

Pengaruh Variasi Jumlah Dan Konfigurasi Rangkaian Kelistrikan Peltier Pada Modul Termoelektrik Terhadap Performansi *Cooling Box*

Putu Gede Widhi Mahendra^a, Gede Widayana^a, I Gede Wiratmaja^{a*}

^a Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Undiksha, Jln Udayana No.11 Singaraja, Bali. 81116, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 22 September 2025

Diterima setelah direvisi 25 Oktober 2025

Disetujui 26 Oktober 2025

Kata kunci:

Konsumsi Daya Listrik

Capaian Suhu Terendah

Rangkaian Kelistrikan

Abstract- This study aims to analyze the effect of variations in the number and circuit configuration of Peltier modules in a thermoelectric cooling (TEC) system on the performance of a cooling box. The research was conducted experimentally using two to four TEC1-12706 Peltier modules arranged in series and parallel electrical configurations. The observed variables included electrical power consumption and the lowest attainable temperature. The results show that the series configuration consumed higher electrical power compared to the parallel configuration, with a 24.2% increase in power consumption when using four Peltier modules. The lowest temperature achieved in the series configuration was recorded to be 9.71% lower than that of the parallel configuration. The findings also indicate that increasing the number of Peltier modules enhances the overall heat transfer capacity. Overall, the series configuration is considered more optimal, as it enables the cooling box to reach a lower cabin temperature despite requiring higher power consumption.

Intisari- Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah dan konfigurasi rangkaian Peltier pada sistem pendingin termoelektrik (*Thermoelectric Cooling/TEC*) terhadap performansi *cooling box*. Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan modul Peltier tipe TEC1-12706 sebanyak dua hingga empat buah, yang disusun dalam konfigurasi kelistrikan seri dan paralel. Variabel yang diamati meliputi konsumsi daya listrik dan capaian suhu terendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi rangkaian kelistrikan seri menghasilkan konsumsi daya listrik lebih tinggi dibandingkan rangkaian kelistrikan paralel dengan selisih persentase peningkatan konsumsi daya listrik sebesar 24,2% pada penggunaan 4 buah peltier. Capaian suhu terendah konfigurasi rangkaian kelistrikan seri tercatat 9,71% lebih rendah dibandingkan konfigurasi rangkaian kelistrikan paralel. Dari hasil penelitian dapat dilihat juga bahwa semakin banyak jumlah peltier yang digunakan mengakibatkan semakin besar kapasitas perpindahan panas yang terjadi. Secara keseluruhan, konfigurasi rangkaian kelistrikan seri dinilai lebih optimal karena mampu mencapai temperatur kabin terendah meskipun memerlukan konsumsi daya listrik yang lebih tinggi.

1. Pendahuluan

Teknologi pendinginan memainkan peran penting dalam berbagai bidang, termasuk penyimpanan makanan, farmasi, industri elektronik, dan sistem transportasi. Dalam industri pangan, sistem pendinginan digunakan untuk memperlambat pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang masa simpan bahan makanan [1], sehingga kualitas dan kesegarannya tetap terjaga. Dalam dunia farmasi, teknologi pendinginan menjadi krusial untuk penyimpanan vaksin, obat-obatan, dan bahan kimia yang sensitif terhadap suhu [2]. Sementara itu, di industri elektronik, sistem pendinginan berperan dalam menjaga stabilitas suhu komponen, seperti prosesor komputer dan perangkat telekomunikasi, guna menghindari *overheating* yang dapat menurunkan kinerja atau bahkan merusak perangkat tersebut. Pada beberapa aplikasi, seperti pendinginan presisi dalam industri elektronik dan farmasi, teknologi *Thermoelectric Cooling* (TEC) sering digunakan karena struktur yang kecil dan praktis. Selain itu,

TEC tidak memerlukan refrigeran, sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan sistem pendinginan berbasis kompresi uap [3].

Dalam bidang teknik, TEC (*Thermoelectric Cooling*) digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pendinginan perangkat elektronik, termasuk CPU komputer, modul komunikasi, dan sensor suhu. Selain itu, teknologi ini juga diterapkan dalam lemari pendingin portabel, sistem pendingin kendaraan listrik, serta perangkat medis seperti pendingin vaksin dan alat laboratorium yang memerlukan kontrol suhu presisi.

Salah satu inovasi dalam sistem pendinginan yang semakin berkembang adalah TEC, yang bekerja berdasarkan efek termoelektrik peltier. Efek ini memungkinkan perpindahan panas dari satu sisi ke sisi lainnya ketika dialiri arus listrik, menghasilkan satu sisi yang menjadi dingin dan sisi lainnya yang menjadi panas. Teknologi ini memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan sistem pendinginan berbasis kompresi uap, seperti desain yang lebih sederhana, ukuran yang lebih ringkas, tidak menimbulkan kebisingan dan getaran, dapat diintegrasikan

* Corresponding Author:

E-mail: wiratmaja@undiksha.ac.id (I Gede Wiratmaja)

dengan sumber energi terbarukan, seperti panel surya, serta tidak memerlukan refrigeran berbasis gas seperti freon, yang berpotensi merusak lapisan ozon dan berkontribusi terhadap pemanasan global [4]. Selain itu, sistem TEC memiliki respons yang lebih cepat terhadap perubahan daya input serta lebih mudah diintegrasikan ke dalam perangkat elektronik skala kecil atau portabel.

Namun, meskipun memiliki beberapa keunggulan dalam aspek desain dan lingkungan, TEC masih menghadapi tantangan dalam efisiensi termalnya. Salah satu kelemahan utama sistem ini adalah efisiensi termalnya yang masih rendah dibandingkan dengan sistem pendinginan berbasis kompresi uap. Efisiensi pendinginan dalam TEC diukur menggunakan *Coefficient of Performance* (COP), yang umumnya lebih rendah daripada sistem berbasis refrigerasi kompresi uap. Selain itu, konsumsi daya listrik TEC masih cukup tinggi jika dibandingkan dengan jumlah panas yang dapat dipindahkan, terutama jika diaplikasikan pada kebutuhan pendinginan dengan skala besar. Oleh karena itu, berbagai penelitian harus terus dilakukan untuk mengoptimalkan performansi TEC, termasuk melalui pengembangan material termoelektrik dengan konduktivitas termal rendah dan efisiensi tinggi, serta inovasi dalam konfigurasi rangkaian kelistrikan TEC yang lebih efektif dan efisien.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan dalam usaha mengkaji berbagai faktor yang mempengaruhi performa *cooling box* berbasis TEC (*Thermoelectric Cooling*). Untuk meningkatkan efisiensi sistem, berbagai konfigurasi rangkaian telah diuji untuk menemukan kombinasi terbaik dalam hal daya pendinginan dan konsumsi energi. Penelitian yang dilakukan oleh (Prasetyo dkk., 2022) menemukan bahwa konfigurasi TEC secara paralel menghasilkan kapasitas pendinginan tertinggi sebesar 66,62 W, sementara konfigurasi TEC secara seri memiliki beda suhu tertinggi sebesar 11,03 K [5]. Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan konfigurasi rangkaian sangat berpengaruh terhadap performa sistem TEC. Selanjutnya, penelitian dari (Firmansyah dkk., 2024) menunjukkan bahwa konfigurasi paralel memberikan efisiensi pendinginan tertinggi sebesar 25,84% pada daya input 20 W, dibandingkan konfigurasi seri yang hanya mencapai 13,48% [6]. Berikutnya adalah, penelitian oleh (Alfalah, 2023) menemukan bahwa jumlah TEC yang digunakan juga memengaruhi performa pendinginan secara signifikan. Pada penggunaan 4 TEC, suhu dalam *cooling box* dapat mencapai 17,6°C dengan arus 5,98 A dan tegangan 11,99 V, menunjukkan performa terbaik dibandingkan jumlah TEC yang lebih sedikit [7].

Selain konfigurasi dan jumlah TEC, strategi lain untuk meningkatkan performa sistem juga telah diteliti oleh peneliti sebelumnya. Dari penelitian (Yudiyanto dkk., 2020) yang meneliti pemanfaatan radiator sebagai sistem pendingin tambahan pada *cooler box* berbasis TEC, yang mampu menurunkan suhu hingga -3°C hingga -4°C dengan efisiensi perpindahan panas yang lebih baik [8]. Penelitian lain oleh (Kuswanto & Triyanto, 2024) menunjukkan bahwa meskipun peningkatan jumlah TEC dapat meningkatkan daya pendinginan, hal ini juga berdampak pada konsumsi daya listrik yang lebih besar. Dalam percobaan mereka, sistem dengan 8 TEC mampu mencapai suhu -4,5°C tetapi mengonsumsi arus 27 A, sementara konfigurasi dengan 4 TEC hanya mampu mencapai suhu 10°C dengan konsumsi arus lebih rendah, yaitu 13 A. Hasil ini menegaskan perlunya optimasi dalam pemilihan jumlah TEC untuk mendapatkan keseimbangan antara performa pendinginan dan efisiensi energi [9].

Penelitian yang dilakukan oleh (Fikri, 2022) menguji sistem pendingin berbasis TEC1-12706 untuk penyimpanan buah dan sayur, dengan dua konfigurasi rangkaian kelistrikan yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi 2 seri 3 paralel memberikan efisiensi terbaik sebesar 16,70% dengan suhu terendah 21,5°C, lebih unggul dibandingkan konfigurasi 3 seri 2 paralel yang hanya mencapai efisiensi 8,09% [10]. Sementara itu, (Haryanti dkk., 2022) mengembangkan *cooler box* mini berbasis TEC, yang mampu mencapai suhu 6,5°C dalam waktu 15 menit tanpa media tambahan, dan 9,5°C dalam waktu 30 menit dengan botol air kemasan 300 ml. Studi ini mengonfirmasi bahwa meskipun sistem TEC mampu menurunkan suhu dalam waktu yang relatif singkat, peningkatan efisiensinya masih memerlukan desain tambahan, seperti sistem insulasi dan pengelolaan panas yang lebih baik [11].

Dari uraian penelitian terdahulu yang sudah dijabarkan diatas, masih terdapat kesenjangan penelitian yang dalam hal ini belum ada penelitian yang secara spesifik memberikan variasi kombinasi terbaik antara variasi jumlah peltier dan konfigurasi rangkaian kelistrikan seri dan paralel dalam penyusunan peltier yang mampu menghasilkan temperatur pendinginan ruangan yang maksimal dengan konsumsi daya listrik yang optimal. Oleh karena itu, peneliti berpandangan perlu dilakukan penelitian lanjutan guna menganalisis pengaruh dari variasi jumlah peltier dan konfigurasi rangkaian kelistrikan terhadap performansi *cooling box* dengan sistem refrigerasi termoelektrik. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan memberikan rekomendasi kombinasi variasi jumlah peltier dan konfigurasi rangkaian kelistrikan yang tepat demi menghasilkan performansi *cooling box* berbasis TEC yang maksimal.

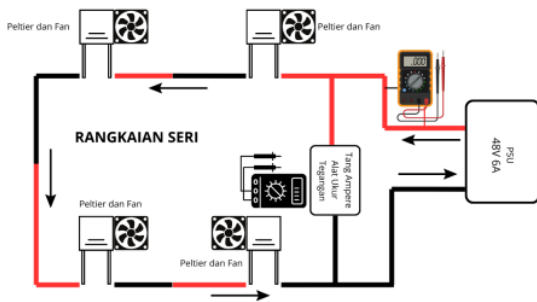
2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di laboratorium pendingin Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Undiksha dengan metode eksperimen menggunakan *cooling box styrofoam* berbasis TEC dengan dimensi 34 cm × 25 cm × 30 cm serta konfigurasi rangkaian kelistrikan seri dan paralel. Posisi pemasangan modul peltier dilakukan sisi kanan, sisi kiri, sisi belakang, sisi depan *box styrofoam* yang masing – masing dilengkapi dengan *heatsink* dan *fan* yang berfungsi untuk mempercepat proses perpindahan panas. Penelitian dilakukan dengan cara menguji pengaruh variasi jumlah peltier dan konfigurasi rangkaian kelistrikan terhadap performansi *cooling box* yang dalam hal ini konsumsi daya listrik dan capaian temperatur terendah kabin.

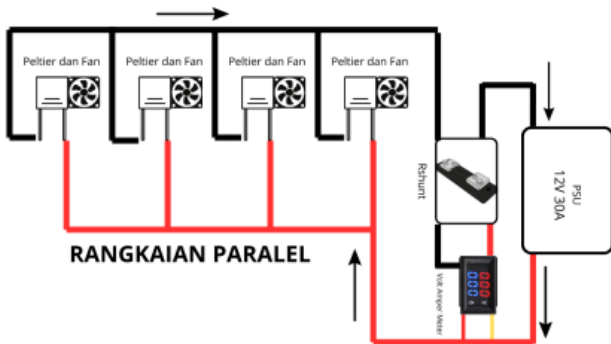


Gambar 1. *Cooling Box* Berbasis TEC

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu peltier TEC1-12706, *heatsink*, *fan*, *power supply*, *avometer*, tang ampere DC, *stopwatch*, *styrofoam*, serta sensor suhu digital untuk mengukur perubahan suhu selama pengujian. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan tegangan input 12 volt DC dan jumlah peltier yang divariasikan dari 2 hingga 4 buah. Setiap konfigurasi diuji selama 30 menit dengan selang waktu pengambilan data setiap 10 menit sekali untuk mengukur konsumsi daya listrik, dan capaian suhu terendah. Teknik analisa data yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan secara sistematis hasil dari perlakuan atau eksperimen yang dilakukan pada objek penelitian [12]. Metode ini tidak hanya melibatkan pengamatan, tetapi juga penerapan langsung variabel bebas dalam kondisi nyata, kemudian mencatat dan menggambarkan efeknya terhadap variabel terikat tanpa melakukan pengujian hipotesis secara mendalam.



Gambar 2. Rangkaian Kelistrikan Seri Menggunakan 4 Buah Peltier



Gambar 3. Rangkaian Kelistrikan Paralel Menggunakan 4 Buah Peltier

Dalam konteks penelitian ini, variabel bebas berupa jumlah modul peltier dan konfigurasi rangkaian kelistrikan yang digunakan dan diuji melalui serangkaian eksperimen untuk mengamati bagaimana variasi tersebut mempengaruhi performa *cooling box* yang meliputi konsumsi daya listrik, dan capaian suhu terendah kabin. Data yang diperoleh dari setiap kombinasi perlakuan akan disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan diberikan deskripsi naratif guna memberikan gambaran yang utuh dan holistik terkait karakteristik dan kecenderungan performansi sistem.

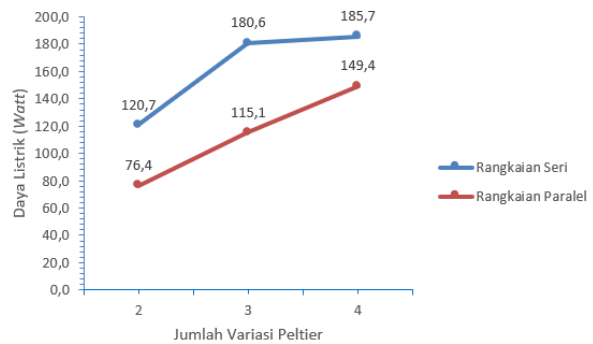
Proses pengambilan data dalam penelitian ini menggunakan berbagai alat bantu pendukung yang meliputi tang ampere, sensor suhu digital, multimeter, voltampere meter. Proses pengumpulan data dilakukan melalui proses observasi langsung dan dokumentasi selama proses pengujian berlangsung. Pengulangan pengambilan data penelitian dilakukan sebanyak

10 kali dan dirata-ratakan. Seluruh data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisis menggunakan Microsoft Excel. Dalam penelitian ini analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif yang dilakukan dengan cara membandingkan perubahan suhu di dalam *cooling box* selama pengujian pada setiap konfigurasi dalam usaha menarik kesimpulan terkait bagaimana pengaruh variasi jumlah dan konfigurasi susunan rangkaian kelistrikan peltier terhadap performansi *cooling box*.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Rata-rata Konsumsi Daya Listrik Dengan Variasi Jumlah Peltier

Variasi Jumlah Peltier	Rata-rata Konsumsi Daya Listrik (Watt)	
	Seri	Paralel
2	120,7	76,4
3	180,6	115,1
4	185,7	149,4



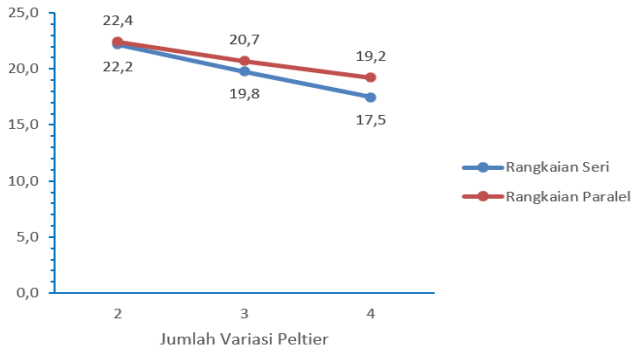
Gambar 4. Grafik Perbandingan Konsumsi Daya listrik Rangkaian Seri dan Paralel

Pada tabel 1 dan gambar 4 dapat dilihat bahwa konsumsi daya listrik berbanding lurus seiring dengan bertambahnya jumlah peltier baik dalam konfigurasi rangkaian kelistrikan seri maupun paralel. Secara umum dapat dilihat bahwa susunan peltier yang menggunakan rangkaian kelistrikan seri mengkonsumsi daya listrik yang lebih tinggi dari pada susunan peltier yang menggunakan rangkaian kelistrikan paralel. Pada konfigurasi rangkaian kelistrikan seri, konsumsi daya listrik meningkat dari 120,7 Watt pada penggunaan 2 peltier meningkat menjadi 180,6 Watt pada penggunaan 3 peltier, lalu kembali naik menjadi 185,7 W pada penggunaan 4 peltier.

Sementara itu pada konfigurasi rangkaian kelistrikan paralel menunjukkan tren kenaikan konsumsi daya listrik yang sama dengan rangkaian kelistrikan seri seiring dengan bertambahnya jumlah peltier yaitu 76,4 Watt pada penggunaan 2 peltier, meningkat menjadi 115,1 Watt pada penggunaan 3 peltier, dan puncaknya meningkat menjadi 149,4 W pada penggunaan 4 peltier. Dari segi persentase konsumsi daya listrik, pada variasi 2 peltier, rangkaian kelistrikan seri mengkonsumsi daya listrik sebesar 57,9 %, lebih tinggi dibandingkan dengan rangkaian kelistrikan paralel. Begitu juga pada variasi 3 peltier dengan rangkaian kelistrikan seri, mengkonsumsi daya listrik 56,9 % lebih tinggi dari rangkaian kelistrikan paralel. Pada variasi 4 peltier rangkaian kelistrikan seri, konsumsi daya listrik masih lebih tinggi sekitar 24,2 % dibandingkan dengan rangkaian kelistrikan paralel. Hasil ini menunjukkan bahwa susunan kelistrikan peltier yang menggunakan rangkaian kelistrikan seri menunjukkan konsumsi daya listrik yang lebih rendah dibandingkan dengan susunan peltier dengan menggunakan rangkaian kelistrikan seri.

Tabel 2. Rata-rata Capaian Suhu Terendah

Rata-rata Capaian Suhu Terendah (°C)		
Jumlah Variasi Peltier	Seri	Paralel
2	22,2	22,4
3	19,8	20,7
4	17,5	19,2



Gambar 5. Grafik Perbandingan Rata-rata Capaian Temperatur Terendah Peltier Rangkaian Kelistrikan Seri dan Paralel

Pada tabel 2 dan gambar 5 terlihat penurunan temperatur kabin berbanding lurus dengan peningkatan jumlah peltier baik dalam rangkaian kelistrikan seri maupun rangkaian kelistrikan paralel. Dapat dilihat pula bahwa susunan peltier dengan rangkaian kelistrikan seri memberikan capaian temperatur kabin *cooling box* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan menggunakan peltier yang menggunakan rangkaian kelistrikan paralel. Pada konfigurasi rangkaian kelistrikan seri, penurunan temperatur paling optimal terjadi pada saat menggunakan 4 peltier, dengan capaian suhu kabin mencapai 17,5°C. Sementara itu, pada peltier dengan rangkaian kelistrikan paralel, penurunan temperatur paling optimal terjadi pada saat menggunakan 4 peltier, dengan capaian temperatur kabin mencapai 19,2°C.

Dari segi persentase capaian temperatur terendah, pada variasi 2 peltier rangkaian kelistrikan seri capaian temperatur terendah yang didapat sebesar 0,90%, lebih rendah daripada peltier rangkaian kelistrikan paralel. Begitu juga pada variasi 3 peltier rangkaian kelistrikan seri, memiliki capaian temperatur terendah sebesar 4,54%, lebih rendah dibandingkan dengan rangkaian kelistrikan paralel. Pada variasi 4 peltier rangkaian seri mendapat capaian temperatur lebih rendah sebesar 9,71% dibandingkan rangkaian kelistrikan paralel. Hasil ini menunjukkan bahwa susunan kelistrikan peltier yang menggunakan rangkaian kelistrikan seri menunjukkan capaian temperatur kabin yang lebih rendah dibandingkan dengan susunan peltier dengan menggunakan rangkaian kelistrikan paralel.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi jumlah dan konfigurasi rangkaian kelistrikan peltier terhadap performansi *cooling box* berbasis *termoelektrik cooler*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Konfigurasi rangkaian kelistrikan seri pada susunan peltier menghasilkan konsumsi daya listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan susunan peltier dengan konfigurasi rangkaian kelistrikan paralel.
2. Konfigurasi rangkaian kelistrikan seri pada susunan peltier menunjukkan capaian temperatur kabin yang lebih rendah

dibandingkan dengan susunan peltier dengan menggunakan rangkaian kelistrikan paralel.

Ucapan terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf dosen Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan kejuruan, Universitas Pendidikan Ganesha yang telah memberikan dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- [1] K. B. Santhika, “Perancangan Dan Pembuatan Kotak Pemanas Sekaligus Pendingin Makanan Berbasis Peltier Dan Arduino Uno,” Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, 2020. Accessed: Sep. 02, 2025. [Online]. Available: <https://repo.undiksha.ac.id/1946/>
- [2] P. S. Adrianto, “Rancang Bangun Cooler Box Pembawa Vaksin Portable Dengan Pemanfaatan Thermoelectric Cooler (TEC),” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2020. Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: https://repository.its.ac.id/74631/1/01111140000076-Undergraduate_Thesis.pdf
- [3] K. B. Rohito, K. R. Dantes, and I. N. P. Nugraha, “Rancang Bangun Air Cooler Dengan Menggunakan Modul Termoelektrik Peltier Type TEC-12706,” JPTM, vol. 7, no. Vol. 7 No. 3 (2019), pp. 122–128, Nov. 2019, doi: <https://doi.org/10.23887/jptm.v7i3.26516>.
- [4] G. A. A. Sedana, “Pengaruh Fluida Pendingin Terhadap Capaian Suhu Pada Termoelektrik atau Peltier,” Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, 2021. Accessed: Sep. 02, 2025. [Online]. Available: <https://repo.undiksha.ac.id/7712/>
- [5] B. Y. Prasetyo, A. Badarudin, A. P. E. Sukanto, and R. Muliawan, “Investigasi Eksperimental Performa Sistem Pendingin Multi-Termoelektrik Dengan Konfigurasi Termal Seri Dan Paralel,” JTT (Jurnal Teknologi Terapan), vol. 8, no. 2, pp. 123–130, Sep. 2022, doi: 10.31884/jtt.v8i2.427.
- [6] G. Firmansyah, R. K. KW, N. Ilimnaffik, D. Listyadi S, and I. Sholahuddin, “Pengaruh Rangkaian Sel Peltier Terhadap Kinerja Mini Refrigerator Portable,” Jurnal STATOR, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, Jun. 2024, Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/91169>
- [7] Y. Alfalah, “Pengaruh Variasi Jumlah TEC Pada Box Pendingin Terhadap Temperatur Dan Tegangan,” Jurnal Energi dan Manufaktur, vol. 16, no. 1, pp. 24–28, Apr. 2023, doi: 10.24843/JEM.2023.v16.i01.p05.
- [8] E. Yudianto, S. Adiwidodo, A. Takwim, and N. R., “Pemanfaatan Peltier Sebagai Sistem Pendinginan Untuk Medicine Cooler Box,” Politeknik Negeri Balikpapan, pp. 1–6, Oct. 2020.
- [9] H. Kuswanto and A. Triyanto, “Rancang Bangun Sistem Thermoelectric Cooler Menjadi Pendingin Ruangan Dengan Dampak Terhadap Penggunaan Energi,” Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, vol. 12, no. 3, pp. 2150–2159, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4686.
- [10] W. Fikri, “Rancang Bangun Pendingin Buah Dan Sayur Berbasis Peltier TEC1-12706,” Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2022. Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/35640/>
- [11] M. Haryanti, Y. Dewanto, and B. Yulianti, “Pemanfaatan Peltier Untuk Cooler Box Mini,” Jurnal Teknologi Industri, vol. 11, no. 1, pp. 1–6, 2022, doi: <https://doi.org/10.35968/jti.v11i1.882>.
- [12] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: ALFABETA, CV., 2013.