

RESEARCH ARTICLE

Design of a Thermoelectric Cool Box with Electronic Mobile-Based Temperature Control and Monitoring System

(Perancangan Cool Box Termoelektrik dengan Sistem Kontrol dan Monitoring Suhu Berbasis Electronic Mobile)

Moh. Abdul Gofur, Rahajeng Kurnianingtyas^{*)}, Fauzan Amri, Rofan Aziz
Politeknik Negeri Indramayu, Jl Raya Lobbener Lama No.08 Indramayu 45252, Jawa Barat, Indonesia

ABSTRACT

Temperature control in a thermoelectric coolbox is important for maintaining the freshness and quality of stored items. This research aims to design a temperature control and monitoring system for a thermoelectric coolbox based on mobile electronics using the Wemos D1 R32 microcontroller and the Blynk application. The system uses the DHT11 sensor to detect temperature and humidity inside the coolbox. Data from the sensor is transmitted in real-time to the Wemos D1 R32 microcontroller, which then forwards it to the Blynk application via Wi-Fi. Users can monitor temperature, humidity, and control the coolbox's cooling function through the Blynk application on their mobile devices. This system is expected to provide an efficient solution for temperature management and improve user comfort. The test results show that the system can provide accurate and responsive temperature control, with an easy-to-use interface. The research uses 4 peltier elements, which have two different sides: hot and cold. The cold side of the peltier is used for storing mangoes, with a storage temperature between 10-15 °C. The test results show the temperature reached 14°C within 1 hour. In the automatic control system, the fan inside the cabin will turn off when the temperature reaches 14 °C and turn on again when the temperature exceeds 15 °C. Without control, the temperature of the mangoes was recorded at 11.6 °C and kept cooling, while with control, the temperature of the mangoes remained stable at 14.5 °C. This system is effective in maintaining optimal storage conditions.

Pengendalian suhu pada *coolbox* termoelektrik penting untuk menjaga kesegaran dan kualitas barang yang disimpan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem kontrol dan monitoring suhu pada *coolbox* termoelektrik berbasis elektronik *mobile* dengan mikrokontroler Wemos D1 R32 dan aplikasi Blynk. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban dalam *coolbox*. Data dari sensor dikirimkan secara *real-time* ke mikrokontroler Wemos D1 R32 dan diteruskan ke aplikasi Blynk melalui Wi-Fi. Pengguna dapat memantau suhu, kelembaban, dan mengontrol fungsi pendinginan *coolbox* melalui aplikasi Blynk di perangkat *mobile*. Sistem ini diharapkan memberikan solusi efisien dalam pengelolaan suhu dan meningkatkan kenyamanan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu memberikan kontrol suhu yang akurat dan responsif, dengan antarmuka yang mudah diakses. Dalam penelitian ini, digunakan 4 peltier yang memiliki dua sisi berbeda: panas dan dingin. Sisi dingin peltier digunakan untuk penyimpanan buah mangga, dengan suhu penyimpanan antara 10-15 °C. Hasil pengujian menunjukkan suhu mencapai 14 °C dalam 1 jam. Pada sistem kontrol otomatis, kipas dalam kabin akan mati saat suhu mencapai 14 °C dan aktif kembali jika suhu melebihi 15 °C. Tanpa kontrol, suhu pada buah mangga tercatat 11,6 °C dan terus turun, sedangkan dengan kontrol, suhu buah mangga tetap stabil di 14,5 °C. Sistem ini efektif dalam menjaga kondisi penyimpanan yang optimal.

Keywords: Thermoelectric, Coolbox, Temperature Control, Peltier Module.

^{*)}Corresponding author:
Rahajeng Kurnianingtyas
E-mail: rahajengkurnianingtyas@polindra.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam dunia modern, kebutuhan akan sistem pendinginan yang efisien, portabel, dan hemat energi semakin tinggi, terutama untuk menyimpan makanan, minuman, maupun produk hasil pertanian seperti buah-buahan. Salah satu teknologi alternatif yang

banyak digunakan adalah sistem pendingin termoelektrik. Teknologi ini memanfaatkan modul Peltier, yaitu perangkat semikonduktor yang mampu menciptakan perbedaan suhu antara dua sisi ketika dialiri arus Listrik [1] Satu sisi menjadi dingin dan digunakan untuk proses pendinginan, sedangkan sisi

lainnya menjadi panas dan dibuang ke lingkungan dengan bantuan heatsink dan kipas [2], [3].

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan alat pendingin berbasis Peltier. Pada penelitian sebelumnya, dilakukan perancangan sistem termoelektrik yang digunakan sebagai media penyimpan susu kedelai dengan energi surya. Penelitian ini belum berfokus pada sistem kontrol dan pembacaan data secara *real-time* pada *hardware* maupun *software* yang dirancang [4]. Penelitian lain mengembangkan *coolbox* termoelektrik untuk minuman, namun masih bersifat konvensional tanpa kemampuan pemantauan jarak jauh. Hasilnya menunjukkan efisiensi pendinginan yang cukup baik, tetapi kekurangan dalam fleksibilitas kontrol sistem [5], [6]. Sementara itu, penelitian yang lain, membuat prototipe *coolbox* mini berbasis Peltier, namun belum mengintegrasikan teknologi nirkabel seperti Wi-Fi atau aplikasi *mobile* [7].

Pada penelitian ini, penerapan *Internet of Things* (IoT) diharapkan dapat menunjang proses monitoring data suhu secara lebih efisien. IoT memungkinkan akuisisi dan transmisi data secara *real-time* dari sensor ke sistem pemantauan, sehingga memberikan visibilitas langsung terhadap kondisi lingkungan di sekitar perangkat. Kemampuan ini sangat krusial dalam sistem yang memerlukan respon cepat, seperti pada alat pendingin makanan, di mana kestabilan suhu harus dipertahankan untuk menjaga kualitas dan keamanan produk. Dengan integrasi IoT, sistem diharapkan mampu bekerja secara otomatis, responsif, dan dapat diakses dari jarak jauh untuk mendukung efisiensi operasional secara keseluruhan. [8], [9]. Dengan menggabungkan teknologi pendingin termoelektrik dan sistem kontrol otomatis berbasis IoT, maka efisiensi energi, stabilitas suhu, dan kenyamanan pengguna dapat ditingkatkan secara signifikan. Sistem ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk berbagai kebutuhan seperti penyimpanan buah, vaksin, atau produk sensitif suhu lainnya.

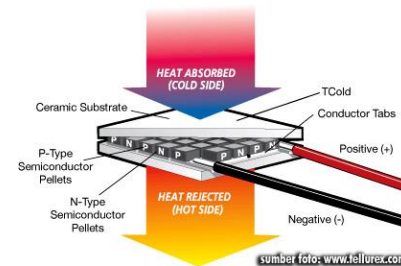
Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada sistem kontrol dan monitoring suhu pada alat *coolbox* termoelektrik berbasis *electronic mobile*, yang tidak hanya mampu mengatur suhu secara otomatis tetapi juga memberikan fleksibilitas pemantauan melalui perangkat mobile dengan memanfaatkan teknologi IoT. Hal ini diharapkan menjadi solusi yang efisien, akurat, dan user-friendly dalam pengelolaan suhu pada penyimpanan portabel.

METODE PENELITIAN

Perencanaan Sistem

Perencanaan sistem pada penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pendingin berbasis termoelektrik yang mampu menjaga kestabilan suhu dalam ruang kabin penyimpanan buah secara otomatis dan *real-time* [10], [11]. Termoelektrik berfungsi untuk mengkonversi energi panas menjadi energi listrik secara langsung melalui generator termoelektrik, atau sebaliknya, memanfaatkan energi listrik untuk menghasilkan efek pendinginan melalui modul pendingin termoelektri.

Sistem ini mengadopsi teknologi modul Peltier sebagai komponen utama pendingin. Modul ini bekerja berdasarkan efek Peltier, yaitu ketika arus listrik mengalir pada pasangan semikonduktor tipe P dan N, maka akan terjadi perbedaan suhu di kedua sisi: satu sisi menjadi dingin, dan sisi lainnya menjadi panas. Tipe peltier yang digunakan yaitu TEC1-12706[3].



Gambar 1. Susunan Termoelektrik [12]

Sisi dingin digunakan untuk mendinginkan ruang kabin, sedangkan sisi panas dibuang ke luar melalui heatsink dan fan untuk menjaga efisiensi termal. Prinsip ini telah banyak diterapkan dalam pengembangan sistem pendingin mini portabel, di mana penggunaan fan dan *heatsink* terbukti meningkatkan kestabilan suhu secara signifikan [7].

Sistem *coolbox* dirancang menggunakan sensor DHT11, yang berfungsi membaca suhu dan kelembaban secara digital dengan akurasi $\pm 1-2^{\circ}\text{C}$ dan rentang kerja antara $0-50^{\circ}\text{C}$ [13], [14]. Data yang dihasilkan akan diproses oleh mikrokontroler ESP32 Wemos D1 R32, yang dipilih karena memiliki fitur konektivitas Wi-Fi bawaan, performa pemrosesan tinggi, serta kompatibilitas dengan berbagai platform IoT [15], [16]. ESP32 di sini bertindak sebagai pusat kontrol yang memproses data dan mengatur kerja relay 2-channel untuk menghidupkan dan mematikan kipas pendingin secara otomatis [17].

Sistem kendali pada sistem menerapkan prinsip kontrol logika batas suhu (*threshold-based control*) berfungsi untuk mengatur suhu dalam suatu sistem dengan menetapkan nilai batas tertentu. Ketika suhu mencapai atau melampaui batas yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan atau menonaktifkan elemen pengendali (seperti pemanas atau pendingin) untuk menjaga suhu tetap dalam rentang yang diinginkan. Saat suhu $>15^{\circ}\text{C}$, kipas diaktifkan untuk mempercepat pendinginan, dan saat suhu $\leq 14^{\circ}\text{C}$, kipas dimatikan untuk menjaga kestabilan dan efisiensi energi. [14].

Perbedaan utama penelitian ini dibanding penelitian sebelumnya adalah penggunaan platform IoT berbasis aplikasi Blynk. Blynk merupakan platform IoT berbasis *cloud* yang dirancang untuk digunakan pada perangkat Android, dengan fungsi utama mengendalikan mikrokontroler seperti Arduino, Raspberry Pi, dan perangkat serupa melalui koneksi internet [8].



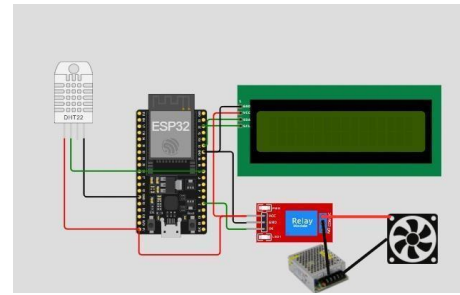
Gambar 2. Tampilan aplikasi Blynk [18]

Aplikasi Blynk yang ditampilkan pada Gambar 2 berfungsi sebagai antarmuka pengguna (*user interface*) yang memungkinkan kontrol dan pemantauan proyek perangkat keras secara langsung dari perangkat Android. Aplikasi ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian suhu kabin secara *real-time* melalui perangkat *mobile*. Pengguna dapat melihat data suhu dan kelembaban secara langsung serta menerima notifikasi saat suhu berada di luar batas. Pada penelitian ini, *platform* Blynk dapat diakses menggunakan perangkat berbasis android untuk melihat data pembacaan sensor.

Desain Kontrol

Desain kontrol dalam sistem ini merupakan bagian vital untuk menjamin kestabilan suhu dalam kabin penyimpanan *coolbox* termoelektrik. Sistem dirancang agar mampu merespons perubahan suhu secara

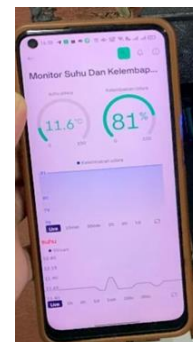
otomatis menggunakan logika kontrol sederhana berbasis mikrokontroler ESP32 dan modul *relay* [19].



Gambar 3. Desain Kontrol Sistem Kontrol Temperatur

Gambar 3 menunjukkan alur kerja dari sistem pendingin *coolbox* termoelektrik berbasis IoT yang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem diawali dari *power supply* DC 12V yang membagi daya ke dua jalur: satu jalur mengalirkan listrik ke modul Peltier TEC1-12706 untuk proses pendinginan, dan jalur lainnya memberi suplai daya ke komponen kontrol seperti ESP32, sensor DHT11, LCD I2C, dan modul *relay*.

Data suhu dan kelembaban yang diperoleh sensor tidak hanya ditampilkan di LCD 16x2 I2C, tetapi juga dikirim melalui jaringan Wi-Fi ke aplikasi Blynk. Dengan aplikasi Blynk, pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembaban secara *real-time* melalui smartphone, serta melihat status kipas pendingin secara visual. Tampilan pada Blynk.



Gambar 4. Tampilan antar muka Blynk yang digunakan

Desain ini memungkinkan pengendalian suhu otomatis dan pemantauan jarak jauh, yang meningkatkan kenyamanan pengguna dan efisiensi energi dalam penggunaan sistem pendingin berbasis Peltier. Sistem memiliki delay sekitar 1-2 detik antara pembacaan sensor suhu oleh DHT11 dan tampilan nilai pada aplikasi Blynk. Delay ini disebabkan oleh

interval pembacaan sensor dan proses pengiriman data melalui jaringan Wi-Fi.

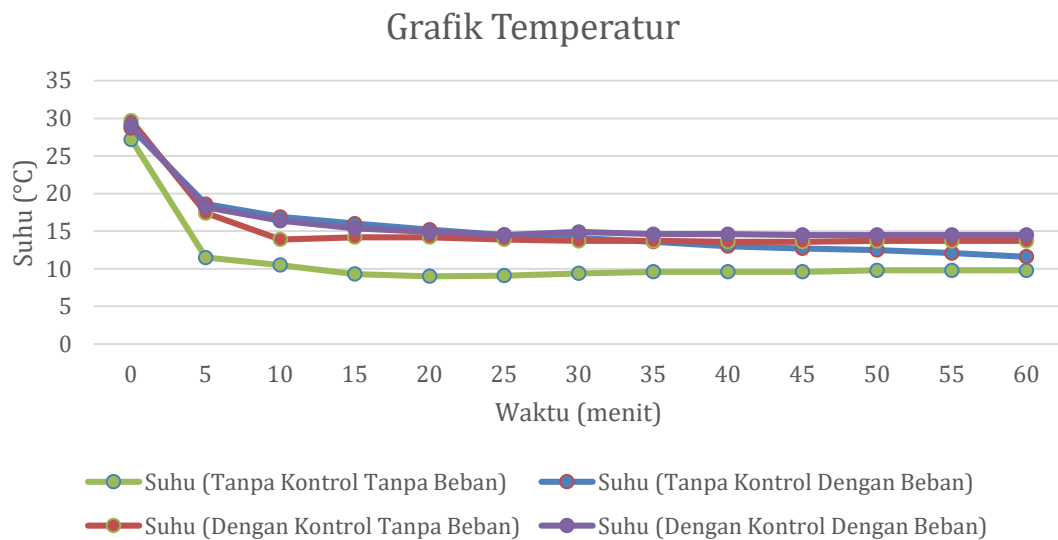
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap *Cool Box* termoelektrik dengan empat skenario berbeda untuk mengumpulkan data: tanpa produk dan tanpa kontrol, tanpa produk namun dengan kontrol otomatis pada kipas (fan *on/off*), dengan produk tetapi

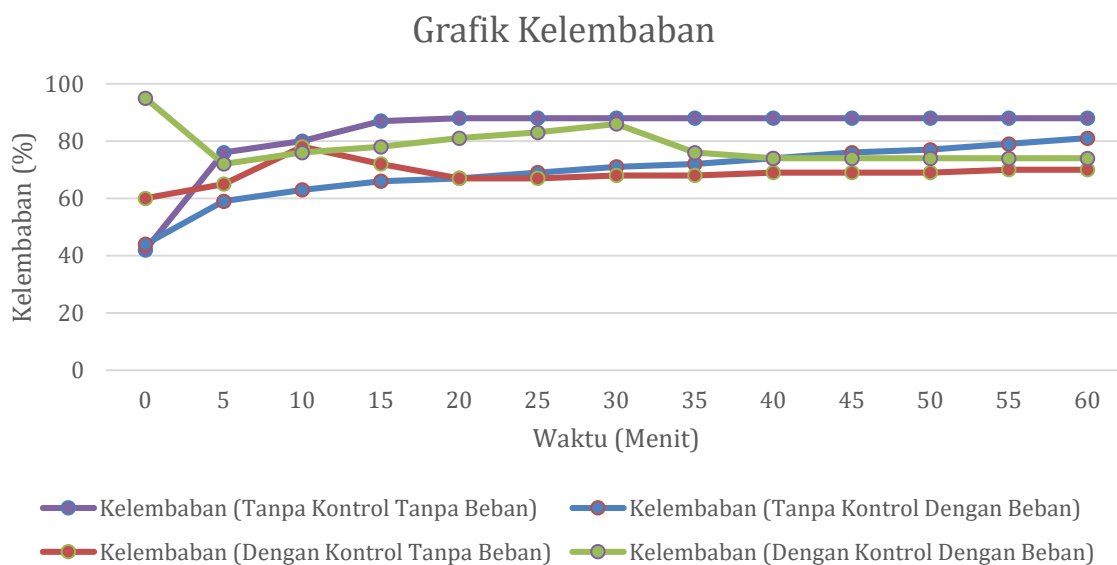
tanpa kontrol, serta dengan produk dan kontrol kipas otomatis.

Pengujian Suhu dan Kelembaban

Analisis grafik suhu tanpa kontrol menunjukkan bahwa suhu awal kabin berada pada 27,2 °C dan menurun drastis hingga mencapai 9,0 °C dalam waktu 20 menit pertama. Pengujian suhu tanpa sistem kontrol dilakukan dalam dua kondisi, yaitu tanpa produk dan dengan produk (buah mangga) di dalam kabin pendingin.



Gambar 5. Data Grafik Temperatur



Gambar 6. Data Grafik Kelembaban

Penurunan ini terjadi secara terus-menerus karena tidak adanya mekanisme pengendalian suhu otomatis, sehingga kipas dan modul Peltier tetap aktif meskipun suhu telah melampaui batas ideal. Suhu akhir yang berada di bawah 10 °C menunjukkan terjadinya overcooling, kondisi yang tidak sesuai untuk penyimpanan buah tropis seperti mangga yang idealnya disimpan pada suhu 10-15 °C. Hal ini mempertegas bahwa sistem tanpa kontrol suhu tidak mampu menjaga kestabilan suhu secara mandiri dan berisiko merusak kualitas produk yang disimpan.

Sementara itu, grafik kelembaban menunjukkan peningkatan signifikan dari 42% menjadi 88% selama proses pendinginan berlangsung.

Kenaikan suhu dan kelembaban disebabkan oleh tertutupnya ruang kabin serta ketiadaan sistem kontrol kelembaban, yang memicu akumulasi uap air, embun berlebih, dan mempercepat pembusukan buah. Fluktuasi kelembaban yang tidak terkendali berdampak negatif pada kesegaran dan masa simpan, terutama pada produk pertanian sensitif. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pendingin tanpa kontrol tidak mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban secara optimal. Oleh karena itu, penelitian ini merancang sistem kontrol suhu berbasis mikrokontroler ESP32, sensor DHT11, dan aplikasi Blynk, yang memungkinkan pengaturan otomatis dan pemantauan *real-time* melalui perangkat *mobile*. Integrasi IoT dalam sistem pendingin termoelektrik diperlukan untuk menciptakan alat penyimpanan yang efisien, presisi, dan sesuai untuk produk sensitif suhu.

Pengujian Produk

Pengujian sistem pendingin dilakukan dengan menempatkan produk berupa buah mangga Gedong Gincu di dalam kabin *coolbox* termoelektrik. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi performa sistem dalam menjaga suhu ideal penyimpanan buah tersebut.

Pada skenario pengujian dengan sistem kontrol otomatis, suhu awal 29,1 °C berhasil diturunkan secara bertahap diturunkan hingga mencapai rentang ideal suhu penyimpanan, yaitu sekitar 10-15 °C.



Gambar 7. Perancangan Alat Coolbox dengan Produk Mangga Gedong Gincu



Gambar 8. Tampilan pembacaan data sensor pada app Blynk dan *hardware* (LCD)

Gambar 8 menampilkan antarmuka aplikasi Blynk yang digunakan pada perangkat Android untuk memantau sistem pendingin. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat melihat pembacaan data dari sensor suhu dan kelembaban secara *real-time*. Selain tampilan numerik, aplikasi juga menyediakan visualisasi data dalam bentuk grafik, yang memudahkan analisis tren perubahan suhu dan kelembaban selama proses penyimpanan. Sementara itu, pada sisi perangkat keras (*hardware*), pembacaan data sensor ditampilkan secara lokal melalui modul LCD yang terintegrasi dengan sistem, sehingga memungkinkan pemantauan langsung tanpa koneksi internet. Kombinasi antara tampilan lokal dan jarak jauh ini meningkatkan fleksibilitas dan aksesibilitas sistem monitoring.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis sistem pendingin termoelektrik berbasis IoT pada alat coolbox, dapat disimpulkan, sistem pendingin coolbox termoelektrik berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan modul Peltier, sensor DHT11, mikrokontroler ESP32, serta aplikasi Blynk, yang memungkinkan monitoring suhu dan kelembaban secara *real-time* melalui perangkat *mobile*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol otomatis mampu menjaga suhu kabin stabil pada 14,5 °C dan kelembaban lebih terkontrol, sedangkan sistem tanpa kontrol menyebabkan suhu turun berlebih hingga di bawah 10 °C yang berisiko merusak kualitas produk.

Integrasi teknologi IoT terbukti meningkatkan efisiensi, keakuratan, dan kenyamanan pengguna dalam pengelolaan suhu penyimpanan, serta memberikan solusi modern yang lebih adaptif dibandingkan sistem pendingin konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Ratih Pratiwi and H. Satria Putra, "Pemanfaatan efek seebeck pada peltier sebagai generator darurat dengan dan tanpa step up DC to DC the use of seebeck effect on peltier as emergency generator with or without step up DC to DC," *JSNu: Journal of Science Nusantara*, vol. 1, no. 2, pp. 30-35, Dec. 2021.
- [2] R. Wahyu and C. Rangkuti, "Pengaruh beban pendinginan minuman kaleng terhadap suhu pada kotak pendingin berbasis termoelektrik dengan menggunakan listrik dari akumulator," in *Seminar Nasional Pakar*, Mar. 2018.
- [3] N. Tambun, D. Mustika, and A. Lubis, "Rancang alat konverter energi panas menjadi energi listrik dengan menggunakan termoelektrik sederhana," *Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, vol. 6, no. 1, Apr. 2023.
- [4] A. F. Rahman and R. Permatasari, "Perancangan dan pembuatan kotak pendingin penyimpan susu kedelai untuk pedagang kaki lima berbasis termoelektrik bersumber tenaga surya," in *KOCENIN Serial Konferensi*, 2020.
- [5] Amrullah, "Rancang bangun cooler box berbasis termoelektrik dengan variasi heatsink," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 1, pp. 59-64, Apr. 2021.
- [6] W. Indrawan dan Suryono Suryono, "Sistem pendingin menggunakan thermo-electric cooler dengan kontroler proportional-integral-derivative," *Berkala Fisika*, vol. 22, no. 2, pp. 68-76, Apr. 2019.
- [7] H. Munnik, D. Yohannes, and Y. Bekti, "Pemanfaatan peltier untuk cooler box mini," *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 11, no. 1, 2022.
- [8] D. Hidayat, "Monitoring suhu dan kelembaban berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Penelitian Teknik Informatika*, vol. Vol 4, no. Nomor 1, pp. 525-530, Apr. 2021.
- [9] M. Wijayanti, "Prototype smart home dengan nodemcu esp8266 berbasis IoT," *Jurnal Ilmiah Teknik*, vol. 1, no. 2, pp. 101-107, May 2022.
- [10] H. Haryanto, M. R. Makhsum, and I. Saraswati, "Perancangan modul termoelektrik generator menggunakan peltier," *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, p. 26, Jun. 2015.
- [11] M. Yusfi, F. Gandi, and H. Sagito Palka, "Analisis pemanfaatan dua elemen peltier pada pengontrolan temperatur air," *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 2, no. 1, p. 9, Apr. 2017.
- [12] H. Haryanto, M. Rifa Makhsum, and I. Saraswati, "Perancangan modul termoelektrik generator menggunakan peltier," *Teknika Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 26-37, 2015.
- [13] R. Friadi and Junadhi, "Sistem kontrol intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara pada greenhouse berbasis raspberry PI," *JTIS*, vol. 2, no. 1, p. 31, Feb. 2019.
- [14] Mouser Electronic, "DHT11 humidity & temperature sensor," 2025. Accessed: May 20, 2025. [Online]. Available: https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf?srltid=AfmBOoqmoP76hrA0QL_5ZVITjr3wj_uuLXEP6Ld8dMn7hkpiCaZaPrmH
- [15] R. Fajar Nugraha, F. Nurul Husna, S. Sandi, A. Fairuz Syahla, Y. Aldi Saputra, and R. Hidayat, "Smart air quality guardian: pengawasan polusi udara berbasis ESP32 dengan sensor gas MQ-2 dan MQ-135," *Jurnal Komputer dan Elektro Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 1-7, Jan. 2024.
- [16] Handson Technology, "Handson technology datasheet WeMOS D1 R32 ESP32 Wi-Fi and Bluetooth Board," 2025. Accessed: May 20, 2025. [Online]. Available: <https://handsontec.com/index.php/product/wemos-d1-r32-esp32-wi-fi-and-bluetooth-board/>
- [17] A. Budiyo, G. B. Pramudita, and S. Adinandra, "Kontrol relay dan kecepatan kipas angin Direct Current (DC) dengan sensor suhu LM35 berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Ilmiah ElektroTeknika*, vol. 19, no. 1, pp. 43-54, Apr. 2020.
- [18] A. Rahman Halim, M. Saiful, and L. Kertawijaya, "Rancang bangun alat pengukur suhu tubuh pintar

- berbasis Internet of Things,” *Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 117-127, Jan. 2021.
- [19] A. A. Seftandi, S. L. Masnah, M. Ihsan, A. A. Satria, W. S. Abdul Imam, and A. Wiyono, “Design analysis and design of coolbox based on thermoelectricity with wind power plant using 3D modeling,” *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, vol. 22, no. 3, pp. 187-194, Jun. 2023.