

Rancang Bangun Alat Pengendali Air Conditioner secara Otomatis dengan Sensor Inframerah Berbasis ESP32 di UPT BLK Kulon Progo

Tito Tiyastono Taufik*, Joko Prasajo, Oni Yuliani, Bagus Gilang Pratama

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik & Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Article history:

Submitted July 26, 2024

Accepted August 23, 2024

Published August 26, 2024

Keywords:

Air conditioner,
sensor PIR,
ESP32,
IoT

Air conditioner,
PIR sensor,
ESP32,
IoT

ABSTRACT

AC merupakan alat yang relatif boros energi listrik. Pemborosan penggunaan daya listrik karena penggunaan AC salah satunya terjadi di ruang Tata Usaha UPT BLK Kulon Progo. Sering kali ditemui AC menyala saat kondisi ruangan tidak ada orang. Berdasarkan masalah tersebut perlu dibuat alat yang dapat mendeteksi ada atau tidak orang di dalam ruangan kemudian menyalakan dan mematikan AC secara otomatis. Alat juga dibuat dapat menyalakan atau mematikan AC dari jarak jauh menggunakan teknologi berbasis IoT. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis kebutuhan bahan, perancangan *hardware* dan *software*, dan tahap pengujian alat. Rancang bangun *hardware* menggunakan ESP32, sensor PIR, sensor DHT11, IR *transmitter* dan *software* menggunakan Arduino IDE dan aplikasi Blynk IoT. Hasil rancang bangun alat yang dibuat dapat berfungsi dengan baik untuk menyalakan dan mematikan AC di ruang Tata Usaha UPT BLK. Penghematan penggunaan energi listrik yang diperoleh adalah 18,75 % dan penurunan durasi nyala AC adalah 19,42 % dibandingkan dengan sebelum penambahan alat.

Air conditioners (AC) are energy-intensive devices. The wasteful use of electrical power due to the use of ACs occurs in the Administrative Office of UPT BLK Kulon Progo, where it is often found that the AC is left on when no one is in the room. Based on this issue, it is necessary to create a device that can detect the presence or absence of people in the room and automatically turn the AC on or off. The device is designed to be able to turn the AC on or off remotely using IoT-based technology. The methods used in this research include materials requirement analysis, hardware and software design, and device testing phases. The hardware design utilizes ESP32, PIR sensor, DHT11 sensor, and an IR transmitter, while the software design employs Arduino IDE and the Blynk IoT application. The resulting device can function properly to turn the AC on and off in the Administrative Office of UPT BLK. The achieved energy saving is 18.75%, and the reduction in AC operating duration is 19.42% compared to before the addition of the device.



Corresponding Author:

Tito Tiyastono Taufik,

Fakultas Teknik & Perencanaan, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta,

Jalan Babarsari Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 55281, Indonesia

Email: *3112220001@students.itny.ac.id

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya temperatur bumi saat ini karena pemanasan global, penggunaan AC (*Air Conditioner*) menjadi penting untuk menciptakan suhu ruangan yang nyaman. Kenyamanan optimal menurut SNI 03-6572-2001 adalah temperatur berkisar 22,8°C - 25,8°C dan kelembaban relatif sebesar 40% - 50% [1]. Ruang Tata usaha adalah ruangan yang digunakan untuk melaksanakan kegiatan administrasi pelatihan dan kepegawaian pada kantor UPT BLK Kulon Progo. Untuk menciptakan suasana bekerja yang nyaman [2], ruangan ini dilengkapi dengan AC berkapasitas 9000 BTU/h. Tetapi sering ditemui ruangan kosong tanpa ada orang dengan kondisi AC menyala. Hal ini disebabkan jumlah pegawai di ruangan ini sedikit, sehingga ketika pegawai harus melakukan koordinasi di ruangan lain, ruangan tata usaha menjadi kosong dan seringkali AC tidak dimatikan. Masalah lain adalah sering terjadi pemadaman listrik dengan waktu yang lama, ketika kondisi AC menyala dan terjadi pemadaman listrik, maka saat listrik kembali menyala AC otomatis ikut menyala, padahal

terkadang kondisi ruangan sudah kosong karena sudah diluar jam kerja, dan hal ini terkadang baru diketahui esok harinya.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut kemudian perlu dibuat alat yang dapat mematikan dan menyalakan AC secara otomatis di ruang Tata usaha. Beban penggunaan daya listrik di kantor UPT BLK Kulon Progo sudah sangat besar, karena fasilitas peralatan pelatihan di *workshop* yang menggunakan daya listrik jumlahnya banyak, ditambah dengan beban AC yang terpasang membuat biaya pengeluaran untuk tagihan listrik menjadi mahal. Oleh karena itu perlu dibuat rancang bangun sebuah alat untuk membantu mengurangi pemborosan daya listrik dari penggunaan AC yang tidak diperlukan. Penelitian ini difokuskan dalam upaya mengurangi penggunaan daya listrik AC di ruang Tata usaha, sehingga nantinya dapat juga diterapkan di ruangan yang lain di UPT BLK Kulon Progo.

Penelitian pembuatan alat untuk mematikan dan menyalakan AC secara otomatis bukanlah hal baru. Beberapa penelitian yang sudah pernah dibuat dan kemudian dijadikan referensi pada penelitian ini, fungsi untuk menyalakan dan mematikan AC adalah dengan menggunakan relay. Cara kerjanya adalah menyambung atau memutus tegangan listrik yang masuk ke AC. Cara ini dapat merusak komponen elektronik yang ada di dalam AC karena dimatikan dan dinyalakan dengan cara yang tidak aman. Rancang bangun alat yang dibuat pada penelitian ini sudah dikembangkan dengan menggunakan LED IR *transmitter* sebagai pengirim sinyal untuk menyalakan dan mematikan AC, sehingga proses menyalakan dan mematikan AC tetap aman seperti menggunakan remote bawaan AC. Rancang bangun alat ini menggunakan ESP32 sebagai kendali utama dan sensor PIR sebagai pendeteksi orang di dalam ruangan. Sensor PIR akan mendeteksi gerakan orang di dalam ruangan. Apabila tidak terdeteksi gerakan, maka alat akan mematikan AC secara otomatis melalui sinyal inframerah. Sensor DHT11 digunakan sebagai pembaca suhu ruangan dan LCD *display* digunakan sebagai penampil status AC pada alat. Perkembangan teknologi saat ini membuat konsep *Internet of Things* (IoT) bisa diaplikasikan di mana saja [3] dan sering diaplikasikan pada pembuatan *smart home system* [4]. Pengendali AC termasuk salah satu aplikasi yang biasanya terintegrasi dengan konsep *smart home system*, sehingga untuk mengikuti perkembangan teknologi saat ini pada alat ini dibuat konsep serupa yaitu dapat dimonitor dan dikendalikan dari jarak jauh melalui koneksi internet wifi menggunakan aplikasi Blynk IoT. Penelitian ini juga dilanjutkan dengan pengujian alat secara langsung selama 5 hari pada lokasi yang sudah ditentukan dan dilakukan pengukuran penggunaan energi listrik pada AC menggunakan alat kWh meter, di mana proses ini tidak dilakukan pada penelitian yang sudah ada sebelumnya.

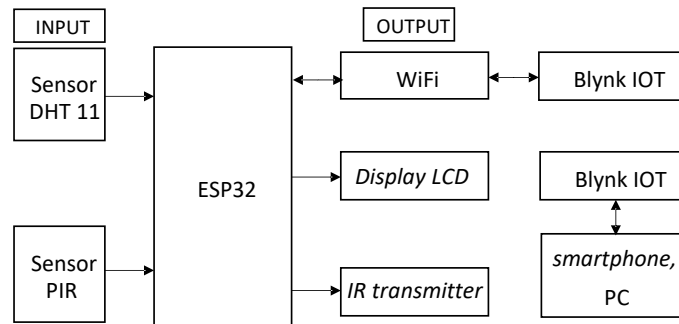
2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Kebutuhan Penelitian

Tahap analisis kebutuhan penelitian adalah proses untuk mengidentifikasi alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan sistem mengendalikan *air conditioner* di ruang Tata usaha UPT BLK. Alat yang diperlukan adalah *software* Blynk IoT dan Arduino IDE, kemudian unit AC, kWh meter, serta perangkat komputer dan printer. Bahan yang diperlukan adalah *hardware board* ESP32, LED IR *transmitter*, sensor PIR, resistor, transistor, sensor DHT11, *breadboard*, kabel konektor, display LCD dan data penggunaan daya listrik AC di ruang Tata usaha.

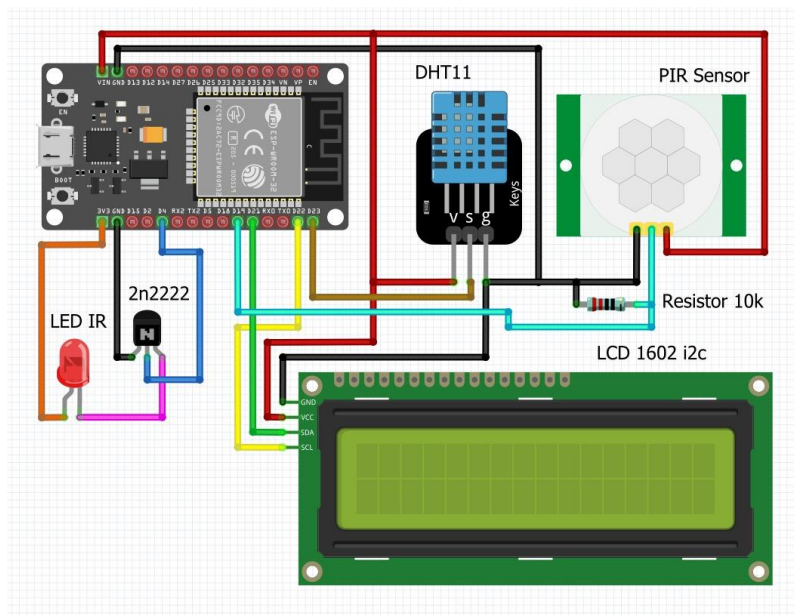
2.2 Perancangan Hardware

ESP32 digunakan sebagai kontrol utama pada pembuatan rancang bangun alat ini. Pin yang tersedia pada ESP32 cukup banyak, sehingga memungkinkan penggunaan yang lebih fleksibel untuk berbagai macam fungsi. Perancangan sistem yang akan dibuat ditampilkan pada Gambar 1. Sensor DHT11 digunakan untuk membaca suhu udara ruangan. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi gerakan manusia. Sensor PIR bekerja dengan membaca gerakan dari objek yang memancarkan gelombang inframerah seperti manusia atau hewan peliharaan. Nilai *output* dari sensor PIR adalah bernilai 1 ketika ada objek melakukan gerakan, tetapi ketika terdeteksi objek namun tidak melakukan gerakan maka sinyal *output* dari sensor PIR akan bernilai 0. Nilai ini akan dimasukkan kedalam program ESP32 untuk membuat jeda waktu, sehingga ketika sensor PIR bernilai 0 alat tidak langsung mematikan AC, tetapi harus menunggu sesuai jeda waktu yang ditentukan sebelum mematikan AC. *Display* LCD digunakan sebagai *output* antarmuka dengan pengguna. Nilai yang ditampilkan pada LCD adalah hasil pembacaan suhu ruangan dan status AC dalam kondisi *on/off*. LED IR *transmitter* digunakan untuk mengirim sinyal perintah mematikan atau menyalakan AC. Wifi untuk menghubungkan alat ke server blynk IoT, digunakan untuk menampilkan status AC di aplikasi blynk IoT. Jaringan internet wifi digunakan untuk mengendalikan alat dari jarak jauh, baik untuk fungsi mematikan, menyalakan AC secara manual atau memilih mode untuk mematikan dan menyalakan AC secara otomatis.



Gambar 1. Blok diagram perancangan sistem

Skema pada Gambar 2 berikut menunjukkan perancangan *hardware* komponen pada alat untuk mengendalikan *air conditioner* di ruang Tata usaha UPT BLK Kulon Progo.

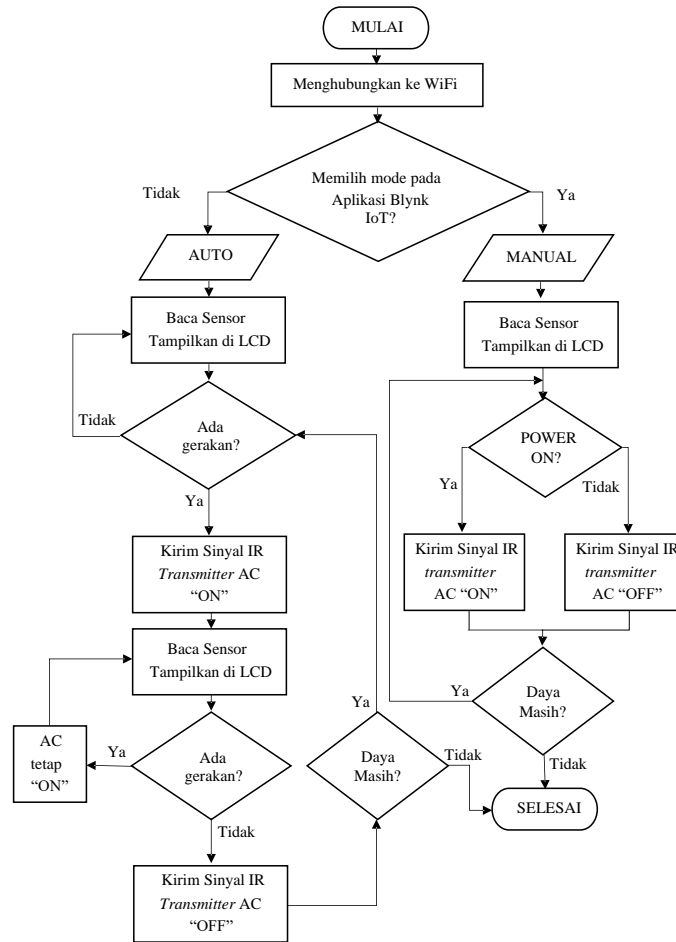


Gambar 2. Skema rangkaian komponen alat pengendali AC

Pada Gambar 2, rangkaian *IR transmitter* dilengkapi dengan komponen tambahan berupa transistor NPN tipe 2N2222. Fungsi transistor ini adalah untuk menguatkan sinyal dari ESP32, sehingga keluaran sinyal dari *IR transmitter* dapat menjangkau jarak yang lebih jauh. Sensor PIR dihubungkan ke ESP32 untuk memberikan sinyal *high* ketika mendeteksi gerakan manusia. Pada rangkaian sensor PIR dan ESP32 ditambahkan resistor 10 kOhm yang dihubungkan antara *output* sensor PIR dan ground. Fungsi resistor ini adalah sebagai *pull-down* resistor untuk memastikan *input* ke ESP32 tetap *low* dan menghindari *floating logic* ketika ada tegangan naik turun. Kondisi *input* ke ESP32 akan tetap *low* kecuali jika terdapat *output high* yang berasal dari sensor PIR.

2.3 Perancangan Software Arduino IDE

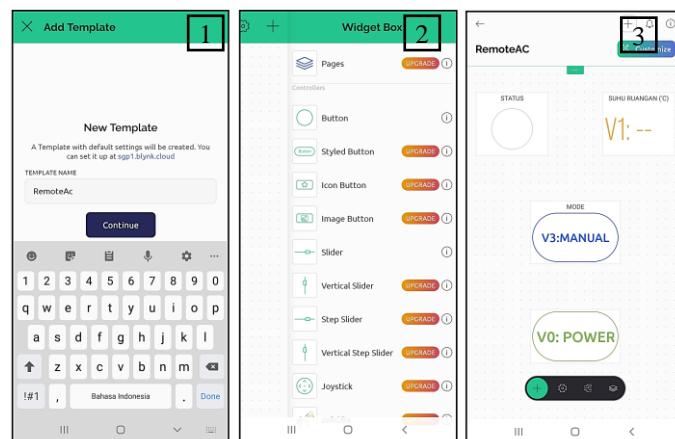
Pembuatan program menggunakan Arduino IDE merupakan proses penting setelah rangkaian *hardware* selesai, karena merupakan kebutuhan untuk kendali alat yang sudah dibuat [5]. Program yang dibuat untuk alat ini menggunakan beberapa *library*, antara lain Blynk versi 1.3.0, DHT *sensor library* versi 1.4.4, LiquidCrystal I2C versi 1.1.2 dan IRremoteESP8266 versi 2.8.5. Penggunaan *library* ini mempermudah pembuatan program sehingga tidak perlu membuat kode dari awal. Gambaran cara kerja program yang dibuat seperti ditunjukkan pada *flowchart* Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Flowchart cara kerja sistem pengendali AC

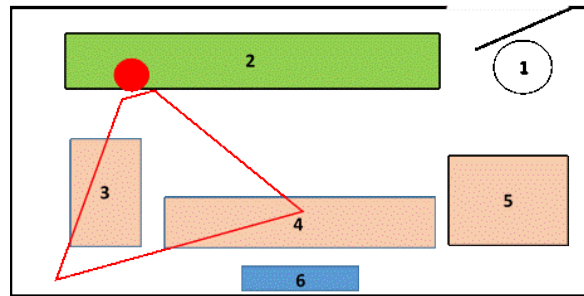
2.4 Perancangan Software Blynk IoT

Penerapan *Internet of Things (IoT)* yang menjadi trend pada saat ini adalah pada aplikasi *smart home* [6]. Alat pengendali *air conditioner* yang dapat dikendalikan dari jarak jauh seperti yang diaplikasikan pada ruang Tata usaha UPT BLK, biasanya juga sudah menjadi salah satu fitur yang ada pada aplikasi *smart home*. Program yang digunakan untuk aplikasi *smart home* salah satunya adalah Blynk IoT. Blynk IoT merupakan *platform Internet of Things* yang banyak digunakan karena tersedia secara *open source* (gratis) dan tidak terikat dengan modul *hardware* tertentu. Pada rancang bangun alat ini Blynk IoT digunakan untuk mengatur mode AUTO atau MANUAL, memantau kondisi suhu ruangan dan mengetahui status AC: *on* atau *off* dari jarak jauh melalui koneksi internet. Aplikasi Blynk IoT yang digunakan adalah versi 1.14.3 dan diinstal pada *smartphone* android versi 10. Proses pembuatan antarmuka pengendalian AC pada aplikasi Blink IoT diawali dengan memilih menu 'new template', kemudian memilih 'widget' yang akan digunakan sebagaimana Gambar 4 berikut.

Gambar 4. Pembuatan *template* dan *widget* pada aplikasi Blynk IoT

2.5 Perancangan Pengujian Alat

Ruangan Tata usaha UPT BLK mempunyai luas $6,6 \times 3,6$ meter dengan jumlah pegawai 2 orang. AC ruangan yang digunakan adalah merk Panasonic tipe CS-YN9TKJ dengan kapasitas pendinginan 9000BTU/h. Denah lokasi pengujian yang akan digunakan untuk pemasangan alat ditampilkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Denah ruangan tata usaha dan posisi penempatan alat

Keterangan: 1: Pintu masuk-keluar

2: Lemari dan rak dokumen

3: Meja kerja Ka. Subbag TU

4: Meja kerja Staff TU

5: Meja komputer

6: Unit *indoor* AC

Pemasangan alat direncanakan berada pada lingkaran berwarna merah dengan perkiraan arah jangkauan sensor PIR adalah segitiga yang berwarna merah kearah objek nomor 3 dan 4. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian untuk mengukur akurasi pembacaan suhu sensor DHT11, pengujian jarak maksimal pancaran sinyal IR *transmitter*, dan pengujian sensitifitas sensor PIR. Untuk mengetahui perbandingan penggunaan daya listrik dan durasi nyala AC setelah pemasangan alat pengendali AC, dilakukan pengambilan data menggunakan alat kWh meter digital seperti yang ditampilkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Sebuah kWh meter digital

Berdasarkan spesifikasi pada *manual instruction book*, kWh meter memiliki akurasi pengukuran $\pm 2\%$ dengan tegangan kerja 180 – 250 VAC. Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam pengujian alat pengendali AC di ruang Tata usaha UPT BLK ini sebagaimana Persamaan (1), (2), dan (3).

$$\text{Error suhu ruangan} = \frac{\text{Selisih suhu}}{\text{Suhu thermometer}} \times 100 \% \quad (1)$$

$$\text{Energi listrik rata - rata} = \frac{\text{Total pemakaian energi listrik}}{\text{jumlah hari}} \quad (2)$$

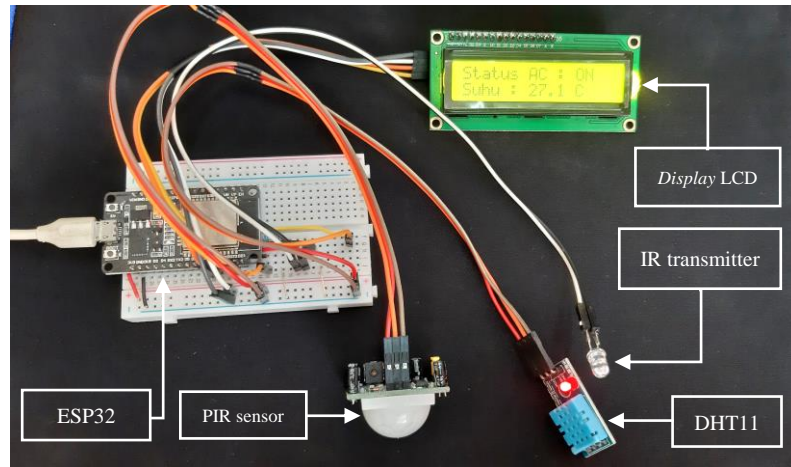
$$\text{Penurunan energi listrik AC} = \frac{(\text{energi tanpa alat} - \text{energi dengan alat})}{\text{energi listrik tanpa alat}} \times 100 \% \quad (3)$$

$$\text{Penurunan waktu nyala AC} = \frac{(\text{waktu tanpa alat} - \text{waktu dengan alat})}{\text{waktu tanpa alat}} \times 100 \% \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

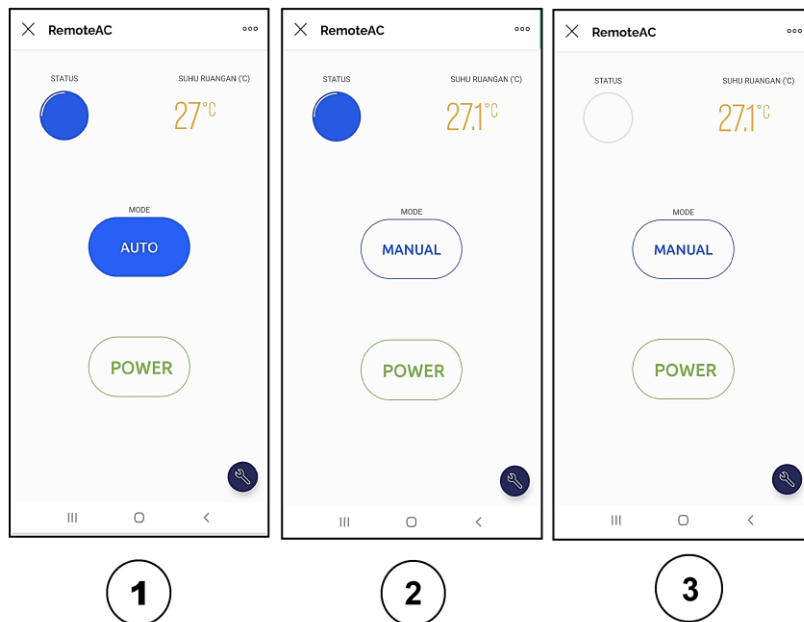
3.1 Hasil Pembuatan Alat

Hasil rancang bangun alat untuk mengendalikan AC di ruang Tata usaha UPT BLK yang sudah dibuat ditampilkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Rangkaian alat pengendali AC

LCD akan menampilkan suhu ruangan dan status AC. Untuk memulai proses, saat dinyalakan alat harus terhubung ke wifi, kemudian alat akan mengirim sinyal untuk menyalakan AC melalui *IR transmitter*. Mode yang dijalankan pertama adalah mode AUTO, apabila tidak ada gerakan orang di ruangan selama 15 menit maka alat akan mematikan AC secara otomatis. Mode MANUAL digunakan untuk menyalakan atau mematikan AC dari jarak jauh yang dikendalikan menggunakan aplikasi Blink IoT. Tampilan antarmuka pada aplikasi Blink IoT ditampilkan pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Tampilan pada aplikasi Blynk IoT

Gambar 8 nomor 1 menunjukkan mode AUTO, lingkaran berwarna biru menunjukkan status AC *on* dengan suhu ruangan 27°C. Gambar 8 nomor 2 menunjukkan mode: MANUAL, lingkaran berwarna biru menunjukkan status AC *on* dengan suhu ruangan 27,1°C. Gambar 8 nomor 3 menunjukkan mode MANUAL, lingkaran berwarna putih menunjukkan status AC *off* dengan suhu ruangan 27,1°C. Tombol *power* berfungsi menyalakan atau mematikan AC dan hanya dapat digunakan pada mode MANUAL.

3.2 Hasil Pengujian Sensor DHT11

Sensor DHT11 diuji dengan pembandingan thermometer digital merk: elietech selama 30 menit di ruang Tata usaha UPT BLK Kulon Progo dengan kondisi AC menyala. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor DHT11

Jam	Suhu sensor DHT11 (°C)	Suhu sensor thermometer (°C)	Selisih suhu (°C)	Error (%)
09.00	27.7	27.5	0.2	0.7
09.05	27.8	27.6	0.2	0.7
09.10	27.7	27.5	0.2	0.7
09.15	27.7	27.6	0.1	0.3
09.20	27.7	27.6	0.1	0.3
09.25	27.8	27.7	0.1	0.3
09.30	27.7	27.7	0	0

Hasil pengujian sensor DHT11 terdapat selisih nilai suhu antara 0 sampai 0.2 °C. Dari Persamaan (1) diperoleh rata-rata persentase error pembacaan sensor DHT11 adalah sebesar 0.428 %. *Error* pembacaan suhu ini tidak jauh berbeda dengan hasil yang pernah diperoleh dari penelitian sebelumnya yaitu sekitar 0,29% [7].

3.3 Hasil Pengujian IR Transmitter

IR *transmitter* diuji dengan menggunakan unit AC merk Panasonic. IR *transmitter* diarahkan lurus ke AC dengan ketinggian AC adalah 150 cm dan ketinggian IR *transmitter* adalah 70 cm dari lantai. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian IR transmitter

Pengambilan data ke	Jarak	Hasil (1)	Hasil (2)
1 - 2	3 meter	Berfungsi	Berfungsi
3 - 4	4 meter	Berfungsi	Berfungsi
5 - 6	5 meter	Berfungsi	Berfungsi
7 - 8	6 meter	Berfungsi	Berfungsi
9 - 10	7 meter	Berfungsi	Berfungsi
11 - 12	8 meter	Berfungsi	Berfungsi
13 - 14	9 meter	Berfungsi	Berfungsi
15 - 16	10 meter	Tidak Berfungsi	Tidak Berfungsi

Pengambilan data dilakukan 2 kali dalam 1 variasi jarak supaya diperoleh hasil yang valid. Dari hasil pengujian, jarak maksimal yang diperoleh IR *transmitter* sampai tidak dapat menyalakan atau mematikan AC adalah 10 meter.

3.4 Hasil Pengujian Sensor PIR

Pengujian sensor PIR dilakukan didalam ruangan dengan satu orang sebagai objek penguji. Sensor PIR dengan ketinggian 75cm menghadap tegak lurus ke objek. Variasi gerakan yang dilakukan berjalan dan melambatkan tangan. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor PIR

No.	Jenis gerakan	Jarak	Hasil
1	Berjalan	1 meter	Berfungsi
		2 meter	Berfungsi
		3 meter	Berfungsi
		4 meter	Berfungsi
		5 meter	Berfungsi
2	Melambatkan tangan	1 meter	Berfungsi
		2 meter	Berfungsi
		3 meter	Berfungsi
		4 meter	Tidak Berfungsi
		5 meter	Tidak Berfungsi

Hasil pengujian pada Tabel 3 menunjukkan sensor PIR efektif untuk mendeteksi gerakan besar, misalnya berjalan sampai pada jarak 5 meter seperti pada penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan [8]. Tetapi untuk mendeteksi gerakan kecil seperti melambatkan tangan, sensor hanya efektif mendeteksi sampai pada jarak 3 meter.

3.5 Hasil Pengujian Alat di Ruang Tata Usaha BLK

Pengujian dilakukan selama 5 hari kerja dengan pengaturan suhu AC 24°C, kecepatan *fan medium* dan *swing auto*. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil pengukuran penggunaan energi listrik AC ruang Tata Usaha

Hari	Lama Menyala dan Energi listrik AC	Suhu Luar Ruang	Suhu Dalam Ruang	Kondisi Ruang Pengujian
Ke-1 Senin 15/1/24	8 jam 10 Menit 3,358 kWh	Jam 09.00: 28.3°C Jam 13.00: 30.1°C	Jam 09.00: 27.1°C Jam 13.00: 27.8°C	kosong saat jam istirahat
Ke-2 Selasa 16/1/24	8 jam 10 Menit 3,270 kWh	Jam 09.00: 28.2°C Jam 13.00: 29.9°C	Jam 09.00: 27.2°C Jam 13.00: 27.6°C	kosong saat jam istirahat
Ke-3 Rabu 17/1/24	8 jam 10 Menit 2,587 kWh	Jam 09.00: 27.1°C Jam 13.00: 28.1°C	Jam 09.00: 26.5°C Jam 13.00: 27.0°C	kosong saat jam istirahat
Ke-4 Kamis 18/1/24	8 jam 10 Menit 3,068 kWh	Jam 09.00: 28.5°C Jam 13.00: 29.6°C	Jam 09.00: 27.1°C Jam 13.00: 27.3°C	kosong saat rapat koordinasi dan jam istirahat
Ke-5 Jumat 19/1/24	8 jam 10 Menit 3,237 kWh	Jam 09.00: 28.9°C Jam 13.00: 30.5°C	Jam 09.00: 27.2°C Jam 13.00: 27.1°C	kosong saat jam istirahat

Hasil pengujian pada Tabel 4 menunjukkan saat kondisi suhu udara lingkungan sekitar 28,2°C - 30,5°C, penggunaan energi listrik AC adalah 3,0 kWh – 3,3 kWh. Pada hari ke-3 cuaca hujan dengan suhu udara sekitar 27,1°C - 28,1°C, lama AC menyala tetap 8 jam 10 menit, tetapi penggunaan energi listrik AC turun menjadi 2,587 kWh. Turunnya penggunaan energi AC saat hujan karena suhu lingkungan yang rendah, sehingga kerja AC mendinginkan ruangan lebih ringan yang mengakibatkan pemakaian daya yang lebih rendah [9]. Pada hari ke-4 pemakaian energi listrik AC rendah karena ada kondisi di mana ruangan kosong saat pegawai sedang koordinasi di ruangan lain. Kerja AC menjadi lebih ringan karena beban yang menimbulkan panas di dalam ruangan salah satunya adalah adanya orang di dalam ruangan. Dari Persamaan (2) diperoleh hasil bahwa *air conditioner* menggunakan energi rata-rata sebesar 3,104 kWh per hari dan total waktu nyala AC selama 5 hari adalah 40 jam 50 menit.

Rancang bangun alat yang sudah dibuat dipasang dan diuji di ruang Tata Usaha UPT BLK dengan lokasi pemasangan seperti ditunjukkan pada Gambar 9 berikut.



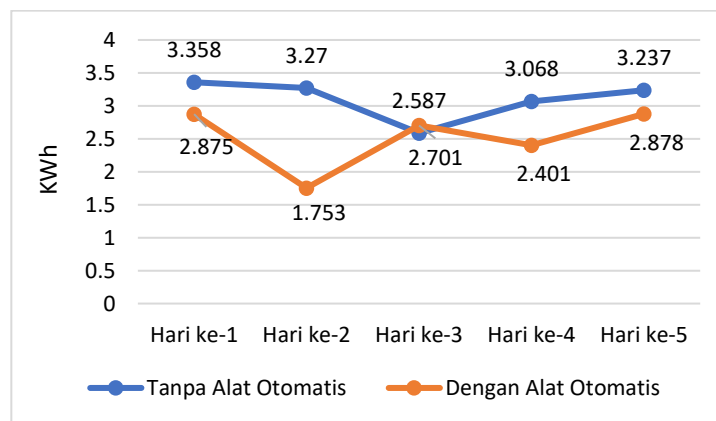
Gambar 9. Pengujian alat di lokasi ruang Tata Usaha UPT BLK

Pengujian dilakukan selama 5 hari kerja dengan pengaturan suhu AC: 24°C, kecepatan *fan*: *medium* dan *swing*: *auto*. Hasil pengujian alat ditampilkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil pengukuran penggunaan energi listrik AC ruang Tata usaha dengan alat pengendali AC

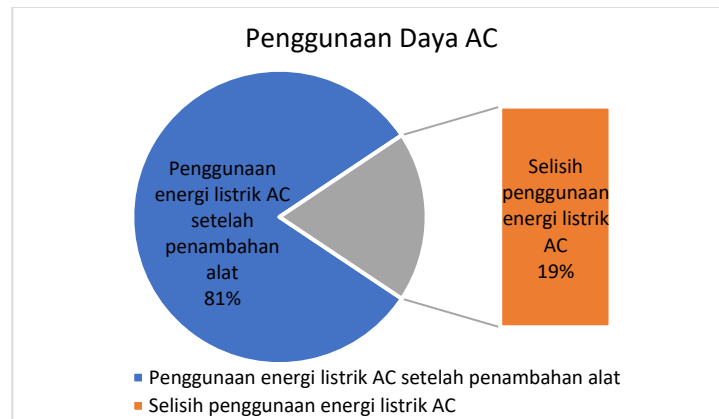
Hari	Lama Menyala dan Energi Listrik AC	Suhu Luar Ruang	Suhu Dalam Ruang	Kondisi Ruang Pengujian	Selisih waktu nyala AC
Ke-1 Senin 22/1/24	7 jam 15 Menit 2,875 kWh	Jam 09.00: 28.1°C Jam 13.00: 30.1°C	Jam 09.00: 26.6°C Jam 13.00: 26.9°C	kosong saat jam istirahat	55 Menit
Ke-2 Selasa 23/1/24	5 jam 13 Menit 1,753 kWh	Jam 09.00: 27.7°C Jam 13.00: 29.6°C	Jam 09.00: 25.9°C Jam 13.00: 26.1°C	kosong saat rapat koordinasi dan jam istirahat	2 Jam 57 Menit
Ke-3 Rabu 24/1/24	6 jam 41 Menit 2,701 kWh	Jam 09.00: 28.1°C Jam 13.00: 30.4°C	Jam 09.00: 27.7°C Jam 13.00: 27.8°C	kosong saat rapat koordinasi dan jam istirahat	1 Jam 29 Menit
Ke-4 Kamis 25/1/24	6 jam 29 Menit 2,401 kWh	Jam 09.00: 28.1°C Jam 13.00: 29.9°C	Jam 09.00: 27.5°C Jam 13.00: 27.6°C	kosong saat rapat koordinasi dan jam istirahat	1 Jam 41 Menit
Ke-5 Jumat 26/1/24	7 jam 16 Menit 2,878 kWh	Jam 09.00: 28.1°C Jam 13.00: 28.9°C	Jam 09.00: 26.5°C Jam 13.00: 27.0°C	kosong saat jam istirahat	54 Menit

Hasil pengujian pada Tabel 5 menunjukkan waktu lama AC menyala berubah-ubah, hal ini dipengaruhi ada atau tidak orang di ruangan. Dengan waktu nyala AC yang semakin singkat maka penggunaan energi listrik juga menjadi rendah [10]. Penggunaan energi listrik terendah ada pada hari ke-2 yaitu 1,753 kWh dengan waktu lama AC menyala adalah 5 jam 13 menit. Dari Persamaan (2) diperoleh rata-rata penggunaan energi listrik AC setelah penambahan alat adalah 2,5218 kWh dan total waktu lama AC menyala adalah selama 32 jam 54 menit. Perbandingan penggunaan energi listrik AC sebelum dan sesudah pemasangan alat apabila ditampilkan dalam bentuk grafik akan seperti pada Gambar 10 berikut.



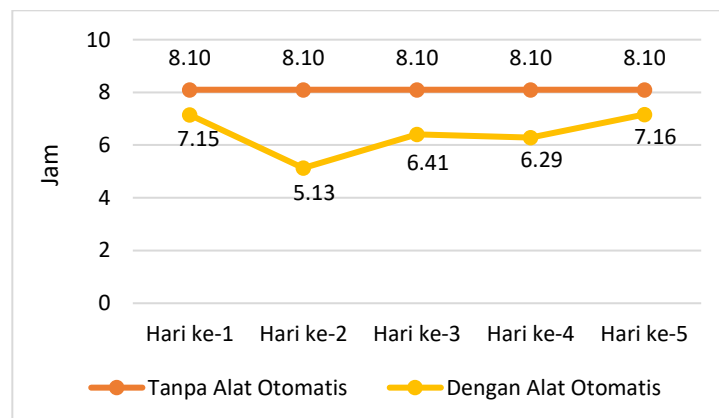
Gambar 10. Grafik perbandingan penggunaan energi listrik AC

Kemudian dari Persamaan (3) diperoleh penurunan penggunaan energi listrik AC sebesar 18,75% dibandingkan dengan penggunaan energi listrik AC sebelum penambahan alat. Grafik *pie* penurunan penggunaan energi listrik AC ditampilkan pada Gambar 11 berikut.



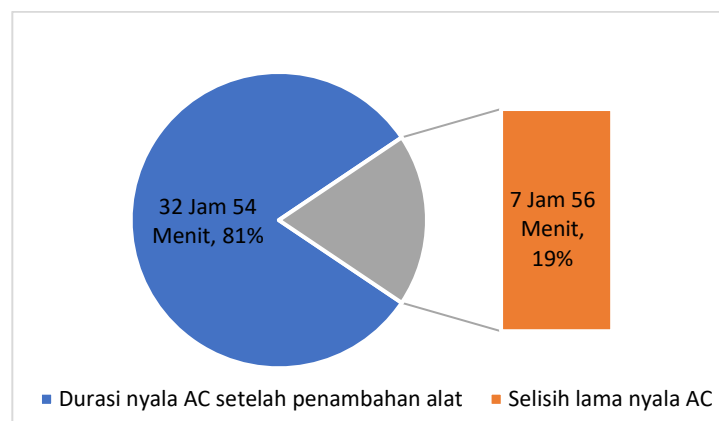
Gambar 11. Grafik penggunaan energi listrik AC setelah pemasangan alat

Perbandingan lama nyala AC sebelum dan sesudah pemasangan alat apabila ditampilkan dalam bentuk grafik akan seperti pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Grafik perbandingan lama nyala AC

Melalui Persamaan (4) diperoleh besar penurunan durasi nyala AC adalah 19,42% atau dibulatkan menjadi 19% dengan grafik *pie* penurunn lama nyala AC ditampilkan pada Gambar 13 berikut.



Gambar 13. Grafik durasi nyala AC setelah pemasangan alat

Dari data pengujian setelah pemasangan alat pengendali AC yang sudah dilakukan, diperoleh hasil terjadi penurunan penggunaan energi listrik dan lama nyala AC di ruang Tata Usaha UPT BLK. Setiap komponen pada unit AC memiliki batas masa pakai, dengan penambahan alat yang sudah dibuat ini selain dapat mengurangi penggunaan energi listrik juga dapat memperpanjang masa pakai AC karena durasi pemakaian AC berkurang sehingga komponen yang ada di dalam AC tidak cepat mengalami keausan.

3.6 Perbandingan dengan Penelitian Lain

Hendro widiarto dan Prasetya Dwi Darma Kusuma telah meneliti tentang “Rancang bangun sistem otomatisasi AC di Ruang Seminar Gedung Teknik Penerbangan Baru”. Tujuan penelitian tersebut adalah

mendeteksi kondisi di dalam ruangan menggunakan perangkat *transmitter* dan menampilkan informasi yang diperoleh dengan perangkat *receiver*. Hasilnya adalah alat yang dapat mematikan AC secara otomatis menggunakan relay dan dapat dipantau dari jarak dekat karena antara transmitter dan receiver belum terhubung dengan aplikasi IoT [11]. Sementara dalam penelitian ini untuk menyalakan dan mematikan AC sudah menggunakan modul IR *transmitter* seperti remot bawaan AC dan proses pemantauan kondisi AC serta suhu ruangan dapat dilakukan dari jarak jauh menggunakan koneksi internet.

Bagus Nurdila Eko Kuncoro dan Anang Widiatoro telah meneliti tentang “Rancang bangun pengendali AC di Bank Central Asia Kcu Diponegoro”. Tujuan penelitian tersebut untuk mengendalikan AC secara terpusat di ruang *engineering* menggunakan komputer PC. Hasilnya adalah alat yang dapat mengendalikan listrik AC secara terpusat menggunakan komputer PC [12]. Sementara dalam penelitian ini untuk mengendalikan AC dapat dilakukan dari mana saja dengan koneksi internet dan dapat menggunakan *smartphone* yang terinstal aplikasi blynk IoT.

Gohi Diori, Dhea Amelia Rianjani, Gilang Maulana, Tyara Zhafirah Tamzil, Maykel Manawan dan Agus Sukandi telah meneliti tentang “Sistem otomasi dan monitoring perawatan berkala AC (*Air Conditioner*) berbasis Arduino terintegrasi IoT (*Internet of Things*)”. Tujuan penelitian tersebut adalah membuat alat dengan menggunakan sensor PIR untuk mendeteksi keberadaan orang, sensor *hall effect* untuk mendeteksi putaran kipas dan sensor *water level* untuk mendeteksi ketinggian tampungan air AC dengan aplikasi IoT untuk dapat memberikan notifikasi kepada penggunanya. Hasil penelitian tersebut alat yang dibuat cukup rumit dan harus dipasang dengan cara mengganti unit modul kontrol utama pada AC yang berarti tidak praktis dan apabila AC masih dalam kondisi baru dapat menyebabkan hilangnya garansi unit AC dan beresiko merusak unit AC tersebut. Dalam penelitian tersebut juga tidak dilakukan uji pengambilan data penggunaan energi listrik AC sehingga tidak diketahui pengaruh pemasangan alat yang sudah dibuat [13]. Sementara pada penelitian ini alat yang dibuat terpisah dari unit AC yang dikendalikan sehingga tidak merusak unit AC yang digunakan dan penelitian ini juga melakukan pengujian untuk mengambil data penggunaan energi listrik AC sehingga dapat dianalisa perbedaan penggunaan energi listrik sebelum dan sesudah penambahan alat yang sudah dibuat.

4. KESIMPULAN

Rancang bangun alat pengendali AC otomatis di ruang Tata usaha UPT BLK berhasil mengurangi penggunaan energi listrik *air conditioner* sehingga mendukung upaya untuk mengurangi pengeluaran anggaran akibat tagihan biaya tagihan listrik PLN. Alat untuk mengendalikan AC yang sudah dibuat, dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk IoT dengan mengubah mode menjadi MANUAL. Hasil rancang bangun alat dapat mendeteksi keberadaan orang diruangan dengan baik, dan dapat menyalakan atau mematikan AC otomatis sesuai kondisi yang diinginkan. Pemasangan alat mendapatkan hasil penurunan penggunaan energi listrik sebesar 18,75% dan mengurangi durasi nyala AC selama 7 jam 56 menit. Dari rancang bangun alat yang sudah dibuat dapat ditingkatkan dengan menggunakan metode pendeteksi orang yang lebih baik, sehingga alat dapat diaplikasikan untuk ruangan yang lebih luas. Penambahan antarmuka yang dapat digunakan untuk mengubah merk dan tipe AC serta durasi jeda waktu untuk mematikan AC secara otomatis akan membuat fungsi alat menjadi lebih baik.

REFERENSI

- [1] SNI 03-6572-2001, Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [2] Astrihasna Shafa, Suzanna Ratih Sari, “Penilaian Kenyamanan Termal pada Ruang Baca Perpustakaan Umum Kota Pekalongan,” *Review of Urbanism and Architectural Studies*, vol. 20, no. 1, hal. 23-32, 2022. <https://doi.org/10.21776/ub.ruas.2022.020.01.3>
- [3] M. Alam, K. A. Shakil, S. Khan, “Internet of Things (IoT): Concepts and Applications,” Springer International Publishing, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37468-6>
- [4] Ch Anwar Ul Hassan, Jawaid Iqbal, Muhammad Sufyan Khan, Saddam Hussain, Adnan Akhuzada, Mudabbir Ali, Abdullah Gani, Mueen Uddin, Syed Sajid Ullah, “Design and Implementation of Real-Time Kitchen Monitoring and Automation System Based on Internet of Things,” *Energies (Basel)*, vol. 15, no. 18, hal. 1-16, 2022. <https://doi.org/10.3390/en15186778>
- [5] Haris Isyanto, Wahyu Ibrahim, Puji Mashuri, “Rancang Bangun Smart AC Portable berbasis Internet of Things (IoT),” *Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer*, vol. 4, no. 2, hal. 137-146, 2021. <https://doi.org/10.24853/resistor.4.2.137-146>
- [6] A. H. Mohd Aman, E. Yadegaridehkordi, Z. S. Attarbashi, R. Hassan, Y. J. Park, “A Survey on Trend and Classification of Internet of Things Reviews,” *IEEE Access*, vol. 8, hal. 111763–111782, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3002932>
- [7] Mas Aly Afandi, Silvi Nurandi, I Ketut Agung Enrico, “Automated Air Conditioner Controller and Monitoring Based on Internet of Things,” *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, vol. 11, no. 1, hal. 83, 2021. <https://doi.org/10.22146/ijeis.64563>

- [8] Desmira, Didik Aribowo, Widhi Dwi Nugroho, Sutarti, "Penerapan Sensor Passive Infrared (PIR) pada Pintu Otomatis di PT LG ELECTRONIC INDONESIA," *PROSISKO*, vol. 7, no. 1, hal. 1-7, 2020. <https://doi.org/10.30656/prosisko.v7i1.2123>
- [9] S. Indarwati, S. M. B. Respati, Darmanto, "Kebutuhan Daya Pada Air Conditioner saat Terjadi Perbedaan Suhu dan Kelembaban," *Jurnal Ilmiah Momentum*, vol. 15, no. 1, hal. 91-95, 2019. <https://doi.org/10.36499/jim.v15i1.2666>
- [10] M. A. Rozaq, B. Sukoco, D. Nugroho, "Analisa Pengaruh Setting Suhu Air Conditioner Terhadap Konsumsi Energi Listrik pada Air Conditioner Kapasitas 5 PK Type Psf 5001," *dalam Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2*, hal. 354-369, 2019.
- [11] Hendro Widiarto, Prasetya Dwi Darma Kusuma, "Otomatisasi dan Monitoring Air Conditioner (AC) Berbasis Arduino Uno Ruang Seminar Gedung Teknik Penerbangan Baru," *Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan*, vol. 2, no. 1, hal. 44-55, 2022. <https://doi.org/10.51878/knowledge.v2i1.1138>
- [12] Bagus Nurdila Eko Kuncoro, Anang Widianoro, "Rancang Bangun Pengendali Air Conditioner (AC) Gedung Bank Central Asia Kcu Diponegoro Surabaya Berbasis Arduino," *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 2, no. 2, hal. 78-84, 2018. <https://doi.org/10.21070/jeee-u.v2i2.1701>
- [13] Gohi Diori, Dhea Amelia Rianjani, Gilang Maulana, Tyara Zhafirah Tamzil, Maykel Manawan, Agus Sukandi, "Sistem Otomatisasi dan Monitoring Perawatan Berkala AC (Air Conditioner) Berbasis Arduino yang Terintegrasi IoT (Internet of Things)," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, vol. 9, no. 1, hal 184-193, 2019.