

Rancang Bangun Smart Halte Skala Model Integrasi Solar Cell Menggunakan Mesin Kompresi Uap Dan Thermoelectric Berbasis IOT

Aldi Dionova¹, Arwizet Karudin², Yolli Fernanda³, Andre Kurniawan⁴

¹²³⁴Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Padang
e-mail: alddionova1@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada desain dan pembangunan smart halte skala model yang menggabungkan solar cell, mesin kompresi uap, dan termoelektrik berbasis Internet of Things (IoT). Halte ini dirancang untuk meningkatkan kenyamanan dan kemudahan pengguna dengan memanfaatkan teknologi IoT yang menampilkan informasi secara real-time, seperti waktu, jadwal kedatangan bus, dan status operasional halte. Dengan penggunaan solar cell, sistem ini dapat beroperasi mandiri menggunakan energi terbarukan dari sinar matahari untuk menyuplai daya bagi komponen halte. Untuk pengaturan suhu, mesin kompresi uap dan teknologi termoelektrik digunakan untuk menciptakan kondisi yang nyaman di dalam halte, sehingga pengguna merasa lebih nyaman menunggu bus dalam berbagai kondisi cuaca. Sistem IoT pada halte ini juga dirancang untuk mengumpulkan dan menampilkan data terkait waktu dan jadwal keberangkatan bus secara otomatis, memudahkan pengguna dalam mengakses informasi transportasi. Model smart halte ini kemudian diuji untuk menilai efektivitas integrasi teknologi yang diterapkan, baik dari segi efisiensi energi maupun kemudahan akses informasi bagi pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model smart halte ini memberikan manfaat nyata dalam menyediakan kenyamanan, kemudahan akses informasi, dan efisiensi energi dalam lingkungan perkotaan.

Kata kunci: *Smart Halte, Thermoelektrik, Coefficient of Performance, Internet of Think*

Abstract

This research focuses on the design and construction of a model-scale smart bus stop that combines solar cells, vapor compression engines, and Internet of Things (IoT)-based thermoelectrics. This bus stop is designed to increase user comfort and convenience by utilizing IoT technology that displays real-time information, such as time, bus arrival schedule, and bus stop operational status. With the use of solar cells, this system can operate independently using renewable energy from sunlight to supply power for bus stop components. For temperature regulation, a vapor compression engine and thermoelectric technology are used to create comfortable conditions inside the bus stop, so that users feel more comfortable waiting for the bus in various weather

conditions. The IoT system in this bus stop is also designed to automatically collect and display data related to bus departure times and schedules, making it easier for users to access transportation information. The smart bus stop model was then tested to assess the effectiveness of the applied technology integration, both in terms of energy efficiency and ease of access to information for users. The test results show that this smart bus stop model provides tangible benefits in providing convenience, easy access to information, and energy efficiency in an urban environment.

Keywords: *Smart Halte, Thermoelektrik, Coefficient of Performance, Internet of Think*

PENDAHULUAN

Isu keberlanjutan menjadi topik global yang sering dibicarakan, terutama dalam konteks pembangunan. Keberlanjutan dalam bangunan dapat diperoleh melalui berbagai pendekatan, salah satunya dengan menerapkan konsep Smart Halte. Konsep ini mencakup penggunaan teknologi untuk mengurangi konsumsi energi berlebihan, sehingga mendukung upaya mencapai keberlanjutan lingkungan dalam pembangunan bangunan modern (Depari et al., 2023a).

Konsep Smart Halte sangat berkaitan dengan pemanfaatan energi termal, karena penggunaan energi termal dapat meningkatkan efisiensi energi serta menciptakan kenyamanan termal di dalam bangunan. Smart Halte, merujuk pada bangunan yang didesain dengan teknologi yang sesuai untuk meningkatkan fungsionalitas dan kenyamanan bagi penghuninya, sambil mengurangi biaya operasional. Bangunan pintar yang disesuaikan dengan lingkungan sekitarnya bertujuan untuk mengoptimalkan empat elemen dasar yang berhubungan (Azifah & Waspada, n.d.).

Integrasi teknologi energi termal seperti sel surya dan termoelektrik menjadi kunci dalam mencapai efisiensi energi serta menggunakan sumber energi terbarukan dalam Smart Halte. Energi termal juga memungkinkan Smart Halte untuk mengoptimalkan manajemen energi dan menggunakan sistem cerdas untuk mengatur suhu dan kenyamanan lingkungan dengan efisien. Dengan demikian, pentingnya energi termal dalam konteks Smart Halte adalah dalam menciptakan bangunan yang cerdas, efisien, dan berkelanjutan.



Gambar 1. Solar Cell
(Sumber : sollatek.com, diakses 2023)

Pentingnya energi termal dengan teknologi sel surya dan termoelektrik adalah bahwa keduanya mengandalkan energi termal untuk menghasilkan listrik dengan cara yang efisien dan ramah lingkungan. Teknologi sel surya mengubah energi matahari menjadi listrik melalui efek fotovoltaiik, sedangkan teknologi termoelektrik menggunakan perbedaan suhu untuk menghasilkan listrik. Baik sel surya maupun termoelektrik memiliki peran penting dalam menyediakan sumber energi yang bersih, berkelanjutan, dan dapat diaplikasikan dalam konteks bangunan pintar untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan.

Panel surya terdiri dari sel surya, yang merupakan perangkat semikonduktor mampu mengubah energi surya menjadi energi listrik melalui prinsip fotovoltaiik. Modul surya terdiri dari beberapa sel surya, sementara panel surya adalah kumpulan dari beberapa modul surya. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya dipengaruhi oleh dua faktor fisik, yaitu intensitas radiasi matahari dan suhu lingkungan. Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh sel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkannya. Namun, jika suhu lingkungan naik, meskipun intensitas radiasi matahari tetap, tegangan panel surya akan menurun dan arus listrik yang dihasilkan akan meningkat. Perubahan suhu pada sel surya disebabkan oleh variabel seperti suhu, kondisi awan, dan kecepatan angin di sekitar lingkungan tempat panel surya ditempatkan (Suryana & Marhaendra, 2016).

Teknologi termoelektrik merupakan opsi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Namun, pengembangannya sebagai alternatif energi memerlukan perhatian dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, industri, perguruan tinggi, dan masyarakat. Bahan termoelektrik, juga dikenal sebagai elemen Peltier, memiliki kemampuan untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung (sebagai generator termoelektrik) atau sebagai pendingin (pendingin termoelektrik), tanpa menghasilkan gas beracun seperti karbon dioksida atau polutan lainnya seperti logam berat (Muhammad Akbar et al., 2021).

Elemen Peltier, atau lebih dikenal sebagai bahan termoelektrik, memiliki kemampuan untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung (sebagai generator termoelektrik) atau sebagai penyerap panas (pendingin termoelektrik), tanpa mengeluarkan gas beracun seperti karbon dioksida atau polutan lainnya seperti logam berat. Teknologi generator termoelektrik telah lama digunakan untuk menghasilkan energi listrik, dimana perbedaan temperatur antara dua logam yang berbeda menyebabkan aliran arus melalui elemen Peltier, menghasilkan perbedaan tegangan. Prinsip ini dikenal sebagai efek Seebeck, yang merupakan fenomena kebalikan dari efek Peltier (Dwi Alia Widodo et al., 2021).

Karena termoelektrik juga memiliki batasan dalam hal kapasitas pendinginan dan efisiensi, terutama pada ruang dengan luas besar atau suhu lingkungan yang tinggi, maka dikombinasikan dengan mesin kompresi uap yang mampu menyediakan kapasitas pendinginan yang lebih besar. Kombinasi antara teknologi termoelektrik dan mesin kompresi uap menawarkan solusi yang lebih optimal dalam menjaga suhu Smart Halte.

Dalam konteks pembangunan bangunan dengan konsep Smart Halte, penggunaan mikrokontroler seperti Arduino Uno memiliki peran yang penting dalam mengelola dan mengoptimalkan penggunaan energi termal. Mikrokontroler seperti Arduino Uno memungkinkan integrasi sistem cerdas yang dapat memantau dan mengatur suhu serta kenyamanan lingkungan secara efisien.

Arduino Uno adalah salah satu jenis mikrokontroler yang populer dan relatif mudah digunakan. Dengan berbagai fitur yang dimilikinya, Arduino Uno dapat diprogram untuk mengumpulkan data dari berbagai sensor, termasuk sensor suhu. Data yang dikumpulkan oleh sensor suhu tersebut kemudian diproses oleh Arduino Uno untuk memberikan umpan balik yang diperlukan untuk mengatur perangkat pendingin atau pemanas dalam bangunan.

Penggunaan Arduino Uno, pengguna dapat mengimplementasikan berbagai algoritma kontrol untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal dalam bangunan. Misalnya, dengan memanfaatkan data suhu yang dikumpulkan, Arduino Uno dapat mengatur penggunaan perangkat HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) secara cerdas, sehingga mengoptimalkan penggunaan energi untuk mempertahankan suhu yang nyaman di dalam bangunan.

Arduino Uno juga dapat diintegrasikan dengan teknologi energi terbarukan seperti panel surya dan teknologi termoelektrik. Data yang dikumpulkan oleh sensor suhu dapat digunakan untuk mengoptimalkan kinerja panel surya, misalnya dengan mengatur sudut dan orientasi panel surya untuk meningkatkan penyerapan energi matahari berdasarkan kondisi suhu lingkungan. Sementara itu, teknologi termoelektrik juga dapat dikendalikan oleh Arduino Uno untuk menghasilkan energi listrik dari perbedaan suhu yang terjadi di sekitar bangunan.

Integrasi mikrokontroler seperti Arduino Uno dalam konsep Smart Halte membantu menciptakan bangunan yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan dengan memanfaatkan energi termal secara optimal. Melalui penggunaan teknologi ini, Smart Building dapat menjadi bagian integral dalam upaya global untuk mencapai keberlanjutan lingkungan dalam pembangunan bangunan modern.

Smart halte ini juga dirancang untuk menggunakan berdasarkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk mengetahui apakah bus sudah berada di halte atau masih dalam perjalanan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji performa Smart Halte, khususnya dalam pengujian sistem pendingin yang menggunakan mesin kompresi uap dan termoelektrik. Metode eksperimen ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengontrol variabel secara ketat, sehingga dampak perlakuan yang diberikan dapat diamati dengan lebih akurat. Peneliti merancang Smart Halte dengan memanfaatkan termoelektrik dan solar cell, kemudian mengujinya dengan beberapa variasi: menggunakan kompresi uap, menggunakan termoelektrik, dan kombinasi keduanya. Pengujian dilakukan pada siang hari untuk mengamati bagaimana sistem pendingin bekerja dalam kondisi panas lingkungan. Penelitian dilaksanakan dari bulan

Maret hingga Agustus 2024, mencakup tahap pembuatan alat, pengambilan data, pengolahan data, dan analisis hasil. Proses pengujian melibatkan pengamatan perubahan suhu dalam Smart Halte setiap 20 menit selama tiga jam. Analisis data meliputi evaluasi suhu ruangan, perpindahan panas, serta perhitungan koefisien performa (Coefficient of Performance atau COP) untuk menilai efisiensi sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancangan Alat

Alat Smart Halte adalah alat prototype yang dibuat sedemikian rupa sebagai ide untuk kemajuan sebuah halte. Alat ini mempunyai ukuran lebar 90 cm, panjang 100 cm dan tinggi 115 cm. Alat ini cukup mudah digunakan yakni hanya dengan menghubungkan dengan listrik alat ini sudah dapat dioperasikan dan diuji.



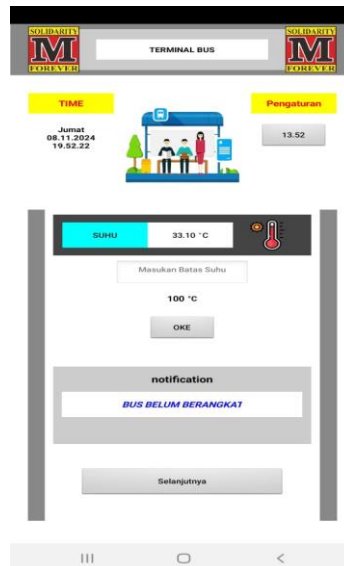
Gambar 2. Smart Halte

Alat ini telah diuji oleh penulis sebanyak 9 kali, yakni 3 kali dengan mesin kompresi uap 3 kali dengan Thermoelektrik dan 3 kali dengan kombinasi kompresi uap dan thermoelektrik.

B. Pengujian *Internet of Things*

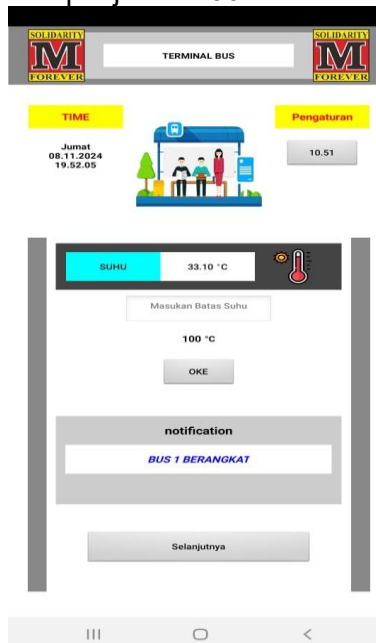
IoT berperan sebagai komponen utama dalam smart halte ini untuk meningkatkan pengalaman pengguna. Dengan bantuan sensor, sistem ini mampu menampilkan informasi mengenai bus yang akan melewati halte, termasuk jadwal keberangkatan bus pada waktu tertentu (jam 10, jam 11, dan jam 12). Informasi ini hanya muncul pada waktu tersebut, sedangkan di luar jam-jam itu, sistem akan menunjukkan bahwa bus belum berangkat.

Selain informasi jadwal, sistem ini juga menampilkan waktu secara *real-time*, sehingga pengguna halte bisa mengetahui waktu dengan akurat dan mempersiapkan diri untuk menunggu bus. Implementasi IoT dalam halte ini sangat penting untuk mengumpulkan, memproses, dan menampilkan data dengan efisien kepada para pengguna.



Gambar 3. Aplikasi IoT

Gambar 3. diatas menunjukkan jam 13.52 bus belum berangkat karena bus berangkat jam 10.00 sampai jam 12.00.



Gambar 4. Aplikasi IoT

Gambar 4. diatas menunjukkan bahwa bus 1 berangkat karena waktu yang tertulis jam 10.51.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa : Suhu lingkungan sangat berpengaruh dalam kinerja alat, semakin rendah suhu lingkungan, semakin rendah suhu ruangan yang didapatkan. Suhu terendah yang didapat pada penelitian ini yaitu mencapai 22,7 °C pada hari ketiga. Dari ketiga jenis penelitian yang dilakukan, yaitu dengan menggunakan mesin kompresi uap, menggunakan termoelektrik dan kombinasi mesin kompresi uap dengan termoelektrik, menggunakan mesin kompresi uap yang efektif dalam mendinginkan suhu ruangan. Suhu lingkungan berpengaruh terhadap COP dan EER. Dari hasil pengujian, semakin rendah suhu lingkungan, semakin tinggi pula nilai COP dan EER, yang menunjukkan bahwa suhu lingkungan berbanding terbalik dengan COP dan EER. Nilai COP dan EER tertinggi dicapai pada hari ke 3.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus salim, a. T., & indarto, b. (2018). Studi eksperimental karakterisasi elemen termoelektrik peltier tipe tec. *Jeecae (journal of electrical, electronics, control, and automotive engineering)*, 3(1), 179–182. <https://doi.org/10.32486/jeecae.v3i1.211>
- Akbar, m. (2021). Pengujian kinerja pendinginan thermo electric cooling (tec) meggunakan heatsink dengan variasi dimensi dan jenis material. *Program studi teknik mesin, fakultas teknik, universitas samudra, aceh*.
- Azifah, s. K., & was````pada, i. (n.d.). *Rancang bangun smart building dalam memantau dan mengendalikan lampu secara realtime berbasis websocket*.
- Darwin, albert panjaitan, & suwarno. (2020). Analisa pengaruh intensitas sinar matahari terhadap daya keluaran pada sel surya jenis monokristal. *Program studi magister teknik elektro universitas muhammadiyah sumatera utara*, 1(2), 99–106.
- Depari, a. S., sahputra, a., arsitektur, d. P., sipil, j. T., perencanaan, d., & kalimantan, i. T. (2023a). *Enhancing sustainability in smart buildings: exploring kinetic facade design through algorithmic strategies*. 2(4). <https://doi.org/10.56127/jukim.v2i04>
- Dwi alia widodo, teuku azuar rizal, & nasruddin. (2021). Analisis perilaku/stabilitas pendingin termoelektrik yang di tenagai matahari. *Program studi teknik mesin, fakultas teknik, universitas samudra, aceh*, 24415. <https://ejurnalunsam.id/index.php/jurutera>
- Lumban batu, p., abdul rahman, n., bahri widodo, s., & artikel, r. (2022). Design of thermal conducting equipment informasi artikel. *Jurnal ilmiah jurutera*. <https://ejurnalunsam.id/index.php/jurutera>
- Muhammad akbar, teuku azuar rizal, & rita syntia. (2021). Pengujian kinerja pendinginan thermo electric cooling (tec) meggunakan heatsink dengan variasi dimensi dan jenis material. *Program studi teknik mesin, fakultas teknik, universitas samudra, aceh*, 24415.
- Simanjuntak, m. G., & rizal batubara, f. (2013). *Perancangan prototipe smart building berbasis arduino uno*.

- Suryana, d., & marhaendra, m. (2016). *The effect of temperature on voltage produced by monocrystalline solar panel (case study: baristand industri surabaya)* (vol. 2, issue 1).
- Terang, lubis, z., & sitorus, t. B. (2017). Analisa kinerja sistempendingin peltier yang menggunakan sel pvdengan sumber energi radiasi matahari. *Jurnal energi dan manufaktur*, 9(2), 166–173.
- Warsito, a., adriono, e., nugroho, my., & winardi, b. (n.d.). *Dipo pv cooler, penggunaan sistem pendingin temperatur heatsink fan pada panel sel surya (photovoltaic) sebagai peniingkatan kerja energi listrik baru terbarukan.*