangan akan diberikan pada aspek-aspek seperti efisiensi energi, ukuran, berat, dan kemampuan pendinginan dari sistem yang dibangun. Harapan dari hasil penelitian ini adalah memberikan kontribusi berharga dalam upaya global untuk mengurangi penggunaan Freon, menjaga keberlanjutan lingkungan, serta memberikan manfaat yang lebih besar kepada masyarakat dalam mempertahankan mutu makanan dan minuman. Dengan demikian, penelitian ini mengusung tujuan penting dalam rangka mencapai penyelesaian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam industri pendingin makanan dan minuman.

Dengan pendekatan berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam industri pendingin makanan dan minuman, implementasi teknologi termoelektrik Peltier memiliki potensi untuk mendorong inovasi lintas sektor, termasuk industri makanan dan minuman. Melalui kerja keras dan kolaborasi, kita dapat menciptakan masa depan yang lebih hijau dan berkelanjutan, menjaga kesegaran dan keamanan makanan dan minuman kita.

2. METODE

Penelitian ini melalui beberapa tahapan. Tahap penelitian ini dapat dimodelkan dengan menggunakan tahapan model *waterfall*.

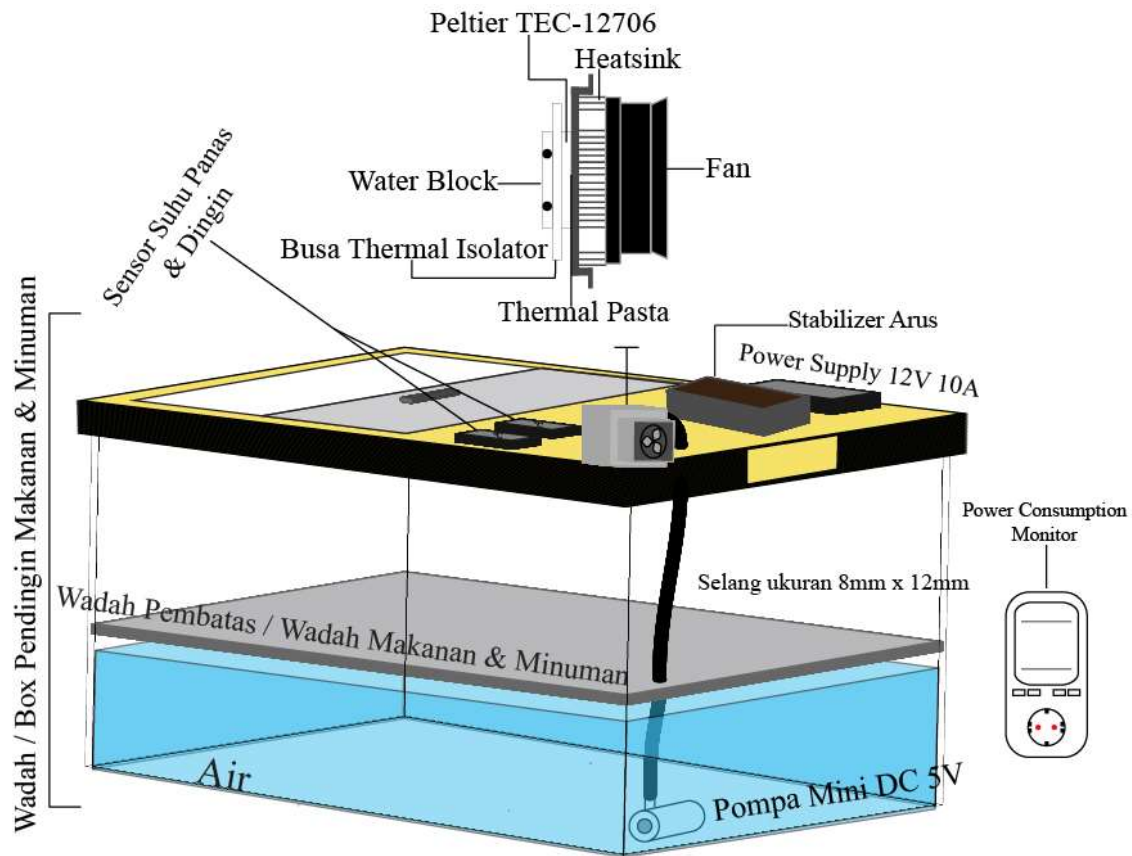


Gambar 1. Tahapan Model *Waterfall*

Proses pengembangan sistem melibatkan serangkaian tahap yang dimulai dengan pengumpulan data untuk memahami prinsip kerja perangkat dalam sistem, diikuti oleh analisis masalah guna menetapkan batasan sistem. Tahap berikutnya adalah perancangan perangkat dengan merujuk pada model perancangan yang telah ditetapkan sebelumnya, kemudian implementasi perangkat dilakukan dengan membangun alat sesuai rancangan dan panduan yang berdasarkan data sebelumnya. Alat kemudian diuji coba secara menyeluruh untuk mengidentifikasi dan memperbaiki potensi kesalahan. Setelah uji coba, tahap pemeliharaan dilakukan untuk memastikan operasi yang lancar dan mengidentifikasi masalah yang mungkin muncul, dengan tindakan perbaikan yang diperlukan. Tahap ini juga membantu dalam mengevaluasi efisiensi sistem secara berkelanjutan. Langkah terakhir adalah mencatat dan menyusun laporan, yang berfungsi sebagai referensi masa depan, alat pelaporan, serta sebagai bahan untuk analisis evaluatif terkait dengan pengembangan dan pemeliharaan sistem. Laporan ini tidak hanya menjadi catatan penting, tetapi juga membantu dalam mengevaluasi keseluruhan proses pengembangan sistem dan meningkatkan efektivitas dan efisiensinya. Dengan begitu, proses pengembangan sistem menjadi suatu rangkaian tahap yang sistematis dan penting dalam memastikan keberhasilan sistem yang dibangun, serta sebagai landasan untuk inovasi dan perbaikan di masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama yaitu menciptakan alternatif alat pendingin yang memanfaatkan sisi dingin dari modul Peltier TEC1-12706 sebagai pengganti refrigeran berupa freon, suatu zat kimia yang memiliki kemampuan menghasilkan suhu dingin ketika diberi tegangan. Tujuan khusus dari penelitian ini meliputi mengkaji efisiensi proses pendinginan serta daya yang diperlukan oleh kotak pendingin buah dan sayur yang didasarkan pada prinsip peltier TEC1-12706. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur seberapa lama kotak pendingin tersebut dapat menjaga suhu dingin yang diinginkan. Berbagai parameter diukur dalam penelitian ini, termasuk suhu awal dan akhir di dalam kotak pendingin, serta arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sistem kotak pendingin berdasarkan prinsip termoelektrik peltier TEC1-12706. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada pengembangan solusi pendinginan yang ramah lingkungan dan efisien dalam mendinginkan makanan dan minuman.



Gambar 2. Desain Sistem

A. Tampilan Hasil

Tampilan hasil yang dihasilkan oleh alat yang telah di rancang ini menghadirkan representasi visual yang informatif. Alat yang dirancang ini tidak hanya memvisualisasikan data dengan jelas, tetapi juga memberikan wawasan tentang operasi alat secara keseluruhan. Dengan gambar dibawah ini dapat dilihat komponen yang disusun dengan sedemikian rupa, pengguna dapat dengan mudah mengakses dan menginterpretasikan informasi yang disajikan. Tampilan hasil ini bukan hanya mencerminkan kinerja alat yang efektif, tetapi juga berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik terhadap topik penelitian. Dibawah ini merupakan beberapa gambar dari sistem pendingin makanan dan minuman adalah sebagai berikut :

1) Tampilan Keseluruhan Alat Ketika Belum diisi (Masih Kosong)

Tampilan ini merupakan tampilan keseluruhan alat ketika belum diisi (masih kosong), gambar untuk tampilan ini ditunjukkan pada gambar 3 :



2) Tampilan Bagian Dasar (Bawah) Dari Dalam Kotak Pendingin

Gambar 4. Tampak bagian dasar dari dalam kotak pendingin

Keterangan pada gambar 4 menerangkan tampilan pada bagian dasar dari dalam kotak pendingin. Terlihat pada gambar bahwa terdapat pompa DC mini dan selang yang berfungsi sebagai alat untuk menyalurkan dan melakukan sirkulasi pada air.

3) Tampilan Keseluruhan Alat ketika Sudah Diisi

Tampilan ini merupakan tampilan pada keseluruhan alat ketika sudah diisi, gambar untuk tampilan ini ditunjukkan pada gambar 5 :



Gambar 5. Tampak keseluruhan alat ketika sudah diisi

Keterangan pada gambar 5 menerangkan pada keseluruhan alat ketika telah diisi dengan media ataupun bahan yang ingin didinginkan.

Secara keseluruhan, tampilan hasil yang dihasilkan oleh alat yang telah dirancang ini bukan hanya sekadar sekumpulan visualisasi data. Ia merupakan jendela interaktif yang memberikan informasi yang jelas dan tajam tentang kinerja alat. Tidak hanya itu, melalui gambar-gambar yang tersusun secara terstruktur di bawahnya, berbagai komponen alat tampak terperinci, memudahkan pengguna untuk mengakses serta mengurai setiap informasi yang disajikan. Tampilan hasil ini bukan sekadar menggambarkan kinerja alat yang efisien, tetapi juga turut melengkapi pemahaman yang lebih mendalam mengenai inti topik penelitian yang diangkat. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tampilan hasil yang dihasilkan oleh alat yang dirancang ini tidak hanya menjadi bukti nyata atas kemampuan alat dalam menyajikan informasi secara efektif, tetapi juga memperkaya pemahaman tentang topik penelitian secara keseluruhan. Ia menjadi bukti konkret tentang kemampuan alat dan memberikan wawasan berharga bagi pengembangan lebih lanjut di masa depan.

B. Hasil Pengujian

- 1) Pengujian pada keseluruhan komponen pendingin makanan dan minuman (Tanpa ada media yang didinginkan), dalam rangka menganalisis performa sistem pendinginan, tabel berikut ini memberikan rincian data waktu pendinginan, daya keseluruhan, suhu awal, suhu panas, serta penggunaan heatsink dan fan. Data ini dihasilkan dari serangkaian pengujian yang dilakukan dengan cermat.

Tabel 1: Pengujian keseluruhan komponen (Tanpa media yang didinginkan).

Waktu Pendinginan (Menit)	Daya Keseluruhan (Watt)	Suhu Dingin (°C)	Suhu Panas (°C)	Penggunaan Heatsink	Penggunaan Fan
0	0	30.8	30.8	Ya	Tidak
2 Menit	63	28.5	34.1	Ya	Ya
4 Menit	64	26.3	35	Ya	Ya
6 Menit	64.3	25.9	36.8	Ya	Ya
8 Menit	65	24.1	38.2	Ya	Ya
10 Menit	65.8	23.6	39.5	Ya	Ya
15 Menit	66.1	22.5	41.9	Ya	Ya
18 Menit	66.7	20.9	42.7	Ya	Ya
20 Menit	67	19.2	43	Ya	Ya
25 Menit	69	18	42.6	Ya	Ya
30 Menit	71	14.1	42.1	Ya	Ya
40 Menit	73.6	8.1	42.8	Ya	Ya
50 Menit	74.3	3.8	42.3	Ya	Ya
60 Menit	74.2	1.3	42.7	Ya	Ya
70 Menit	74.3	-1.1	42.7	Ya	Ya
80 Menit	71.7	-2.9	42.1	Ya	Ya
90 Menit	71.1	-4.3	42.5	Ya	Ya

- 2) Pegujian pada keseluruhan komponen pendingin makanan dan minuman dengan diisi media yang didinginkan. Dalam rangka menguji efektivitas keseluruhan komponen pendingin makanan dan minuman yang mengoperasikan media yang didinginkan, tabel berikut ini memuat hasil pengujian yang mencakup waktu pendinginan, daya keseluruhan, suhu awal, suhu akhir, serta penggunaan heatsink dan fan. Data ini memberikan pandangan lengkap tentang respons sistem pendingin dalam kondisi pengujian yang beragam.

Tabel 2: Pengujian keseluruhan komponen (Dengan media yang didinginkan).

Waktu Pendinginan (Menit)	Daya Keseluruhan (Watt)	Suhu Dingin (°C)	Suhu Panas (°C)	Penggunaan Heatsink	Penggunaan Fan
0	0	30.8	30.8	Ya	Tidak
2 Menit	63.1	28.6	34.4	Ya	Ya
4 Menit	64.4	26.5	35	Ya	Ya
6 Menit	64.8	25.9	36.2	Ya	Ya
8 Menit	65.3	24.8	38.5	Ya	Ya
10 Menit	65.8	23.7	39.1	Ya	Ya
15 Menit	66.1	22.7	41.7	Ya	Ya
18 Menit	66.7	20.9	42.9	Ya	Ya
20 Menit	67.1	19.2	43	Ya	Ya
25 Menit	69.1	18.3	42.2	Ya	Ya
30 Menit	71.7	14.1	42.4	Ya	Ya
40 Menit	73.5	8.1	42.8	Ya	Ya
50 Menit	74.4	3.9	42.5	Ya	Ya
60 Menit	74.1	1.7	42.7	Ya	Ya
70 Menit	74.4	-1.6	42.3	Ya	Ya
80 Menit	71.8	-2.9	42.3	Ya	Ya
90 Menit	71.5	-4.1	42.5	Ya	Ya

Tabel ini merefleksikan hasil pengujian yang komprehensif terhadap sistem pendingin makanan dan minuman, dengan fokus pada efisiensi pendinginan, konsumsi daya, serta interaksi antara suhu awal dan akhir. Data ini memberikan wawasan berharga dalam penilaian kinerja keseluruhan sistem pendingin dalam berbagai kondisi dan durasi pengujian.

Berikut adalah berbagai visualisasi yang berhasil diabadikan untuk merekam kondisi suhu awal di ruangan, meliputi suhu tertinggi dan terendah yang tercatat, serta penggunaan daya puncak dan terendah selama periode pengamatan. Melalui visualisasi ini, kita dapat lebih mendalam dalam memahami variasi suhu yang terjadi di lingkungan ruangan dan bagaimana itu berhubungan dengan konsumsi daya yang terkait. Gambar-gambar ini menciptakan gambaran tentang dinamika suhu dan penggunaan daya dalam lingkungan tersebut. Data ini bukan hanya membantu kita dalam menganalisis fluktuasi suhu dan daya, tetapi juga memberikan dasar yang lebih kuat untuk mengidentifikasi potensi penghematan energi dan penerapan solusi yang lebih efisien di masa mendatang.

3) Tampilan Gambar Suhu Awal Ruangan

Tampilan ini merupakan tampilan gambar suhu awal ruangan pengujian, gambar untuk tampilan ini ditunjukkan pada gambar 6 :



Gambar 6. Suhu Awal Ruangan

Keterangan pada gambar 6 menerangkan suhu awal pada ruangan pengujian, dapat dilihat pada gambar suhu awal yang tertera pada gambar yaitu 30.8°C.

4) Tampilan Gambar Titik Suhu Terendah

Tampilan ini merupakan tampilan gambar titik suhu terendah pada saat pengujian, gambar untuk tampilan ini ditunjukkan pada gambar 7 :



Gambar 7. Titik Suhu Terendah

Keterangan pada gambar 7 menerangkan titik suhu terendah pada saat pengujian, dapat dilihat pada gambar titik suhu terendah yang tertera pada gambar yaitu -4.4°C.

5) Tampilan Gambar Puncak Suhu Tertinggi

Tampilan ini merupakan tampilan gambar puncak suhu tertinggi pada saat pengujian, gambar untuk tampilan ini ditunjukkan pada gambar 8 :



Gambar 8. Puncak Suhu Tertinggi

Keterangan pada gambar 8 menerangkan puncak suhu tertinggi pada saat pengujian, dapat dilihat pada gambar puncak suhu tertinggi yang tertera pada gambar yaitu 42.9°C.

6) Tampilan Gambar Konsumsi Daya Terendah (Keseluruhan Komponen)

Tampilan ini merupakan tampilan konsumsi daya terendah pada saat pengujian, gambar untuk tampilan ini ditunjukkan pada gambar 9 :



Gambar 9. Konsumsi Daya Terendah (Keseluruhan Komponen)

Keterangan pada gambar 9 menerangkan konsumsi daya terendah pada saat pengujian, dapat dilihat pada gambar konsumsi daya terendah yang tertera pada gambar yaitu 63W.

7) Tampilan Gambar Puncak Konsumsi Daya Tertinggi (Keseluruhan Komponen)

Tampilan ini merupakan tampilan puncak konsumsi daya tertinggi pada saat pengujian, gambar untuk tampilan ini ditunjukkan pada gambar 10 :



Gambar 10. Puncak Konsumsi Daya Tertinggi (Keseluruhan Komponen)

Keterangan pada gambar 10 menerangkan puncak konsumsi daya tertinggi pada saat pengujian, dapat dilihat pada gambar puncak konsumsi daya tertinggi yang tertera pada gambar yaitu 74.3W.

4. KESIMPULAN

Setelah menjalani serangkaian penelitian yang mendalam dalam proses perancangan dan pembuatan sistem pendingin makanan dan minuman yang bebas dari *Freon*, dengan pemanfaatan modul termoelektrik Peltier TEC-12706, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut :

1. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki metode perancangan dan pembangunan sebuah sistem pendingin makanan dan minuman yang sederhana tanpa mengandalkan Freon, dengan memanfaatkan Modul Termoelektrik Peltier TEC1-12706. Dengan demikian, pemanfaatan teknologi termoelektrik menjadi solusi yang efisien dalam mengurangi ketergantungan pada bahan berbahaya seperti Freon, menciptakan alternatif yang lebih ramah lingkungan untuk menjaga kualitas makanan dan minuman.
2. Kelebihan penggunaan Peltier sebagai pendingin makanan dan minuman tanpa Freon adalah bahwa teknologi ini memiliki efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan dengan sistem pendingin konvensional berbasis Freon, sehingga mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional yang terkait. Selain itu, Peltier juga merupakan solusi yang lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan berbahaya seperti Freon, sehingga memberikan dampak lingkungan yang lebih rendah, seperti penurunan risiko terhadap penipisan lapisan ozon. Namun, perlu diperhatikan bahwa kekurangan penggunaan Peltier terletak pada efektivitas pendinginan yang mungkin kurang optimal dalam situasi di mana suhu lingkungan sangat tinggi. Penggunaan teknologi ini dapat memerlukan energi lebih dalam kondisi ini, dan mungkin tidak mampu menjaga makanan dan minuman pada suhu yang sangat rendah seperti yang dapat dicapai oleh sistem pendingin konvensional. Oleh karena itu, penggunaan Peltier perlu dipertimbangkan dengan baik sesuai dengan kebutuhan dan kondisi penggunaannya. dan kesegaran makanan dan minuman yang sensitif terhadap perubahan suhu.
3. Dalam menerapkan sistem pendingin berbasis modul termoelektrik Peltier TEC 12706, beberapa kendala teknis muncul, termasuk tingkat efisiensi energi yang cenderung kurang optimal, kapasitas pendinginan yang terbatas, serta sensitivitas sistem terhadap fluktuasi suhu lingkungan yang dapat

memengaruhi kinerjanya. Namun, upaya untuk mengatasi kendala-kendala ini melibatkan serangkaian solusi, seperti merancang sistem dengan perencanaan yang cermat dan pemilihan peralatan yang sesuai, mengimplementasikan kontrol suhu yang tepat untuk mengoptimalkan performa, dan mengevaluasi kebutuhan energi dan biaya operasional secara terperinci, yang pada akhirnya dapat menghasilkan sistem pendingin berbasis Peltier yang efektif dan efisien. Kesimpulan harus secara jelas menunjukkan hasil yang diperoleh, kelebihan dan kekurangan, dan kemungkinan pengembangan lebih lanjut. Kesimpulan dapat berupa paragraf, tetapi harus berbentuk titik dengan menggunakan penomoran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan apresiasi yang tulus kepada Universitas Potensi Utama yang telah memberikan kontribusi berharga dengan memberikan masukan dan saran yang berarti dalam proses penyelesaian karya ilmiah ini. Terima kasih atas dukungan yang luar biasa. Penulis sangat berharap bahwa karya ilmiah ini tidak hanya menjadi sebuah dokumen, tetapi juga sebuah sumber pengetahuan yang dapat memberikan manfaat dan wawasan kepada pembaca, yang ingin lebih mendalami topik ini.

REFERENSI

- [1] Azridjal Aziz, J. S. (2015). Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman. Diambil kembali dari Researchgate.
- [2] Poetro, J. E. (2010). Studi Teknologi Termoelektrik Sebagai Upaya Konversi Energi pada BTS (Base Transceiver Station). Jakarta.
- [3] Azridjal Aziz, Joko Subroto, Villager Silpana (2015). Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman. Universitas Riau.
- [4] Anonim 2.2016. Thermoelectric Cooler TEC1-12706 Data Sheet. Available at : http://peltiermodules.com/peltier.datasheet/Peltier_Modules.pdf [Accessed July 27th 2023].
- [5] Anonim 4.2016. Isi Skripsi III Perancangan. Universitas Mercubuana. Available at : <http://digilib.mercubuana.ac.id/Isi3617431689340.pdf>. [Accessed July 25th 2023].
- [6] Riyanto,Hendi., Sigit Yoewono. (2010). Kaji Penerapan Efek Peltier Untuk Alat Kecil-Ringan Pendingin Minuman. Seminar Nasional Tahunan Teknik (SNTT) ke-9. Palembang. Institut Teknologi Bandung.
- [7] B. Y. Prasetyo & W. S. Ayu (2021). Kaji Eksperimental Termoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Alternatif. Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung.
- [8] Satrio wibowo,Satrio (2014). HSF Heatsink Fan. Depok, Universitas Gunadarma.
- [9] Susanto,Budi, (2009). Rancang Bangun Cool - Hot Box Dengan Menggunakan Pompa Kalor. Jurnal. Universitas Indonesia.Depok.
- [10] Umboh,R., O. Wuwung, E. Kendek Allo, B. S. Narasiang. (2012).Perancangan Alat Pendinginan Portable Menggunakan Elemen Peltier. Jurnal Vol. 1 no. 3, e-Journal Teknik Elektro dan Komputer, pp 1-6 .UNSRAT.Manado.
- [11] Poetro, joesusanto eko (2011). Analisa Kinerja Sistem Pendingin Arus Searah (DC COOLER) Sebagai Upaya Konservasi Energi Pada BTS (Base Transceiverstation). Universitas Indonesia.

- [12] M.N Sasongko dkk. (2017). Pengaruh Jumlah TEC terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin Termoelektrik. Jurusan Teknik Mesin Universitas BrawijayaMalang.Hal 29-33.
- [13] Riffat, (2003). Termoelektrik Bervariasi, Temperatur Yang Besar, Desain Muitistage. Universitas Indonesia.
- [14] Karsid dkk, 2017. Sistem Kontrol Suhu Penyimpan Buah-Sayur Pada Mesin Pendingin Termoelektrik. J. Teknik Pendingin Dan Tata Udara. Vol.3, No.2 Hal 32 – 36.
- [15] Santoso, D. A., Pranowo, H. D., & Yulianto, A. (2020). Optimization of Thermoelectric Cooler Placement for Food and Beverage Cooler Box. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, 63(1), 137-145.
- [16] Fauzi, A. H., Budiman, A. H., & Widodo, B. S. (2021). "Design and Performance Analysis of Portable Thermoelectric Refrigerator for Food and Beverage Storage." Jurnal Teknologi, 83(3), 13-19.
- [17] Setiawan, A., Widayani, I. N., & Wibowo, D. E. (2019). "Development of Portable Food and Beverage Cooler Box using Thermoelectric Cooler." Jurnal Dinamika Penelitian Industri, 30(1), 21-26.