

Rancang Bangun Cooler Box Portabel Menggunakan 2 Modul Peltier Tec1 - 12715 Dengan Suplai Daya 12 Volt 20 Ampere

M. Lugas Syahrani Faqih ¹, Muhammad Halil ², Een Tonadi ³
^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Prof. Dr. Hazairin, S.H.
Email: mlugas983@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received [17 Mei 2026]

Revised [25 Juli 2026]

Accepted [28 Juli 2026]

KEYWORDS

Cooler, Peltier, Thermoelectric.

This is an open access
article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)
license



ABSTRAK

Penelitian ini membahas rancang bangun *cooler box portable* berbasis sistem pendingin termoelektrik menggunakan dua modul Peltier TEC1-12715 dengan sumber daya 12 Volt 20 Ampere. Penggunaan modul Peltier dipilih karena memiliki konstruksi sederhana, tidak menggunakan refrigeran, serta lebih ramah lingkungan dibandingkan sistem pendingin konvensional. Penelitian ini bertujuan agar memahami keahlian sistem pendingin dalam menurunkan suhu ruang pendingin melalui pengujian statis dan dinamis. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan melakukan perancangan alat, perakitan sistem pendingin, serta pengujian kinerja alat. Pengujian statis dilakukan tanpa beban pendinginan, sedangkan pengujian dinamis dilakukan menggunakan beban sebagai simulasi kondisi kerja sebenarnya. Parameter yang diamati meliputi perubahan suhu, tegangan, arus, dan daya listrik selama proses pengujian berlangsung. Berdasarkan hasil memberi penjelasan pada kondisi statis suhu ruang pendingin mampu turun dari 30°C menjadi 21°C dalam waktu 60 menit. Penurunan suhu tercepat terjadi pada awal pengujian, yaitu dari 30°C menjadi 22,7°C dalam waktu 8 menit, kemudian suhu menurun secara perlahan hingga mencapai kondisi stabil pada kisaran 21–21,4°C. Pada pengujian dinamis, suhu ruang pendingin turun dari 30°C menjadi 23°C dalam waktu 60 menit. Selama proses pengujian, tegangan listrik berada pada kisaran 209–216 Volt, arus listrik sebesar 1,7–2,2 Ampere, dan daya listrik berkisar antara 250–266 Watt. Berdasarkan hasil penelitian, sistem pendingin berbasis modul Peltier mampu bekerja dengan baik dalam menurunkan suhu ruang pendingin secara bertahap dan stabil, dengan konsumsi daya yang relatif konstan serta memiliki potensi sebagai alternatif sistem pendingin portable yang praktis dan ramah lingkungan.

ABSTRACT

This study discusses the design of a portable cooler box based on a thermoelectric cooling system using two Peltier TEC1-12715 modules with a 12 Volt 20 Ampere power source. The use of Peltier modules was chosen because it has a simple construction, does not use refrigerants, and is more environmentally friendly than conventional cooling systems. This study aims to understand the expertise of the cooling system in reducing the temperature of the cooling room through static and dynamic testing. The method used is an experimental method by designing tools, assembling the cooling system, and testing the performance of the tool. Static testing is carried out without a cooling load, while dynamic testing is carried out using a load as a simulation of actual working conditions. The parameters observed include changes in temperature, voltage, current, and electrical power during the testing process. Based on the results, it provides an explanation that in static conditions the temperature of the cooling room can drop from 30°C to 21°C in 60 minutes. The fastest temperature decrease occurs at the beginning of the test, namely from 30°C to 22.7°C in 8 minutes, then the temperature decreases slowly until it reaches a stable condition in the range of 21–21.4°C. In dynamic testing, the temperature of the cooling chamber dropped from 30°C to 23°C within 60 minutes. During the testing process, the electrical voltage was in the range of 209–216 Volts, the electrical current was 1.7–2.2 Amperes, and the electrical power ranged from 250–266 Watts. Based on the research results, the Peltier module-based cooling system was able to work well in reducing the temperature of the cooling chamber gradually and stably, with relatively constant power consumption and has the potential as an alternative portable cooling system that is practical and environmentally friendly.

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan alat pendingin portable semakin meningkat seiring dengan mobilitas masyarakat yang tinggi serta meningkatnya kebutuhan penyimpanan makanan, minuman, dan obat-obatan dalam skala kecil. Menurut Putra (2020: 15), sistem pendingin portable sangat dibutuhkan pada kegiatan lapangan, perjalanan jauh, dan usaha mikro karena mampu menjaga kualitas produk tanpa ketergantungan pada lemari pendingin konvensional. Namun, cooler box konvensional yang masih menggunakan es batu memiliki keterbatasan waktu pendinginan dan kurang efisien dalam penggunaan jangka panjang. Sistem pendingin berbasis kompresi uap memang memiliki performa pendinginan yang baik, tetapi penggunaan refrigeran dinilai kurang ramah lingkungan serta membutuhkan komponen mekanik yang kompleks seperti kompresor dan kondensor.

Ahmad (2021: 22) menyatakan bahwa sistem kompresi uap memerlukan perawatan berkala dan konsumsi daya yang relatif besar untuk skala portable. Hal ini menjadi kendala apabila sistem akan diaplikasikan pada perangkat pendingin berukuran kecil dengan sumber daya terbatas. Sebagai

alternatif, teknologi pendingin termoelektrik berbasis efek Peltier menawarkan sistem yang lebih sederhana dan ramah lingkungan. Prinsip kerja modul Peltier didasarkan pada efek termoelektrik dipertemukan Jean Charles Athanase Peltier pada tahun 1834 (Rowe, 2018: 3). Keunggulan sistem ini adalah tidak menggunakan refrigeran, tidak memiliki bagian bergerak, ukuran relatif kecil, serta dapat dioperasikan menggunakan sumber daya DC.

Penelitian sebelumnya oleh Rahman et al. (2022: 47) menunjukkan bahwa penggunaan satu modul Peltier mampu menurunkan suhu ruang pendingin hingga 17°C, namun kapasitas pendinginan masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan dengan menambah jumlah modul Peltier guna meningkatkan kemampuan penyerapan panas dan mempercepat proses pendinginan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada rancang bangun cooler box portable menggunakan dua modul Peltier tipe TEC1-12715 dengan suplai daya 12 Volt 20 Ampere. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem pendingin portable yang sederhana, ramah lingkungan, serta memiliki performa pendinginan yang lebih optimal dibandingkan penggunaan satu modul Peltier

LANDASAN TEORI

Cooler Box Portable

Cooler box portable merupakan perangkat penyimpanan yang dirancang untuk menjaga suhu suatu produk tetap rendah selama proses penyimpanan maupun transportasi. Perangkat ini umumnya digunakan untuk menyimpan makanan, minuman, hasil perikanan, vaksin, dan produk lain yang memerlukan kondisi temperatur rendah agar kualitasnya tetap terjaga. *Cooler box* bekerja dengan cara menghambat berpindahnya bagian luar penyimpanan serta memindahkan panas dari dalam kotak menuju lingkungan luar melalui sistem pendingin yang digunakan (Munawir et al., 2021). Perkembangan teknologi pendingin memungkinkan cooler box tidak hanya menggunakan es sebagai media pendingin, tetapi juga menggunakan sistem pendingin aktif seperti thermoelectric cooler (TEC) berbasis modul Peltier. Maka alat ini menjadikan ramah jika memakai refrigeran kimia serta memiliki konstruksi yang lebih sederhana dibandingkan sistem pendingin kompresi uap (Pratiwi et al., 2023).

Prinsip Kerja Cooler Box Portable

Prinsip kerja *cooler box portable* pada umumnya didasarkan pada proses perpindahan panas dari ruang pendingin menuju lingkungan luar. Pada cooler box konvensional, perpindahan panas ini terjadi secara pasif dengan menggunakan media es sebagai sumber pendingin. Namun pada cooler box modern yang menggunakan thermoelectric cooler, proses pendinginan terjadi secara aktif melalui efek Peltier yang dihasilkan oleh modul termoelektrik (Sormin et al., 2023).

Ketika arus listrik dialirkan pada modul Peltier, terjadi perpindahan panas dari satu sisi modul menuju sisi lainnya sehingga tercipta perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin. Sisi dingin digunakan untuk mendinginkan ruang penyimpanan sedangkan sisi panas harus didinginkan menggunakan heatsink dan kipas agar panas dapat dilepaskan ke lingkungan. Proses pelepasan panas ini sangat penting karena jika panas tidak dapat dilepaskan dengan baik maka kinerja pendinginan akan menurun (Sutina et al., 2025).

Efisiensi sistem pendingin pada cooler box juga dipengaruhi oleh kualitas isolasi termal dari kotak pendingin. Penggunaan material isolasi seperti polyurethane foam atau styrofoam dapat mengurangi perpindahan panas dari lingkungan luar sehingga temperatur di dalam cooler box dapat dipertahankan lebih rendah dalam waktu yang lebih lama (Li et al., 2021).

Komponen Utama Cooler Box Thermoelectric

Cooler box portable berbasis thermoelectric umumnya terdiri dari beberapa komponen utama yaitu modul Peltier, heatsink, kipas pendingin, sumber daya listrik, serta material isolasi pada dinding kotak. Modul Peltier berfungsi sebagai komponen utama yang menghasilkan efek pendinginan melalui perpindahan panas antara sisi panas dan sisi dingin modul (Sormin et al., 2023).

Heatsink dan kipas pendingin digunakan untuk membantu proses pembuangan panas pada sisi panas modul Peltier. Sistem pembuangan panas yang baik akan meningkatkan perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin sehingga kinerja pendinginan menjadi lebih optimal. Jika sistem pembuangan panas tidak efektif, maka temperatur sisi panas akan meningkat dan menyebabkan penurunan kemampuan pendinginan pada modul termoelektrik (Munawir et al., 2021).

Sumber daya listrik juga merupakan komponen penting dalam sistem pendingin termoelektrik. Sebagian besar cooler box portable menggunakan sumber daya listrik DC 12 volt karena mudah diperoleh dari adaptor maupun baterai. Penggunaan sumber daya listrik yang stabil sangat penting untuk menjaga kinerja modul Peltier agar dapat bekerja secara optimal (Zakaria et al., 2021).

Perkembangan Teknologi Cooler Box Portable

Perkembangan teknologi cooler box portable saat ini tidak hanya berfokus pada sistem pendingin tetapi juga pada sistem monitoring dan kontrol temperatur. Beberapa penelitian terbaru mengembangkan cooler box berbasis thermoelectric yang dilengkapi dengan sensor suhu serta sistem kontrol berbasis mikrokontroler sehingga temperatur di dalam *cooler box* dapat dipantau secara real-time (Gofur *et al.*, 2025). Pengembangan sistem pembuangan panas juga menjadi fokus penelitian untuk meningkatkan performa pendinginan pada cooler box thermoelectric. Beberapa penelitian menggunakan sistem pendingin tambahan seperti water cooling block dan radiator untuk meningkatkan efisiensi pelepasan panas pada sisi panas modul Peltier (Sutina *et al.*, 2025).

Perkembangan lainnya adalah penggunaan sumber energi alternatif seperti panel surya untuk mengoperasikan cooler box portable. Sistem ini memungkinkan cooler box digunakan di daerah terpencil atau lokasi yang tidak memiliki akses listrik secara langsung sehingga meningkatkan fleksibilitas penggunaan perangkat pendingin portabel (Zakaria *et al.*, 2021).

Modul Peltier

Modul Peltier atau *Thermoelectric Cooler (TEC)* merupakan perangkat pendingin yang bekerja berdasarkan prinsip efek Peltier, yaitu fenomena perpindahan panas yang terjadi ketika arus listrik mengalir melalui dua material semikonduktor yang berbeda. Ketika arus listrik DC dialirkan ke modul Peltier, satu sisi modul akan menyerap panas sehingga menjadi dingin (*cold side*), sedangkan sisi lainnya akan melepaskan panas ke lingkungan (*hot side*). Prinsip ini memungkinkan modul Peltier digunakan sebagai sistem pendingin tanpa menggunakan refrigeran atau kompresor seperti pada sistem pendingin konvensional (Rowe, 2021).

Prinsip kerja

Modul Peltier atau *Thermoelectric Cooler (TEC)* bekerja berdasarkan prinsip efek Peltier, yaitu fenomena perpindahan panas yang terjadi ketika arus listrik mengalir melalui dua jenis material semikonduktor yang berbeda. Ketika arus listrik DC dialirkan melalui pasangan semikonduktor tipe-p dan tipe-n, terjadi perpindahan energi panas dari satu sisi modul ke sisi lainnya sehingga menghasilkan perbedaan temperatur antara kedua sisi tersebut. Sisi yang menyerap panas disebut *cold side* (sisi dingin), sedangkan sisi yang melepaskan panas disebut *hot side* (sisi panas) (Rowe, 2021).

Pada modul Peltier, elemen semikonduktor tipe-p dan tipe-n disusun secara seri secara elektrik dan paralel secara termal. Ketika arus listrik dialirkan melalui rangkaian tersebut, elektron akan bergerak melalui material semikonduktor dan menyerap energi panas dari sisi dingin. Energi panas tersebut kemudian dipindahkan menuju sisi panas dan dilepaskan ke lingkungan. Proses ini menyebabkan sisi dingin modul menjadi lebih rendah temperaturnya dibandingkan dengan lingkungan sekitarnya (Snyder & Toberer, 2020).

Agar proses pendinginan dapat berlangsung secara efektif, panas yang dihasilkan pada sisi panas harus segera dibuang ke lingkungan menggunakan *heatsink* dan kipas pendingin. Jika panas tidak dilepaskan dengan baik, maka temperatur pada sisi panas akan meningkat sehingga mengurangi perbedaan temperatur antara kedua sisi modul dan menyebabkan penurunan kinerja pendinginan (Zhao & Tan, 2021).

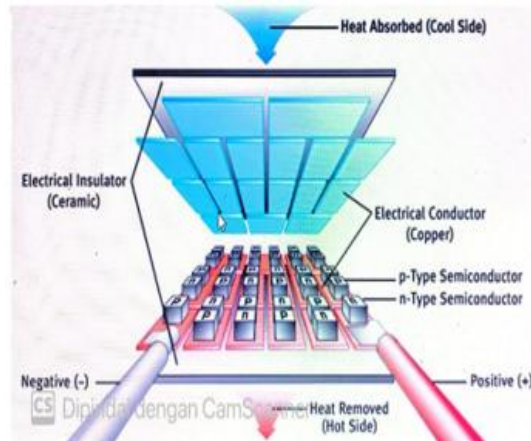
Besarnya kemampuan pendinginan modul Peltier dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain tegangan dan arus listrik yang diberikan, perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin, serta efisiensi sistem pembuangan panas. Semakin besar arus listrik yang diberikan, maka semakin besar pula perpindahan panas yang dapat terjadi. Namun peningkatan arus listrik juga menyebabkan peningkatan panas pada sisi panas sehingga sistem pendingin tambahan sangat diperlukan untuk menjaga performa modul tetap optimal (Liu *et al.*, 2022).

Dalam aplikasi cooler box portable, sisi dingin modul Peltier ditempatkan pada bagian dalam kotak pendingin sehingga dapat menyerap panas dari ruang penyimpanan, sedangkan sisi panas dipasang *heatsink* dan kipas untuk membuang panas ke lingkungan luar. Dengan demikian temperatur di dalam cooler box dapat diturunkan secara bertahap hingga mencapai kondisi yang diinginkan.

Struktur dan Komponen Modul Peltier

Modul Peltier atau *Thermoelectric Cooler (TEC)* memiliki struktur yang tersusun dari beberapa komponen utama yang bekerja bersama untuk menghasilkan perpindahan panas berdasarkan efek Peltier. Struktur modul ini dirancang sedemikian rupa sehingga mampu memindahkan panas dari satu sisi modul ke sisi lainnya ketika dialiri arus listrik DC. Secara umum, modul Peltier terdiri dari elemen semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang ditempatkan di antara dua pelat keramik dan dihubungkan menggunakan konduktor tembaga (Rowe, 2021).

Gambar 1



Pada modul Peltier, pasangan semikonduktor tersebut disusun secara seri secara elektrik dan paralel secara termal. Ketika arus listrik dialirkan melalui rangkaian ini, terjadi perpindahan energi panas dari sisi dingin menuju sisi panas sehingga menghasilkan perbedaan temperatur pada kedua permukaan modul. Struktur ini memungkinkan modul Peltier menghasilkan efek pendinginan yang stabil tanpa menggunakan kompresor maupun refrigeran seperti pada sistem pendingin konvensional (Zhao & Tan, 2021).

Karakteristik Modul Peltier

Modul Peltier atau *Thermoelectric Cooler (TEC)* memiliki beberapa karakteristik penting yang mempengaruhi kinerja pendinginan. Karakteristik ini berkaitan dengan parameter listrik, termal, serta kemampuan modul dalam memindahkan panas dari satu sisi ke sisi lainnya. Pemahaman terhadap karakteristik modul Peltier sangat penting dalam perancangan sistem pendingin berbasis termoelektrik agar modul dapat bekerja secara optimal (Rowe, 2021)

1. **Tegangan Operasi (*Operating Voltage*)**

Tegangan operasi merupakan tegangan listrik yang diperlukan agar modul Peltier dapat bekerja secara optimal. Sebagian besar modul Peltier dirancang untuk bekerja pada tegangan DC sekitar 12 volt, sehingga sering digunakan pada sistem pendingin portabel yang menggunakan sumber daya seperti baterai atau adaptor DC. Tegangan yang terlalu rendah dapat menyebabkan kemampuan pendinginan menurun, sedangkan tegangan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan modul mengalami panas berlebih dan menurunkan umur pakai modul (Zhao & Tan, 2021)

2. **Arus Listrik (*Current*)**

Peningkatan arus listrik juga menyebabkan peningkatan panas pada sisi panas modul sehingga sistem pembuangan panas seperti heatsink dan kipas sangat diperlukan untuk menjaga kinerja modul tetap stabil (Liu *et al.*, 2022).

3. **Perbedaan Temperatur Maksimum (ΔT_{max})**

Perbedaan temperatur maksimum atau ΔT_{max} merupakan selisih temperatur terbesar yang dapat dicapai antara sisi panas dan sisi dingin modul Peltier. Nilai ΔT_{max} biasanya berkisar antara tergantung jenis dan spesifikasi modul yang digunakan. Perbedaan temperatur ini menunjukkan kemampuan maksimum modul dalam menghasilkan pendinginan pada kondisi ideal tanpa beban (Snyder & Toberer, 2020).

4. **Kapasitas Pendinginan (*Cooling Capacity*)**

Kapasitas pendinginan menunjukkan jumlah panas yang dapat dipindahkan oleh modul Peltier dari sisi dingin menuju sisi panas dalam satuan waktu tertentu. Kapasitas pendinginan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti besar arus listrik, perbedaan temperatur, serta efisiensi sistem pembuangan panas. Semakin besar kapasitas pendinginan modul, maka semakin besar pula kemampuan modul dalam menurunkan temperatur ruang pendingin (Rowe, 2021).

5. **Daya Listrik (*Power Consumption*)**

Daya listrik merupakan energi listrik yang digunakan oleh modul Peltier selama proses pendinginan. Daya listrik dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P = V \times I$$

Sebagai contoh, modul *TEC1-12715* yang bekerja pada tegangan sekitar 12 volt dengan arus maksimum sekitar 15 ampere memiliki daya listrik maksimum sekitar 180 watt. Besarnya daya listrik ini harus disesuaikan dengan kemampuan sumber daya yang digunakan dalam sistem pendingin (Liu *et al.*, 2022).

6. **Koefisien Performa (Coefficient of Performance / COP)**

Koefisien performa atau COP merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur efisiensi sistem pendingin berbasis termoelektrik. Nilai COP merupakan perbandingan antara panas yang dipindahkan dari sisi dingin dengan energi listrik yang digunakan oleh modul. Semakin tinggi nilai COP, maka semakin efisien sistem pendingin tersebut dalam menggunakan energi listrik (Zhao & Tan, 2021).

7. **Ketahanan dan Umur Pakai**

Modul Peltier memiliki keunggulan berupa tidak memiliki komponen mekanik yang bergerak, sehingga memiliki tingkat keandalan dan umur pakai yang cukup panjang dibandingkan dengan sistem pendingin mekanik. Namun umur pakai modul sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi seperti suhu kerja, stabilitas tegangan, serta sistem pembuangan panas yang digunakan (Snyder & Toberer, 2020).

Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Efek Peltier

Kinerja modul Peltier dalam menghasilkan efek pendinginan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berkaitan dengan kondisi listrik, sistem perpindahan panas, serta desain sistem pendingin yang digunakan. Pemahaman terhadap faktor-faktor ini sangat penting dalam perancangan sistem pendingin berbasis termoelektrik agar modul dapat bekerja secara optimal dan efisien. Secara umum terdapat beberapa faktor utama yang mempengaruhi kinerja efek Peltier, yaitu tegangan dan arus listrik, sistem pembuangan panas, perbedaan temperatur, kualitas material termoelektrik, serta sistem isolasi termal pada ruang pendingin (Rowe, 2021).

Tegangan dan Arus Listrik

Merupakan faktor utama yang mempengaruhi kinerja modul Peltier. Ketika arus listrik dialirkan melalui pasangan semikonduktor tipe-p dan tipe-n, terjadi perpindahan panas dari satu sisi modul ke sisi lainnya. Semakin besar arus listrik yang diberikan, maka semakin besar pula jumlah panas yang dapat dipindahkan oleh modul Peltier. Namun peningkatan arus listrik juga menyebabkan peningkatan panas pada sisi panas modul sehingga diperlukan sistem pendingin tambahan seperti heatsink dan kipas untuk menjaga stabilitas temperatur (Zhao & Tan, 2021).

Sistem Pembuangan Panas (Heat Dissipation)

Sistem pembuangan panas pada sisi panas modul Peltier sangat menentukan keberhasilan proses pendinginan. Panas yang dihasilkan pada sisi panas harus segera dilepaskan ke lingkungan menggunakan heatsink, kipas pendingin, atau sistem pendingin tambahan lainnya. Jika panas tidak dapat dibuang secara efektif, maka temperatur pada sisi panas akan meningkat sehingga mengurangi perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin. Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan kinerja pendinginan modul Peltier (Liu *et al.*, 2022).

Perbedaan Temperatur (Temperature Difference)

Modul Peltier memiliki batas maksimum perbedaan temperatur yang dikenal sebagai ΔT_{max} , yang biasanya berkisar antara 60°C hingga 70°C tergantung jenis modul yang digunakan (Snyder & Toberer, 2020).

Kualitas Material Termoelektrik

Material semikonduktor yang digunakan pada modul Peltier memiliki peran penting dalam menentukan efisiensi perpindahan panas. Salah satu bahan yang dipakai *bismuth telluride* (Bi_2Te_3) karena memiliki sifat termoelektrik yang sangat baik untuk aplikasi pendingin suhu rendah hingga menengah (Rowe, 2021).

Sistem Isolasi Termal

Isolasi termal pada ruang pendingin juga berpengaruh terhadap kinerja sistem pendingin berbasis Peltier. Isolasi yang baik dapat mengurangi perpindahan panas dari lingkungan luar ke dalam ruang pendingin sehingga proses pendinginan menjadi lebih efisien. Pada sistem cooler box portable, bahan isolator seperti *styrofoam*, *polyurethane*, atau bahan isolasi termal lainnya sering digunakan untuk menjaga kestabilan temperatur di dalam kotak pendingin (Zhao & Tan, 2021).

Jumlah Modul Peltier yang Digunakan

Jumlah modul Peltier yang digunakan dalam suatu sistem pendingin juga mempengaruhi kapasitas pendinginan yang dihasilkan. Penggunaan lebih dari satu modul Peltier dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam memindahkan panas sehingga temperatur ruang pendingin dapat diturunkan

lebih cepat. Namun penggunaan modul tambahan juga meningkatkan konsumsi daya listrik serta jumlah panas yang harus dibuang pada sisi panas modul (Liu *et al.*, 2022).

Distribusi Aliran Udara

Distribusi aliran udara di sekitar modul Peltier juga mempengaruhi efektivitas proses pendinginan. Aliran udara yang baik dapat membantu mempercepat proses pelepasan panas dari heatsink serta membantu pemerataan temperatur di dalam ruang pendingin. Oleh karena itu dalam sistem cooler box biasanya digunakan kipas untuk membantu sirkulasi udara agar proses pendinginan menjadi lebih merata.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, dapat disimpulkan bahwa kinerja modul Peltier tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik modul itu sendiri, tetapi juga oleh desain sistem pendingin secara keseluruhan.

Sistem Suplay Daya 12 Volt 20 Ampere

Sistem suplai daya merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pendingin berbasis modul Peltier karena berfungsi sebagai sumber energi listrik yang menggerakkan proses perpindahan panas pada modul termoelektrik. Modul Peltier bekerja menggunakan arus listrik searah (*Direct Current / DC*) sehingga diperlukan sumber daya listrik yang mampu menyediakan tegangan dan arus yang stabil agar kinerja pendinginan dapat berlangsung secara optimal (Zhao & Tan, 2021).

Pada sistem pendingin portable seperti *cooler box* berbasis modul Peltier, sumber daya yang umum digunakan adalah *power supply DC* dengan tegangan 12 volt. Tegangan ini dipilih karena sebagian besar modul Peltier komersial, termasuk tipe *TEC1-12715*, dirancang untuk bekerja pada rentang tegangan sekitar 12 volt. Tegangan yang stabil sangat penting untuk menjaga kinerja modul agar tidak mengalami penurunan efisiensi maupun kerusakan akibat tegangan yang tidak sesuai (Liu *et al.*, 2022).

Tegangan Sistem (Voltage)

Tegangan merupakan beda potensial listrik yang mendorong aliran arus listrik dalam suatu rangkaian. Pada sistem pendingin berbasis modul Peltier, tegangan yang digunakan umumnya sebesar 12 volt DC karena sesuai dengan spesifikasi operasional sebagian besar modul termoelektrik. Tegangan yang terlalu rendah akan menyebabkan kemampuan pendinginan menurun, sedangkan tegangan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan peningkatan panas berlebih pada modul sehingga berpotensi merusak komponen internalnya (Rowe, 2021).

Arus Listrik (Current)

Arus listrik merupakan jumlah muatan listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian per satuan waktu. Modul Peltier tipe *TEC1-12715* memiliki arus maksimum sekitar 15 ampere. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan sumber daya dengan kapasitas 12 volt 20 ampere agar mampu menyediakan arus listrik yang cukup untuk mengoperasikan dua modul Peltier secara bersamaan serta komponen tambahan seperti kipas pendingin (*heatsink fan*) (Liu *et al.*, 2022). Besarnya arus listrik yang mengalir akan mempengaruhi jumlah panas yang dapat dipindahkan oleh modul Peltier. Semakin besar arus listrik yang diberikan, maka semakin besar pula efek pendinginan yang dihasilkan, namun konsumsi daya listrik juga akan meningkat (Zhao & Tan, 2021).

Daya Listrik Sistem

Daya listrik merupakan energi listrik yang digunakan oleh suatu perangkat dalam satuan waktu tertentu. Daya listrik pada sistem dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P = V \times I$$

Dengan menggunakan sistem suplai daya 12 volt dan 20 ampere, maka daya maksimum yang dapat disediakan oleh sistem adalah:

Daya ini cukup untuk mengoperasikan dua modul Peltier *TEC1-12715* yang masing-masing membutuhkan daya sekitar 150–180 watt, serta beberapa komponen tambahan seperti kipas pendingin dan sistem kontrol suhu.

Stabilitas Tegangan dan Proteksi Sistem

Stabilitas tegangan merupakan faktor penting dalam sistem suplai daya karena modul Peltier sangat sensitif terhadap perubahan tegangan listrik. Fluktuasi tegangan dapat menyebabkan kinerja pendinginan tidak stabil serta mempercepat kerusakan modul.

Peran Sistem Suplai Daya dalam Cooler Box Portable

Dalam sistem *cooler box portable* berbasis modul Peltier, suplai daya memiliki peran penting dalam menentukan performa keseluruhan sistem pendingin. Sumber daya harus mampu menyediakan energi listrik yang cukup agar modul Peltier dapat bekerja secara maksimal dalam memindahkan panas dari ruang pendingin ke lingkungan luar.

Dengan menggunakan sistem suplai daya 12 volt 20 ampere, modul Peltier dapat menghasilkan proses pendinginan yang lebih stabil dan mampu mencapai temperatur yang lebih rendah pada ruang pendingin. Kombinasi antara sumber daya yang memadai, sistem pembuangan panas yang baik, serta isolasi termal yang efektif akan menghasilkan sistem cooler box yang lebih efisien dan optimal.

Karakteristik Suplai Daya 12 Volt

Karakteristik suplai daya 12 volt sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem pendingin, terutama dalam hal kestabilan tegangan, kapasitas arus, efisiensi energi, serta kemampuan menjaga performa modul Peltier selama proses operasi.

1. Tegangan Keluaran (Output Voltage)

Karakteristik utama dari sistem suplai daya 12 volt adalah tegangan keluarannya yang berada pada kisaran 12 volt DC. Tegangan ini merupakan standar yang banyak digunakan pada berbagai perangkat elektronik seperti sistem pendingin termoelektrik, kipas DC, serta perangkat otomotif. Tegangan yang stabil sangat penting untuk memastikan modul Peltier dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang direkomendasikan oleh pabrik (Rowe, 2021).

2. Kapasitas Arus (Current Capacity)

Selain tegangan, kapasitas arus juga merupakan karakteristik penting dari suplai daya. Kapasitas arus menunjukkan jumlah arus maksimum yang dapat disuplai oleh sumber daya tanpa menyebabkan kerusakan pada sistem. Dalam aplikasi pendingin berbasis modul Peltier, kebutuhan arus biasanya cukup besar karena modul Peltier membutuhkan arus listrik yang tinggi untuk menghasilkan efek pendinginan yang optimal (Liu et al., 2022). Sebagai contoh, modul Peltier tipe TEC1-12715 memiliki arus maksimum sekitar 15 ampere. Oleh karena itu penggunaan suplai daya 12 volt 20 ampere dianggap cukup untuk mengoperasikan dua modul Peltier sekaligus serta komponen tambahan seperti kipas pendingin.

3. Stabilitas Tegangan

Stabilitas tegangan merupakan kemampuan sumber daya dalam mempertahankan tegangan keluaran agar tetap konstan meskipun terjadi perubahan beban pada sistem. Stabilitas ini sangat penting pada sistem pendingin berbasis modul Peltier karena fluktuasi tegangan dapat menyebabkan kinerja pendinginan menjadi tidak stabil dan menurunkan efisiensi sistem (Zhao & Tan, 2021). Salah satu jenis suplai daya yang banyak digunakan adalah Switching Mode Power Supply (SMPS) karena memiliki tingkat efisiensi yang tinggi serta mampu menghasilkan tegangan yang lebih stabil dibandingkan dengan power supply linear.

4. Efisiensi Energi

Efisiensi energi pada sistem suplai daya menunjukkan seberapa besar energi listrik yang dapat dimanfaatkan oleh sistem dibandingkan dengan energi yang hilang dalam bentuk panas. Suplai daya yang memiliki efisiensi tinggi akan mengurangi kehilangan energi sehingga sistem pendingin dapat bekerja lebih efektif dan hemat energi (Rowe, 2021). Pada umumnya, suplai daya berbasis SMPS memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis power supply konvensional, sehingga lebih cocok digunakan pada sistem pendingin portable berbasis modul Peltier.

5. Sistem Proteksi

Karakteristik lain dari suplai daya 12 volt adalah adanya sistem proteksi yang berfungsi untuk melindungi rangkaian dari kerusakan akibat gangguan listrik (Liu et al., 2022).

6. Keandalan dan Umur Pakai

Suplai daya 12 volt yang baik harus memiliki tingkat keandalan yang tinggi serta mampu bekerja dalam waktu yang lama tanpa mengalami penurunan performa. Kualitas komponen internal seperti transformator, kapasitor, dan regulator tegangan sangat mempengaruhi umur pakai power supply. Oleh karena itu pemilihan suplai daya yang sesuai dengan spesifikasi sistem sangat penting dalam perancangan cooler box portable berbasis modul Peltier.

Kebutuhan Arus pada Modul Peltier

Modul Peltier merupakan perangkat termoelektrik yang bekerja berdasarkan efek Peltier, yaitu fenomena perpindahan panas yang terjadi ketika arus listrik searah (DC) dialirkan melalui pasangan semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Arus listrik yang mengalir melalui modul Peltier menyebabkan satu sisi modul menyerap panas (sisi dingin) dan sisi lainnya melepaskan panas (sisi panas). Oleh karena itu, kebutuhan arus listrik merupakan salah satu parameter penting yang menentukan kinerja pendinginan

modul Peltier (Rowe, 2021). Besarnya arus listrik yang diperlukan oleh modul Peltier bergantung pada spesifikasi modul yang digunakan. Modul Peltier tipe *TEC1-12715* memiliki arus maksimum sekitar 15 ampere pada tegangan operasi sekitar 12 volt DC. Ketika arus listrik dialirkan melalui modul tersebut, terjadi perpindahan panas dari sisi dingin menuju sisi panas sehingga menghasilkan efek pendinginan yang dapat dimanfaatkan pada berbagai aplikasi seperti mini refrigerator, pendingin elektronik, dan cooler box portable (Liu *et al.*, 2022).

Jenis Power Supply yang Digunakan

Dalam sistem pendingin berbasis modul Peltier, power supply berperan penting sebagai sumber energi listrik yang menggerakkan proses perpindahan panas pada modul termoelektrik. Modul Peltier membutuhkan sumber listrik arus searah (*Direct Current / DC*) dengan tegangan yang stabil agar dapat bekerja secara optimal (Zhao & Tan, 2021).

Gambar 2



Pada penelitian rancang bangun *cooler box portable* menggunakan modul Peltier *TEC1-12715*, jenis power supply yang digunakan adalah *Switching Mode Power Supply (SMPS)* 12 Volt 20 Ampere. Jenis power supply ini banyak digunakan pada sistem elektronik karena memiliki efisiensi yang tinggi, ukuran yang relatif kecil, serta mampu menghasilkan tegangan yang stabil (Rowe, 2021).

Switching Mode Power Supply (SMPS)

Merupakan jenis catu daya yang bekerja dengan prinsip switching elektronik menggunakan transistor atau MOSFET untuk mengubah tegangan listrik dari AC menjadi DC dengan efisiensi tinggi. Berbeda dengan power supply linear, SMPS menggunakan frekuensi switching yang tinggi sehingga ukuran transformator dapat dibuat lebih kecil dan ringan. sistem cooler box berbasis modul Peltier, penggunaan SMPS sangat menguntungkan karena mampu menyediakan arus listrik yang cukup besar dengan efisiensi yang lebih baik. Selain itu SMPS juga mampu mempertahankan tegangan keluaran tetap stabil meskipun terjadi perubahan beban pada sistem (Liu *et al.*, 2022).

Spesifikasi Power Supply 12 Volt 20 Ampere

Power supply yang digunakan dalam penelitian ini memiliki beberapa spesifikasi utama sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Supply Daya 12 Volt 20 Ampere

Parameter	Spesifikasi
Tegangan input	220 V AC
Tegangan output	12 V DC
Arus maksimum	20 A
Daya maksimum	240 Watt
Jenis	<i>Switching Mode Power Supply (SMPS)</i>
Sistem pendingin	Cooling fan internal

Dengan tegangan keluaran sebesar 12 volt dan arus maksimum 20 ampere, power supply ini mampu menyediakan daya listrik yang cukup untuk mengoperasikan dua modul Peltier *TEC1-12715* serta beberapa komponen tambahan seperti kipas pendingin dan sistem kontrol suhu.

Keunggulan Penggunaan SMPS

Penggunaan SMPS dalam sistem pendingin termoelektrik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan jenis power supply lainnya, antara lain:

1. Efisiensi tinggi, biasanya mencapai 80–90%.
2. Ukuran lebih kecil dan ringan dibandingkan power supply linear.
3. Stabilitas tegangan yang baik, sehingga cocok untuk perangkat elektronik sensitif seperti modul Peltier.
4. Mampu menghasilkan arus besar untuk kebutuhan sistem pendingin termoelektrik.
5. Dilengkapi sistem proteksi, seperti over-current protection dan short-circuit protection.

Keunggulan tersebut menjadikan SMPS sebagai salah satu sumber daya yang paling banyak digunakan pada sistem pendingin portable berbasis termoelektrik (Zhao & Tan, 2021).

Peran Power Supply dalam Sistem Cooler Box Peltier

Dalam sistem cooler box portable berbasis modul Peltier, power supply berfungsi sebagai sumber energi listrik yang memungkinkan modul Peltier menghasilkan efek pendinginan. Energi listrik yang disuplai oleh power supply akan mengalir melalui pasangan semikonduktor tipe-p dan tipe-n pada modul Peltier sehingga terjadi perpindahan panas dari sisi dingin menuju sisi panas. penggunaan power supply 12 volt 20 ampere, sistem pendingin dapat beroperasi secara stabil dan mampu menyediakan daya listrik yang cukup untuk menghasilkan proses pendinginan yang optimal pada ruang cooler box.

Hubungan Suplai Daya dengan Kinerja Pendinginan

Suplai daya merupakan komponen utama dalam sistem pendingin berbasis modul Peltier karena berfungsi sebagai sumber energi listrik yang menggerakkan proses perpindahan panas pada elemen termoelektrik. Modul Peltier bekerja dengan memanfaatkan efek Peltier, yaitu fenomena perpindahan panas yang terjadi ketika arus listrik searah (*Direct Current / DC*) dialirkan melalui pasangan semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Oleh karena itu, besarnya tegangan dan arus yang diberikan oleh suplai daya sangat mempengaruhi kemampuan modul Peltier dalam menghasilkan efek pendinginan (Rowe, 2021). Kinerja pendinginan pada modul Peltier sangat dipengaruhi oleh besarnya daya listrik yang disuplai ke modul tersebut. Daya listrik yang diberikan menentukan jumlah energi yang tersedia untuk memindahkan panas dari sisi dingin ke sisi panas modul. Semakin besar daya listrik yang diberikan, maka semakin besar pula kapasitas pendinginan yang dapat dihasilkan oleh modul Peltier. Namun demikian, peningkatan daya listrik juga akan meningkatkan panas yang dihasilkan pada sisi panas modul sehingga diperlukan sistem pembuangan panas yang efektif seperti penggunaan heatsink dan kipas pendingin (Zhao & Tan, 2021). Hubungan antara tegangan, arus, dan daya listrik dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$P = V \times I$$

Dalam penelitian ini digunakan suplai daya 12 volt 20 ampere, sehingga daya maksimum yang dapat dihasilkan adalah sekitar 240 watt. Daya tersebut cukup untuk mengoperasikan dua modul Peltier TEC1-12715 serta beberapa komponen tambahan seperti kipas pendingin (Liu *et al.*, 2022).

Peran Suplai Daya dalam Sistem Cooler Box Portable

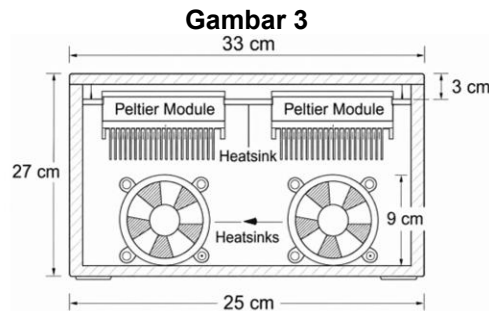
Suplai daya merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pendingin berbasis modul termoelektrik. Pada sistem cooler box portable yang menggunakan modul Peltier, suplai daya berfungsi sebagai sumber energi listrik yang menggerakkan proses perpindahan panas pada modul termoelektrik. Modul Peltier bekerja berdasarkan efek Peltier, yaitu fenomena perpindahan panas yang terjadi ketika arus listrik searah (*Direct Current / DC*) dialirkan melalui pasangan semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Oleh karena itu, keberadaan suplai daya yang mampu menyediakan tegangan dan arus listrik yang stabil sangat penting untuk memastikan modul Peltier dapat bekerja secara optimal (Rowe, 2021).

Dalam sistem cooler box portable, suplai daya berperan dalam menyediakan energi listrik yang diperlukan oleh modul Peltier untuk memindahkan panas dari ruang pendingin menuju lingkungan luar. Ketika modul Peltier dialiri arus listrik dari sumber daya, salah satu sisi modul akan menyerap panas dari dalam kotak pendingin (sisi dingin), sedangkan sisi lainnya akan melepaskan panas ke lingkungan melalui heatsink dan kipas pendingin (sisi panas). Proses ini memungkinkan temperatur di dalam cooler box menjadi lebih rendah dibandingkan dengan temperatur lingkungan sekitarnya (Zhao & Tan, 2021).

Selain memberikan energi listrik pada modul Peltier, suplai daya juga berfungsi untuk mengoperasikan komponen pendukung lain dalam sistem cooler box, seperti kipas pendingin (*cooling fan*), sistem kontrol suhu, serta komponen elektronik lainnya. Kipas pendingin berperan penting dalam membantu proses pelepasan panas pada sisi panas modul Peltier sehingga efisiensi sistem pendingin dapat meningkat. Tanpa adanya sistem pembuangan panas yang baik, panas yang terakumulasi pada sisi panas modul dapat mengurangi kemampuan pendinginan pada sisi dingin (Liu *et al.*, 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Unihaz. Rancangan bangun Cooler Box Portebel dan Alat dan Bahan Yang Digunakan Untuk Pembuatan Alat Cooler Box portebel.



Rancangan alat ini dibuat dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, efisiensi, dan ketahanan komponen. Desain utama mencakup:

Cooler Box (Kotak Pendingin)

Ruang penyimpanan Cooler box berfungsi sebagai utama yang akan didinginkan oleh sistem termoelektrik. Box dibuat dari bahan yang memiliki kemampuan isolasi panas yang baik seperti styrofoam atau polyurethane foam sehingga mampu menjaga suhu di dalam box tetap rendah.

Modul Peltier TEC1-12715

Modul Peltier merupakan komponen utama yang berfungsi menghasilkan efek pendinginan melalui perpindahan panas akibat aliran arus listrik. Pada penelitian ini digunakan dua modul Peltier TEC1-12715 untuk meningkatkan kapasitas pendinginan cooler box. Spesifikasi umum modul Peltier TEC1-12715:

- Tegangan kerja : 12 Volt
- Arus maksimum : 15 Ampere
- Daya maksimum : 180 Watt
- Sel termoelektrik : 127 pasangan semikonduktor

Heatsink Aluminium

Heatsink digunakan untuk menyerap dan membuang panas dari sisi panas modul Peltier. Tanpa heatsink yang baik, panas akan menumpuk pada modul sehingga mengurangi performa pendinginan.

Kipas Pendingin (Cooling Fan)

1. Kipas pendingin berfungsi untuk membantu proses pembuangan panas dari heatsink sehingga panas dapat dilepaskan lebih cepat ke udara sekitar
2. Power Supply 12 Volt 20 Ampere
Power supply berfungsi sebagai sumber energi listrik utama yang digunakan untuk mengoperasikan modul Peltier dan kipas pendingin.
3. Thermo Digital (Digital Thermometer)
Thermo digital digunakan untuk mengukur temperatur di dalam cooler box selama proses pendinginan berlangsung. Sensor suhu ditempatkan di dalam ruang pendingin untuk memperoleh data temperatur secara akurat
4. Thermal Paste
Thermal paste digunakan untuk meningkatkan konduktivitas panas antara modul Peltier dengan heatsink agar perpindahan panas menjadi lebih efektif.
5. Kabel Listrik
Kabel listrik digunakan sebagai penghubung antara power supply, modul Peltier, kipas pendingin, dan komponen kelistrikan lainnya.
6. Baut dan Dudukan Komponen

Baut dan kedudukan komponen digunakan untuk memasang modul Peltier, heatsink, kipas, dan komponen lainnya pada cooler box agar posisi komponen tetap stabil selama alat beroperasi.

7. Watt Meter

Watt meter digital berfungsi untuk mengukur daya listrik (watt) secara akurat, real-time, dan mendetail pada beban AC maupun DC, dengan hasil yang ditampilkan langsung pada layar LCD

Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja pendinginan cooler box portable yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dalam dua tahap yaitu pengujian statis tanpa beban dan pengujian dinamis dengan beban air. Data yang diamati pada pengujian ini meliputi temperatur ruang pendingin, waktu pendinginan, dan perubahan suhu selama proses pengujian.

Uji statis

Uji statis tanpa beban bertujuan untuk mengetahui kemampuan dasar sistem pendingin dalam menurunkan suhu ruang cooler box tanpa adanya beban pendinginan. Pengujian ini dilakukan dengan mengoperasikan alat tanpa memasukkan objek ke dalam cooler box.

Prosedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian statis tanpa beban adalah sebagai berikut:

1. Pastikan seluruh komponen alat telah terpasang dengan baik.
2. Hubungkan sistem pendingin dengan power supply 12 Volt 20 Ampere.
3. Letakkan sensor thermo digital di dalam ruang pendingin.
4. Catat suhu awal di dalam cooler box sebelum alat dihidupkan.
5. Nyalakan sistem pendingin dengan mengaktifkan saklar.
6. Amati perubahan temperatur di dalam cooler box setiap 2 menit.
7. Catat temperatur hingga waktu pengujian mencapai 60 menit.
8. Data temperatur kemudian dianalisis untuk mengetahui penurunan suhu yang dihasilkan oleh sistem pendingin.

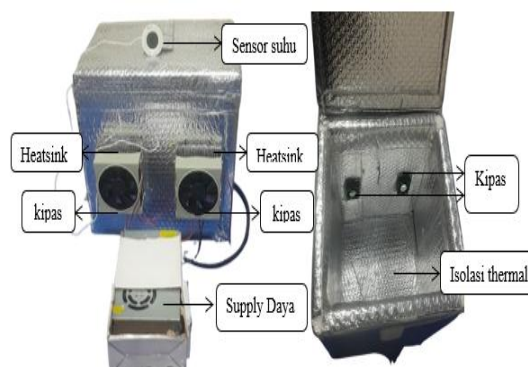
Uji Dinamis

Uji dinamis bertujuan untuk mengetahui kinerja pendinginan cooler box ketika diberikan beban pendinginan, yaitu air sebanyak 600 ml. Pengujian ini dilakukan untuk mensimulasikan kondisi penggunaan nyata seperti pendinginan minuman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan coolerbox

Gambar 4



Spesifikasi cooler box

Ukuran cooler box yang digunakan yaitu:

Panjang	: 33 Cm
Lebar	: 25 Cm
Tinggi	: 27 Cm
Tebal isolasi	: 3 Cm

Volume ruang pendingin: 22 Liter
Spesifikasi umum modul Peltier TEC1-12715:
Tegangan kerja : 12 Volt
Arus maksimum : 15 Ampere
Daya maksimum : 180 Watt
Sel termoelektrik : 127 pasangan semikonduktor

Kipas Pendingin (Cooling Fan) Spesifikasi kipas yang digunakan
Tegangan : 12 Volt
Diameter : 9 cm
Jenis : DC Brushless Fan

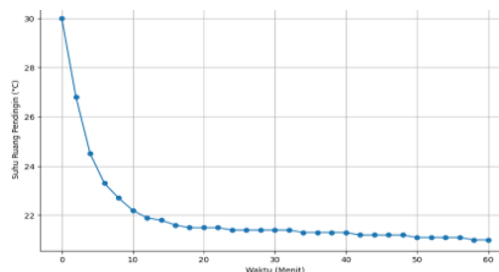
Heatsink Aluminium Spesifikasi yang digunakan :
Panjang : 9,8 Cm
Lebar : 9,8 Cm
Tinggi : 2.5 Cm

Spesifikasi power supply:
Tegangan output : 12 Volt DC
Arus maksimum : 20 Ampere
Daya maksimum : 240 Watt

Perhitungan Kinerja Sistem Pendingin Uji Statis

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui daya listrik yang digunakan, kapasitas pendinginan, serta nilai. Hasil Nilai COP cooler box portable pada pengujian statis adalah: $COP = 0,005$. Berdasarkan perhitungan di atas cooler box portable berbasis modul Peltier mampu menurunkan suhu ruang pendingin dari 30°C menjadi 21°C dalam waktu 60 menit. suhu dihasilkan sebesar 9°C dengan rata-rata laju pendinginan sebesar $0,15^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. Hasil perhitungan menunjukkan nilai Coefficient of Performance (COP) sebesar 0,005. Berdasarkan hasil pengujian statis yang telah dilakukan, diperoleh data perubahan suhu ruang pendingin terhadap waktu yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini

Gambar 5 Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu



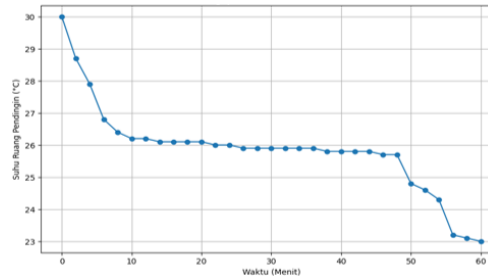
Berdasarkan Gambar grafik 4.2 hubungan waktu terhadap suhu ruang pendingin pada pengujian statis, terlihat bahwa suhu awal cooler box sebesar 30°C mengalami penurunan yang cukup signifikan pada awal pengujian hingga mencapai $22,2^{\circ}\text{C}$ pada menit ke-10. Penurunan suhu yang cepat ini terjadi karena modul Peltier bekerja menyerap panas secara maksimal saat temperatur di dalam ruang pendingin masih tinggi dan perbedaan suhu dengan lingkungan masih besar. Pada interval 0–10 menit terjadi penurunan suhu sebesar $7,8^{\circ}\text{C}$ yang menunjukkan kemampuan pendinginan sistem bekerja dengan baik pada tahap awal operasi. Setelah menit ke-10, penurunan suhu mulai melambat dan cenderung stabil, dimana suhu berada pada kisaran $21,5^{\circ}\text{C}$ hingga $21,0^{\circ}\text{C}$ sampai menit ke-60. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pendingin telah mencapai kestabilan kerja sehingga perubahan suhu yang terjadi relatif kecil. Secara keseluruhan, hasil pengujian statis menunjukkan bahwa cooler box berbasis modul Peltier mampu menurunkan dan mempertahankan suhu ruang pendingin secara stabil selama proses pengujian berlangsung.

Uji Dinamis

Hasil Nilai COP pada pengujian dinamis sebesar: 0,052. Berdasarkan perhitungan di atas mampu menurunkan suhu air dari 30°C menjadi 23°C selama 60 menit pengujian. Suhu dihasilkan sebesar 6°C

dengan rata-rata laju pendinginan sebesar $0,1^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. Dari hasil perhitungan diperoleh kalor yang diserap sistem sebesar 45208,8 Joule dengan laju perpindahan panas sebesar 12,56 Watt, dan nilai Coefficient of Performance (COP) sebesar 0,052. Berdasarkan hasil pengujian Dinamis yang telah dilakukan, diperoleh data perubahan suhu ruang pendingin terhadap waktu yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini.

Gambar 6



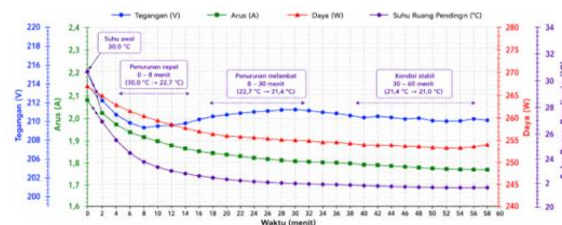
Berdasarkan Gambar 6 hubungan waktu terhadap suhu ruang pendingin pada pengujian dinamis, terlihat bahwa suhu awal cooler box sebesar 30°C dan mengalami penurunan yang cukup signifikan pada awal pengujian. Penurunan suhu tercepat terjadi pada menit ke-0 hingga menit ke-6, dimana suhu turun menjadi $26,8^{\circ}\text{C}$. Kondisi ini menunjukkan bahwa modul Peltier bekerja optimal pada saat awal sistem pendingin dioperasikan karena proses penyerapan kalor dari dalam ruang pendingin masih tinggi. Setelah menit ke-10, penurunan suhu mulai berlangsung lebih lambat dan grafik cenderung stabil pada kisaran $26,2^{\circ}\text{C}$ hingga $25,7^{\circ}\text{C}$ sampai menit ke-48. Hal ini terjadi karena suhu di dalam cooler box mulai mendekati kondisi keseimbangan sehingga laju perpindahan panas menjadi lebih kecil. Selanjutnya pada menit ke-50 hingga menit ke-60 suhu kembali mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai suhu terendah sebesar 23°C . Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin mampu menurunkan suhu ruang pendingin sebesar 7°C dari suhu awal serta menjaga kestabilan suhu selama proses pengujian dinamis berlangsung.

Data Tegangan dan Arus dan Suhu Saat Pengujian Uji statis

Hasil Rata-rata daya listrik selama pengujian statis adalah: 248,74 Watt. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata data listrik selama pengujian statis diperoleh nilai rata-rata tegangan sebesar 212,77 Volt, rata-rata arus sebesar 2,008 Ampere, dan rata-rata daya listrik sebesar 248,74 Watt. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem pendingin berbasis modul Peltier bekerja dengan kondisi kelistrikan yang relatif stabil selama proses pengujian berlangsung. Nilai daya listrik yang cukup konstan menandakan bahwa suplai listrik mampu mendukung kinerja modul Peltier dan kipas pendingin secara optimal, sehingga proses pendinginan pada cooler box dapat berlangsung dengan baik dan stabil selama pengoperasian alat.

Berdasarkan hasil pengujian Perhitungan Data Tegangan dan Arus Saat Pengujian statis disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini.

Gambar 7



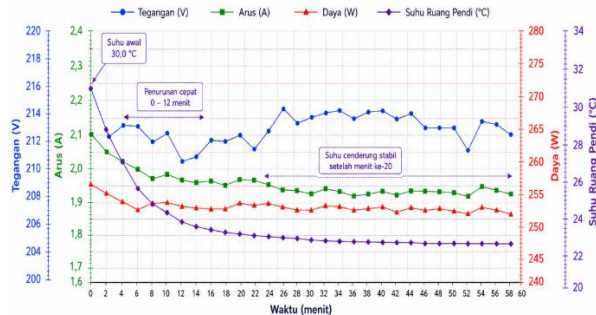
Berdasarkan Gambar 7 pengukuran uji statis, proses pendinginan ruang pendingin menunjukkan penurunan suhu yang cukup signifikan pada awal pengujian kemudian melambat dan akhirnya mencapai kondisi stabil. Suhu awal sebesar 30°C pada menit ke-0 turun dengan cepat menjadi $22,7^{\circ}\text{C}$ pada menit ke-8, yang menunjukkan bahwa sistem pendingin bekerja maksimal pada tahap awal untuk menurunkan suhu ruang secara cepat. Pada fase penurunan suhu dari 30°C hingga $22,7^{\circ}\text{C}$, sistem menggunakan tegangan sebesar 214–215 V, arus sebesar 2,122–2,201 A, dan daya sebesar 257–266 W. Setelah itu, penurunan suhu berlangsung lebih lambat dari $22,7^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai $21,4^{\circ}\text{C}$ pada menit ke-30, dengan tegangan berada pada kisaran 212–216 V, arus sebesar 2,036–2,121 A, dan daya sebesar 250–266 W. Selanjutnya, mulai menit ke-30 hingga menit ke-60 suhu berada pada kondisi stabil di kisaran

21,0–21,4°C. Pada kondisi stabil tersebut, tegangan yang digunakan berada pada kisaran 209–213 V, arus sebesar 1,700–2,048 A, dan daya sebesar 254–266 W. Hal ini menunjukkan bahwa semakin mendekati kondisi suhu stabil, arus listrik yang digunakan sistem cenderung menurun, sedangkan tegangan dan daya tetap relatif stabil selama proses pengujian berlangsung.

Uji Dinamis

Berdasarkan hasil pengujian Perhitungan Data Tegangan dan Arus Saat Pengujian Dinamis yang telah dilakukan, diperoleh data perubahan suhu ruang pendingin terhadap waktu yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini.

Gambar 8 Grafik Tegangan Uji Dinamis



Berdasarkan Gambar 8 pengukuran uji dinamis, penurunan suhu ruang pendingin dari 30°C hingga mencapai 23°C menunjukkan proses pendinginan yang berlangsung secara bertahap dan relatif stabil selama 60 menit pengujian. Pada tahap awal, suhu mengalami penurunan cukup cepat dari 30°C pada menit ke-0 menjadi sekitar 26,4°C pada menit ke-8. Pada rentang suhu tersebut, sistem menggunakan tegangan sebesar 210–215 V, arus sebesar 2,058–2,201 A, dan daya sebesar 257–266 W, yang menunjukkan kebutuhan energi masih cukup tinggi untuk mempercepat proses pendinginan awal. Selanjutnya, ketika suhu mencapai sekitar 25,9°C pada menit ke-26 sampai menit ke-36, tegangan yang digunakan berada pada kisaran 212–214 V, arus sebesar 2,027–2,049 A, dan daya sebesar 250–256 W. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem mulai bekerja lebih stabil dengan penurunan arus secara bertahap akibat berkurangnya beban pendinginan. Setelah itu suhu kembali menurun perlahan hingga mencapai 23°C pada menit ke-60, dengan tegangan sebesar 211 V, arus sekitar 2,032 A, dan daya sebesar 255 W. Hal tersebut menandakan sistem pendingin telah mencapai kondisi operasi yang lebih stabil dengan konsumsi daya yang relatif konstan serta arus yang lebih rendah dibandingkan pada awal proses pendinginan.

Menganalisa sistem pendingin berdasarkan perubahan Suhu uji Statis dan uji Dinamis

Berdasarkan hasil pengujian statis dan dinamis yang telah dilakukan, sistem pendingin cooler box berbasis modul Peltier pada penelitian ini menunjukkan karakteristik konsumsi energi yang lebih stabil dibandingkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Teguh Maulana dan T. A. Rizal pada tahun 2021 dengan judul Rancang Bangun dan Evaluasi Kinerja Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik, serta penelitian “Rancang Bangun Cooler Box Portable Menggunakan Peltier” tahun 2024. Pada penelitian terdahulu, sistem pendingin menggunakan tiga modul Peltier dengan tambahan pompa dan es batu menghasilkan konsumsi energi listrik sebesar 3111,38 Wh selama 6 jam pengoperasian untuk mempertahankan suhu pada kisaran 5°C–10°C. Sementara itu, pada penelitian ini daya listrik selama pengujian berada pada kisaran 250–266 W dengan rata-rata sekitar 256 W. Jika dikonversikan selama 1 jam pengujian maka energi listrik yang digunakan berkisar sekitar 256 Wh, sehingga dalam 6 jam estimasi konsumsi energinya sekitar 1536 Wh. Nilai tersebut menunjukkan bahwa konsumsi energi pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan penelitian terdahulu sehingga dapat dikatakan sistem pendingin yang dirancang memiliki efisiensi energi yang lebih baik. Selain itu, proses penurunan suhu pada penelitian ini juga menunjukkan respons pendinginan yang cukup cepat pada fase awal, dimana pada pengujian statis suhu ruang pendingin turun dari 30°C menjadi 22,2°C hanya dalam waktu 10 menit dan mencapai suhu stabil sebesar 21°C pada menit ke-60. Sedangkan pada pengujian dinamis suhu turun dari 30°C menjadi 23°C pada menit ke-60. Hasil tersebut menunjukkan bahwa performa perpindahan panas modul Peltier dan sistem pendingin bekerja cukup optimal dalam menjaga kestabilan suhu ruang pendingin. Dengan konsumsi energi yang lebih rendah namun tetap mampu menghasilkan penurunan suhu yang stabil, penelitian ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya bahwa teknologi Thermoelectric Cooler (TEC) berbasis modul Peltier memiliki potensi yang efektif dan efisien untuk diaplikasikan pada cooler box portable.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Cooler box portable berbasis 2 modul Peltier TEC1-12715 dengan suplai daya 12 Volt 20 Ampere berhasil dirancang dan mampu bekerja dengan baik sebagai sistem pendingin termoelektrik portable. Sistem mampu menurunkan suhu ruang pendingin secara bertahap baik pada pengujian statis maupun dinamis.
2. Pada pengujian statis, suhu ruang pendingin berhasil turun dari 30°C menjadi sekitar 21°C dalam waktu 60 menit, sedangkan pada pengujian dinamis suhu turun hingga sekitar 23°C. Penurunan suhu paling signifikan terjadi pada awal pengujian, kemudian suhu cenderung stabil seiring bertambahnya waktu pengoperasian.
3. Selama proses pengujian, sistem bekerja dengan tegangan listrik pada kisaran 209–216 Volt, arus sekitar 1,7–2,2 Ampere, dan daya listrik sebesar 250–266 Watt. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem pendingin memiliki konsumsi energi yang relatif stabil dan mampu bekerja secara efektif serta ramah lingkungan tanpa menggunakan refrigeran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. (2021). Analisis sistem refrigerasi kompresi uap pada aplikasi pendingin skala kecil. *Jurnal Teknik Energi*, 10(2), 18–25.
- Gofur, M. A., Kurnianingtyas, R., Amri, F., & Aziz, R. (2025). Design of a thermoelectric cool box with electronic mobile-based temperature control and monitoring system. *Berkala Sainstek*, 13(2).
- Li, X., et al. (2021). Development of an effective thermoelectric cooler box for food storage. *Case Studies in Thermal Engineering*.
- Liu, Z., Zhang, H., & Wang, Y. (2022). Performance analysis of thermoelectric cooling systems for portable refrigeration applications. *Energy Reports*, 8, 1235–1244. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.045>
- Munawir, A., Hidayat, T., & Kurniawan, D. (2021). Design of thermoelectric cooler box using Peltier module for small-scale refrigeration. *Journal of Mechanical Engineering Research*, 9(2), 45–52.
- Munawir, M., Sasongko, M. N., & Hamidi, N. (2021). Kinerja thermoelectric pada kotak pendingin berdasarkan rangkaian thermoelectric dan putaran fan wind tunnel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(1).
- Pratiwi, C. Z., Mawardi, I., & Tamami, F. H. (2023). Performance of cool box based on thermoelectric cooler (TEC) using circulation of heat dissipation. *Zona Laut: Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Kelautan*, 4(3), 233–239.
- Pratiwi, R., Santoso, B., & Hidayat, N. (2023). Development of portable cooler box based on thermoelectric cooling system. *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, 11(4), 55–61.
- Putra, A. (2020). Perancangan sistem pendingin portable untuk penyimpanan makanan dan minuman. *Jurnal Teknologi Mesin*, 8(1), 12–20.
- Rahman, M., Sari, D., & Hidayat, R. (2022). Performance analysis of thermoelectric cooler using TEC1-12715 module. *International Journal of Mechanical Engineering Research*, 11(3), 45–52.
- Rowe, D. M. (2018). *Thermoelectrics handbook: Macro to nano*. Boca Raton: CRC Press.
- Rowe, D. M. (2021). *Thermoelectrics handbook: Macro to nano*. CRC Press.
- Simanjuntak, R. C. D., Alia, D., Nurdiansari, H., & Kusumawati, E. (2024). Rancang bangun cooler box portable menggunakan peltier. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 3(4).
- Snyder, G. J., & Toberer, E. S. (2020). Complex thermoelectric materials. *Nature Materials*, 19(10), 105–114. <https://doi.org/10.1038/s41563-020-0691-0>
- Sormin, E., Hutabarat, P., & Simanjuntak, R. (2023). Performance analysis of thermoelectric cooler box using Peltier TEC modules. *Journal of Energy Engineering*, 12(2), 65–72.
- Sormin, I. A., Gunadnya, I. B. P., & Aviantara, I. G. N. A. (2023). Kinerja kotak pendingin (cooler box) berpendingin TEC1-12715 pada beberapa beban pendinginan. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*.
- Sutina, D., Prakoso, A., & Widodo, S. (2025). Improvement of thermoelectric cooling performance using enhanced heat dissipation system. *International Journal of Thermal Sciences*, 180, 107–116.
- Sutina, I. W., Winarta, A., & Saputra, I. N. A. A. (2025). Performance analysis of thermoelectric cooler box with water cooling block and heat sink fan. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 25(2).

- Zakaria, L. F., Mudin, H., & Nor, F. M. (2021). Modified thermoelectric cooler using rechargeable battery and solar panel. *Journal of Applied Science, Engineering and Technology*.
- Zhao, D., & Tan, G. (2021). A review of thermoelectric cooling: Materials, modeling and applications. *Applied Energy*, 280, 115840. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115840>