



# Manajemen Pengondisian Suhu Ruangan Berdasarkan Beban Termal Menggunakan Sensor Thermopile Infrared Array

Nuryanti<sup>1\*</sup>, Susetyo Bagas Bhaskoro<sup>2</sup>, Muhammad Firza Erliansyah<sup>3</sup> 

<sup>1,2,3</sup>Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung, Bandung, Indonesia

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received March 22, 2024

Accepted July 13, 2024

Available online July 25, 2024

### Kata Kunci:

AMG8833, AC, Penginderaan Suhu Tubuh, Kamera Termal, Beban Termal

### Keywords:

AMG8833, Air Conditioner, Body Temperature Sensing, Thermal Camera, Thermal Load.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2024 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

## ABSTRAK

Upaya mencapai efisiensi energi, perlu pengurangan penggunaan AC yang tidak efisien, mengakibatkan konsumsi energi tinggi dan emisi karbon. Beban termal adalah total panas yang harus dikeluarkan dari ruangan untuk mempertahankan suhu nyaman, termasuk beban kalor sensibel dan laten. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis manajemen pengondisian suhu ruangan berdasarkan beban termal menggunakan sensor thermopile infrared array. Jenis penelitian merupakan studi literatur. Sistem otomatisasi berbasis kamera termal AMG8833 dengan resolusi 8x8 piksel dikembangkan untuk mendeteksi kondisi ruangan secara efisien. ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler untuk mengolah data dari kamera termal dan mengubah set point suhu ruangan menggunakan IR Transmitter. Pengaturan suhu dilakukan dengan mengatur fan AC berdasarkan hukum konveksi, sehingga distribusi udara lebih efektif. Sistem ini dilengkapi antarmuka dan LCD untuk pemantauan real-time serta perubahan suhu langsung. Pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengoptimalkan suhu dan kenyamanan termal dengan penghematan daya 0.365 kWh. Sistem ini tidak hanya mengurangi konsumsi daya dan emisi karbon, tetapi juga meningkatkan kenyamanan dan produktivitas penghuni ruangan.

## ABSTRACT

To achieve energy efficiency, reducing inefficient AC use, which leads to high energy consumption and carbon emissions, is necessary. Thermal load is the total heat that must be removed from a room to maintain a comfortable temperature, including sensible and latent heat loads. An automation system using the AMG8833 thermal camera with 8x8 pixel resolution was developed to efficiently detect room conditions. This camera functions as a thermal sensor, providing a comprehensive perspective on changes and identifying thermal loads. The ESP32 microcontroller processes data from the thermal camera and adjusts the room temperature set point using an IR Transmitter. Temperature control is done by adjusting the AC fan based on convection laws, making air distribution more effective. The system includes an interface and LCD for real-time monitoring and temperature changes. Testing shows this system optimizes temperature and thermal comfort, saving 0.365 kWh. It reduces power consumption and carbon emissions while enhancing occupant comfort and productivity.

## 1. PENDAHULUAN

Air Conditioner (AC) merupakan alat rekayasa termal yang penggunaannya meluas tidak hanya di perkantoran namun juga di skala rumah tangga. Hal ini sejalan dengan pemanasan global yang menyebabkan temperatur rata-rata permukaan bumi meningkat yang mempengaruhi tingkat kenyamanan suhu di ruangan (Legionosuko et al., 2019). Suhu tinggi atau kelembaban berlebih dapat menyebabkan kelelahan dan keringat berlebihan, sementara suhu terlalu rendah dapat mengurangi konsentrasi karena kekakuan fisik. Oleh karena itu, penting untuk menciptakan lingkungan yang nyaman dengan suhu dan kelembaban yang sesuai demi kesejahteraan dan produktivitas individu (Baldwin et al., 2023). Dengan demikian, kenyamanan termal menjadi suatu aspek penting dalam menentukan kenyamanan pengguna dalam berbagai situasi termal, dengan kelembaban dan suhu udara menjadi faktor penentu utama (Aditya, 2021). Penggunaan AC yang meluas ini tentu saja meningkatkan konsumsi listrik dimana kebutuhan energi yang besar berdampak pada emisi karbon. Setiap peningkatan 1% dalam konsumsi listrik menyebabkan emisi karbon naik sekitar 0,185% dalam jangka panjang dan 0,292% dalam jangka pendek. Dengan kata lain, peningkatan konsumsi listrik berkontribusi pada peningkatan emisi karbon baik dalam jangka panjang maupun pendek (Saint Akadiri et al., 2020; Sangsawang, 2020).

Salah satu upaya untuk penghematan energi listrik adalah penggunaan AC yang diatur agar sesuai dengan beban termalnya saja. Daya AC yang sering disebut sebagai PK (Paard Krcht) atau HP (horse

\*Corresponding author.

E-mail addresses: [Nuryanti@ae.polman-bandung.ac.id](mailto:Nuryanti@ae.polman-bandung.ac.id) (Nuryanti)

power), merujuk pada kapasitas daya kompresor AC, bukan mengindikasikan kapasitas pendinginan AC itu sendiri (Almaududi, 2020; Leni, 2023). Mengacu pada Standar ASHRAE 55-1992 dan ISO 7730 rentang suhu ideal untuk kenyamanan di wilayah khatulistiwa adalah antara 22,5 hingga 29 derajat Celsius (Putri et al., 2020; Quraisy et al., 2019). Penggunaan energi listrik yang efisien sangat penting, terutama untuk AC yang sering beroperasi meskipun ruangan kosong, menyebabkan pemborosan energi. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatisasi untuk mengatasi masalah ini yang membawa manfaat berupa penghematan energi dan pengurangan emisi karbon (Liang et al., 2022; Nurhilal et al., 2020). Disamping untuk menghemat energi, automasi sistem AC tetap mengacu pada kenyamanan sesuai standar (Cheng & Lee, 2016). Perkembangan Sistem otomasi AC sejauh ini menggunakan pendeteksi jumlah orang dengan cara mendeteksi pacaran inframerah yang dipancarkan oleh manusia dan akan ditangkap menggunakan sensor berupa thermal camera. Dengan menggunakan thermal camera pendeteksian tidak memerlukan kontak langsung dan cocok untuk mendeteksi suhu manusia dan juga beban termal dalam sebuah ruangan (Alam et al., 2022).

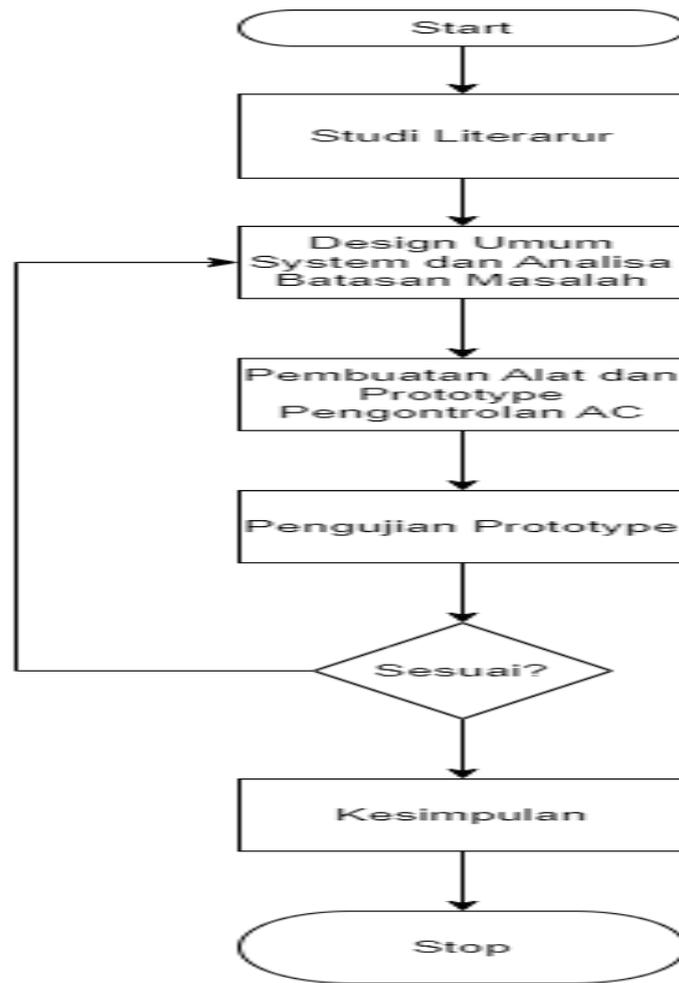
Perangkat otomatis penggunaan AC menggunakan kamera termal yang memperkirakan jumlah orang dalam ruangan dan otomatis mengatur set point pendingin, selain itu menggunakan termal kamera untuk mendeteksi pola gerakan dan posisi individu serta mengintegrasikan teknologi ini dengan sistem keamanan dan manajemen bangunan pintar (Jati & Rivai, 2020). Tujuannya adalah menciptakan lingkungan adaptif yang responsif terhadap kehadiran manusia, meningkatkan kenyamanan penghuni, dan mengoptimalkan efisiensi energi dalam pengaturan suhu dan ventilasi (Jati & Rivai, 2020). Namun dari penelitian tersebut pendekatan penggunaan thermal kamera sebatas mendeteksi keberadaan manusia dan melakukan penghitungan berapa banyak manusia yang kemudian dikonversikan dengan berapa set point temperatur. Pengaruh thermal lainnya yang berasal dari benda lain seperti minuman hangat atau komputer yang digunakan di suatu ruangan belum diperhitungkan. Selain itu penyesuaian set point temperatur dimana setiap penambahan jumlah orang akan menurunkan set point temperatur beresiko pada kondisi ruangan yang menjadi terlalu dingin. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis manajemen pengondisian suhu ruangan berdasarkan beban termal menggunakan sensor *thermopile infrared array*. Oleh karena itu dalam penelitian ini dikembangkan metode otomatisasi penggunaan AC yang memperhitungkan beban termal lain selain manusia dan juga set point temperatur AC tetap bekerja di area nyaman dan akan mati jika tidak ada beban termal yang terdeteksi. Untuk kondisi beban termal mulai naik maka pengaturan kecepatan blower dan bukaan udara dingin diterapkan untuk menjaga temperatur ruangan tetap berada di area nyaman. Selain itu menghemat energi karena kompresor tidak langsung bekerja dalam penyesuaian temperatur.

## 2. METODE

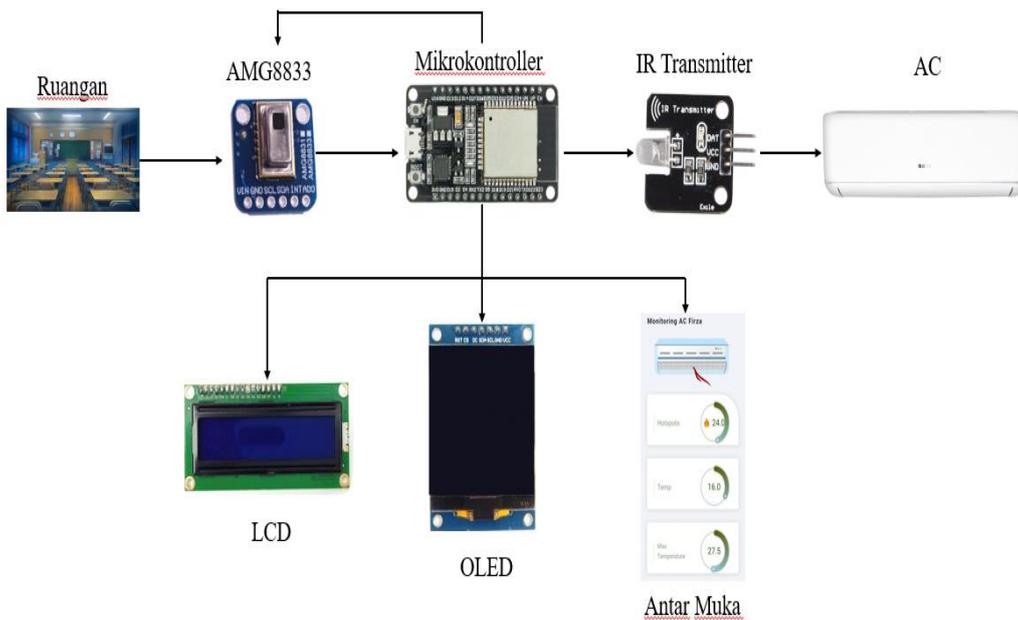
Metode yang digunakan pada penelitian kali ini dilakukan sesuai tahapan pada Gambar 1. Langkah pertama adalah studi literatur untuk merangkum penelitian dari berbagai bidang, diikuti dengan perancangan sistem dan pembatasan masalah untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Kemudian, dilakukan pembuatan alat dan prototipe pengontrolan AC, diikuti dengan uji coba. Jika hasil sesuai harapan, dilakukan analisis dan kesimpulan terkait penelitian sesuai dengan Gambar 1.

Cara untuk melengkapi metode diatas dibuat sebuah gambaran umum sistem yang akan dibuat dimulai dari inisiasi kondisi dan suhu ruangan, dimana pendeteksian dilakukan untuk memantau beban termal yang ada di ruangan tersebut, dimana itu dilakukan oleh thermal camera. Selanjutnya thermal camera akan memberikan masukan kepada mikro kontroller untuk menentukan set point yang telah ditetapkan, set point suhu tersebut akan dikirimkan dari Arduino melalui IR Transmitter yang akan memancarkan sinyal sesuai dengan protocol pada IR Reciver pada AC sehingga dapat menurunkan suhu ruangan tersebut dengan mengontrol fan yang dapat dilihat pada Gambar 2.

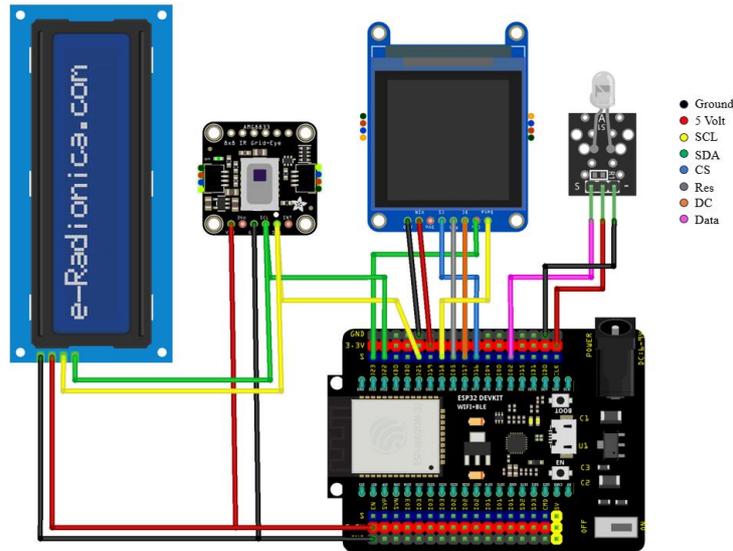
Sedangkan untuk box hardware berisikan alat yang akan dipasang untuk mengendalikan suhu ruangan seperti pada Gambar 3. Dengan pengolahan data yang dilakukan melalui mikrokontroler ESP32 yang ditambahkan dengan shield untuk menambah jumlah *pin power* dan *ground*, untuk komunikasi dengan AC dipasang module inframerah untuk mengirim sinyal IR. Dilengkapi dengan AMG8833 sebagai penangkap termal dari object yang berada dalam cakupan radius 7 meter dan sudut 60° dari sensor. Sedangkan untuk menampilkan data berupa text dan warna pixel yang terbaca menggunakan LCD dan OLED display (Widodo et al., 2021).



Gambar 1. Flowchart Penelitian

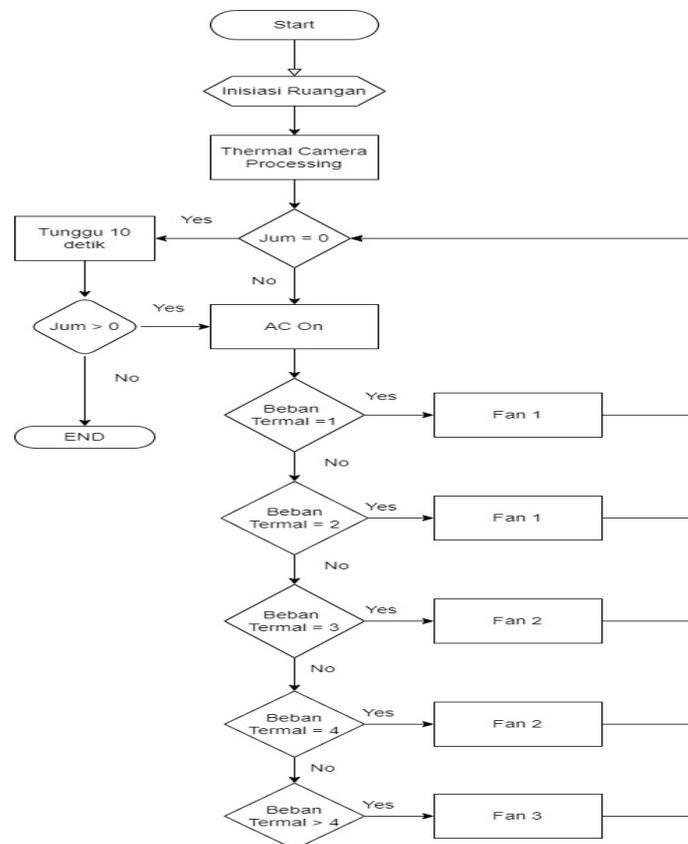


Gambar 2. Gambaran Umum Sistem



Gambar 3. Wiring Diagram

Perancangan *software* yang akan dibuat memiliki diagram alur dimulai dari inisiasi kondisi ruangan yang dilakukan pengukuran, dimana sensor kamera IR akan mengambil citra gambar dari kondisi ruangan tersebut, apabila beban termal yang terdeteksi 1 maka set temperatur akan menjadi 26°C dengan mode *fan 1*. Sedangkan apabila beban termal dalam ruangan tersebut 2 beban termal, maka set temperatur menjadi 26°C dengan *fan 1*. Sedangkan beban termal 3, set temperatur akan menjadi 26°C dengan *fan 2*. Sedangkan apabila beban termal 4 maka set temperatur menjadi 26°C dengan set *fan 2*. Dan apabila beban termal lebih dari 4 maka, set temperatur menjadi 26°C dengan *fan 3*. Sebaliknya, apabila ketika dalam waktu 10 detik tersebut terdapat orang, maka sistem akan men set temperatur sesuai dengan yang telah diinstruksikan (Albertus & Muliady., 2020; Furizal & Yudhana, 2023).



Gambar 4. Perancangan Perangkat Lunak

Perhitungan beban pendinginan adalah proses menghitung besarnya beban kalor, baik kehilangan maupun perolehan kalor, dalam suatu ruangan yang dikondisikan. Beban kalor ini harus diatasi oleh perangkat AC, sehingga perhitungan ini penting untuk memperkirakan kapasitas AC yang diperlukan. Oleh karena itu, perhitungan beban terkait kondisi lingkungan harus mempertimbangkan kondisi ekstrim yang biasa terjadi dan didasarkan pada kondisi puncak. Beban kalor dalam ruangan dibagi menjadi beban kalor sensibel dan beban kalor laten, dan total beban kalor yang harus diatasi oleh AC merupakan gabungan dari kedua jenis beban kalor ini (Maluegha & Luntungan, 2021). Klasifikasi fan 1/2/3 didapatkan dari perhitungan nilai konveksi dimana proses konveksi terjadi pada evaporator yang berada di dalam ruangan. Untuk menentukan besaran fan yang akan di atur tiap masing masing beban panas, maka dilakukan perhitungan terhadap kalor manusia yang nantinya akan dikonversi menjadi CFM untuk mengetahui kapasitas aliran udara dalam ruangan. Nilai dari h ialah sebesar 3,4 (Choudhary & Udayraj., 2023). Sedangkan A sebesar 1,8 (Mustamin et al., 2020). Suhu tubuh manusia berada di angka 37°C (Geneva et al., 2019). Sedangkan untuk set 281emperature di angka 26°C. Nilai tersebut kemudian dijadikan dalam bentuk BTU/h Sehingga hasilnya menjadi seperti di Tabel 1.

**Tabel 1.** Perhitungan Nilai BTU/h

Jumlah Orang	Nilai Btu/H
1	229,5
2	459
3	688,5
4	918
5	1147,5

Dari nilai tersebut akan kita masukan ke dalam rumus CFM (*Cubic Feet per Minute*). berguna untuk mengukur volume aliran udara per menit yang bergerak di dalam ruangan (Heriyadi & Salia Zakri, 2021).

$$Q = CFM \times 1,08 \times \Delta T \tag{4}$$

$$CFM = \frac{Q}{1,08 \times \Delta T} \tag{5}$$

$$CMF \text{ 1 Orang} = \frac{229,5}{1,8 \times 15} \tag{6}$$

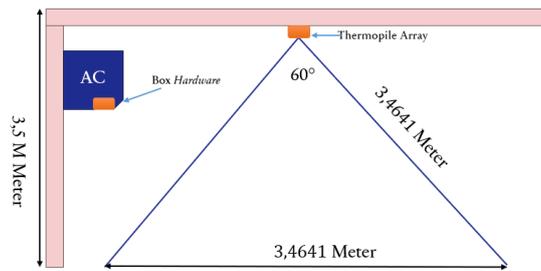
$$CMF \text{ 1 Orang} = \frac{229,5}{27} \tag{7}$$

$$CMF \text{ 1 Orang} = 8.5 \tag{8}$$

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan CFM dan Kecepatan Fan

Jumlah Orang	Nilai Btu/H	Konstanta	$\Delta T$ (°)	CFM = $Q / 1,8 \times \Delta T$	Kecepatan fan
1	229,5	1,8	15	8,5	Rendah
2	459	1,8	15	17	Rendah
3	688,5	1,8	15	25,5	Sedang
4	918	1,8	15	34	Sedang
5	1147,5	1,8	15	42,5	Tinggi

Dari seluruh perhitungan diatas, maka untuk mengetahui nilai pendinginan menggunakan fan diperlukan perhitungan Q atau perpindahan panas menggunakan rumus konveksi, hal itu dikarenakan proses yang terjadi pada evaporator ialah proses konveksi, sehingga perhitungan akan lebih akurat menggunakan rumus konveksi. Setelah nilai Q diketahui menggunakan perhitungan rumus konveksi, kita perlu merubahnya agar dapat mengetahui nilai fan. Cara yang digunakan ialah menggunakan rumus CFM sebagai acuan aliran udara yang dibutuhkan untuk mendinginkan sebuah ruangan. Dimana hasil kalkulasi didapatkan bahwa untuk 1 hingga 2 orang, membutuhkan fan speed 1. Sedangkan untuk 3 hingga 4 orang dibutuhkan fan speed 2 dan untuk 5 orang dibutuhkan fan speed 3. Sedangkan untuk penempatan dari thermopile infrared array sensor pada kondisi ini sangat diperlukan, dikarenakan keterbatasan pembacaan dan pengambilan citra gambar yang hanya 60° maka penempatan dari sensor tersebut perlu diperhitungkan dengan demikian perencanaan pengambilan citra gambar dilakukan dengan cara seperti Gambar 5.



Gambar 5. Penempatan Sensor AMG8833

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil

Hasil Decode IR digunakan untuk menyalakan dan mengontrol AC. Decode IR tersebut nantinya akan dikirimkan ke AC Receiver menggunakan microcontroller dan akan mengubah set temperature sesuai dengan beban termal dalam ruangan tersebut. Decode ini ditujukan untuk mengetahui protocol serta nilai dari raw data IR. Setelah decode dilakukan maka dilakukan pengujian terhadap pengiriman IR. Pengujian pengiriman sinyal IR dilakukan untuk memastikan bahwa decode IR yang dilakukan sudah berhasil dan dapat mengontrol fungsi AC. Pengujian ini dilakukan dengan mengarahkan IR Transmitter dengan jarak ± 90 cm dari IR Receiver AC.

Tabel 3. Hasil Percobaan IR

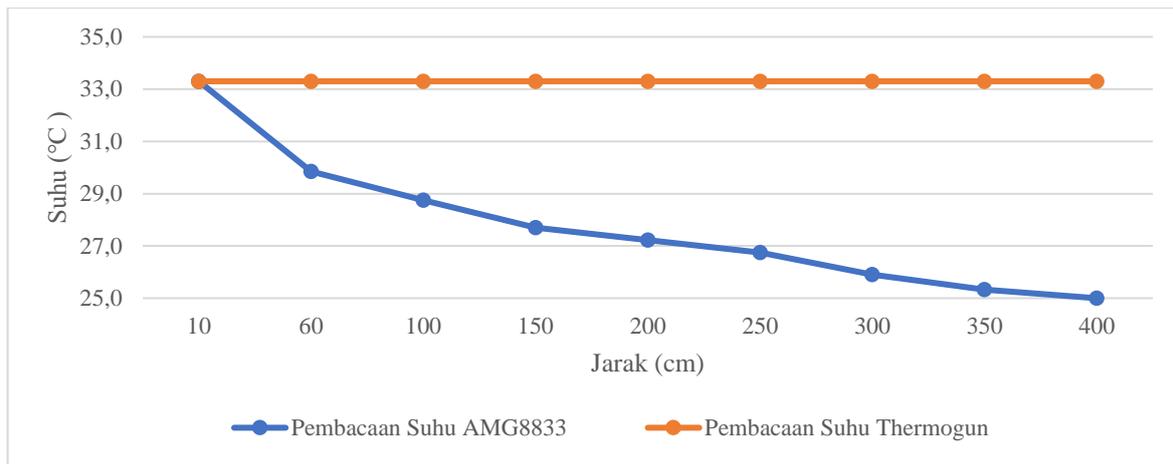
No.	Suhu	Percobaan Ke-				
		1	2	3	4	5
1	On/Off	✓	✓	✓	✓	✓
2	Fan Low	✓	✓	✓	✓	✓
3	Fan Medium	✓	✓	✓	✓	✓
4	Fan High	✓	✓	✓	✓	✓

Setelah percobaan IR berhasil, maka dilakukan pengujian terhadap pembacaan AMG8833 dan pembacaan AMG8833 terhadap perbedaan suhu.

Tabel 4. Pembacaan AMG8833 Terhadap Perbedaan Jarak

Jarak (cm)	AMG8833										Rata-Rata	Suhu Thermogun	Perbedaan suhu
	Percobaan Ke-												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
10	33,3	33,0	33,3	33,0	33,5	33,3	33,3	33,8	33,3	33,5	33,3	33,3	0,00
60	29,5	29,5	29,8	29,8	30,3	29,8	29,8	30,3	30,0	30,0	29,9	33,3	3,45
100	28,8	29,0	28,8	29,0	28,5	28,8	28,5	28,5	29,0	28,8	28,8	33,3	4,55
150	27,5	27,8	27,3	27,3	27,5	28,0	27,8	28,3	28,0	27,8	27,7	33,3	5,60
200	27,5	26,8	27,0	27,3	27,0	27,3	27,5	27,0	27,5	27,5	27,2	33,3	6,08
250	27,0	26,3	26,3	26,3	27,3	26,5	27,0	27,3	26,8	27,0	26,8	33,3	6,55
300	25,8	26,0	25,8	26,3	25,8	26,0	26,0	25,3	26,3	26,0	25,9	33,3	7,40
350	25,0	25,3	25,5	25,3	25,5	25,0	26,0	25,5	25,3	25,0	25,3	33,3	7,98
400	25,0	24,8	25,0	25,0	25,0	25,0	25,3	24,8	25,3	25,0	25,0	33,3	8,30

Dari Tabel 4 di atas dapat diketahui bahwa dengan jarak 10cm, pembacaan antara thermometer dan AMG8833 tidak berbeda jauh. Semakin jauh jarak objek yang dideteksi maka pembacaan suhu akan semakin berbeda. Namun pada jarak 4meter suhu tubuh akan tetap terdeteksi lebih panas dari pada suhu ruangan. Untuk dapat lebih dipahami berikut ialah gambar grafik dari hasil percobaan karakteristik AMG9933 (Amri et al., 2021). Sedangkan untuk memahami lebih mudah lihat Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Pengujian Karakteristik AMG8833

Dari grafik diatas, dapat kita simpulkan bahwa semakin jauh jarak objek yang akan dideteksi, maka pembacaan semakin dingin. suhu optimal pembacaan ialah 10 cm. Lalu, akan dilakukan penelitian terhadap akurasi pembacaan AMG8833 dengan jarak tersebut disajikan pada Gambar 7, dan Gambar 8.



**Gambar 7.** Pengujian Akurasi Sensor



**Gambar 8.** Konfigurasi Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi akan dilakukan dengan mengukur sebuah objek yang dapat berubah temperaturnya. Dalam hal ini objek tersebut menggunakan air yang di panaskan dan diberikan es batu untuk mengubah suhu air di dalam wadah. Sedangkan untuk pembandingan, digunakan thermometer celup untuk mengetahui suhu dari air tersebut. Untuk hasil pembacaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5

**Tabel 5.** Hasil Pembacaan AMG8833 dan Termometer

No.	Suhu Air	Suhu Pembacaan AMG8833	Perbedaan
1	8,1	8	-0,1
2	12,1	12	-0,1
3	16,5	16,25	0,25
4	27,3	27,25	0,05
5	39,5	39,25	0,25
6	45,3	45,25	0,05
7	56,8	56,75	0,05
8	62,5	60,25	2,25
		<b>Rata-Rata</b>	<b>0,3</b>

Hasil pembacaan suhu termometer dan AMG8833 berkisar antara 0,3°C. Perbedaan ini masing terhitung dalam nilai toleransi dari pembacaan sensor AMG8833 (Burhanuddin et al., 2023). Hasil Pengujian selanjutnya ialah pengujian kecar keseluruhan, dimana penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pembacaan dari beban panas yang mungkin terdeteksi dalam ruangan. Seperti suhu tubuh, perangkat elektronik, atau penghasil panas di dalam ruangan. Percobaan ini dilakukan dengan menghitung titik panas atau "HotSpot". Untuk menentukan berapa banyak beban termal dalam ruang lingkup sensor tersebut, Hot Spot ini akan diambil dari pembacaan suhu yang di atas suhu ruangan. Sehingga titik panas akan terdeteksi

dalam jumlah pixel yang dibaca oleh AMG8833. Pengujian ini dibagi dalam beberapa tahap seperti pengujian beban elektronik (solder), mendeteksi suhu panas tubuh secara bertahap mulai dari 1 orang hingga 5 orang.

**Tabel 6.** Hasil Pembacaan Persebaran Panas

	Jumlah Orang	Hasil Pembacaan Per Pixel							
1		25.50	24.75	25.50	26.00	27.00	25.75	25.25	25.75
		25.25	25.00	25.75	25.75	25.75	25.50	26.00	25.75
		25.00	25.50	25.25	25.50	25.00	25.75	25.25	25.75
		25.25	25.25	25.00	25.25	25.25	25.50	25.50	25.75
		25.50	25.50	25.25	25.25	25.50	25.25	25.75	26.25
		25.50	25.25	25.50	24.75	25.25	25.50	25.50	25.50
		24.50	25.25	25.00	24.75	25.25	25.25	25.50	25.50
		24.50	25.00	24.50	24.50	24.25	25.00	24.75	24.75
		24.75	24.75	25.25	24.50	25.25	25.50	25.25	25.50
		24.75	25.50	25.25	25.25	26.25	25.50	25.75	25.75
3		24.50	25.25	25.00	25.75	27.25	26.50	25.00	26.00
		25.50	24.50	25.50	25.00	26.25	26.50	25.25	25.75
		25.00	25.00	25.25	25.50	25.00	25.25	25.50	25.75
		25.00	24.50	25.25	25.50	26.00	25.75	25.50	24.75
		24.50	24.75	25.25	27.00	27.50	25.50	26.75	25.50
		24.75	25.00	25.25	25.75	25.75	25.50	25.75	25.00
		24.50	24.50	24.75	24.50	25.00	24.75	25.00	25.00
		24.25	24.50	25.50	25.00	26.00	27.00	25.25	25.25
		24.75	25.00	27.00	25.50	27.25	27.75	25.50	25.75
		25.00	25.00	27.25	26.50	27.00	26.75	25.50	25.75
5		24.50	25.50	25.75	25.50	25.50	25.25	26.00	25.75
		25.50	26.50	27.00	25.50	25.25	26.00	26.50	25.00
		25.00	26.50	27.00	27.25	25.75	26.00	27.00	25.75
		24.50	25.25	26.00	26.75	25.00	25.50	25.75	24.25
		24.50	25.25	26.00	26.75	25.00	25.50	25.75	24.25

Dari salah satu contoh persebaran panas di atas. Dapat dilihat bahwa persebaran panas yang ditandai dengan warna merah pada pembacaan piksel ialah hasil dari beban termal, dalam hal ini contohnya manusia dapat terbaca sebagai titik panas. Kemudian tanda merah tersebut dijadikan hotspot dan akan menjadi acuan berapa set temperatur yang akan di gunakan.

**Tabel 7.** Jumlah Hot Spot Beban Termal

Objek	Range Titik Panas
1 Orang	1-3
2 Orang	4-6
3 Orang	7-9
4 Orang	9-11
5 Orang	>11

Dari range tersebut yang akan terbaca sebagai hotspot akan dikonversi sesuai dengan jumlah nilai suhu yang telah ditentukan pada perhitungan sebelumnya. Sehingga suhu ruangan akan terus berada pada suhu nyaman yaitu sekitar 26°C. Sedangkan dalam hal efisiensi penggunaan daya yang dibutuhkan ketika alat tersebut diimplementasikan memiliki penghematan dibandingkan ketika alat tersebut tidak diimplementasikan terhadap sistem AC.



**Gambar 9.** Perbandingan Pembacaan Alat KWh Meter Sebelum dan Sesudah Implementasi Alat

Dari **Gambar 9**, didapatkan bahwa perbedaannya sekitar 0.365 kWh, dengan pengujian selama 3 jam pada masing masing percobaan.

### Pembahasan

Penelitian menunjukkan bahwa rentang suhu yang dianggap nyaman adalah kisaran suhu dalam suatu lingkungan yang memberikan sensasi menyenangkan dan mendukung kenyamanan fisik serta fokus dalam menjalankan berbagai aktivitas, termasuk kegiatan belajar (Li et al., 2021; Zhao et al., 2018). Suhu yang ideal untuk proses belajar berada dalam rentang 20-31°C. Beberapa faktor seperti pemanfaatan AC, variasi peralatan dan media pembelajaran, serta kondisi fasilitas gedung dapat berperan dalam menciptakan suhu yang mendukung dan menyenangkan untuk beraktivitas. Ketidaksihesuaian suhu ruangan, terutama suhu ekstrem, dapat menimbulkan dampak negatif pada kesehatan dan kesejahteraan. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti *heat cramps*, *heat exhaustion*, *heat stroke*, dan *heat rash*, serta memengaruhi kondisi psikologis dan fisik, menciptakan sugesti negatif, meningkatkan keringat, menyebabkan kelelahan, dan kekurangan oksigen yang dapat membuat seseorang mudah mengantuk. Di sisi lain, suhu yang terlalu dingin dapat menyebabkan gangguan seperti *chilblain*, *trench foot*, dan *frostbite*. Kondisi ini juga dapat menciptakan ketidaknyamanan fisik dan fisiologis, termasuk penurunan konsentrasi, peningkatan denyut jantung, peningkatan tekanan darah, penurunan aktivitas alat pencernaan, peningkatan suhu inti tubuh, peningkatan aliran darah ke kulit, dan peningkatan produksi keringat. Oleh karena itu, pemeliharaan suhu ruangan yang optimal menjadi krusial untuk mendukung kesehatan dan kenyamanan manusia (Albertus & Muliady., 2020; Putri et al., 2020).

Untuk mempertahankan suhu dan kelembaban udara yang sesuai, beban pendingin ruangan perlu diperhitungkan dengan cermat. Beban pendingin ruangan adalah laju aliran panas yang perlu dihilangkan dari ruangan untuk mempertahankan kondisi termal yang diinginkan. Perhitungan kehilangan dan perolehan kalor menjadi penting dalam menentukan kapasitas yang dibutuhkan untuk peralatan pemanas dan pendingin udara, sehingga kondisi dalam ruangan tetap nyaman. Beban pendinginan dihitung berdasarkan kondisi lingkungan yang mendekati ekstrem atau kondisi puncak. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers) telah mengembangkan satu dari banyak prosedur perhitungan beban pendinginan yang diandalkan, meskipun terdapat perbedaan dalam prosedur lain yang tetap mengandalkan evaluasi sistematis terhadap komponen-komponen kalor yang hilang atau diperoleh (Chairani, Sulistyio & Widyan, 2017). Kenyamanan termal merupakan kondisi di mana pengguna bangunan merasakan sensasi yang menyenangkan dan tidak merasakan keinginan untuk mengubah suhu lingkungan mereka. Secara umum, seseorang dianggap nyaman secara termal ketika tidak merasa perlu menginginkan suhu yang lebih hangat atau lebih sejuk di dalam ruangan. Istilah ini mengacu pada kenyamanan seseorang terhadap suhu udara dan kelembaban di sekitarnya, serta persepsi terhadap faktor-faktor lain seperti kecepatan angin yang dapat memengaruhi sensasi panas atau dingin (Munawaroh & Elbes, 2019). Dengan demikian, kenyamanan termal menjadi aspek penting dalam menentukan kenyamanan pengguna dalam berbagai situasi termal, dengan kelembaban dan suhu udara menjadi faktor penentu utama (Aditya, 2021).

Penelitian ini menguji alat yang dirancang untuk menekan suhu ruangan dengan pengaturan suhu 26°C, yang dicapai melalui pengontrolan kipas pada AC. Alat ini dirancang untuk mencegah AC menurunkan suhu lebih dingin dari 26°C. Hal ini penting karena kinerja AC umumnya akan terus menyalakan kompresor hingga suhu mencapai titik terendah, kemudian mematikan kompresor ketika suhu yang diinginkan tercapai, berdasarkan pengaturan pada thermostat (Simamora & Siringo-ringo, 2023). Dengan pengaturan kipas, suhu ruangan dapat dipertahankan pada 26°C secara lebih optimal. Sistem ini bekerja dengan

membaca suhu panas yang terdeteksi oleh sensor AMG8833, yang mengubah suhu panas menjadi piksel. Piksel ini kemudian digunakan untuk menghitung beban termal, dari satu hingga lima orang. Hasil pengukuran ini ditampilkan pada layar OLED yang terpasang pada perangkat keras (Lovita et al., 2022). Dari piksel tersebutlah titik panas akan dihitung per setiap beban termal dari satu hingga 5 orang. Sistem ini pun dapat menampilkan titik panas yang ditampilkan melalui OLED yang terpasang di *casing box hardware*. Setelah piksel titik panas tersebut telah terdeteksi dan telah ditentukan berapa beban termalnya melalui algoritma, maka langkah selanjutnya ialah pengiriman instruksi terhadap AC yang akan dikirimkan dari IR transmitter ESP32 yang akan di tangkap dan di *decode* oleh IR *reciever* yang terdapat pada AC (Furizal & Yudhana, 2023). Kode IR tersebut didapatkan dari hasil penelitian secara eksperimental dengan cara menangkap kode pada remote AC. Sehingga ESP32 dapat mengontrol *fan* pada AC. Sistem IR ini berfungsi sebagai pengganti remote untuk merubah set temperatur (Kemala et al., 2022). Dengan demikian, secara tidak langsung sistem ini bekerja dengan *real time*. Berbeda dengan metode menggunakan relay yang menggunakan sistem *on/off*. Penggunaan relay pada sistem kerja alat ini memerlukan waktu yang agak lama, dan kabel jumper yang sering kendur dapat menghambat proses pengolahan data (Khairunsyah et al., 2021; Susanti et al., 2022).

Temuan dalam penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan pentingnya pengontrolan suhu ruangan untuk kenyamanan termal. Sistem yang dikembangkan menawarkan pendekatan yang lebih efisien dalam mempertahankan suhu ruangan pada kondisi yang diinginkan, khususnya pada suhu 26°C. Dengan menggunakan teknologi terbaru seperti sensor AMG8833 dan modul ESP32, sistem ini memberikan kontrol yang lebih akurat dan real-time dibandingkan dengan metode tradisional yang menggunakan relay. Selain itu, temuan ini mengindikasikan adanya potensi pengembangan lebih lanjut dalam pengaturan suhu ruangan yang tidak hanya lebih efisien tetapi juga lebih user-friendly. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pemahaman tentang bagaimana teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan kenyamanan termal dan efisiensi energi dalam bangunan, sekaligus mendukung teori-teori yang sudah ada mengenai pentingnya kontrol suhu dalam kenyamanan termal.

#### 4. SIMPULAN

Sistem otomatisasi AC yang dikembangkan berdasarkan beban termal menggunakan sensor inframerah (IR) dan kamera termal AMG8833 menawarkan solusi canggih untuk penyesuaian suhu ruangan secara otomatis dan real-time. AMG8833 mampu mendeteksi perubahan suhu dan jumlah orang dalam ruangan 3x3x3 meter dengan akurasi tinggi, menampilkan hasilnya melalui layar LCD, OLED, dan antarmuka lainnya. Penggunaan sensor AMG8833 sangat tepat karena keunggulannya dibandingkan sensor suhu lainnya. Sensor ini mampu mengukur distribusi suhu secara detail dan mendeteksi beban termal dengan presisi yang lebih baik. Hal ini memungkinkan sistem untuk menyesuaikan suhu dengan cepat dan efektif, meminimalisir *delay* berkat kontrol suhu berbasis IR yang sangat responsif. Selain itu, penggunaan *fan* dalam sistem ini terbukti sangat efektif dalam mendistribusikan udara secara merata, sehingga meningkatkan kenyamanan dan efisiensi energi. Dengan pendekatan ini, tidak hanya konsumsi energi yang dapat dioptimalkan, tetapi juga adaptabilitas sistem terhadap berbagai kondisi ruangan dan variasi jumlah orang yang ada, menjadikan teknologi ini unggul dalam manajemen suhu modern.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, F. (2021). Perubahan Tingkat Kenyamanan Berdasarkan Indeks Panas (Humidex) di Kalimantan Barat. *Megasains*, 12(1), 8–16. <https://doi.org/10.46824/megasains.v12i1.47>.
- Alam, W. O. S. N., Aliansyah, A. N., Larobu, F. E., Mulyawati, L., Asminar, A., & Galugu, I. (2022). Tingkat akurasi Sensor AMG8833 dan Sensor MLX90614 dalam Mengukur Suhu Tubuh. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 8(1), 169. <https://doi.org/10.24036/jtev.v8i1.114543>.
- Albertus, M., & Muliady. (2020). Pengaturan Fan Speed dan Suhu Air Conditioner Melalui Ucapan Dengan Layanan Google Assistant API. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.24912/tesla.v21i2.7189>.
- Almaududi, M. (2020). Pengaruh Laju Aliran Udara Masuk Evaporator Terhadap Kapasitas Pendinginan (Coefficient Of Performance) Dan Kelembapan Udara Pada Sistem Refrigerasi Air Condition. *Edu Elektrika Journal*, 9(1), 19–23. <https://journal.unnes.ac.id/sju/eduel/article/view/32943>.
- Amri, S., Hadi, A., Gustiadi Putra, K., Negeri Bengkalis, P., Bathin Alam, J., & Alam, S. (2021). Penggunaan Sensor AMG8833 Pada Robot Penjaga Pintu Masuk Gedung Elektro Untuk Penerapan Protokol Kesehatan Covid-19. *Jurnal INOVTEK Polbeng*, 6(2). <https://doi.org/10.35314/isi.v6i2.2160>.
- Baldwin, J. W., Benmarhnia, T., Ebi, K. L., Jay, O., Lutsko, N. J., & Vanos, J. K. (2023). Humidity's Role in Heat-

- Related Health Outcomes: A Heated Debate. *Environmental Health Perspectives*, 131(5). <https://doi.org/10.1289/EHP11807>.
- Burhanuddin, A., Malik, M., & Setyoadi, Y. (2023). Prototype Of Mask Recognition And Body Temperature In Real Time With Amg8833 Thermal Cam Sensor For Covid-19 Early Warning Based On Minicomputer. *Journal of Biomedical Science and Bioengineering*, 2(2), 43–49. <https://doi.org/10.14710/jbiomes.2.2.43-49>.
- Chairani, Sulisty, S., & Widyawan. (2017). Cooling Load Estimation in the Building Based on Heat Sources. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 63(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/63/1/012052>.
- Cheng, C.-C., & Lee, D. (2016). Enabling Smart Air Conditioning by Sensor Development: A Review. *Sensors*, 16(12), 2028. <https://doi.org/10.3390/s16122028>.
- Choudhary, B., & Udayraj. (2023). Local and overall convective heat transfer coefficients for human body with air ventilation clothing: Parametric study and correlations. *Building and Environment*, 229, 109953. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109953>.
- Furizal, S., & Yudhana, A. (2023). Temperature and Humidity Control System with Air Conditioner Based on Fuzzy Logic and Internet of Things. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 4(3), 308–32. <https://doi.org/10.18196/jrc.v4i3.18327>.
- Geneva, I. I., Cuzzo, B., Fazili, T., & Javaid, W. (2019). Normal Body Temperature: A Systematic Review. *Open Forum Infectious Diseases*, 6(4). <https://doi.org/10.1093/ofid/ofz032>.
- Heriyadi, B., & Salia Zakri, R. (2021). Evaluation and Analysis of Needs for Air Ventilation Systems in Underground Coal Mine (Case Study in Underground Coal Mine, Sawahlunto City). *Journal of Physics: Conference Series*, 1940(1), 012077. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1940/1/012077>.
- Jati, I. S., & Rivai, M. (2020). Implementasi Thermal Camera pada Pengaturan Pendingin Ruangan. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.43131>.
- Kemala, A. P., Syahputra, M. E., Lucky, H., & Achmad, S. (2022). Pengembangan Smart Air Condition Control Menggunakan Platform Blynk Berbasis Mikrokontroler ESP8266 dan Sensor DHT11. *Engineering, Mathematics and Computer Science (EMACS) Journal*, 4(1), 19–23. <https://doi.org/10.21512/emacsjournal.v4i1.8072>.
- Khairunsyah, H., Solikhun, S., Nasution, Z. M., Damanik, B. E., & Parlina, I. (2021). Prototype Sistem Kendali Jarak Jauh Air Conditioner Berbasis Arduino dan Wifi. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 1(2), 75–84. <https://doi.org/10.54082/jupin.13>.
- Legionosuko, T., Madjid, M. A., Asmoro, N., & Samudro, E. G. (2019). Posisi dan Strategi Indonesia dalam Menghadapi Perubahan Iklim guna Mendukung Ketahanan Nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 25(3), 295. <https://doi.org/10.22146/jkn.50907>.
- Leni, D. (2023). Analisis Heatmap Korelasi dan Scatterplot untuk Mengidentifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pelabelan AC efisiensi Energi. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(1), 41–47. <https://doi.org/10.30596/rmme.v6i1.13133>.
- Li, B., Liu, J., & Ying, B. (2021). Physical education interventions improve the fundamental movement skills in kindergarten: a systematic review and meta-analysis. *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.46721>.
- Liang, R., Le-Hung, T., & Nguyen-Thoi, T. (2022). Energy consumption prediction of air-conditioning systems in eco-buildings using hunger games search optimization-based artificial neural network model. *Journal of Building Engineering*, 59, 105087. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105087>.
- Lovita, W., Aulia, & Junaldi. (2022). Sistem Pengukuran Suhu Tubuh Menggunakan AMG8833 Dan Kinect Sebagai Pencegahan Penularan Covid-19. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 6(1), 100–107. <https://doi.org/10.29207/resti.v6i1.3687>.
- Maluegha, B. L., & Luntungan, H. (2021). Penentuan Beban Pendinginan AC untuk Memilih Sistem Pendinginan yang Hemat Energi pada Ruang Ibadah Gedung Gereja KGMP Getsemani Kelurahan Bahu Kota Manado. *Jurnal Tekno Mesin*, 7(2). <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jtmu/index>.
- Munawaroh, A. S., & Elbes, R. (2019). Penilaian kenyamanan termal pada bangunan perpustakaan Universitas Bandar Lampung. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur*, 4(1), 85–98. <https://doi.org/10.30822/arteks.v4i1.83>.
- Mustamin, M. T., Rahim, R., Hamzah, B., & Mulyadi, R. (2020). The Effect of Human Body Surface Area on Thermal Comfort of University Students. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 11(9), 495–504. <https://doi.org/10.34218/IJARET.11.9.2020.050>.
- Nurhilal, O., Suryaningsih, S., Faizal, F., & Sharin Lesmana, R. (2020). Pemanfaatan Eceng Gondok sebagai Adsorben Pb Asetat. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 4(1), 46–52. <https://doi.org/10.24198/jiif.v4i1.26150>.

- Putri, I., Nurfaizriyani, I., & Fadilatussaniatun, Q. (2020). Pengaruh Suhu Ruang Kelas Terhadap Konsentrasi Belajar Mahasiswa Pendidikan Biologi Semester VII (B). *BIO EDUCATIO: (The Journal of Science and Biology Education)*, 5(1). <https://doi.org/10.31949/be.v5i1.1744>.
- Quraisy, S., Rizal, M., & Tayeb, M. (2019). Kajian Kenyamanan Termal Ruang Kelas Studio Perancangan Jurusan Teknik Arsitektur Di Kampus Ii Unkhair. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 8(4). <https://doi.org/10.32315/jlbi.v8i4.137>.
- Saint Akadiri, S., Adewale Alola, A., Olasehinde-Williams, G., & Udom Etokakpan, M. (2020). The role of electricity consumption, globalization and economic growth in carbon dioxide emissions and its implications for environmental sustainability targets. *Science of The Total Environment*, 708, 134653. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134653>.
- Sangsawang, T. (2020). An instructional design for online learning in vocational education according to a self-regulated learning framework for problem solving during the covid-19 crisis. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 5(2), 283–198. <https://doi.org/10.17509/ijost.v5i2.24702>.
- Simamora, A. M., & Siringo- ringo, K. (2023). Rancang Bangun Switch Control Thermostat Pada Water Heater Kapasitas 10 Liter Dengan Daya 300 Watt. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 11(1), 21–28. <https://doi.org/10.47662/alulum.v11i1.434>.
- Susanti, N., Ronando, E., Basyarach, N. A., Sulistyawati, D. H., & Widiasih, W. (2022). Analysis of the effect of the MBKM Internship Program and Certified Independent Study (MSIB) on university performance Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. *Technium Social Sciences Journal*, 27. <https://doi.org/10.47577/tssj.v27i1.5586>.
- Widodo, J., Naryanto, H. S., Hidayat, N., Putra, A. P., Izumi, Y., Perissin, D., & Sumantyo, J. S. (2021). Land Subsidence Assessment of Bandung City, Indonesia in Geological Perspective, Based on Interferometric SAR Using C-band Data. In *2021 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS)*, 2377–2381. <https://doi.org/10.1109/PIERS53385.2021.9694892>.
- Zhao, Z., Wang, J., Fu, C., Liu, Z., Liu, D., & Li, B. (2018). Design of a smart sensor network system for real-time air quality monitoring on green roof. *Journal of Sensors*. <https://doi.org/10.1155/2018/1987931>.