



Penerapan *Thermo Electric Cooler* (TEC) Sebagai Teknologi Berbiaya Rendah dan Ramah Lingkungan pada Sistem Pendingin Ruangan

Application of Thermo Electric Cooler (TEC) as a Low Cost and Environmentally Friendly Technology in Air Conditioning Systems

Heri Kusnadi¹, Ojak Abdul Rozak^{*2}, Juhana², Mukhlis Hardiansyah²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Sutomo University

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Pamulang University

ARTICLE INFO

Article history:

Diterima 05-10-2022

Diperbaiki 14-04-2024

Disetujui 14-05-2024

Kata Kunci:

Refrigeran, *Thermo Electric Cooler*, *Heatsink*, DHT22, Arduino

ABSTRAK

Penggunaan bahan kimia (refrigeran) yang tidak ramah lingkungan pada suatu sistem pendingin seperti *Air Conditioner* (AC) dapat merusak lapisan ozon di atmosfer bumi yang berdampak pada pemanasan global. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendingin yang ramah lingkungan dalam penerapan teknologi modul pendingin *Thermo Electric Cooler* (TEC). TEC bila disuplai dengan tegangan DC (arus searah) satu sisi akan menjadi panas, sedangkan sisi lainnya akan menjadi dingin, untuk memaksimalkan proses pendinginan, sisi panas TEC harus diturunkan serendah mungkin dengan menggunakan *fan*, *heatsink* dan *thermal pasta* (minyak termal). Menggunakan 6 buah TEC 12 V 6A, dimensi 40 x 40 mm dan tebal 4 mm. TEC disusun secara paralel dan listrik disusun secara seri. TEC pada saat power suplai disambungkan ke sumber arus listrik, pengoperasian 6 TEC yang terpasang pada *heatsink* yang disusun secara paralel dan seri akan menyebabkan satu sisi menjadi dingin (panas diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (panas dilepaskan). Apa yang menyebabkan sisi dingin TEC menjadi dingin adalah aliran elektron dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah. Untuk mengetahui suhu hasil dingin Peltier menggunakan sensor DHT22 dengan mikrokontroler Arduino dengan suhu terprogram yang otomatis mati dan hidup. Untuk pemutus atau saklar otomatis menggunakan relai 5 volts. penggunaan AC per hari (6 jam) dikenakan tarif Rp. 3.212 dan pemakaian AC selama sebulan (30 hari) setiap hari pemakaian 6 jam dikenakan tarif Rp. 96.360, sehingga dapat menikmati suasana yang aman dan nyaman dengan menggunakan teknologi sistem pendingin yang ramah lingkungan dan berbiaya rendah.

ABSTRACT

The use of environmentally unfriendly chemicals (refrigerants) in Air Conditioners (AC) can damage the ozone layer in the earth's atmosphere which has an impact on global warming. Therefore, an environmentally friendly cooling system is needed in the application of the Thermo Electric Cooler (TEC) cooling module technology. TEC when supplied with DC voltage (direct current) one side will become hot, while the other side will be cold, to maximize the cooling process, the hot side of TEC must be lowered as low as possible by using a fan, heatsink and thermal paste (thermal grease). Using 6 pieces of TEC 12 V 6A, dimensions 40 x 40 mm and 4 mm thick. TECs are arranged in parallel and electricity is arranged in series. TEC when the power supply is connected to an electric current source, operating the 6 TECs attached to the heatsink arranged in parallel and in series will cause one side to cool down (heat absorbed) and the other side to become hot (heat released). What causes the cold side of TEC to cool is the flow of electrons from a higher energy level to a lower energy level. To find out the temperature of the Peltier cold results using a DHT22 sensor with an Arduino microcontroller with a programmed temperature that automatically turns off and on. For the breaker or automatic switch using a 5-volt relay. the use of air conditioners per day (6 hours) is subject to tariffs Rp. 3,212 and the use of air conditioners for a month (30 days) every day the use of 6 hours is subject to tariffs Rp. 96,360, so as to enjoy a safe and comfortable atmosphere by using environmentally friendly and low-cost technology.

Keywords:

Refrigerant, Thermo Electric Cooler, Heatsink, DHT22, Arduino

1. Pendahuluan

Sistem pendingin memiliki peran penting dalam kehidupan masyarakat saat ini, data Badan Pusat Statistik (BPS) menyatakan bahwa persentase rumah tangga yang memiliki AC menurut provinsi dan perilaku menyalakan AC di bawah 25°C, 2017 dengan total 79,48% dibandingkan dengan yang tidak [1], hal ini dapat menunjukkan pentingnya AC dalam kehidupan masyarakat. Di Indonesia yang beriklim tropis, hampir setiap rumah dapat ditemukan peralatan yang menggunakan sistem pendingin. Mesin pendingin ini memiliki fungsi seperti mendinginkan suhu ruangan, menyimpan makanan, minuman, sayur dan buah agar tahan lebih lama dan tetap segar [2].

Perkembangan teknologi meliputi berbagai aspek kehidupan manusia [3]. Teknologi pendinginan saat ini memiliki bahaya yang ditimbulkan oleh penggunaan bahan kimia pendingin [4]. Refrigeran merupakan bahan kimia yang dapat membuat struktur lapisan ozon semakin menipis. Ini salah satu penyebab pemanasan global [5]. Jika hal ini terus berlanjut, pemanasan global dapat membahayakan kehidupan manusia, oleh karena itu diperlukan sistem pendingin yang tidak lagi mengandalkan refrigeran, tetapi menggunakan teknologi yang lebih ramah lingkungan [6].

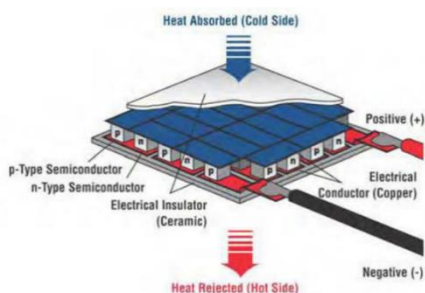
Thermo Electric merupakan komponen yang dapat menggantikan fungsi refrigeran. *Thermo Electric* adalah hubungan antara energi panas dan energi listrik yang terjadi antara dua logam yang berbeda. Efek Thermo Electric dikembangkan dalam perangkat disebut elemen Peltier [7].

Penggunaan elemen Peltier ini dapat dirancang dalam suatu sistem yang dapat menggantikan sistem konvensional dan lebih ramah lingkungan. Contoh dalam penerapan peltier ini adalah sebagai kulkas mini, pendingin aquarium, *ice box*, *panel box cooler*, dan lain-lain.

2. Metode Penelitian

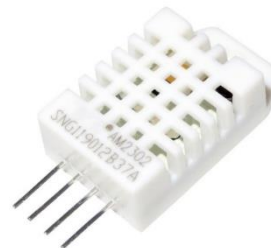
Penggunaan 8 TEC 1-12706 sebagai pendinginan, tetapi hanya menggunakan anemometer sebagai alat pengukur suhu [8]. Penggunaan 2 Thermo TEC1-12706, heatsink dan kipas, belum memiliki sistem penggerak berbasis mikrokontroler [9].

Bagian inti dari pendingin termoelektrik adalah modul termoelektrik/modul listrik [10], yang menghasilkan perbedaan suhu dengan aliran arus. Munculnya perbedaan suhu didasarkan pada efek peltier yang diangkat setelah Jean Peltier. Modul termoelektrik merupakan pompa kalor dan memiliki fungsi yang sama dengan lemari es. Namun, sangat cocok tanpa unit konstruksi yang bergerak secara mekanis (pompa, kompresor) dan tanpa pendingin. Aliran panas dapat diubah dengan membalikkan arah arus [11].



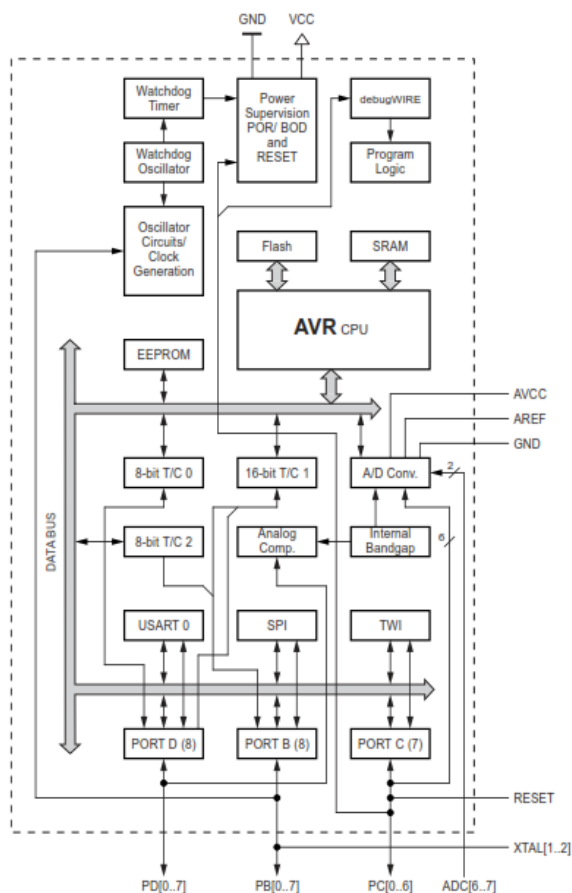
Gambar 1. Modul termoelektrik

DHT22/AM2302 adalah sensor suhu dan kelembaban, sensor ini memiliki output berupa sinyal digital dengan konversi dan perhitungan yang dilakukan oleh MCU 8-bit yang terintegrasi. Sensor ini memiliki kalibrasi yang akurat dengan penyesuaian kompensasi suhu ruangan dengan nilai koefisien yang disimpan dalam memori OTP terintegrasi [12]. Bentuk fisik DHT22 sensor seperti terlihat pada Gambar 2 [13].



Gambar 2. DHT22 sensor

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P [14]. Ini memiliki 14 pin *input/output* digital (6 di antaranya adalah *output* PWM), 6 *input* analog, resonator keramik 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), koneksi USB, colokan listrik, *header* ICSP, dan tombol reset.

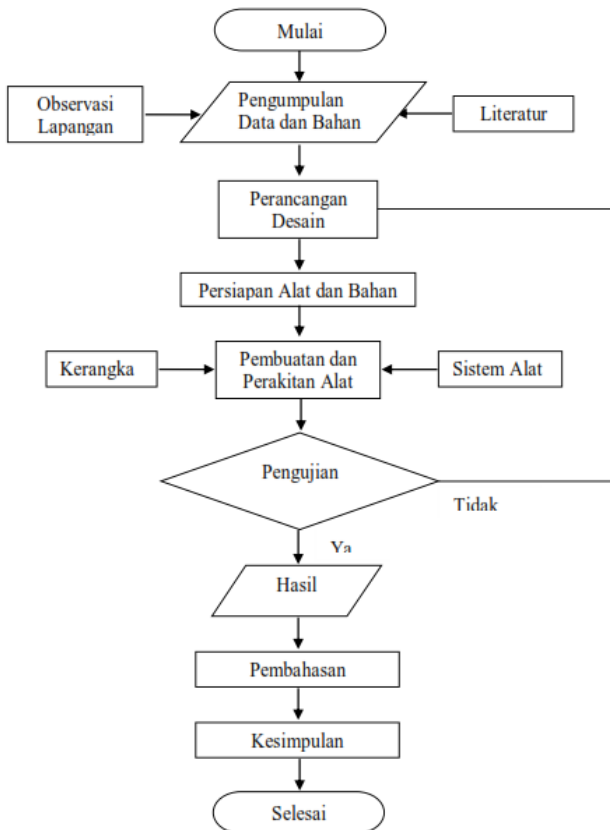


Gambar 3. Diagram blok AVR

Papan Uno adalah yang pertama dalam serangkaian papan Arduino USB, dan model referensi untuk platform Arduino; Untuk daftar ekstensif papan saat ini, masa lalu atau usang, lihat indeks papan Arduino.

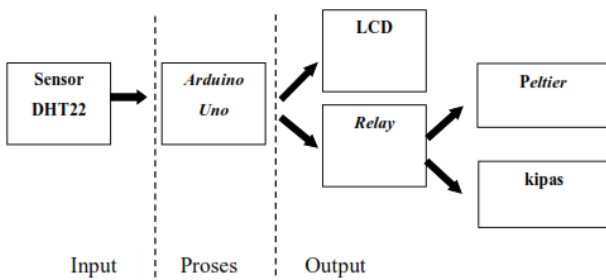
Dalam tahapan penelitian terdapat beberapa metode tahapan penelitian yang dirumuskan dalam sebuah *flowchart*

yang menggambarkan susunan atau tahapan penelitian yang dapat dilihat pada *flowchart* berikut ini.



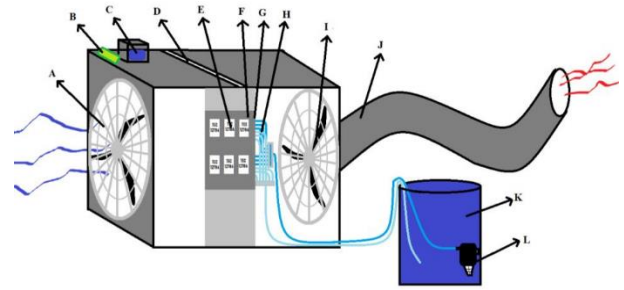
Gambar 4. Diagram alir tahapan penelitian

Diagram alur kerja sistem penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Diagram blok sistem

Diagram blok perancangan sistem dimulai dari sensor DHT membaca suhu ruangan dan diproses oleh arduino uno. Arduino uno menampilkan hasil suhu ruangan pada layar LCD 16x2 dan arduino uno memerintahkan relai untuk memutuskan atau menyambung arus yang sudah diprogram sesuai suhu yang ditentukan, jadi jika suhu ruangan lebih dari 24°C maka relai akan terhubung, maka peltier dan kipas akan menyala. Jika suhu ruangan kurang dari 24 °C maka relai akan terputus, kemudian peltier dan kipas akan mati. gambar desain alat yang akan dibuat seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema sistem pendingin ruangan

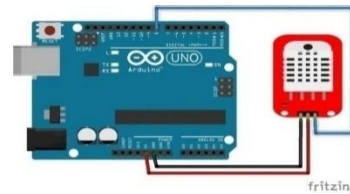
Perancangan sistem menggunakan material ducting Pu dengan dimensi panjang 70 cm, lebar 40 cm dan tinggi 35 cm.

Tabel 1.

Keterangan Gambar 6

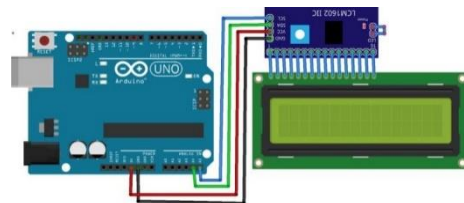
| Code | Description | Code | Description |
|------|-------------------------|------|-------------------------------|
| A | Cold side fan | G | Water cooling block |
| B | LCD Display | H | Water circulation hose |
| C | Arduino Microcontroller | I | Hot side fan |
| D | Suction Hole | J | Flexible hose dissipates heat |
| E | Thermoelectric Peltier | K | Water storage container |
| F | Heatsink | L | Aquarium pump |

Sensor DHT22 digunakan sebagai alat pengukur suhu dan kelembaban dengan keluaran digital sehingga proses ADC tidak diperlukan lagi. Sensor DHT22 terhubung ke *digital port* 8 pada arduino uno. Berikut adalah tampilan rangkaian sensor DHT22 ke pin Arduino Uno, seperti terlihat pada Gambar 7.



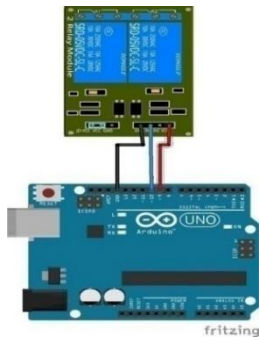
Gambar 7. Rangkaian sensor DHT22

LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan besaran nilai suhu dan kelembaban. LCD terhubung ke *digital port* 8 ke *digital port* 13 pada arduino uno. Penelitian ini menggunakan modul I2C untuk LCD 16x2 ke pin Arduino Uno. Berikut adalah tampilan rangkaian LCD 16x2 dengan modul I2C ke pin Arduino Uno, seperti terlihat pada Gambar 8.



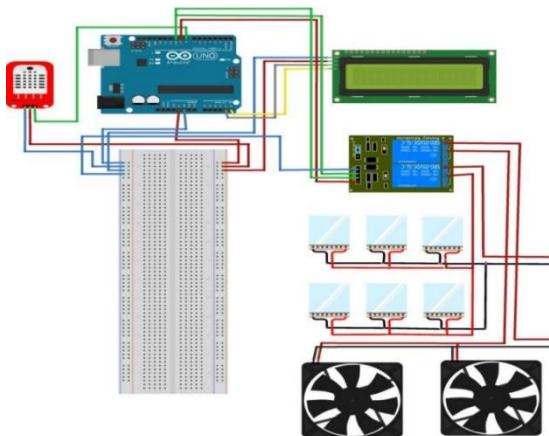
Gambar 8. Rangkaian LCD 16x2

Relai digunakan sebagai penghubung dan pemutus arus yang dihubungkan dari Arduino Uno ke beban yaitu Peltier dan Kipas Angin. Relai yang digunakan adalah Relai 5 volt 2 kanal. Relai terhubung ke *port* digital Arduino Uno. Berikut adalah tampilan rangkaian Relai yang terhubung dengan pin Arduino Uno, seperti terlihat pada Gambar 9.



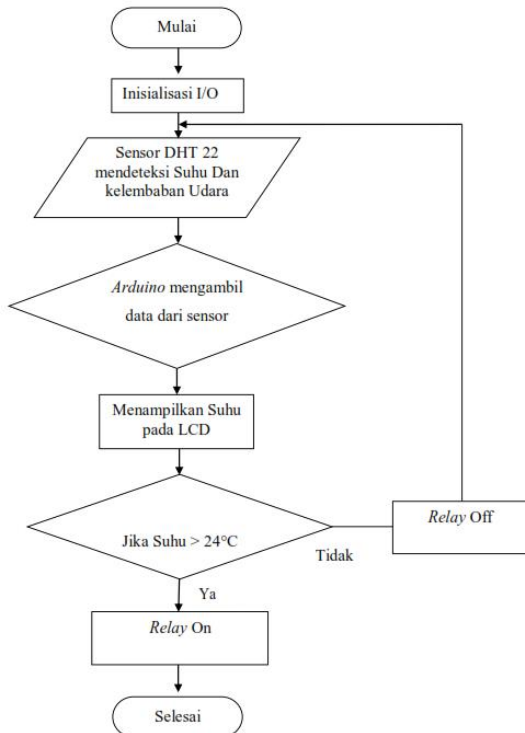
Gambar 9. Rangkaian relai

Rangkaian keseluruhan merupakan gabungan dari setiap rangkaian komponen yang terhubung dengan Arduino yang dapat bekerja untuk suatu perangkat yang akan dibuat. Skema secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian keseluruhan

Tahapan pengujian perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil desain yang maksimal, berikut adalah *flowchart* tahapan penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. *Flowchart* tahapan pengujian

Tahap pertama dalam alur kerja alat ini adalah pembacaan suhu dan kelembaban yang dilakukan oleh sensor DHT22 kemudian direkam oleh mikrokontroler Arduino Uno, kemudian ditampilkan pada modul LCD. Perintah yang diatur pada Arduino Uno adalah jika suhu yang terbaca lebih dari 24°C maka relai diberikan kondisi aktif atau menyala, namun jika suhu yang terukur kurang dari 24°C maka relai diberikan kondisi tidak aktif atau tidak aktif.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini adalah hasil perancangan perangkat keras sistem pendingin udara ruangan.



(a) (b)

Gambar 12. Hasil desain (a) tampak depan, (b) tampak belakang

Pengujian LCD (*liquid crystal display*) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan yang diinginkan. Hasil pengujian LCD dapat menampilkan nilai suhu 30.70 dan nilai kelembaban 73.00 yang dihasilkan dari nilai sensor DHT22.



Gambar 13. Tampilan LCD

Pengujian suhu ruangan dilakukan untuk mengetahui apakah sensor suhu DHT22, relai dan mikrokontroler Arduino Uno pada perangkat dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan *layout* posisi sensor DHT22 yang berbeda, masing-masing *layout* diuji sebanyak tiga kali dan dicari nilai rata-ratanya. Pada pengujian pertama letak posisi sensor DHT22 berada di depan *exhaust fan*, pengujian kedua *layout* sensor diberikan jarak 100 cm dari *exhaust fan*.

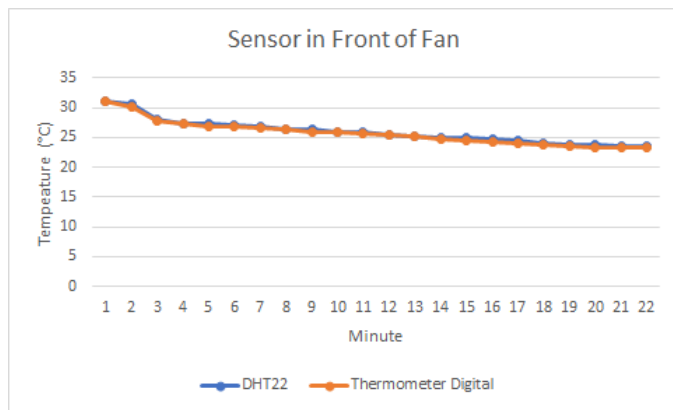
Pengujian dilakukan selama 30 menit dan pengambilan data dilakukan setiap 1 menit, sedangkan untuk melihat nilai akurasi atau error yang dihasilkan dari sensor suhu dapat dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dari sensor suhu dan termometer digital. Dengan perbandingan antara sensor suhu dengan termometer digital maka didapatkan nilai error suhu pada alat sensor suhu.



Gambar 14. Pengukuran suhu dengan termometer

Tabel 2. Pengujian dengan Posisi Sensor Depan Kipas

| Time (minute) | Temperature (°C) | | Error (%) $\frac{ a-b }{b} \times 100\%$ |
|---------------|------------------|-------------------------|---|
| | DHT22 (a) | Thermometer Digital (b) | |
| 0 | 31,2 | 31,0 | 0,006 |
| 1 | 30,6 | 30,2 | 0,013 |
| 2 | 28,1 | 27,9 | 0,007 |
| 3 | 27,4 | 27,3 | 0,003 |
| 4 | 27,3 | 26,8 | 0,018 |
| 5 | 27,0 | 26,8 | 0,007 |
| 6 | 26,8 | 26,7 | 0,003 |
| 7 | 26,5 | 26,4 | 0,003 |
| 8 | 26,4 | 26,0 | 0,015 |
| 9 | 25,8 | 25,8 | 0 |
| 10 | 25,8 | 25,6 | 0,007 |
| 11 | 25,5 | 25,4 | 0,003 |
| 12 | 25,2 | 25,1 | 0,003 |
| 13 | 25,0 | 24,8 | 0,008 |
| 14 | 25,0 | 24,6 | 0,016 |
| 15 | 24,8 | 24,2 | 0,024 |
| 16 | 24,6 | 24,0 | 0,025 |
| 17 | 24,0 | 23,8 | 0,008 |
| 18 | 23,9 | 23,6 | 0,012 |
| 19 | 23,8 | 23,4 | 0,017 |
| 20 | 23,6 | 23,3 | 0,012 |
| 21 | 23,6 | 23,3 | 0,012 |
| Average error | | | 0,010 |



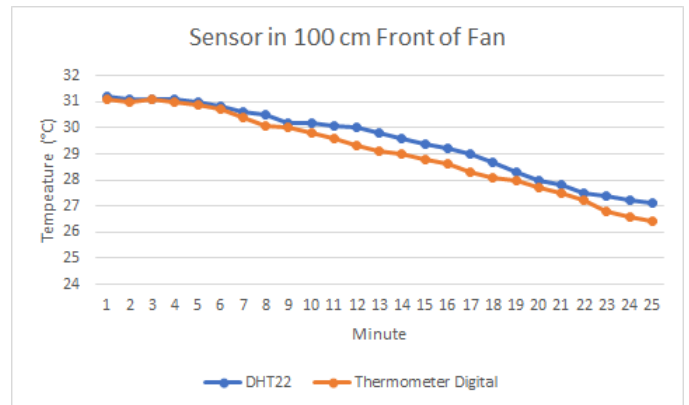
Gambar 15. Pengujian dengan posisi sensor depan kipas

Berdasarkan perbandingan hasil pengukuran sensor DHT22 dengan termometer yang dipasang di depan kipas angin, dihasilkan *error* sebesar 0,010% ketika dapat membaca penurunan suhu dari 31,2 °C menjadi 23,3 °C dalam waktu 21 menit. Sedangkan berdasarkan perbandingan hasil pengukuran sensor DHT22 dengan termometer yang dipasang pada jarak 100 cm di depan kipas angin dihasilkan *error* sebesar 0,013%

untuk dapat membaca penurunan suhu dari 31,2 °C hingga 26,4 °C dalam 24 menit.

Tabel 3. Pengujian dengan Posisi Sensor 100 cm dari Kipas

| Time (minute) | Temperature (°C) | | Error (%) $\frac{ a-b }{b} \times 100\%$ |
|---------------|------------------|-------------------------|---|
| | DHT22 (a) | Thermometer Digital (b) | |
| 0 | 31,2 | 31,1 | 0,003 |
| 1 | 31,1 | 31,0 | 0,003 |
| 2 | 31,1 | 31,1 | 0 |
| 3 | 31,1 | 31,0 | 0,003 |
| 4 | 31,0 | 30,9 | 0,003 |
| 5 | 30,8 | 30,7 | 0,003 |
| 6 | 30,6 | 30,4 | 0,006 |
| 7 | 30,5 | 30,1 | 0,013 |
| 8 | 30,2 | 30,0 | 0,006 |
| 9 | 30,2 | 29,8 | 0,013 |
| 10 | 30,1 | 29,6 | 0,016 |
| 11 | 30,0 | 29,3 | 0,023 |
| 12 | 29,8 | 29,1 | 0,024 |
| 13 | 29,6 | 29,0 | 0,020 |
| 14 | 29,4 | 28,8 | 0,020 |
| 15 | 29,2 | 28,6 | 0,042 |
| 16 | 29,0 | 28,3 | 0,024 |
| 17 | 28,7 | 28,1 | 0,021 |
| 18 | 28,3 | 28,0 | 0,006 |
| 19 | 28,0 | 27,7 | 0,010 |
| 20 | 27,8 | 27,5 | 0,014 |
| 21 | 27,5 | 27,2 | 0,018 |
| 22 | 27,4 | 26,8 | 0,033 |
| 23 | 27,2 | 26,6 | 0,034 |
| 24 | 27,1 | 26,4 | 0,038 |
| Average error | | | 0,013 |



Gambar 16. Pengujian dengan posisi sensor 100 cm dari kipas

Berdasarkan kedua metode pengujian tersebut maka dapat dinyatakan bahwa pembacaan sensor DHT22 layak digunakan sebagai alat pengukur suhu ruangan.

Pengujian power suplai dilakukan untuk mengetahui tegangan pada power suplai apakah sudah sesuai dengan *datasheet*. dan untuk mengetahui nilai *error* yang didapat dari perbandingan hasil nilai yang diharapkan.



Gambar 17. Pengukuran tegangan power suplai

Tabel 4. Pengujian Power Suplai

| Power Supply | Expected Voltage Value (a) | Voltage Value Measurement Results (b) | $\frac{ a - b }{b} \times 100\%$ |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Electrical voltage | 220 | 215,5 | 0,002 |
| Power Supply 1 | 12 | 10,69 | 0,109 |
| Power Supply 2 | 12 | 11,99 | 0,000 |
| Adapter | 12 | 12,27 | 0,022 |

Untuk mencari daya listrik alat pendingin ini melalui metode pengukuran Arus (*ampere*) untuk menentukan besarnya arus beban kemudian daya menggunakan metode perhitungan untuk menentukan daya beban.



Gambar 18. Current measurement

Hasil pengukuran arus beban dapat sebesar 1,84 A, maka besarnya daya beban adalah:

$$P = V \times I = 215,5 \text{ V} \times 1,84 \text{ A} = 396 \text{ watt}$$

Total Konsumsi Daya per hari selama 6 jam, maka konsumsi energi listrik adalah:

$$W = P \times t = 396 \text{ W} \times 6 \text{ h} = 2,376 \text{ kWh per day}$$

Harga tagihan listrik 900 VA Non Subsidi = Rp. 1.352 per kWh. Jadi, biaya konsumsi daya per hari (6 jam) adalah 2,376 kWh x 1.352 = Rp. 3.212 *per day*. Sehingga besarnya biaya konsumsi daya listrik per bulan adalah Rp. 3.212 *per day* x 30 day = Rp. 96.360.

4. Kesimpulan

Jadi, pemakaian AC per hari (6 jam) dikenakan tarif Rp. 3.212 dan pemakaian AC selama sebulan (30 hari) setiap hari pemakaian 6 jam dikenakan tarif Rp. 96.360, sehingga dapat menikmati suasana yang aman dan nyaman dengan menggunakan teknologi yang ramah lingkungan dan berbiaya rendah.

Referensi

- [1] BPS, "Persentase Rumah Tangga yang Memiliki AC Menurut Provinsi dan Perilaku Menyalakan AC Dibawah 25 C," Badan Pusat Statistik (BPS). Accessed: Apr. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjA1MyMx/persentase-rumah-tangga-yang-memiliki-ac-menurut-provinsi-dan-perilaku-menyalakan-ac-dibawah-25-c--2013-dan-2017.html>
- [2] A. Zakiah, "Analysis of Energy-Efficient House Layout Design in Tropical Climate," *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*, vol. 47, no. 1, pp. 11–18, Jun. 2021, doi: 10.9744/dimensi.47.1.11-18.
- [3] S. Kumar and T. Singh, "Impact of Technology on Various Aspects of Human Life During Covid-19 Pandemic: A Survey," *Journal of Psychosocial Research*, vol. 16, no. 1, pp. 127–142, 2021, doi: 10.32381/JPR.2021.16.01.12.
- [4] C. Maheshwar, "The Problem of Contaminated Refrigerants," 2018.
- [5] Mark McLinden, "Refrigerants to the Rescue: Plugging the Ozone Hole," National Institute of Standards and Technology (NIST). Accessed: Apr. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.nist.gov/blogs/taking-measure/refrigerants-rescue-plugging-ozone-hole>
- [6] A. Pariona, "Effects of Global Warming on Humans," World Atlas. Accessed: Apr. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.worldatlas.com/articles/how-will-global-warming-affect-human-beings.html>
- [7] I. Terasaki, "Thermal Conductivity and Thermoelectric Power of Semiconductors," 2011, pp. 1–33.
- [8] M. Ahsani and A. P. Budijono, "Rancang Bangun Pendingin Ruangan Portable Dengan Memanfaatkan Efek Perbedaan Suhu Pada Thermo Electric Cooler (TEC)," *JRM*, vol. 3, no. 1, pp. 100–109, 2015.
- [9] L. Nulhakim, "Uji Unjuk Kerja Pendingin Ruangan Berbasis Thermo Electric Cooling," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 8, no. 1, pp. 85–90, 2017.
- [10] Dr. V. B. Vaidya *et al.*, "Review on Development of Thermoelectric Air cooler," *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 10, no. 3, pp. 210–214, Mar. 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.40610.
- [11] P. Pandya, J. Patel, N. Patel, V. Patel, and K. Parikh, "Design and Fabrication of Air Cooler and Heater Using Thermoelectric Effect," *Journal of Emerging Technologies*

- [12] *and Innovative Research (JETIR)*, vol. 6, no. 5, pp. 519–522, 2019, [Online]. Available: www.jetir.org
- [13] Magi, “A Guide for DHT22 Humidity and Temperature Sensor: DHT22 vs DHT11,” Utmel Electronic. Accessed: Apr. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.utmel.com/components/a-guide-for-dht22-also-named-as-am2302-humidity-and-temperature-sensor-dht22-vs-dht11?id=1974>
- [14] A. Postolache, “DHT22 / AM2302 temperature and humidity sensor DHT22 temperature and humidity sensor for Arduino,” Boot & Work Corp. S.L. Accessed: Apr. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.industrialshields.com/blog/arduino-industrial-1/dht22-am2302-temperature-and-humidity-sensor-224>
- [14] Atmel, “ATmega328P 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash Datasheet,” 2015.