

KAJIAN EKSPERIMEN SISTEM PENDINGIN RUANGAN BERBASIS TERMoeLEKTRIK DENGAN SUMBER ENERGI DARI PANEL SURYA

Muhammad Taufiqurrahman

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura

Email: m.taufiqurrahman@untan.ac.id

ABSTRACT

Air conditioning system has a very important role in a building, this is to support activities in the building. Conventional cooling systems are based on vapor compression systems using refrigerant as the working fluid in the cycle. Commonly used refrigerant fluids have very high global warming and ozone destruction potential. Prolonged use of refrigerants will have negative impacts on the environment such as greenhouse gases and global warming. Through a photovoltaic (PV) system, solar light energy can be converted into electrical energy. Meanwhile, thermoelectric systems can convert temperature differences into electrical voltage differences or vice versa. Hybridization of the two systems can be used as an air conditioning system in buildings or other equipment. In this research, a prototype of a thermoelectric cooling system was produced with an energy source from solar panels, by determining the cooling temperature of a cube-shaped room with a side length of 30 cm at 26°C, the time required to reach this temperature was 18 minutes, data taken starting at 08.00, able to produce an average daily power from solar panels of 54.25 watts at each data collection. Meanwhile, the Coefficient of Performance of the cooling system in this study was 0.305. This system still cannot be compared with conventional cooling systems, but the cooling system in this research has the advantage of being a cooling system that is capable of producing cooling without using an electrical energy source from PLN.

Keywords: thermoelectric, air conditioning system, solar panel, COP

Riwayat Artikel :

Tanggal diterima : 26-11-2024

Tanggal revisi : 02-11-2024

Tanggal terbit : 05-12-2024

DOI :

<https://doi.org/10.31949/jensitec.v11i01.11978>

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan dan konsumsi energi yang semakin meningkat memotivasi berbagai kalangan yang peduli pada masalah energi untuk menggunakan energi alternatif disamping mengoptimalkan pemakaian energi berbahan dasar energi fosil. Energi alternatif ini dikenal sebagai energi baru dan terbarukan (EBT). Penggunaan EBT ini sebagai antisipasi krisis energi, karena pasokan energi fosil yang semakin berkurang serta dampak lingkungan

akibat penggunaan energi fosil tersebut. Salah satu penggunaan EBT adalah memanfaatkan energi surya atau energi matahari. Energi matahari mudah didapat dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Diperkirakan pada tahun 2050 konsumsi energi dunia sebesar 45% diperoleh dari matahari (Lowe and Drummond, 2022). Saat ini pendingin ruangan mempunyai peran yang sangat penting dalam suatu bangunan. Hampir diseluruh sisi bangunan biasanya dipasang alat

This is an open access article under the CC BY-4.0 license.



pendingin, hal ini untuk menunjang aktivitas pada bangunan tersebut.

Sistem pendingin konvensional berbasis sistem kompresi uap dengan memanfaatkan refrigeran sebagai fluida kerja dalam siklus tersebut. Fluida refrigeran yang biasa dipakai seperti R22, R32, R290, R410A, R125, R134A, R407C memiliki potensi pemanasan global (Widodo *et al.*, 2023). Penggunaan refrigeran yang berkepanjangan akan berdampak buruk kepada lingkungan seperti gas rumah kaca dan pemanasan global. Pada skala global refrigeran mempunyai potensi dampak buruk bagi kesehatan manusia melalui siklus hidupnya (Abas *et al.*, 2018).

Ditinjau dari segi ekonomi, dampak yang ditimbulkan ketika menggunakan sistem pendingin konvensional adalah tagihan listrik yang membengkak karena konsumsi listriknya yang relatif tinggi (Hussein, 2023). Pada suatu bangunan lebih dari 50% dari total energi dikonsumsi oleh pendingin ruangan (Kian Jon *et al.*, 2021).

Melalui sistem photovoltaik (PV) energi cahaya matahari dapat dikonversi menjadi energi Listrik menggunakan panel surya (Arvin and Rusindiyanto, 2022). Sementara sistem termoelektrik (TE) dapat mengubah perbedaan temperatur menjadi perbedaan tegangan listrik atau sebaliknya. Hibridisasi kedua sistem dapat dimanfaatkan sebagai sistem pendingin ruangan pada bangunan maupun peralatan lainnya.

Coefficient of Performance (COP) pada sistem pendinginan didefinisikan yaitu rasio antara kemampuan membuang panas sebuah sumber pendinginan terhadap suplai energi untuk menjalankan proses tersebut. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$COP = \frac{Q}{W} \quad (1)$$

Dimana ; Q merupakan energi kemampuan untuk pendinginan / pelepasan panas, dan W merupakan total konsumsi energi yang dibutuhkan oleh sistem.

Pada penelitian ini akan dibangun sebuah sistem pendingin ruangan berbasis termoelektrik dengan sumber energi dari panel surya, ada beberapa tujuan yang ingin diperoleh antara lain yaitu ; mengetahui waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu pendinginan yang ditetapkan dan menganalisa

COP dari sistem pendingin ruangan yang dikembangkan.

Pendahuluan mencakup latar belakang atas isu atau permasalahan serta urgensi dan rasionalisasi kegiatan (penelitian atau pengabdian).

Tujuan kegiatan dan rencana pemecahan masalah disajikan dalam bagian ini. Tinjauan pustaka yang relevan dan pengembangan hipotesis (jika ada) dimasukkan dalam bagian ini. [Times New Roman, 11, normal].

2. METODE PENELITIAN

Studi literatur digunakan untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya. Dalam penelitian yang akan dilakukan ialah pengembangan dari permasalahan yang belum terpecahkan bagaimana kinerja COP dari sistem pendinginan ruangan dari sistem pendingin berbasis termoelektrik dengan sumber energi dari panel surya. Dalam kajian eksperimen dari alat yang telah dibangun ini peneliti ingin mencari tau nilai COP dari sistem pendingin yang dibuat.

Untuk mendapatkan nilai COP tersebut, diperlukan perhitungan nilai dari energi panas yang dilepas dalam ruang pendinginan. Dalam hal ini, panas yang hilang pada ruangan yang memiliki dinding konduksi merupakan nilai dari laju perpindahan panas konduksi yang terjadi pada ruangan tersebut Persamaan yang digunakan dalam perpindahan kalor konduksi dikenalkan oleh Fourier sebagai berikut (Cengel, 2002).

$$q = k \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_0}{\Delta x} \quad (2)$$

dimana

q = laju perpindahan panas konduksi (watt)

k = konduktivitas termal bahan (W/m.°C)

A = luas permukaan material (m²)

T₁ = suhu akhir di permukaan °C

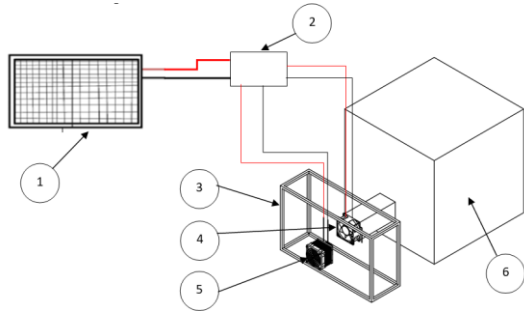
T₀ = suhu awal di permukaan °C

Δx = ketebalan material konduksi (m)

Untuk energi sumber yang dibutuhkan oleh sistem yang berasal dari panel surya merupakan energi listrik yang dapat dihitung dengan persamaan berikut (Glisson, 2011).

$$P = V \times I \quad (3)$$

Dimana ; P merupakan daya listrik (watt), V merupakan tegangan (volt) dan I merupakan arus listrik (ampere).



Gambar 1. Desain eksperimen penelitian (1) Modu Panel Surya, (2) Modul *Voltage Control*, (3) Cooler Box, (4) *Blowing Fan*, (5) Modul Termoelektrik, (6) Ruang Pendingin

Pada gambar 1 dapat dijelaskan spesifikasi perangkat-perangkat yang digunakan sebagai berikut :

- Panel surya tipe *polycrystalline* 150 WP
- Modul *voltage control* sebagai *step down* tegangan DC dari 24 V dan keluaran 12 V maksimum arus 30 A. Keluaran dari modul ini akan didapat data tegangan dan arus yang disuplai menuju ke sistem pendingin.
- Cooler box menggunakan bahan Styrofoam dengan ukuran menyesuaikan dengan modul termoelektrik kit.
- Blowing fan menggunakan fan DC 12 V ukuran 12 cm.
- Modul termoelektrik kit, dengan 1 unit termoelektrik TEC12706, 2 fan besar dan kecil, *heatsink* kecil untuk sisi pendingin dan *heatsink* besar untuk sisi panas.
- Ruang pendingin bentuk kubus ukuran 30 x 30 x 30 cm, dibuat dari bahan papan multiplek dengan ketebalan 9 mm. Pada ruang ini diambil data suhu mula-mula dan suhu setelah pendinginan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut peralatan yang digunakan dalam penelitian :



Gambar 2. Peralatan penelitian (a) Multi meter, (b) Thermometer, (c) Sistem pendingin

termoelektrik (d) Lux meter, (e) MCB, (f) Voltage control beserta kabel

Diperlukan lux meter untuk mengetahui intensitas cahaya matahari pada saat pengambilan data. Main Circuit Breaker (MCB) digunakan sebagai pemutus arus serta pelindung apabila terdapat arus yang berlebih.



Gambar 3. Proses pengambilan data

Pengambilan data penelitian untuk menjawab pertanyaan penelitian dilakukan dengan 2 jenis pengambilan, yang pertama pengambilan data untuk mendapatkan waktu tercepat pendinginan pada ruangan 30x30x30 cm, yang kedua yaitu untuk mendapatkan hasil analisa COP pada sistem pendinginan.

Berikut data hasil percobaan untuk mendapatkan waktu pendinginan ruangan :



Gambar 4. Grafik Penurunan Suhu Ruang Pendingin

Hasil dari prototype sistem pendingin termoelektrik dengan sumber energi dari panel surya dapat dilihat pada grafik penurunan suhu ruang pendingin. Ditetapkan suhu pendinginan ruangan sebesar 26°C, waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu tersebut yaitu selama 18

menit yang diambil data pada mulai pukul 08.00 WIB.

Waktu yang diperlukan untuk mendinginkan ruangan pendingin tergolong terlalu lama jika dibandingkan dengan sistem pendingin konvensional, hal ini terjadi karena pengaliran udara dingin pada cooler box nya belum maksimal. perpindahan panas konveksi

secara paksa pada termoelektrik belum bisa mendinginkan ruangan pendingin secara cepat. Suhu pendinginan yang dihasilkan juga masih belum mampu di bawah 20°C seperti pada sistem pendingin konvensional.

Data harian sistem pendingin ruangan diambil pada tanggal 23 Oktober 2024 di Pontianak, Kalimantan Barat.

Tabel 1. Data harian sistem pendingin ruangan

Waktu	Intensitas matahari (lux)	Tegangan Panel Surya (V)	Arus Panel Surya (A)	Suhu Luar Ruangan (lingkungan) °C	Suhu sisi Dingin °C	Suhu Sisi Panas °C	Suhu ruang mesin pendingin °C	Suhu Ruang yang didinginkan °C
8:30	75,61	18,6	3,75	28,4	8,6	39,1	25,2	26
9:00	98	18,74	3,33	28,3	8,4	37,7	25,1	25,9
9:30	109,9	18,37	3,45	28,5	8,5	38,1	24,5	25,9
10:00	97,45	18,27	3,36	29,1	8,2	34,7	25,6	26
10:30	101,3	18,15	3,42	29,3	8,7	38,2	25,4	26,1
11:00	49340	18,12	2,36	29,6	10,6	34,8	27,7	26,1
11:30	10170	18,54	3,4	30	9	36,5	25,9	26,1
12:00	80350	18,06	3,24	30,3	9,9	37,5	26,1	26,3
12:30	30080	18,44	3,04	30,5	9,5	35,1	26,3	26,1
13:00	19220	18,55	1,9	30,7	8,4	35,5	26,9	26,1
13:30	10100	18,33	3,42	31	9,8	37,4	27,1	26,1
14:00	86850	18,53	3,41	31,1	10,2	37,1	26,6	26,3
14:30	69150	18,24	3,36	31,3	10,6	38,1	26,9	26,2
15:00	57710	18,03	3,43	31,3	10,1	37,7	27,1	26,1
15:30	25300	18,3	1,42	31,4	12	33,6	27,9	26,2
16:00	16440	18,07	1,05	31,3	13,5	32,9	29,1	26,1
Rata-rata		18,33375	2,95875					

Dari data tabel di atas dapat dihitung daya rata-rata keluaran yang dihasilkan oleh panel surya untuk mensuplai energi listrik pada sistem pendingin dengan menggunakan persamaan (3) yaitu ;

$$P = 18,33375 \text{ V} \times 2,95875 \text{ A} \\ = 54,24498 \text{ Watt}$$

Untuk menghitung energi panas yang dilepas / hilang pada ruang yang didinginkan dapat menggunakan persamaan (2). Dari data gambar 4 grafik penurunan suhu ruang pendinginan terlihat bahwa waktu pendinginan yang dibutuhkan untuk mencapai suhu T_1

sebesar 26°C selama 18 menit dari suhu awal T_0 sebesar 28,3 °C.

Dengan diketahui luas permukaan (A) ruang pendinginan dengan bentuk kubus ukuran 30 x 30 x 30 cm adalah sebesar 0,54 m³. Ruang tersebut memiliki bahan papan kayu multiplek tebal (Δx) 9 mm atau 0,009 m, dan koefisien konduktivitas termal bahan papan kayu multiplek (*plywood*) sebesar 0,12 W/m.°C (Cengel, 2002). Jadi dapat dihitung energi kalor yang dilepas/hilang dari ruang pendinginan sebesar :

$$q = 0,12 \times 0,54 \times \frac{28,3 - 26}{0,009}$$

$$= 16,56 \text{ Watt}$$

Maka COP dari sistem dengan menggunakan persamaan (1) di mana COP dari sistem pendingin merupakan energi kalor (Q) yang dilepas/hilang dari ruang pendingin sedangkan energi kerja (W) adalah energi listrik dari daya listrik (P) yang diperlukan untuk mensuplai energi ke sistem pendingin ;

$$COP = \frac{16,56}{54,24498}$$

$$COP = 0,305$$

COP sebesar 0,305 menunjukan bahwa sistem belum mampu memaksimalkan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya untuk dikonversi menjadi energi kalor yang dapat menyerap kalor pada ruang pendinginan.

4. KESIMPULAN

Sistem pendingin ruangan berbasis termoelektrik dengan sumber energi dari panel surya menghasilkan waktu tercepat yang diperlukan untuk mencapai suhu 26oC pada ruang pendingin yaitu selama 18 menit.

Pengamatan harian mampu menghasilkan rata-rata daya dari panel surya sebesar 54,24498 Watt. Dengan perhitungan pada panas yang hilang dalam ruangan pendinginan sebesar 16,56 watt, maka didapat Coefficient of Performance (COP) sistem pendinginan pada penelitian ini sebesar 0,305. Sistem ini memang masih belum bisa dibandingkan dengan sistem pendinginan konvensional, namun dalam sistem pendinginan dalam penelitian ini memiliki keunggulan yaitu berupa sebuah sistem pendingin yang mampu menghasilkan pendinginan tanpa menggunakan sumber energi listrik dari PLN.

5. REFERENSI

- [1] Abas, N. *et al.* (2018) 'Natural and synthetic refrigerants, global warming: A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, pp. 557–569. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.099>.
- [2] Arvin, A.N. and Rusindiyanto (2022) 'PERANCANGAN ALAT MONITORING KONDISI LINGKUNGAN DAN
- PREDIKSI CUACA BERTENAGA SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC', *J-ENSISTEC*, 9(01), pp. 701–707. Available at: <https://doi.org/10.31949/jensitec.v9i01.2735>.
- [3] Cengel, Y.A. (2002) *Heat Transfer: A Practical Approach*. 2nd Edition. New York: McGraw-Hill.
- [4] Glisson, T.H. (2011) 'Current, Voltage, and Resistance', in *Introduction to Circuit Analysis and Design*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 19–48. Available at: https://doi.org/10.1007/978-90-481-9443-8_2.
- [5] Hussein, A.T. (2023) 'A New Approach to Air Conditioning System Using the Photovoltaic System in Combination With Electricity – Driven Heat Pump and Vapor Compression Chiller', *Journal of Energy Technologies and Policy*, 13. Available at: <https://doi.org/10.7176/jetp/13-1-04>.
- [6] Kian Jon, C. *et al.* (2021) 'Future of Air Conditioning', in. Springer Nature, pp. 17–52. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-15-8477-0_2.
- [7] Lowe, R.J. and Drummond, P. (2022) 'Solar, wind and logistic substitution in global energy supply to 2050 – Barriers and implications', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153, p. 111720. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111720>.
- [8] Widodo *et al.* (2023) 'Performance Analysis of Using Hydrocarbon Mixed Refrigerant R32-R290 as an Alternative to R410A in Reducing the GWP Value of Household Split Air Conditioners', *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 107(2), pp. 103–116. Available at: <https://doi.org/10.37934/arfmts.107.2.103116>.