

Rancang Bangun Node Nirkabel Kendali Air Conditioner Berbasis Internet of Things

Design and Implementation of Air Conditioner Wireless Control Node Based on Internet of Things

Winasis^{1*}, Prisantono², Agung Mubyarto³, Rifqi Sufyan Prasetyo⁴

Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Mayjen Sungkono km 5 Kalimanah Purbalingga 53371

winasis@unsoed.ac.id^{1*}, priswanto@unsoed.ac.id², agung.mubyarto@unsoed.ac.id³

Abstrak – Air Conditioner (AC) merupakan peralatan listrik pada bangunan dengan tingkat konsumsi energi paling tinggi, sekitar 70%. Tingginya konsumsi energi AC ini selain karena kebutuhan akan tingkat kenyamanan juga disebabkan oleh penggunaan yang tidak tepat, seperti setting suhu terlalu rendah dan lupa mematikan peralatan saat tidak digunakan. Makalah ini menyajikan rancangan perangkat node kendali berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengendalikan operasi AC secara otomatis dalam menjaga suhu nyaman ruangan saat terdapat kehadiran dan mengurangi utilisasi energi listrik melalui strategi pengendalian AC yang berbeda. Rancangan node kendali menggunakan nodeMCU ESP8266 sebagai perangkat pengolah data, sensor suhu DHT22 dan sensor kehadiran LD2410 untuk memantau kondisi ruangan serta transmitter Infrared untuk mengirimkan sinyal perintah kendali ke AC. Pengujian rancangan menunjukkan sensor suhu membaca suhu ruangan dengan error pengukuran 1.1% sedangkan sensor kehadiran mampu mendeteksi kehadiran hingga jarak 5m dan radius 60°. Sementara itu jarak jangkauan transmitter infrared sampai dengan 5m dan radius 50°. Perangkat yang dirancang juga mengendalikan operasi AC dengan baik berdasar skenario pengendalian yang direncanakan dengan memperhatikan kehadiran dan suhu ruangan. Perangkat kendali menjaga suhu ruangan pada batas suhu ruangan yang ditetapkan ketika terdapat kehadiran. Sedangkan pada kondisi tidak ada kehadiran, perangkat secara otomatis mematikan AC.

Kata Kunci: Air Conditioner, Internet of Things, node kendali, kenyamanan ruangan, utilisasi energi.

Abstract – Air Conditioners (AC) are electrical equipment in buildings with the highest energy consumption, around 70%. The high energy consumption of AC is not only due to the need for comfort but also due to improper use, such as setting the temperature too low and forgetting to turn off the equipment when not in use. This paper presented the design of an Internet of Things (IoT) based control node device to automatically control operations in maintaining a comfortable room temperature when there is a presence and reducing electricity consumption through different AC control strategies. The design of the control node used the ESP8266 nodeMCU as a data processing device, a DHT22 temperature sensor, an LD2410 presence sensor to monitor room conditions, and an infrared transmitter to send control command signals to the AC. The device test results showed that the DHT22 sensor read the room temperature with a measurement error of 1.1% while the presence sensor detected presence up to a distance of 5m and 60 degree radius. Then the range of the infrared transmitter was up to 5m and 50 degree radius. The device also controlled AC operations well based on the planned control scenario by considering the presence and room temperature. It maintained the room temperature at the set room temperature limits when there was a presence. While in the absence of presence, the device automatically turned off the AC.

Keywords: Air Conditioner, Internet of Things, control node, .room comfort, energy utilization.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik untuk melakukan aktifitas sehari-hari baik di sektor industri maupun rumah tangga terus meningkat. Berdasarkan Neraca Energi Indonesia 2018-2022, dalam kurun 3 tahun terakhir konsumsi energi listrik pelanggan mengalami kenaikan 13.5% dari 241 TWh menjadi 273 TWh [1]. Pada bangunan gedung, Air Conditioner (AC) merupakan peralatan yang paling banyak mengonsumsi energi listrik, sekitar 70% dari pemakaian energi listrik gedung [2]. Air Conditioner merupakan perangkat elektronik yang mempunyai fungsi untuk mengatur dan mengkondisikan suhu serta kelembaban ruangan, sehingga pengguna ruangan akan merasa nyaman. Saat ini, meningkatnya permintaan akan kenyamanan dalam ruangan menyebabkan peningkatan penggunaan AC sehingga konsumsi energi listrik juga naik [3]. Permasalahan lainnya adalah kesalahan manusia dalam mengoperasikan AC seperti : tidak mematikan peralatan yang tidak digunakan, dan menyalakan AC pada suhu yang sangat rendah [4]. Hal ini tentunya menimbulkan pemborosan energi listrik dan juga tingginya biaya listrik yang harus dibayarkan.

Untuk mengurangi pemborosan energi listrik akibat pemakaian AC yang tidak tepat, pengendalian operasi AC dapat dilakukan sehingga mengurangi konsumsi energi listrik dan meningkatkan efisiensi energi peralatan. Berdasarkan hasil penelitian, konservasi energi pada HVAC dapat menurunkan konsumsi energi listrik secara signifikan hingga 25% [5]. Umumnya pengendalian operasi AC dilakukan secara manual dengan menggunakan remote control dari jarak dekat. Namun, seiring perkembangan teknologi komunikasi dan informasi, pengendalian perangkat AC dari jarak jauh melalui jaringan internet memungkinkan untuk dilakukan. Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan perangkat terhubung ke jaringan internet, sehingga upaya penghematan konsumsi energi peralatan melalui pengelolaan operasi peralatan listrik dapat dilakukan dengan lebih baik.

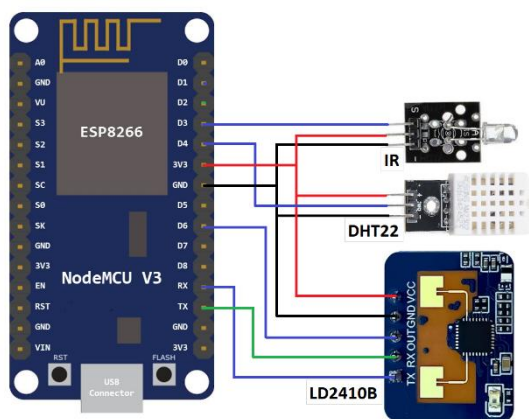
Mengelola efisiensi energi dan konsumsi daya adalah salah satu isu penting dalam pengembangan teknologi ramah lingkungan berbasis IoT. Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi okupansi [6], suhu dan kelembaban [7], dan memungkinkan pengguna untuk menghidupkan/mematikan peralatan listrik [8], [9]. Kontrol untuk menghidupkan dan mematikan *air conditioner* dari jarak jauh berbasis *Internet of Things* telah dilakukan menggunakan perangkat *smart plug* yang berfungsi sebagai *On-Off Breaker* [10]. Pembacaan data suhu ruangan oleh sensor digunakan untuk menyalakan atau mematikan AC apabila melampaui nilai batas tertentu yang ditentukan [11] dan mengubah seting temperatur AC [12]. Penelitian lainnya mengimplementasikan IoT untuk mengontrol AC secara otomatis di ruang kelas menggunakan teknik penghitungan jumlah orang dengan sensor ultrasonik untuk mengetahui suhu AC dan mengendalikan secara *remote* menggunakan web [13]. Teknologi IoT juga digunakan untuk mengendalikan, menyalakan dan mematikan AC dengan memastikan penggunaan ruangan memanfaatkan sensor *Passive Infrared* (PIR) untuk mengurangi kesalahan manusia [4].

Penelitian ini mengusulkan rancangan node nirkabel berbasis IoT untuk mengendalikan operasi AC guna mengurangi pemakaian energi listrik. Penelitian ini menyajikan rancangan perangkat dan strategi pengendalian otomatis mode operasi AC yang berbeda, mempertimbangkan deteksi kehadiran manusia dalam ruangan menggunakan sensor berbasis radar dan pemantauan suhu ruangan sehingga kenyamanan termal ruangan dapat tetap terjaga ketika sedang digunakan. Strategi pengendalian dilakukan dengan mengurangi pemakaian AC saat tidak terdapat kehadiran dan mengatur suhu ruangan pada batas tertentu saat terdeteksi kehadiran. Rancangan perangkat node kendali menggunakan nodeMCU, sensor dan *infrared transmitter* sebagai komponen utama ditempatkan pada ruangan yang sama dan tanpa halangan dengan AC yang dikendalikan sehingga kemungkinan interferensi perangkat lain atau hambatan struktural tidak dibahas pada penelitian ini.

2. Metode Penelitian

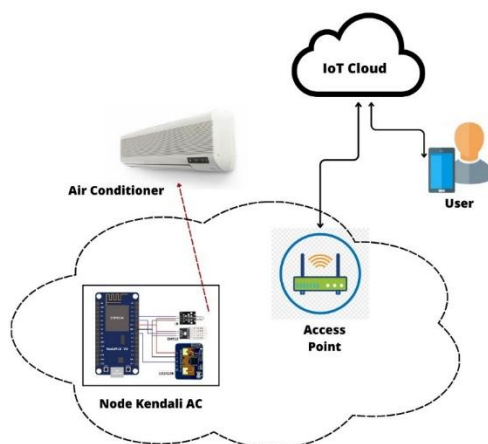
Gambar 1 menyajikan rancangan node nirkabel kendali AC yang diusulkan. Node kendali AC menggunakan mikrokontroler NodeMCU sebagai pemroses data dengan beberapa sensor

untuk memantau kondisi ruangan. NodeMCU adalah board elektronik dengan chip ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (*WiFi*). Sensor suhu dan kelembaban DHT 22 dipakai untuk mengukur data suhu dan kelembaban ruangan. DHT22 adalah sensor dengan biaya rendah yang dapat mengukur temperature dan kelembaban dengan level akurasi yang baik [14]. Untuk mendapatkan informasi kehadiran manusia dalam ruangan digunakan *presence* sensor berbasis radar Hi-Link HLK- LD2410B. Sensor LD2410 adalah sensor berbasis radar yang menggunakan gelombang kontinu termodulasi frekuensi / *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW) untuk mendeteksi target manusia dalam ruangan. Sensor ini mampu mengidentifikasi status keberadaan manusia baik dalam keadaan bergerak dan diam dengan sensitifitas tinggi. Sensor berbasis radar mampu mendeteksi pergerakan 1 cm sepanjang arah radial [15].



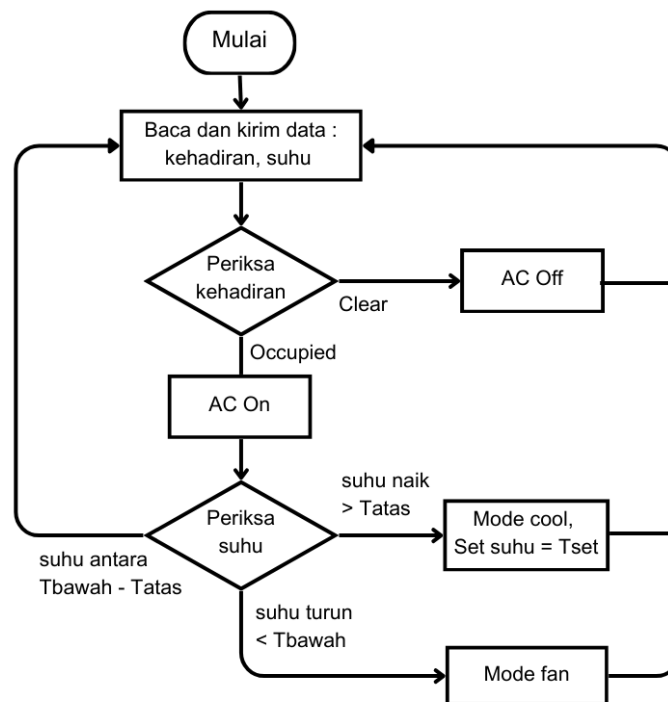
Gambar 1. Rancangan node kendali AC

Untuk mengontrol operasi AC, sebuah modul transmitter *infra-red* digunakan untuk mengirimkan perintah pengaturan tertentu. Pengendalian AC berbasis IoT menggunakan node kendali yang dirancang diperlihatkan pada Gambar 2. NodeMCU membaca data pemantauan ruangan oleh sensor yang terpasang. Data pemantauan kondisi ruangan meliputi : suhu, kelembaban dan kehadiran manusia dikirimkan ke aplikasi cloud IoT melalui jaringan lokal yang disediakan oleh *access point*. Untuk aplikasi IoT, penelitian ini menggunakan Blynk IoT. *User* dapat memantau kondisi ruangan secara *real time* melalui aplikasi dan melakukan pengaturan pengendalian dari jarak jauh secara manual atau otomatis. Perintah kendali AC diberikan melalui *transmitter infrared* yang terpasang pada node kendali.



Gambar 2. Diagram sistem pengendalian AC

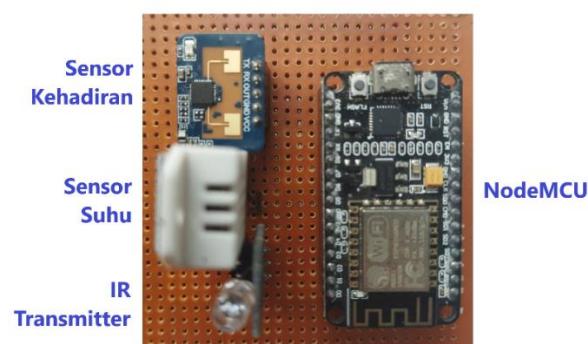
Alur pengendalian otomatis AC digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 3. Berdasarkan data status kehadiran manusia dalam ruangan, perangkat node kendali akan mengirimkan perintah untuk menghidupkan AC jika terdapat kehadiran. Sebaliknya jika ruangan tidak terdapat kehadiran yang menunjukkan ruangan tidak digunakan maka node kendali akan mematikan AC sehingga menghemat pemakaian energi listrik. Sementara itu pengendalian operasi AC pada saat ruangan terokupasi dilakukan dengan memperhatikan data suhu ruangan yang terbaca oleh sensor suhu. Suhu ruangan dipertahankan agar tidak melebihi batas suhu atas agar kenyamanan pengguna terjaga. Di sisi lain untuk mengurangi beban kerja AC agar tidak boros saat suhu ruangan lebih rendah dari batas bawah suhu yang diinginkan maka node kendali akan mengubah operasi AC dalam mode *sleep* atau mode kipas.



Gambar 3 *Flowchart* kendali otomatis AC

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 4 memperlihatkan perangkat node kendali yang telah dibuat. Untuk catu daya perangkat digunakan adaptor DC 5V melalui konektor USB pada node MCU.



Gambar 3 Perangkat keras node kendali AC

Guna mengetahui keberhasilan dan efektifitas pengendalian AC sesuai dengan rancangan pengendalian yang telah diberikan maka dilakukan beberapa pengujian yaitu: pengujian perangkat keras dan pengujian pengendalian AC. Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui apakah komponen perangkat keras node kendali bekerja melakukan pemantauan secara akurat. Sedangkan pengujian pengendalian dilakukan untuk mengetahui pengendalian AC sesuai dengan rancangan alur pengendalian yang diberikan.

3.1. Pengujian Perangkat keras

Pengujian perangkat keras yang dilakukan meliputi: pengujian sensor suhu, sensor kehadiran dan infra-red transmitter. Pengujian sensor suhu dilakukan dengan membandingkan data pembacaan sensor DHT22 dengan pengukuran suhu ruangan menggunakan alat ukur termometer digital. Pengujian pembacaan sensor suhu dilakukan pada rentang suhu 22 – 29 °C dengan masing-masing pengambilan data sebanyak 5 kali. Tabel 1 menyajikan hasil pengujian sensor suhu yang diperoleh.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor suhu DHT22

No	Suhu ruangan (°C)	Suhu terbaca Sensor rata-rata (°C)	error (°C)	% Error
1	22.3	22.24	0.06	0.27%
2	23.2	23.78	0.58	2.50%
3	23.5	23.98	0.48	2.04%
4	24.4	24.82	0.42	1.72%
5	24.7	25.24	0.54	2.19%
6	25.6	25.74	0.14	0.55%
7	25.9	25.94	0.04	0.15%
8	26.2	26.16	0.04	0.15%
9	26.5	26.52	0.02	0.08%
10	27.3	27.52	0.22	0.81%
11	27.6	27.80	0.20	0.72%
12	28.3	28.50	0.20	0.71%
13	28.8	28.58	0.22	0.76%
14	29.1	28.88	0.22	0.76%
15	29.4	29.34	0.06	0.20%

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan sensor suhu DHT22 yang digunakan mampu membaca data suhu ruangan dengan akurasi sedang. Pada pengujian dengan suhu ruangan antara 22 °C hingga 29 °C sensor memiliki kesalahan antara 0.08% sampai 2.5% dengan *Root Mean Square Error (RMSE)* pembacaan 0.29 °C atau 1.12% dari suhu terukur. Meskipun demikian, sensor DHT22 ini dalam komunikasinya menggunakan protokol komunikasi *single-wire*, yang dapat terpengaruh oleh gangguan elektromagnetik atau kabel yang terlalu panjang. Sehingga jika digunakan dalam lingkungan dengan banyak perangkat elektronik yang menghasilkan interferensi, pembacaan data bisa menjadi tidak stabil.

Pengujian sensor kehadiran dilakukan dengan melakukan pendeteksian kehadiran orang dalam ruangan pada berbagai jarak dan radius dari sensor. Hasil pengujian sensor kehadiran diperlihatkan pada tabel 2 menunjukkan komponen sensor mampu mendeteksi kehadiran manusia pada kondisi bergerak dan diam dengan baik pada jarak sampai dengan 5m dan radius hingga 60°. Sedangkan pada radius sudut lebih dari 60° sensor mampu mendeteksi pada jarak 1 meter. Keterbatasan jarak jangkauan sensor ini hanya sampai 5 meter, lebih pendek dari jangkauan radar pulsa, serta harga yang relatif lebih mahal menjadi kekurangan sensor ini. Selain itu sistem FMCW mungkin lebih rentan terhadap gangguan dari sistem elektronik lainnya. Hal ini disebabkan oleh rentang frekuensi yang lebih besar dan daya "puncak" yang lebih rendah, sehingga sinyal yang dikembalikan akan kewalahan oleh emisi lainnya [16].

Tabel 2. Hasil pengujian deteksi kehadiran sensor LD2410B

Jarak	Sudut		
	0°	60°	> 60°
1m	terdeteksi	Terdeteksi	terdeteksi
2m	terdeteksi	Terdeteksi	Tidak
3m	terdeteksi	Terdeteksi	Tidak
4m	terdeteksi	Terdeteksi	Tidak
5m	terdeteksi	Terdeteksi	Tidak
6m	tidak	Tidak	Tidak

Untuk menguji kemampuan komponen *transmitter infrared* dalam mengirimkan perintah kontrol ke AC, dilakukan pengujian pengiriman perintah kendali pada jarak dan radius yang berbeda. Hasil pengujian kerja *infrared* yang dilakukan sebagaimana disajikan pada tabel 3 menunjukkan komponen *infrared* mampu melakukan kendali AC dengan baik pada jarak hingga 5 m dan radius 50°

Tabel 3. Hasil pengujian respon AC terhadap perintah transmitter *infra-red*.

Jarak (meter)	Sudut		
	0°	50°	> 50°
1	respon	respon	respon
2	respon	respon	Tidak
3	respon	respon	Tidak
4	respon	respon	Tidak
5	respon	respon	Tidak
6	Tidak	Tidak	Tidak

3.2. Pengujian Pengendalian AC

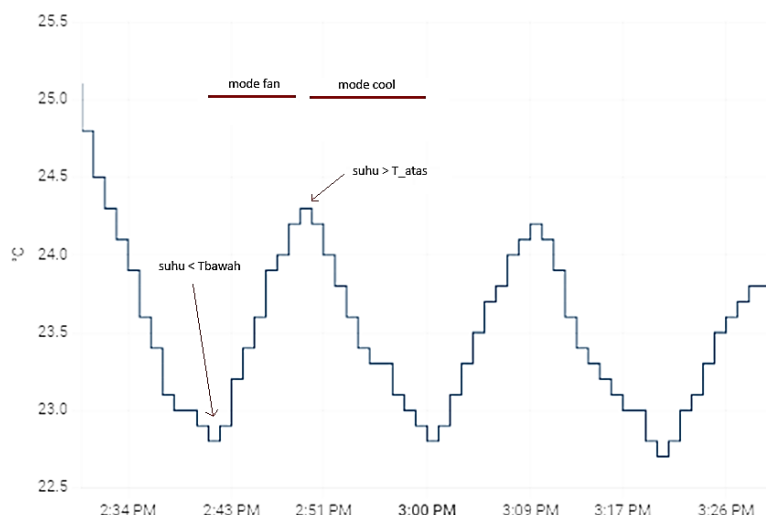
Pengujian pengendalian dilakukan mengamati kinerja node kendali dalam melakukan control otomatis AC pada kondisi berbeda sesuai rancangan strategi kendali meliputi: pengujian respon perangkat dan AC terhadap perubahan kondisi kehadiran orang dalam ruangan dan pengujian dan terhadap perubahan suhu ruangan. Pada penelitian ini pengujian dilakukan pada AC dengan rating daya 400 W yang berada dalam ruangan 8 m².

Tabel 4 Menyajikan respon AC terhadap perubahan kondisi kehadiran dalam ruangan. Saat terdeteksi perubahan kehadiran dalam ruangan (ruang terokupasi) maka node kendali mengirimkan perintah *on* untuk menyalakan AC melalui transmitter *infrared*. Kondisi *on* ini tetap selama terdeteksi kehadiran dalam ruangan dan mengikuti strategi pengendalian berdasarkan pemantauan suhu ruangan. Pada kondisi sebaliknya ketika kehadiran menjadi tidak ada, perangkat mengirimkan perintah Off untuk mematikan AC. AC berada dalam kondisi *off* hingga terdeteksi kehadiran selanjutnya.

Tabel 4. Hasil pengujian kehadiran dalam ruang

Deteksi kehadiran		Respon perangkat	Respon AC
kondisi awal	kondisi akhir		
Kehadiran terdeteksi	clear	Mengirim perintah off	OFF
Clear	Kehadiran terdeteksi	Mengirim perintah on	ON mode cool

Perubahan suhu dalam ruangan dipantau oleh sensor suhu. Data pemantauan sensor suhu digunakan perangkat untuk mengubah mode operasi AC saat terdapat kehadiran dalam ruangan. Pada pengujian ini, suhu ruangan diupayakan dijaga pada suhu nyaman dengan suhu batas bawah 23 °C dan suhu batas atas 24°C. Gambar 5 menyajikan pemantauan suhu selama 1 jam dengan kondisi terdapat kehadiran dalam ruangan. Perubahan mode operasi AC pada kondisi ini dapat dijelaskan pada Tabel 5.



Gambar 4 Respon pengendalian AC terhadap perubahan suhu ruangan

Tabel 3. Hasil pengujian respon AC terhadap perintah transmitter *infra-red*.

Suhu awal (°C)	Suhu ruangan(°C)	Respon perangkat	Respon AC
25	25	-	mode cool
> 23	suhu turun $\geq$ 23	-	mode cool (tidak berubah)
> 23	suhu turun < 23	mengirim perintah mode fan	mode fan
< 24	suhu naik $\leq$ 24	-	mode fan (tidak berubah)
< 24	suhu naik > 24	mengirim perintah mode cool	mode cool

Saat suhu ruangan mencapai batas suhu bawah (23°C) yang diinginkan node kendali mengirimkan perintah untuk mengoperasikan AC pada mode fan. Hal ini mengurangi beban AC jika harus mendinginkan ruangan sampai suhu yang terlalu rendah. Operasi ini juga memberikan penghematan energi listrik oleh karena pada mode fan konsumsi energi AC relatif sangat rendah (sekitar 12W atau 3% dari daya maksimal AC) jika dibandingkan daya beban penuhnya. Ketika suhu ruangan naik kembali melewati suhu batas atas yang ditetapkan (24°C) perangkat kendali mengirimkan perintah untuk mengubah mode operasi mendinginkan ruangan untuk menjaga suhu nyaman ruangan.

Rancangan node kendali ini memberikan penghematan energi listrik yang diperoleh dari 2 langkah yaitu: pertama mematikan AC saat tidak terdapat kehadiran dan kedua membatasi suhu bawah ruangan saat terdapat kehadiran. Penghematan energi dari langkah pertama sebanding dengan tingkat ruangan tidak terokupasi. Pada tingkat pemakaian ruangan yang sedikit maka dengan skenario ini faktor utilisasi AC akan menjadi lebih rendah. Sedangkan dari langkah kedua, operasi mode fan saat suhu ruangan mencapai batas bawah mengurangi pemakaian daya AC secara signifikan. Dari gambar pemantauan suhu ruangan pada gambar 4, dapat dilihat bahwa pada selang operasi 1 jam, AC berada pada mode fan selama 25 menit. Dengan demikian kerja AC pada daya penuh adalah 35 menit dan diperoleh penghematan energi listrik hingga 40% dari penurunan faktor beban AC.

4. Kesimpulan

Rancangan perangkat node kendali berbasis IoT yang dibuat mampu melakukan pengendalian AC dengan baik berdasarkan data pemantauan kondisi ruangan yang diperoleh dari sensor yang terpasang pada perangkat. Sensor suhu pada perangkat mampu mengukur suhu ruangan dengan tingkat kesalahan RMSE 0.29°C atau 1.12%. Sedangkan sensor kehadiran dapat mendeteksi target bergerak dan diam pada jarak hingga 5 meter dan radius 60° . Perangkat mampu

secara efektif melakukan kontrol AC pada jarak sampai dengan 5 m. Kontrol AC oleh perangkat dijalankan berdasarkan rencana pengendalian yang ditentukan mampu mengurangi pemakaian AC pada saat tidak terdapat kehadiran dalam ruangan. Sedangkan saat terdapat kehadiran dalam ruangan pembatasan suhu bawah operasi AC oleh dapat mengurangi faktor beban dan konsumsi energi AC. Pengembangan hasil penelitian dapat dilakukan antara lain dengan penggunaan sensor dengan jangkauan lebih jauh untuk pemantauan dan pengendalian perangkat pada ruangan yang lebih luas dengan beberapa unit AC yang berbeda.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) UNSOED yang memberikan pendanaan penelitian ini melalui skema Riset Peningkatan Kompetensi Tahun 2024.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik, *Neraca Energi Indonesia 2018 - 2022*. BPS-Statistik Indonesia, 2023.
- [2] W. Tipasri, A. Suksri, K. Velmurugan, and T. Wongwuttanasatian, "Energy Management for an Air Conditioning System Using a Storage Device to Reduce the On-Peak Power Consumption," *Energies*, vol. 15, Nov. 2022, doi: 10.3390/en15238940.
- [3] L. Yang, H. Yan, and C. Lok, "Thermal comfort and building energy consumption implications – A review," *Appl. Energy*, vol. 115, pp. 164–173, Feb. 2014, doi: 10.1016/j.apenergy.2013.10.062.
- [4] M. A. Afandi, S. Nurandi, and I. K. A. Enriko, "Automated Air Conditioner Controller and Monitoring Based on Internet of Things," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 11, no. 1, p. 83, Apr. 2021, doi: 10.22146/ijeis.64563.
- [5] W. Wu and H. Skye, "Residential net-zero energy buildings: Review and perspective," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 142, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110859>.
- [6] Y. D. S. Fidarliyan, A. B. Prasetyo, and D. Eridani, "Classroom Occupancy Monitoring System using IoT Device and the k-Nearest Neighbors Algorithm," *J. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.15294/jte.v14i2.37141>.
- [7] N. Aji, N. Nazuwatussya'diyah, and E. Joelianto, *IoT-Based Temperature and Relative Humidity Monitoring System Using Simple Network Management Protocol*. 2021 International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA), Bandung, Indonesia, 2021, pp. 174-179, doi: 10.1109/ICA52848.2021.9625689.
- [8] A. W. W. Nugraha, A. Fadli, and W. Winasis, "An IoT-based home appliances ecosystem to improve energy use efficiency," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2482, no. 1, p. 60001, Feb. 2023, doi: 10.1063/5.0112730.
- [9] Mariza Wijayanti, "Prototype Smart Home Dengan Nodemcu Esp8266 Berbasis Iot," *J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 2 SE-Articles, pp. 101–107, May 2022, doi: 10.56127/juit.v1i2.169.
- [10] F. Gamaliel and Y. Arliyanto, "Implementasi Sistem Monitoring dan Kontrol Air Conditioner Menggunakan Internet of Things," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, Aug. 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3080.
- [11] A. P. Kemala, M. E. Syahputra, H. Lucky, and S. Achmad, "Pengembangan Smart Air Condition Control Menggunakan Platform Blynk Berbasis Mikrokontroler ESP8266 dan Sensor DHT11," *Eng. Math. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 1, 2022, doi: DOI: 10.21512/emacsjournal.v4i1.8072.
- [12] A. Widodo, A. Afika, N. Kholis, and L. Anifah, "Smart AC Remote : Pengontrol Suhu Air Conditioner Otomatis Berbasis Internet of Thing Berdasarkan Suhu Aktual Ruangan," *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 10, no. 3, Aug. 2021, doi: 10.26740/jte.v10n3.p681-688.
- [13] M. Natsir, D. B. Rendra, and A. D. Y. Anggara, "Implementasi IoT Untuk Sistem Kendali

- AC Otomatis pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya,” *PROSISKO*, vol. 6, no. 1, pp. 69–72, 2019.
- [14] I. K. Wardani *et al.*, “The Feasibility Study: Accuracy And Precision Of DHT 22 In Measuring The Temperature And Humidity In The Greenhouse,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1230, no. 1, p. 12146, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1230/1/012146.
- [15] D. Deiana, E. M. Suijker, R. J. Bolt, A. P. M. Maas, W. J. Vlothuizen, and A. S. Kossen, “Real Time Indoor Presence Detection With A Novel Radar On A Chip,” in *2014 International Radar Conference*, 2014, pp. 1–4. doi: 10.1109/RADAR.2014.7060375.
- [16] Sivers IMA, “FMCW Radar Sensors Application Notes”, <https://www.sivers-semiconductors.com> , 2011.