

Desain dan Implementasi Sistem Pendingin Berbasis Peltier TEC 12706 dengan Pemantauan Jarak Jauh Melalui Aplikasi Blynk pada Smartphone

Nabilla Putri Puspita, Muhammad Iqbal, Rahmat Rasyid, Meqorry Yusfi*

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus UNAND Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 2 Oktober 2024
Direvisi: 3 Desember 2024
Diterima: 5 Januari 2025

Kata kunci:

Kulkas
NodeMCU ESP8266
Sensor DHT22
TEC 12706 Peltier

Keywords:

refrigerators
nodeMCU ESP8266
DHT22 sensor
TEC 12706 peltier

Penulis Korespondensi:

Meqorry Yusfi
Email:
meqorryyusfi@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Teknologi pendingin memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama pada kulkas yang berfungsi untuk menyimpan buah, sayuran, dan minuman. Namun, sistem pendingin konvensional masih menggunakan freon yang dapat merusak lapisan ozon. Penelitian ini memanfaatkan Efek Peltier pada modul Peltier TEC 12706 sebagai komponen pendingin ramah lingkungan. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan, sedangkan NodeMCU ESP8266 mengolah data sensor yang ditampilkan melalui aplikasi Blynk. Tiga kipas dipasang di bagian luar ruang pendingin untuk mencegah modul Peltier dari panas berlebih, dan satu kipas di dalam ruang pendingin untuk distribusi udara. Heatsink digunakan untuk membantu pelepasan panas. Pengujian membandingkan sensor DHT22 dengan AZ HT-02 dan FY-11, menghasilkan nilai regresi R^2 masing-masing 0,9902 untuk suhu dan 0,9798 untuk kelembapan, menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Dengan menggunakan dua modul Peltier TEC 12706 dan adaptor AC-DC 12 V 30 A, suhu di ruang pendingin berdimensi (26x17x10) cm berhasil diturunkan hingga 19,6°C dengan kenaikan kelembapan hingga 90,1% dalam kurun waktu 2 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pendingin yang dikembangkan dapat berfungsi.

Cooling technology plays an important role in daily life, particularly in refrigerators used for storing fruits, vegetables, and beverages. However, conventional cooling systems still use freon, which can damage the ozone layer. This study utilizes the Peltier Effect on the Peltier TEC 12706 module as an environmentally friendly cooling component. The DHT22 sensor is used to measure temperature and humidity, while the NodeMCU ESP8266 processes sensor data displayed through the Blynk application. Three fans are installed outside the cooling chamber to prevent the Peltier module from overheating, and one fan is placed inside the chamber for air distribution. A heatsink is used to assist in heat dissipation. Testing compared the DHT22 sensor with AZ HT-02 and FY-11, producing regression values of $R^2 = 0.9902$ for temperature and $R^2 = 0.9798$ for humidity, indicating high accuracy. Using two Peltier TEC 12706 modules and a 12 V 30 A AC-DC adapter, the temperature in the cooling chamber with dimensions (26x17x10) cm was reduced to 19.6°C, with humidity rising to 90.1% within 2 hours. These results show that the developed cooling system can function effectively.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserve

I. PENDAHULUAN

Teknologi pendingin berperan penting dalam kehidupan masyarakat, salah satunya kulkas yang biasa digunakan untuk mengawetkan makanan atau barang produksi guna menjaga kesegarannya dan memperpanjang masa pakai (Soedjono dkk., 2018; Ikhlusul dkk., 2023). Teknologi pendingin merupakan sistem yang memanfaatkan prinsip termodinamika untuk mengalirkan panas dari suatu benda atau lingkungan dengan suhu rendah ke lingkungan dengan suhu lebih tinggi, sehingga beban pendinginan sangat mempengaruhi kinerja mesin pendingin (Prayoga dkk., 2024). Berdasarkan penelitian dari Aziz, dkk (2017) variasi jumlah modul termoelektrik dan perubahan beban pada sistem pendingin mempengaruhi laju perpindahan panas serta suhu terendah yang bisa dicapai.

Namun, ruang pendingin yang ada saat ini masih menggunakan freon, yang mengandung zat kimia berbahaya seperti CFC (*Chlorofluorocarbon*) dan HCFC (*Hydrochlorofluorocarbon*) (Kuncoro & Gustiansyah, 2024). Penggunaan CFC dapat merusak lapisan ozon, yang menyebabkan adanya kebocoran karena refrigeran yang sangat encer, sehingga mudah mengalir melalui celah-celah kecil. Selain itu, sistem ini juga lebih berat karena dirancang untuk menahan tekanan tinggi (Mirmanto & Wirawan, 2021). Untuk mengatasi masalah tersebut, efek Peltier pada modul Peltier TEC 12706 dapat menjadi solusi alternatif pengganti sistem pendinginan berbasis kompresi uap. Dibandingkan dengan sistem kompresi uap, teknologi ini lebih ramah lingkungan, memiliki daya tahan yang lebih baik, berukuran lebih kecil, dan mudah dalam perawatannya (Ananta dkk., 2017; Faisal dkk., 2016; Mirmanto dkk., 2018).

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan kulkas berbasis modul Peltier TEC 12706. Gumilang, dkk (2023) merancang kulkas berukuran (22x19x14) cm dengan menggunakan dua modul Peltier TEC 12706, *heatsink*, kipas, dan pompa sebagai komponen utamanya. Pengukuran suhu ruangan dilakukan menggunakan *thermostat*, dan percobaan diulang sebanyak tiga kali masing-masing berlangsung selama 1 jam, baik dengan beban maupun tanpa beban. Pada kondisi tanpa beban, suhu yang dicapai adalah 15,8°C. Sementara itu, ketika digunakan beban air sebesar 320 mL, suhu mencapai 20,0°C, dan dengan beban 640 mL, suhu yang dicapai adalah 21,5°C.

Suryadi & Firmansyah (2020) telah melakukan penelitian menggunakan Peltier TEC 12706, dengan hasil dari tiga kali pengujian menggunakan volume air yang berbeda selama 20 menit per percobaan. Pada pengujian pertama, penurunan suhu untuk volume air 100 mL sebesar 1,6°C dan 3°C untuk 200 mL, dengan persentase penurunan masing-masing sebesar 5,07% dan 9,43%. Pada pengujian kedua, penurunan suhu mencapai 3,5°C untuk 100 mL air dan 3,6°C untuk 200 mL air, dengan persentase penurunan 10,67% dan 11,28%. Sementara itu, pada pengujian ketiga, penurunan suhu tercatat sebesar 1,8°C untuk 100 mL air dan 1,9°C untuk 200 mL air, dengan persentase penurunan masing-masing 5,84% dan 6,10%.

Ramdan, dkk (2024) telah merancang sebuah *cooler blood box* portabel yang menggunakan sistem pendingin *thermoelectric* tipe Peltier TEC 12706, dengan sumber daya berasal dari listrik PLN yang dikonversi dari arus AC ke DC menggunakan *power supply* atau baterai ion-litium agar sistem tetap berfungsi selama proses transportasi darah. Namun, hasil perancangan ini hanya berhasil menurunkan suhu hingga 13,3°C, yang masih belum memenuhi standar penyimpanan darah. Hal ini disebabkan oleh kapasitas *thermoelectric* yang digunakan lebih kecil dibandingkan dengan beban ruang yang cukup besar.

Pada penelitian sebelumnya, hasil pengukuran suhu dan kelembapan ruangan masih dipantau melalui serial monitor pada Arduino IDE. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi Blynk pada *smartphone* sehingga hasil suhu dan kelembapan dapat dipantau dari jarak jauh. Pengujian dilakukan pada dua ruangan dengan ukuran berbeda, yakni ruangan pertama berukuran (38x23x21) cm dan ruangan kedua berukuran (26x17x10) cm. Dalam penelitian ini, digunakan dua buah Peltier TEC 12706, empat kipas, serta adaptor AC-DC 12V 30A.

II. METODE

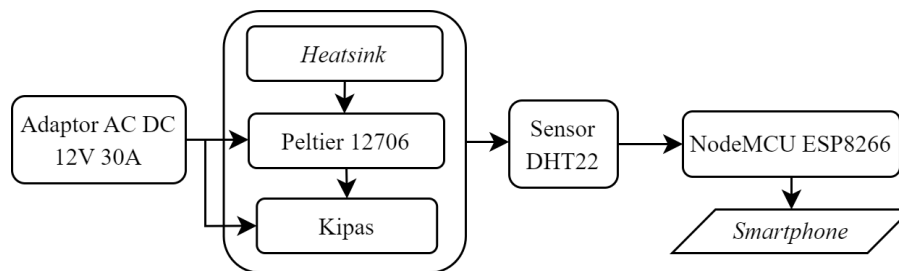
2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *smartphone*, solder, *insulation tape*, *steel wool*, dan *thermal paste*, sensor DHT22, NodeMCU ESP8266 CH340G, Peltier TEC 27106,

adaptor AC-DC 12V 30A, *heatsink* aluminium, kipas 12 V 0,15 A DC, *stereofom*, *jumper*, *breadboard*, AZ HT-02, FY-11, Arduino IDE, dan aplikasi Blynk.

2.2 Perancangan Sistem

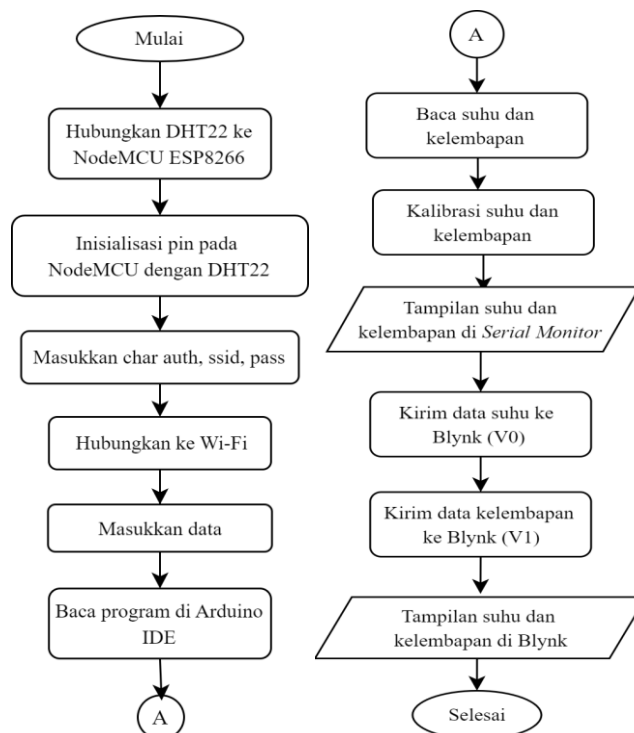
Perancangan sistem dilakukan untuk memaksimalkan kinerja Peltier TEC 12706 sehingga dapat bekerja optimal dalam mendinginkan ruang kulkas. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Adaptor AC-DC 12V 30A digunakan untuk memberikan daya pada Peltier TEC 12706 agar mendinginkan ruangan dan pada kipas untuk mendistribusikan udara. *Heatsink* berfungsi untuk membuang panas dari Peltier TEC 12706. Sensor DHT22 ditempatkan di dalam ruang pendingin untuk mendeteksi suhu dan kelembapan yang akan diproses oleh NodeMCU ESP8266 kemudian ditampilkan melalui aplikasi Blynk pada *smartphone*.



Gambar 1 Diagram blok sistem

2.3 Perancangan Perangkat Lunak Sistem

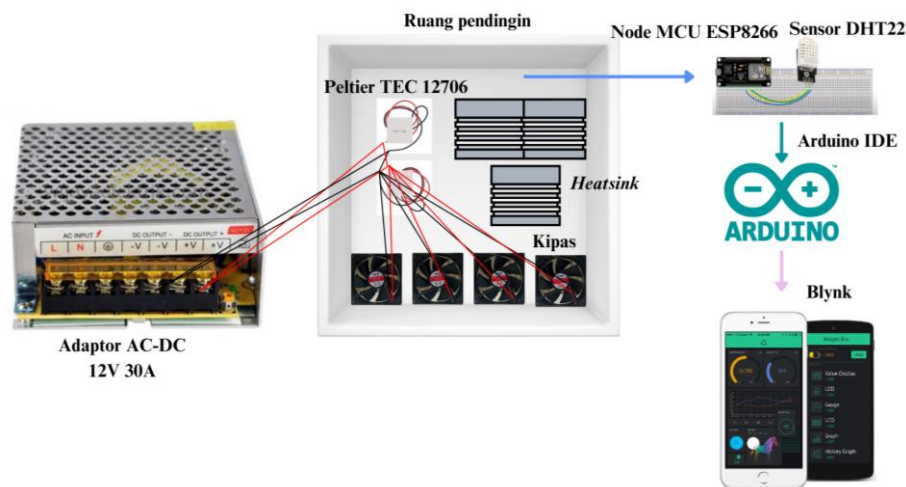
Gambar 2 menunjukkan diagram alir perangkat lunak sistem. Sistem dimulai dengan menghubungkan sensor DHT22 ke NodeMCU ESP8266. Setelah terhubung, inialisasi pin NodeMCU ESP8266 yang terhubung ke sensor DHT22. Selanjutnya, masukkan token autentikasi (*char auth*) yang diperoleh dari aplikasi Blynk, beserta nama Wi-Fi (*char SSID*) dan kata sandi (*char password*) untuk koneksi. Setelah NodeMCU ESP8266 terhubung ke jaringan Wi-Fi dan aplikasi Blynk, data dari sensor DHT22 akan dikumpulkan dan dibaca menggunakan Arduino IDE. Data suhu dan kelembapan yang diperoleh akan dikalibrasi sebelum ditampilkan pada Serial Monitor. Hasil dari Serial Monitor juga akan dikirimkan ke aplikasi Blynk dan ditampilkan dalam bentuk grafik dan *gauge chart*, dengan suhu dipetakan ke V0 dan kelembapan dipetakan ke V1.



Gambar 2 Diagram alir perangkat lunak sistem

2.4 Perancangan Sistem Keseluruhan

Percancangan sistem keseluruhan alat dapat dilihat pada Gambar 3. Adapter AC-DC 12V 30A mengonversi arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) sehingga dapat mengoperasikan Peltier TEC 12706 dan kipas. Sisi dingin dari Peltier TEC 12706 diposisikan di dalam ruang pendingin untuk menyerap panas, sementara sisi panasnya berada di luar untuk melepaskan panas. Tiga kipas dipasang di luar ruang pendingin untuk mencegah modul Peltier dari *overheating*, sedangkan satu kipas ditempatkan di dalam ruang pendingin untuk mendistribusikan udara dingin ke seluruh bagian ruang tersebut. *Heatsink* digunakan untuk membuang panas dari TEC 12706 ke lingkungan yang diteruskan oleh tiga kipas. Sensor DHT22 dipasang di dalam ruang pendingin untuk mendeteksi suhu dan kelembapan, yang hasilnya akan dibandingkan dengan AZ HT-02 dan FY-11. NodeMCU ESP8266 akan memproses data dari sensor dan akan menampilkan hasil tersebut melalui aplikasi Blynk dalam bentuk grafik dan *gauge chart*.

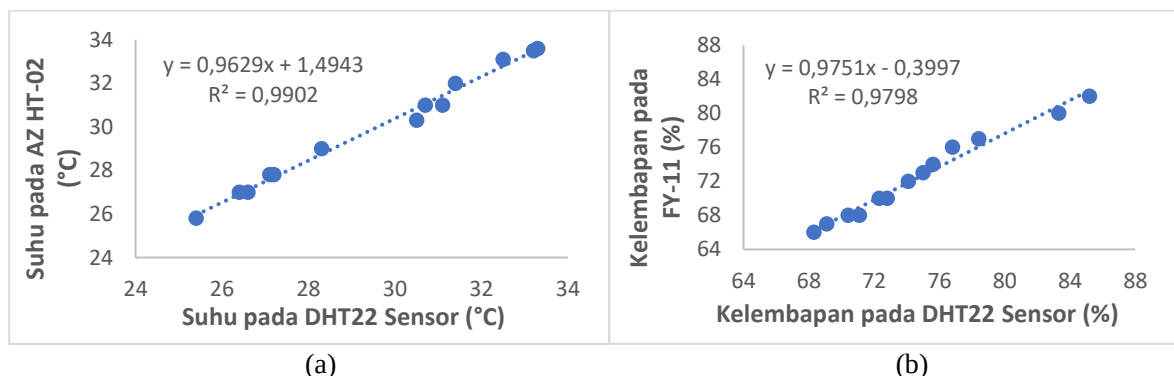


Gambar 3 Rancangan sistem keseluruhan

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 bertujuan untuk menilai akurasi pembacaan sensor yang dibandingkan dengan FY-11 untuk kelembapan dan AZ HT-02 untuk suhu. Data hasil pengujian ditampilkan dengan grafik, dapat dilihat pada Gambar 4.



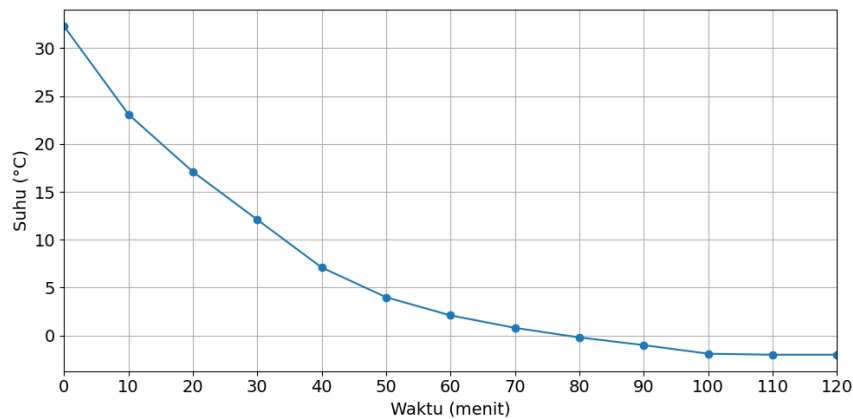
Gambar 4 (a) Grafik hubungan antara suhu (°C) sensor DHT22 dan AZ HT-02 (b) Grafik hubungan antara kelembapan (%) sensor DHT22 dan FY-11

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai suhu antara sensor DHT22 dan AZ HT-02 dan nilai kelembapan antara DHT22 dan FY-11 adalah berbanding lurus. Fungsi transfer yang diperoleh pada Gambar 4(a) adalah $y = 0,9629x + 1,4943$ dan Gambar 4(b) adalah $y = 0,9751x - 0,3997$ di mana y mewakili nilai suhu dan kelembapan pada AZ HT-02 dan FY-11 dan x mewakili nilai suhu dan kelembapan pada sensor DHT22. Fungsi transfer ini menunjukkan bahwa sensitivitas nilai suhu dan

kelembapan antara sensor DHT22 dengan AZ HT-02 dan FY-11 mendekati sama dengan nilai 0,9629°C dan 0,9751%. Nilai +1,4943°C dan -0,3997% merupakan nilai offset, yang menyatakan nilai awal suhu dan kelembapan pada sensor DHT22, saat nilai suhu pada AZ HT-02 dan kelembapan pada FY-11 bernilai nol. Koefisien korelasi sebesar 0,9902 dan 0,9798 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa sensor untuk nilai suhu dan kelembapan berfungsi dengan baik.

3.2 Hasil Pengujian Peltier TEC 12706

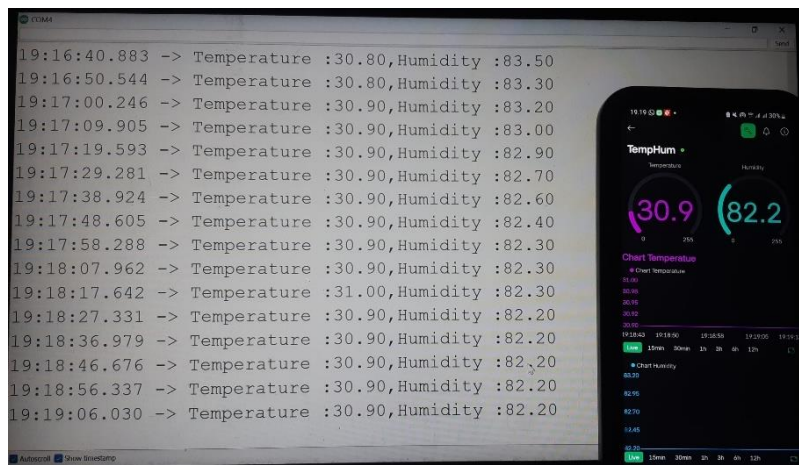
Pengujian Peltier TEC 12706 dilakukan dengan menghubungkan Peltier ke adaptor AC-DC 12V 30A. Hasil pengujian dilakukan selama 2 jam dari pukul 09.00 – 11.00 WIB menampilkan hasil dalam grafik seperti pada Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan penurunan suhu di sisi dingin Peltier TEC 12706 dari 32,3°C hingga -2°C dalam kurun waktu 2 jam dan bentuk fisik Peltier TEC 12706 menunjukkan adanya embus es.



Gambar 5 Grafik hubungan antara waktu (menit) dengan suhu (°C)

3.3 Hasil Pengujian Perangkat Lunak

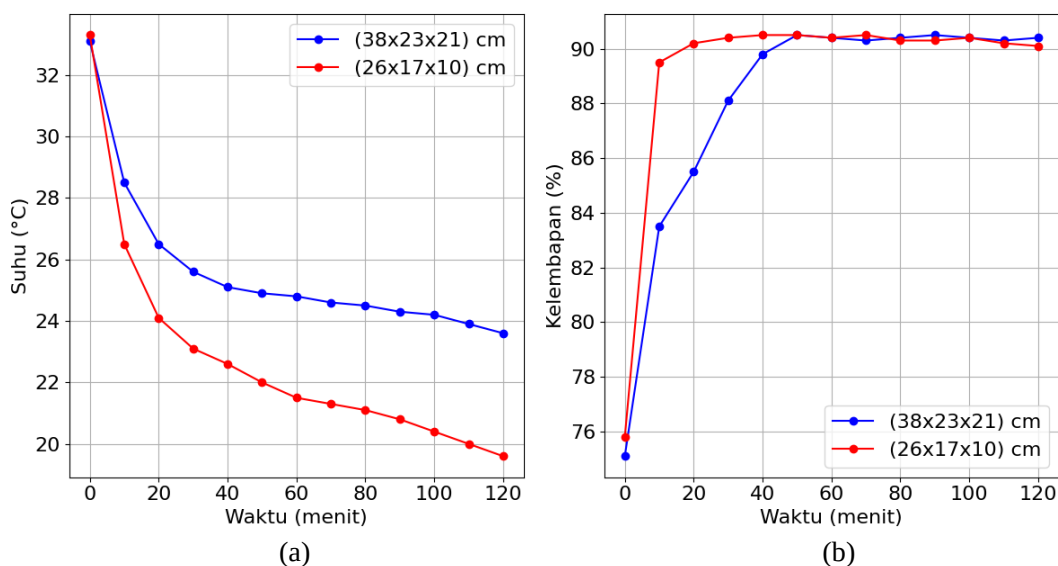
Hasil pengujian perangkat lunak dilakukan dengan membandingkan pembacaan pada Aplikasi Blynk dengan Serial Monitor pada Arduino IDE. Gambar 6 menunjukkan bahwa pembacaan suhu dan kelembapan pada Serial Monitor dari Arduino IDE sama dengan aplikasi Blynk pada *smartphone* tanpa ada jeda (*realtime*)



Gambar 6 Serial monitor arduino IDE vs aplikasi Blynk

3.4 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem dilakukan untuk menguji kemampuan sistem dalam menurunkan suhu pada ukuran ruangan yang berbeda. Setiap pengujian menggunakan adaptor AC-DC 12V 30A dari pukul 16.45 – 18.45 WIB. Data hasil pengujian menghasilkan grafik seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 (a) Grafik hubungan antara waktu (menit) dan suhu (°C) dengan ukuran ruangan (38x23x21) cm dan (26x17x10) cm (b) Grafik hubungan antara waktu (menit) dan kelembapan (%) dengan ukuran ruangan (38x23x21) cm dan (26x17x10) cm

Gambar 7(a) menunjukkan hasil pengujian sistem yang dilakukan selama 2 jam, dengan interval data 10 menit pada ukuran ruangan yang berbeda, memperlihatkan pola yang serupa. Penurunan suhu yang melebihi 4°C dalam 10 menit pertama disebabkan oleh pemindahan panas dari Peltier TEC 12706 ke *heatsink* melalui konduksi. *Heatsink* dan kipas di sisi panas Peltier TEC 12706 meningkatkan efisiensi pemindahan panas ini ke lingkungan melalui konveksi. Pada 10 menit berikutnya hingga akhir waktu pengujian, penurunan suhu tidak sejauh 10 menit pertama. Hal ini disebabkan karena sistem mendekati nilai keseimbangan termal sehingga efisiensi pemindahan panas menurun.

Garis biru pada Gambar 7(a) menunjukkan data untuk ukuran ruangan (38 x 23 x 21) cm, sedangkan garis merah menunjukkan data untuk ruangan yang berukuran (26 x 17 x 10) cm. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa ukuran ruangan yang lebih kecil (garis merah) memiliki penurunan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran ruangan yang lebih besar (garis biru), dengan selisih mencapai 4°C. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran ruangan berpengaruh terhadap kinerja Peltier TEC 12706, di mana semakin kecil ruangan, semakin rendah suhu yang dapat dicapai. Ruangan yang lebih kecil memiliki volume yang lebih sedikit, sehingga jumlah udara yang perlu didinginkan juga lebih sedikit, memungkinkan Peltier TEC 12706 untuk mencapai suhu yang lebih rendah lebih cepat.

Selain penurunan suhu, Peltier TEC12706 juga menyebabkan peningkatan kelembapan, seperti yang terlihat pada Gambar 7(b). Kenaikan kelembapan tertinggi terjadi dalam 10 menit pertama, disebabkan oleh penurunan suhu yang memicu pembentukan embun es yang mengandung uap air. Embun ini kemudian didistribusikan oleh kipas ke seluruh ruangan, sehingga kelembapan meningkat seiring dengan penurunan suhu dari Peltier TEC12706. Pada 10 menit berikutnya hingga akhir pengujian, peningkatan kelembapan berlangsung lambat karena penurunan suhu yang juga melambat.

IV. KESIMPULAN

Sistem pendingin menggunakan modul Peltier TEC 12706 dan adaptor AC-DC 30A terbukti mampu dalam menurunkan suhu ruangan. Uji coba menunjukkan bahwa ruangan yang berukuran lebih kecil mampu mencapai suhu lebih rendah dibandingkan dengan ruangan yang lebih besar, dengan selisih hingga 4°C. Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur pemantauan jarak jauh melalui aplikasi Blynk yang dapat diakses melalui *smartphone*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada Lembaga LPPM Universitas Andalas yang telah membiayai penelitian ini dengan nomor kontrak : 199/UN16.19/PT.01.03/PSS/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananta, H., Padang, Y. A., & Mirmanto, M. (2017). Unjuk kerja kulkas termoelektrik dengan rangkaian seri dan paralel pada beban air 1500 ml. *Dinamika Teknik Mesin*, 7(2)
- Aziz, A., Subroto, J., & Silpana, V. (2017). Aplikasi modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(1)
- Faisal, R., Nurulloh, M. I., & Harmiansyah, J. (2016). Ecobox: Inovasi Penyimpan Makanan Non CFC Berbasis Peltier Thermoelektrik Yang Murah, Hemat Energi dan Ramah Lingkungan. *Journal of Creativity Student*, 1(2)
- Gumilang, F., Pratama, I., Purnomo, B. P., & Kurniawan, A. (2023). Rancang Bangun Kulkas Portable Menggunakan Termoelektrik Dan Thermostat Sebagai Sensor Suhu. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 31. <https://doi.org/10.31000/jte.v7i1.9789>
- Ikhlasil, A., Amal, & Achmadiah, Y. M. N. (2023). Perancangan smart food box menggunakan modul termoelektrik peltier berbasis internet of things (IOT). *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 10(3), 292–299. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v10i3.4398>
- Kuncoro, H., & Sesario Gustiansyah, B. (2024). Pengaruh Variasi Thermoelectric Terhadap Performa Sistem Pendingin Cooler Box. *Presisi*, 26(1)
- Mirmanto, R. Sutanto, & Putra, D. K. (2018). Unjuk Kerja Kotak Pendingin Termoelektrik dengan Varuasi Laju Aliran Massa Air Pendingin. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 44. <https://doi.org/10.22441/jtm.v7i1.2307>
- Mirmanto, S. T., & Wirawan, M. (2021). Teori Dasar dan Aplikasi Pendingin Termoelektrik (Pendingin Tanpa Freon). Deepublish
- Prayoga, A. D., Mukti, A. S., & Aditama, R. F. (2024). Temperature and Coefficient of Performance Test for Cooling Machine. *Biomedical and Mechanical Engineering Journal (BIOMEJ)*, 4(1), 32–39
- Ramdan, A., Badarudin, A., & Bowo Yuli Prasetyo. (2024). Rancang Bangun Cooler Blood Box Portable dengan Menggunakan Sistem Thermoelectric. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 15(1), 70–74. <https://doi.org/10.35313/irwns.v15i1.6201>
- Soedjono, D. M. E., Sarsetiyanto, J., Nugroho, G., Mirmanto, H., & Ayuningtyas, R. N. (2018). Kaji Eksperimental Cold Box Menggunakan Termoelektrik TEC1-12705, 229–234
- Suryadi, A., & Firmansyah, A. (2020). Rancang Bangun Kulkas Mini Portable Menggunakan Peltier. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 11(1), 11–22. <https://doi.org/10.24176/simet.v11i1.3361>