**SISTEM KONTROL OTOMATIS PERANGKAT LISTRIK DENGAN SENSOR INFRAMERAH BERBASIS IOT UNTUK MENGOPTIMALKAN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK**

***(AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF ELECTRICAL DEVICES WITH IOT-BASED INFRARED SENSORS TO OPTIMIZE THE USE OF ELECTRICAL ENERGY)***

**PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Disusun sebagai syarat mata kuliah Tugas Akhir

Program Studi S1 Teknik Elektro

Disusun oleh:

**BAGAS SIMANUNGKALIT**

**1102213073**

****

**FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO**

**UNIVERSITAS TELKOM**

**BANDUNG**

**20****25**

# 

# A close-up of a document Description automatically generatedLEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

**SISTEM KONTROL PERANGKAT LISTRIK OTOMATIS DENGAN SENSOR INFRAMERAH BERBASIS IOT UNTUK MENGOPTIMALKAN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK**

***(DEVICE CONTROL SYSTEM AUTOMATIC ELECTRICAL DEVICE CONTROL SYSTEM WITH IOT-BASED INFRARED SENSOR TO OPTIMIZE THE USE OFELECTRIC ENERGY)***

**Telah disetujui dan disahkan sebagai Proposal Tugas Akhir**

**Program Studi Teknik Elektro**

**Fakultas Teknik Elektro**

**Universitas Telkom**

**Disusun oleh:**

**BAGAS SIMANUNGKALIT**

**1102213073**

**Bandung, 14 Januari 2025**

|  |  |
| --- | --- |
| Pembimbing I      **Desri Kristina Silalahi, S.Si, M.Si**  NIP. 20890006 | Pembimbing II  **Oon Erixno, S.T., M,Sc., Ph.D.**  NIP.  24850003 |
|  |  |

# ABSTRAK

Permintaan energi listrik global diperkirakan akan meningkat sebesar 30% pada tahun 2040, sehingga sistem manajemen energi yang efisien diperlukan untuk mengurangi pemborosan energi dan dampak lingkungan seperti meningkatnya emisi gas rumah kaca. Dalam Tugas Akhir ini, dirancang sebuah sistem kontrol otomatis berbasis sensor inframerah dan *Real-Time Clock* (RTC) yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik. Sistem ini bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi listrik yang tidak efisien, khususnya pada perangkat listrik di bangunan.

Metode penelitian meliputi studi literatur, desain sistem, pengukuran empiris, analisis data, serta implementasi dan pengujian sistem. Sistem yang dirancang menggabungkan sensor inframerah untuk mendeteksi keberadaan manusia dan RTC untuk mendukung penjadwalan perangkat listrik secara otomatis. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pengendali utama untuk memproses data dari sensor dan RTC, mengontrol perangkat listrik melalui relay, serta mengintegrasikan sistem dengan platform IoT untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh.

**Kata Kunci:** *sensor inframerah, RTC, IoT, efisiensi energi, kontrol perangkat listrik*

# DAFTAR ISI

[LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR ii](#_Toc187742216)

[ABSTRAK iii](#_Toc187742217)

[DAFTAR ISI iv](#_Toc187742218)

[DAFTAR GAMBAR vi](#_Toc187742219)

[DAFTAR TABEL vii](#_Toc187742220)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc187742221)

[1.1. Latar Belakang Masalah 1](#_Toc187742222)

[1.2. Rumusan Masalah 3](#_Toc187742223)

[1.3. Tujuan 3](#_Toc187742224)

[1.4. Manfaat 4](#_Toc187742225)

[1.5. Batasan Masalah 4](#_Toc187742226)

[1.6. Metode Penelitian 4](#_Toc187742227)

[1.7. Proyeksi Pengguna 5](#_Toc187742228)

[1.8. Jadwal Pelaksanaan 5](#_Toc187742229)

[BAB II TINJAUAN PUSTAKA 13](#_Toc187742230)

[2.1. Listrik 13](#_Toc187742231)

[**2.1.1. Listrik pada bangunan 13**](#_Toc187742232)

[2.2. Sistem Pengendalian 14](#_Toc187742233)

[**2.2.1. Sistem Penghitung Jumlah Orang 14**](#_Toc187742234)

[**2.2.2. Sistem Schedule Based On Activity 14**](#_Toc187742235)

[**2.2.3. Sistem Kendali penggunaan listrik bangunan 15**](#_Toc187742236)

[**2.2.4. Fitur Kendali untuk pengomptimalan penggunaan Listrik 15**](#_Toc187742237)

[2.3. *Internet of Things* 16](#_Toc187742238)

[**2.3.1. Cara Kerja *Internet of Things* 17**](#_Toc187742239)

[**2.3.2. Penerapan *Internet of Things* 17**](#_Toc187742240)

[2.4. Penelitian Terdahulu 20](#_Toc187742241)

[BAB III PERANCANGAN SISTEM 22](#_Toc187742242)

[3.1. Desain Sistem 22](#_Toc187742243)

[**3.1.1. Diagram Blok 24**](#_Toc187742244)

[**3.1.2. Fungsi dan Fitur 25**](#_Toc187742245)

[3.2. Desain Perangkat Keras 27](#_Toc187742246)

[**3.2.1. Spesifikasi Komponen 28**](#_Toc187742247)

[3.3. Desain Perangkat Lunak 35](#_Toc187742248)

[**3.3.1. Flowchart Sistem 35**](#_Toc187742249)

[**3.3.2. Spesifikasi Sub Sistem 38**](#_Toc187742250)

[DAFTAR PUSTAKA 40](#_Toc187742251)

[LAMPIRAN 44](#_Toc187742252)

# DAFTAR GAMBAR

[**Gambar 2.1** Konsep IoT 17](#_Toc186712043)

[**Gambar 2.2** Desain Sistem Presensi [23] 18](#_Toc186712044)

[**Gambar 2.3** Ilustrasi Sistem Telemonitoring Elektrokardiogram [25] 18](#_Toc186712045)

[**Gambar 2.4** Rancang Bangun Pemantauan dan Pengendalian Penggunaan Energi Pada Gedung Bertingkat berdasarkan IoT [31] 19](#_Toc186712046)

[**Gambar 3.1** Diagram Blok Sistem Umum 24](#_Toc191851312)

[**Gambar 3.2** Diagram Blok Subsistem (3) 25](#_Toc191851313)

[**Gambar 3.3** Desain Perangkat Keras Sistem Kontrol Otomatis Perangkat Listrik 27](#_Toc191851314)

[**Gambar 3.4** Sensor Infrared Proximity E18-D80NK [12] 28](#_Toc191851315)

[**Gambar 3.5** Modul Real Time Clock (RTC) [32] 29](#_Toc191851316)

[**Gambar 3.6** Modul Relay 4 Channel [32] 31](#_Toc191851317)

[**Gambar 3.7** Modul ESP32 32](#_Toc191851318)

[**Gambar 3.8** Modul LCD OLED [33] 33](#_Toc191851319)

[**Gambar 3.9** Modul Buzzer [34] 34](#_Toc191851320)

[**Gambar 3.10** Flowchart Sistem Umum 35](#_Toc191851321)

[**Gambar 3.11** Flowchart Subsistem 37](#_Toc191851322)

[**Gambar 4.1** Hasil Pengujian Real Time Clock 40](#_Toc191853205)

[**Gambar 4.2** Fungsi Sinkronisasi RTC dengan NTP 41](#_Toc191853206)

# DAFTAR TABEL

[**Tabel 1.1** Jadwal dan Milestone 5](#_Toc187741836)

[**Tabel 2.1** Penelitian Terdahulu 20](#_Toc187741828)

[**Tabel 3.1** Tabel Matriks Pemilihan Komponen Sensor IR 28](#_Toc187741822)

[**Tabel 3.2** Tabel Matriks Pemilihan Komponen RTC 29](#_Toc187741823)

[**Tabel 3.3** Tabel Matriks Pemilihan Komponen Relay 30](#_Toc187741824)

[**Tabel 3.4** Tabel Matriks Pemilihan Komponen Mikrokontroller 31](#_Toc187741825)

[**Tabel 3.5** Tabel Matriks Pemilihan Komponen LCD 32](#_Toc187741826)

[**Tabel 3.6** Tabel Matriks Pemilihan Komponen Buzzer 33](#_Toc187741827)

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang Masalah

Permintaan energi listrik telah mengalami peningkatan yang signifikan, sehingga menyebabkan konsumsi energi yang lebih besar, tagihan listrik yang lebih tinggi, dan masalah lingkungan. Penggunaan perangkat listrik yang tidak efisien turut memperburuk pemborosan energi [1]. Menurut sebuah studi oleh Badan Energi Internasional, konsumsi energi global diperkirakan akan meningkat sebesar 30% pada tahun 2040, yang menyoroti perlunya sistem manajemen energi yang efisien. Hal ini dikarenakan peningkatan konsumsi energi tidak hanya meningkatkan tekanan pada sumber daya energi yang terbatas, tetapi juga berkontribusi pada emisi gas rumah kaca yang memicu perubahan iklim. Sistem manajemen energi yang efisien dapat membantu mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi pemborosan, dan mendukung transisi menuju energi berkelanjutan, sehingga dampak negatif terhadap lingkungan dan ekonomi dapat diminimalkan. Kondisi konsumsi energi listrik saat ini ditandai dengan kurangnya optimalisasi, yang menyebabkan pemborosan energi yang tidak perlu. Hal ini sebagian disebabkan oleh tidak adanya sistem otomatis yang dapat mendeteksi dan mengontrol penggunaan perangkat listrik, dalam bidang manajemen energi listrik, ada kebutuhan yang semakin meningkat untuk sistem yang efisien yang dapat mengoptimalkan konsumsi energi [2].

Kurangnya sistem otomatis untuk mengoptimalkan konsumsi energi mengakibatkan tagihan listrik yang lebih tinggi, peningkatan pemborosan energi, dan masalah lingkungan seperti meningkatnya emisi gas rumah kaca. Masalah konsumsi energi listrik yang tidak efisien dikaitkan dengan perilaku manusia, kurangnya pemantauan dan kontrol waktu nyata, dan sistem manajemen energi yang tidak efisien [3]. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi seperti sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi sensor untuk memantau penggunaan energi, serta mekanisme kontrol otomatis untuk mengatur penggunaan energi secara real-time guna mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi.

Beberapa solusi otomasi untuk penghematan listrik telah dikembangkan sebelumnya. Sistem otomasi berbasis sensor PIR (Passive Infrared) telah diimplementasikan untuk mengontrol perangkat listrik berdasarkan deteksi gerakan [4]. Namun, sistem ini memiliki beberapa kekurangan, seperti ketidakmampuannya mendeteksi keberadaan tanpa gerakan, rentan terhadap gangguan lingkungan, dan tidak mempertimbangkan penggunaan energi aktual, sehingga dapat menyebabkan pemborosan. Selain itu, sistem ini tidak mendukung pengendalian perangkat berdasarkan jadwal tertentu. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan mengembangkan sistem yang lebih cerdas dan efisien. Sistem lain menggunakan sensor suhu dan kelembaban untuk mengoptimalkan penggunaan AC (*Air Conditioner*) [5]. Terdapat juga sistem komersial seperti Philips Hue dan Samsung SmartThings yang menawarkan kontrol otomatis perangkat listrik melalui aplikasi smartphone [6].

Sistem kontrol ini bekerja dengan mendeteksi keberadaan pengguna di dalam ruangan melalui sensor inframerah, yang dapat mengidentifikasi apakah perangkat listrik perlu dinyalakan atau dimatikan. Penggunaan sensor ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga memberikan kenyamanan bagi pengguna, karena perangkat akan berfungsi sesuai kebutuhan tanpa intervensi manual. Selain itu, integrasi dengan aplikasi berbasis IoT memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat dari jarak jauh, memberikan fleksibilitas dalam pengelolaan energi [7]. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya membantu dalam mengurangi biaya energi listrik dihasilkan dari pemborosan energi. Namun, beberapa permasalahan masih belum terselesaikan, seperti keterbatasan kemampuan deteksi sensor PIR pada kondisi tertentu, tidak adanya integrasi sistem yang mempertimbangkan pola waktu, dan kurangnya solusi yang dapat menggabungkan efisiensi dengan pengurangan kompleksitas biaya. Oleh karena itu, penelitian ini dirumuskan untuk mengembangkan sebuah sistem yang lebih komprehensif dengan memanfaatkan sensor inframerah dan RTC untuk meningkatkan efisiensi energi dan memberikan fleksibilitas dalam kontrol perangkat listrik.

Sistem yang diusulkan mengkombinasikan sensor inframerah dengan RTC (*Real-Time Clock*) untuk memberikan solusi yang lebih komprehensif. Sensor inframerah menawarkan fleksibilitas yang lebih tinggi dalam aplikasi deteksi, termasuk deteksi manusia, karena dapat disesuaikan dengan berbagai kondisi lingkungan. Penggunaan RTC memungkinkan penjadwalan otomatis yang dapat disesuaikan dengan pola aktivitas pengguna, sesuatu yang tidak dimiliki oleh sistem berbasis sensor tunggal. Kombinasi kedua teknologi ini cukup untuk mencapai tujuan penghematan energi tanpa perlu sensor tambahan yang justru akan meningkatkan kompleksitas dan biaya sistem.

**1.2.** Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diberikan, masalah yang relevan dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem kontrol otomatis berbasis sensor inframerah dan RTC yang dapat mengoptimalkan penggunaan energi listrik pada perangkat elektronik?
2. Seberapa efektif penggunaan kombinasi sensor inframerah dan RTC dalam mengurangi pemborosan energi listrik dibandingkan dengan sistem kontrol manual?

**1.3.** Tujuan

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan proposal ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis dengan mengintegrasikan sensor inframerah yang memiliki tingkat akurasi deteksi minimal 95% dan RTC dengan deviasi maksimal 1 detik per hari untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik.
2. Menganalisis efektivitas sistem kontrol otomatis dalam mengurangi pemborosan energi listrik dengan target pengurangan konsumsi energi minimal 30% dibandingkan sistem manual dalam periode pengujian 1 bulan.

## 1.4. Manfaat

1. Meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi pemborosan energi dengan menggunakan sistem manajemen energi yang efisien dan efektif.
2. Meningkatkan kemampuan dalam mengelola energi dan mengurangi biaya energi dengan menggunakan sistem manajemen energi yang efisien dan efektif.
3. Mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari konsumsi energi yang tidak efisien.

## 1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Sistem manajemen energi yang diusulkan hanya berlaku untuk penggunaan energi listrik pada bangunan.
2. Perangkat listrik yang dapat dikontrol terbatas pada lampu, AC, dan perangkat elektronik lainnya yang terhubung ke stop kontak tertentu.
3. Sistem hanya bekerja pada kondisi sumber listrik normal (tidak termasuk kondisi backup power atau UPS).

**1.6.** Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Studi Sastra dan Studi Teoritis

Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang keadaan saat ini dan menemukan kelemahan dalam sistem saat ini, tinjau literatur yang ada tentang sistem manajemen energi, teknologi *Internet of Things*, sensor inframerah, dan RTC.

1. Pengukuran Empirik

Eksperimen ini bertujuan untuk menguji kemampuan sistem untuk menghitung jumlah pengguna di suatu ruangan dan mengontrol penggunaan perangkat listrik.

1. Analisis Statistik   
   Dengan menggunakan metode statistik, menganalisis data yang dikumpulkan selama percobaan untuk menemukan pola dan tren dalam konsumsi energi dan perilaku pengguna.
2. Simulasi  
   Melakukan percobaan alat sistem manajemen energi untuk menguji kinerjanya dalam berbagai skenario dan kondisi.
3. Perancangan

Membuat antarmuka pengguna untuk sistem yang memungkinkan pengguna melihat dan mengontrol perangkat Listrik didalam ruangan.

1. Implementasi   
   Menerapkan sistem manajemen energi di lingkungan nyata, seperti bangunan perumahan atau komersial.

**1.7.** Proyeksi Pengguna

Pengguna yang bisa ditargetkan melalui hasil penelitian ini, yaitu:

1. Masyarakat umum

Sistem ini akan menjadi asisten pribadi Anda dalam mengelola penggunaan listrik. Dengan fitur pengaturan otomatis, Anda dapat menghemat energi secara signifikan dan mengurangi beban tagihan listrik bulanan.

1. Fasilitas industri

Penerapan sistem pengendalian otomatis pada peralatan listrik memungkinkan fasilitas industri untuk mengoptimalkan penggunaan energi. Akibatnya, biaya operasional dapat ditekan dan efisiensi produksi meningkat.

## 1.8. Jadwal Pelaksanaan

Jadwal pelaksanaan akan menjadi acuan dalam mengevaluasi tahap-tahap pekerjaan seperti yang tertuang dalam milestone yang sudah ditetapkan.

**Tabel 1.1** Jadwal dan Milestone

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Deskripsi | Durasi | Tanggal Selesai | Milestone |
| 1 | Desain Sistem | 2 Minggu | 18 Oktober 2024 | Diagram Blok dan spesifikasi *Input-Output* |
| 2 | Pemilihan Komponen | 2 Minggu | 1 November 2024 | Membuat list komponen yang akan digunakan |
| 3 | Implementasi Perangkat Keras | 3 Bulan | 18 Desember 2024 | Prototipe 1 Selesai |
| 4 | Penyusunan Buku TA | 3 Bulan | Mei 2025 | Buku TA Selesai |

# BAB II TINJAUAN PUSTAKA

## Listrik

Gaya yang diperlukan untuk memindahkan elektron dalam sistem kelistrikan adalah tegangan. Laju aliran muatan per detik melalui material dengan tegangan tertentu disebut arus. Daya dapat diukur dengan mengambil tegangan dan mengalikannya dengan arus yang terkait [8].

Arus listik adalah mengalirnya elektron secara kontinyu pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama yang diukur dalam satuan ampere (A) [9]. Tegangan adalah kekuatan yang memaksa listrik mengalir, dan itu diukur dalam satuan volt (V atau U). Resistansi adalah kesulitan aliran listrik, dan itu diukur dalam satuan ohm (Ω).

Energi listrik dapat dikonversi dan digunakan. Sebagai contoh, energi listrik dapat diubah menjadi panas dari pemanas listrik, torsi dari motor, atau cahaya dari lampu neon atau lampu merkuri. Dalam kasus seperti ini, Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik [10]. Watt (W) adalah unit yang digunakan untuk menggambarkan daya [8].

### Listrik pada bangunan

Dalam bangunan, listrik adalah sumber energi utama untuk penerangan, peralatan elektronik, pendinginan udara, dan peralatan rumah tangga. Sistem kelistrikan modern dirancang untuk mengirimkan listrik secara aman dan efisien ke seluruh ruangan. Jaringan kabel mengirimkan listrik dengan tegangan 220V untuk perumahan dan 380V untuk bangunan komersial dan industri.

Dalam upaya menangani beban listrik yang berubah-ubah sesuai dengan aktivitas yang dilakukan, diperlukan sistem manajemen beban yang efektif. Panel listrik berfungsi sebagai pusat distribusi, kabel penghantar, sakelar, stop kontak, dan alat pengaman listrik. Alat pengaman seperti sekring atau MCB dipasang untuk melindungi sistem kelistrikan bangunan dari korsleting atau beban berlebih.

## 2.2. Sistem Pengendalian

Susunan komponen yang dihubungkan sedemikian rupa untuk mengatur suatu kondisi tertentu agar mencapai kondisi yang diharapkan disebut sistem pengendalian. Tiga komponen utama yang membentuk sistem pengendalian ini yaitu: *input*, *process*, dan *output*. *Input* mempengaruhi kendali yang mengatur output, sedangkan *output* adalah yang dihasilkan oleh kendali. Dalam sistem pengendalian, ada dua jenis sistem yang berbeda yaitu: sistem loop terbuka (*open loop system*), di mana variabel input memengaruhi output, dan sistem loop tertutup (*close loop system*), di mana variabel yang dikontrol secara terus menerus oleh sensor dan kemudian dibandingkan dengan nilai acuan (*setpoint*), dan selisihnya digunakan untuk mengatur *input* sehingga *output* sesuai dengan yang diinginkan [11].

### 2.2.1. Sistem Penghitung Jumlah Orang

Perangkat sistem penghitung jumlah orang melewati pintu adalah perangkat yang bisa dimanfaatkan dalam perancangan sebuah sistem baru yang akan diaplikasikan baik di bangunan kantoran dan rumah. Berdasarkan permasalahan tersebut, sistem penghitung jumlah orang yang dapat memberikan informasi kepada pengelola area tersebut, dirancang untuk diaplikasikan baik di bangunan kantoran maupun rumah. Sistem deteksi jumlah orang pada ruangan berpintu menggunakan Sensor Infrarmerah untuk mendeteksi setiap orang yang masuk melalui pintu, data yang diperoleh dari sensor inframerah kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk menghidupkan ruangan jika orang yang pertama sudah memasuki ruangan dan mematikan alat-alat listrik yang ada di dalam ruangan setelah orang terakhir keluar dari jumlah total orang yang masuk ke dalam ruangan [12].

### 2.2.2. Sistem Schedule Based On Activity

Sistem *schedule based on activity* juga dikenal sebagai "penjadwalan berbasis aktivitas" digunakan untuk mengatur waktu operasi sistem atau perangkat. Dalam hal ini, perhatian utama adalah penggunaan Real-Time Clock (RTC) DS3231 untuk menentukan kapan suatu bangunan atau sistem harus dimatikan, terutama pada hari Sabtu, Minggu, dan tanggal merah. Penjadwalan otomatis adalah proses di mana sistem memutuskan sendiri kapan dan apa yang harus dilakukan tanpa bantuan manusia [13]. Sistem dapat diprogram untuk mematikan bangunan pada waktu tertentu dalam hal ini, seperti akhir pekan atau hari libur nasional. Metode ini meningkatkan efisiensi operasional dan menghemat energi.

### Sistem Kendali penggunaan listrik bangunan

Sistem kendali penggunaan listrik bangunan adalah sebuah sistem yang dirancang untuk mengoptimalkan dan mengatur penggunaan energi listrik dalam suatu bangunan. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi pemborosan Listrik melalui otomatisasi dan monitoring yang terstruktur. Komponen utama dalam sistem kendali penggunaan listrik bangunan, yaitu: sensor dan detektor untuk memantau kondisi ruangan, sistem kontrol menggunakan mikrokontroler, aktuator untuk mengontrol perangkat listrik, dan interface untuk memudahkan pengguna memonitoring.

### Fitur Kendali untuk pengomptimalan penggunaan Listrik

Desain kontrol listrik pada bangunan memiliki berbagai fitur untuk menjamin efisiensi dan kebutuhan energy yang tepat. Beberapa fitur utama yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

1. Deteksi keberadaan: Memanfaatkan sensor inframerah untuk mencari mendeteksi dan menghitung orang di dalam ruangan. Sistem ini mengatur agar peralatan listrik, seperti lampu dan AC, hanya aktif saat ruangan dihuni dan akan mati secara otomatis saat ruangan tidak terisi [14].
2. Pengukuran konsusmsi daya: Fitur ini memanfaatkan sensor daya untuk memonitor penggunaan listrik secara langsung. Dengan memahami bagaimana daya digunakan dalam setiap ruangan atau perangkat, sistem dapat mengenali beban listrik yang tinggi dan mengatur distribusi daya sesuai kebutuhan [15].
3. Penjadwalan otomatis: Sistem memiliki fasilitas penjadwalan waktu yang menggunakan modul RTC (Real-Time Clock). Perangkat listrik bisa diprogram untuk menyala dan mati dengan ESP32 melalui relay pada waktu yang ditentukan, contohnya mematikan lampu kantor ketika akhir pekan atau hari libur nasional untuk mengurangi konsumsi energi [16].
4. Fitur kontrol beban pintar memungkinkan sistem untuk mengatur peralatan berdasarkan urutan prioritas beban. Contohnya, bila penggunaan listrik mencapai level tertentu, sistem bisa mematikan peralatan yang kurang penting untuk menghindari overload dan menjaga keseimbangan daya di seluruh gedung.
5. Pemantauan serta pelaporan secara langsung: Sistem memberikan informasi penggunaan energi secara waktu nyata melalui antarmuka visual seperti layar LCD atau dashboard web. Manajemen bangunan dapat mengakses informasi ini untuk memonitor dan menganalisis pola penggunaan listrik secara langsung, sehingga dapat bertindak cepat jika terjadi penyimpangan atau penggunaan yang berlebihan.
6. Integrasi IoT: Dengan memadukan IoT, pengaturan listrik bisa diakses serta diatur dari jauh menggunakan smartphone atau alat lainnya. Fasilitas ini membolehkan manajer bangunan untuk mengawasi dan mengatur konsumsi listrik dari jarak jauh, memberikan kemampuan fleksibilitas dalam manajemen energi.
7. Pemberitahuan: Sistem mampu memberikan pemberitahuan apabila ditemukan situasi yang tidak wajar, seperti penggunaan daya yang terlalu banyak atau kerusakan pada perangkat. Pemberitahuan ini memungkinkan tindakan cepat dan mencegah kerusakan lebih lanjut yang mungkin terjadi.

## 2.3. *Internet of Things*

Konsep *Internet of Things,* juga dikenal sebagai"IoT"*,* berfokus pada kemungkinan semua barang di seluruh dunia untuk berinteraksi satu sama lain melalui jaringan internet sebagai penghubung [17]. Terdiri dari dua kata kunci, "*Internet*" dan "*Things*", "*Internet of Things*" mengacu pada jaringan komputer yang terhubung satu sama lain melalui protokol TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*). *Internet of Things* adalah sistem yang digunakan sehari-hari yang memiliki sensor yang mengumpulkan data tentang lingkungan sekitar secara instan tanpa intervensi manusia. seperti suhu dan kelembapan udara [18].

### 2.3.1. Cara Kerja *Internet of Things*

Konsep *Internet of Things* sebenarnya cukup sederhana karena berfokus pada tiga komponen utama arsitekturnya: item fisik yang memiliki modul IoT, perangkat yang dapat terhubung ke Internet, seperti modem dan router nirkabel cepat yang ada di rumah Anda, dan Cloud Data Center, di mana aplikasi dan data base disimpan [19].

A diagram of a cloud

Description automatically generated

**Gambar 2.1** Konsep IoT

Internet of Things bekerja dengan menggunakan argumentasi pemrograman, yang memungkinkan sesama mesin terhubung satu sama lain dalam jarak berapa pun dan tanpa campur tangan manusia. Kedua interaksi mesin tersebut terhubung melalui internet, sementara manusia hanya berfungsi sebagai pengatur dan pengawas alat tersebut bekerja secara langsung [20].

### Penerapan *Internet of Things*

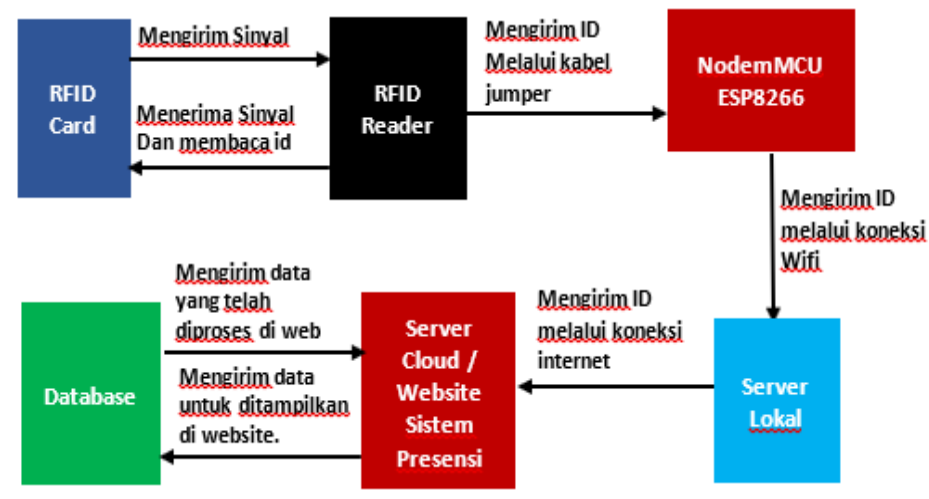
*Internet of Things* (IoT) telah diterapkan secara luas di berbagai bidang kehidupan. Berikut merupakan beberapa contoh penerapan IoT di berbagai sektor:

1. Industri

Aplikasi sistem Internet of Things pada Tesla mencakup mode *autopilot* dan *self-driving*, yang memungkinkan mobil untuk mengemudikan dirinya sendiri. Aplikasi ini bertujuan untuk membantu pengemudi dengan mengurangi tugas manual mereka dengan lebih aman dan nyaman [21].

1. Sekolah

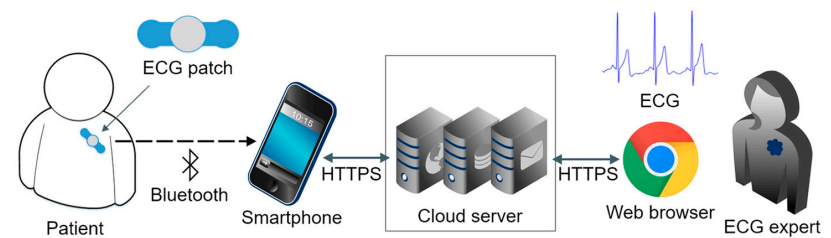
Teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*) yang dipadukan dengan *Internet-of-Things* (IoT) dalam sistem absensi menawarkan beberapa keuntungan, seperti pengurangan penggunaan kertas untuk absensi. Selain itu, merekap kehadiran siswa atau karyawan di sekolah dapat menjadi lebih mudah karena semuanya dapat dipantau melalui internet [22].



**Gambar 2.2** Desain Sistem Presensi [23]

1. Kesehatan

Sistem *telemonitoring* memungkinkan pengukuran dan pemantauan kadar oksigen, detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh secara real-time melalui sensor medis yang sensitif dan akurat. Teknologi kecerdasan buatan, seperti algoritma fuzzy, akan digunakan untuk menganalisis pola dan tren kesehatan pasien. Selain itu, teknologi IoT akan secara otomatis mengirimkan data ke platform cloud, sehingga pasien dan tenaga medis dapat dengan mudah mengakses data [24].



**Gambar 2.3** Ilustrasi Sistem Telemonitoring Elektrokardiogram [25]

1. Bangunan

Bangunan pintar, yang dilengkapi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT), menawarkan lingkungan kerja yang lebih efisien dan produktif. Sensor-sensor pintar mengotomatiskan pengaturan suhu, pencahayaan, dan peralatan listrik, sehingga penggunaan energi menjadi lebih optimal. Selain itu, fitur keamanan seperti sensor kehadiran dan kontrol akses meningkatkan keamanan dan kenyamanan karyawan. Dengan demikian, bangunan pintar tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan[26]. IoT telah mengubah cara kita mengelola gedung. Melalui jaringan sensor yang terpasang, kita dapat mengumpulkan data real-time untuk mengoptimalkan kinerja bangunan. Data ini membantu mengidentifikasi masalah potensial lebih dini, meningkatkan efisiensi energi, dan menciptakan lingkungan yang lebih nyaman bagi pengguna. Sebagai contoh, sistem dapat secara otomatis menyesuaikan suhu ruangan berdasarkan data cuaca dan jadwal penggunaan gedung [27] [28]. Bangunan pintar memberikan lingkungan kerja yang aman dan nyaman. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, kita dapat memasang kamera pengawas, sensor gerak, dan sensor pintu/jendela untuk memantau aktivitas di sekitar gedung secara real-time [29]. Selain itu, sistem komunikasi terintegrasi yang mencakup alarm darurat, pengeras suara, Wi-Fi, dan informasi ketersediaan parkir memberikan kemudahan bagi pengguna [30].

A diagram of a computer network

Description automatically generated

**Gambar 2.4** Rancang Bangun Pemantauan dan Pengendalian Penggunaan Energi Pada Gedung Bertingkat berdasarkan IoT [31]

## Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengangkat berbagai solusi dari permasalahan yang telah dibahas dalam penelitian sebelumnya, yang kemudian dijadikan referensi. Beberapa jurnal yang dijadikan referensi dirangkum dalam tabel 2.1

**Tabel 2.1** Penelitian Terdahulu

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Penulis dan Tahun | Topik | Komponen yang digunakan | Deskripsi |
| 1 | Aldi Setia Pramuda, Azis Wisnu Widhi Nugraha, Ari Fadli (2023) | Sistem Deteksi Manusia pada Manajemen Lampu Gedung IoT | - Sensor PIR  - Sensor Microwave RCWL-0516  - Sensor Infrared E18-D80NK  - Mikrokontroler ESP8266 dan ESP32  - Node-RED | Sistem mendeteksi keberadaan manusia dalam ruangan berbasis IoT dan mengintegrasikan data ke dalam sistem manajemen lampu untuk efisiensi energi. |
| 2 | Fitria Suryatini, Afaf Fadhil Rifai, Susetyo Bagas Bhaskoro (2021) | Penghitung Jumlah Orang Menggunakan Protokol MQTT Berbasis IoT | - Sensor PIR  - Raspberry Pi 3 Model B+  - Buzzer  - Aplikasi Android (MQTT Dashboard)  - MQTT Broker HiveMQ | Sistem berhasil menghitung jumlah orang dalam ruangan dengan akurasi 100% dan memberikan alarm peringatan jika melebihi kapasitas maksimal. Sistem juga mengontrol lampu ruangan secara remote melalui aplikasi Android. |
| 3 | Achmad Safi’i, Anik Nur Handayani, Ira Kumalasari (2023) | Monitoring dan Kontrol Beban Listrik Laboratorium Terintegrasi Jadwal dan Deteksi Manusia | - Sensor PIR  - Mikrokontroler ESP32  - Sensor PZEM-004t  - RTC DS1307  - Modul Relay  - Aplikasi Blynk | Sistem otomatis berbasis IoT yang mengintegrasikan jadwal kuliah dan deteksi manusia untuk kontrol lampu, AC, dan LCD proyektor. Sistem mampu menghemat 33,3% konsumsi energi listrik per bulan. |

Berdasarkan tabel penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa setiap penelitian memiliki kelebihan dan kekurangan dalam mengembangkan solusi otomasi untuk efisiensi energi berbasis IoT. Penelitian oleh Aldi Setia Pramuda et al. (2023) memiliki kelebihan pada penggunaan kombinasi berbagai sensor (PIR, microwave, dan infrared) untuk meningkatkan akurasi deteksi manusia, serta integrasi data ke dalam sistem IoT dengan platform Node-RED yang mendukung efisiensi energi. Namun, penelitian ini tidak menyediakan informasi kuantitatif terkait penghematan energi yang dihasilkan dan hanya berfokus pada manajemen lampu tanpa memperluas kontrol pada perangkat listrik lainnya, seperti AC atau perangkat dengan konsumsi energi yang signifikan.

Penelitian oleh Fitria Suryatini et al. (2021) menunjukkan keberhasilan dalam menghitung jumlah orang dengan akurasi tinggi, dilengkapi dengan fitur alarm untuk kapasitas ruangan yang berlebih, serta memungkinkan kontrol lampu secara jarak jauh melalui aplikasi Android menggunakan protokol MQTT. Namun, sistem ini masih bergantung pada sensor PIR yang hanya mendeteksi gerakan, sehingga kurang optimal untuk mendeteksi keberadaan manusia yang diam, dan tidak mencakup integrasi dengan perangkat listrik lainnya untuk efisiensi energi secara lebih menyeluruh.

Sementara itu, penelitian oleh Achmad Safi’i et al. (2023) menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dengan mengintegrasikan jadwal kegiatan dan deteksi manusia untuk otomatisasi perangkat listrik seperti lampu, AC, dan proyektor, serta terbukti mampu menghemat konsumsi energi hingga 33,3%. Namun, sistem ini memiliki kelemahan dalam hal adaptabilitas terhadap perubahan mendadak di luar jadwal yang telah ditentukan, dan membutuhkan perangkat tambahan seperti RTC dan sensor PZEM yang dapat meningkatkan biaya implementasi.

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam efisiensi energi berbasis IoT, namun masih terdapat peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti sistem yang lebih adaptif terhadap kondisi dinamis, mencakup kontrol pada berbagai perangkat listrik, serta menawarkan solusi yang lebih efisien secara biaya. Penelitian selanjutnya dapat menggabungkan kelebihan dari setiap penelitian untuk menghasilkan sistem yang lebih komprehensif dan efektif.

# BAB III PERANCANGAN SISTEM

**3.1.** Desain Sistem

Dalam perancangan sistem kontrol otomatis perangkat listrik berbasis IoT ini, terdapat berbagai aspek yang perlu dipertimbangkan, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik sekaligus memberikan kenyamanan bagi pengguna dengan memanfaatkan teknologi sensor inframerah dan RTC (Real-Time Clock). Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efisien dalam mengurangi pemborosan energi, terutama pada perangkat listrik seperti lampu dan AC yang sering kali dibiarkan menyala tanpa pengawasan.

Pada perancangan ini, sistem berfokus pada pengintegrasian berbagai komponen teknologi yang dapat berfungsi secara harmonis untuk menciptakan solusi otomatisasi yang efektif. Sensor inframerah digunakan untuk mendeteksi keberadaan pengguna di dalam ruangan, di mana data ini akan diproses oleh mikrokontroler untuk menyalakan atau mematikan perangkat listrik secara otomatis. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini adalah ESP32, yang tidak hanya berfungsi sebagai pengendali utama, tetapi juga sebagai modul IoT untuk menghubungkan sistem dengan aplikasi smartphone. RTC berfungsi menjaga akurasi waktu untuk mendukung fitur penjadwalan perangkat listrik, memastikan bahwa perangkat dapat diatur untuk bekerja sesuai dengan pola aktivitas pengguna.

Pada sisi perangkat keras, sistem ini dilengkapi dengan aktuator berupa relay yang digunakan untuk mengontrol aliran listrik pada perangkat. Relay ini diatur oleh mikrokontroler berdasarkan input dari sensor inframerah dan jadwal yang ditentukan oleh RTC. Untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik, suplai daya yang stabil dan kompatibel digunakan untuk mendukung semua komponen, termasuk sensor, RTC, mikrokontroler, dan modul IoT. Selain itu, desain modular pada perangkat keras memungkinkan sistem untuk diperluas sesuai kebutuhan, seperti menambahkan perangkat baru atau menghubungkan lebih banyak sensor untuk ruangan berbeda.

Fitur utama dari sistem ini meliputi kemampuan untuk mendeteksi keberadaan pengguna, melakukan penjadwalan otomatis perangkat listrik, dan memberikan kendali jarak jauh melalui aplikasi berbasis IoT. Deteksi keberadaan pengguna dilakukan secara real-time dengan menggunakan sensor inframerah yang sensitif terhadap gerakan manusia. Penjadwalan otomatis memungkinkan perangkat listrik menyala atau mati pada waktu tertentu, misalnya mematikan peralatan listrik dalam ruangan pada hari sabtu, minggu, dan hari libur secara otomatis. Melalui aplikasi smartphone, pengguna dapat memantau status perangkat, mengontrolnya dari jarak jauh, serta menerima laporan penggunaan energi secara real-time. Sistem ini juga dilengkapi dengan notifikasi yang memberikan peringatan jika terdapat perangkat yang menyala di luar waktu yang diatur atau jika terjadi lonjakan penggunaan daya.

Desain sistem ini juga memperhatikan keamanan dan kemudahan penggunaan. Sistem dirancang untuk bekerja dengan efisiensi tinggi sambil memastikan bahwa setiap perangkat yang terhubung tidak mengalami kelebihan beban. Selain itu, antarmuka pengguna pada aplikasi dibuat intuitif, sehingga memudahkan pengguna untuk mengatur jadwal, memantau konsumsi energi, dan mengontrol perangkat dengan mudah.

Secara keseluruhan, desain sistem ini dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi energi, kenyamanan pengguna, dan fleksibilitas operasional. Sistem ini tidak hanya membantu mengurangi tagihan listrik tetapi juga berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan melalui penghematan energi. Dengan integrasi teknologi IoT dan otomatisasi berbasis sensor, sistem ini diharapkan menjadi solusi praktis dan inovatif untuk pengelolaan energi listrik di berbagai lingkungan, baik rumah tangga, kantor, maupun fasilitas komersial.

### 3.1.1. **Diagram Blok**

A diagram of a computer system

Description automatically generated

**Gambar 3.1** Diagram Blok Sistem Umum

**Gambar 3.1** diagram blok tersebut menunjukkan sistem monitoring dan kontrol yang terintegrasi menggunakan ESP32. ESP32 pertama menerima input dari sensor PZEM-004T untuk monitoring daya listrik, kemudian data tersebut diolah dan ditampilkan melalui LCD serta dapat diakses melalui aplikasi mobile. Sistem ini dilengkapi fitur alert yang terhubung ke relay gedung dan terintegrasi dengan platform Antares untuk pemantauan jarak jauh. ESP32 kedua bekerja dengan sensor IR untuk deteksi keberadaan orang dan RTC untuk pengaturan waktu, yang kemudian mengontrol relay komponen listrik dan buzzer sebagai notifikasi. Seluruh data dapat dimonitor melalui PC dengan sistem operasi Windows atau Ubuntu yang menampilkan prediksi beban listrik. Dengan integrasi ini, sistem mampu melakukan monitoring penggunaan listrik sekaligus mengontrol perangkat listrik secara otomatis berdasarkan keberadaan orang dan jadwal, serta memberikan peringatan jika terjadi anomali penggunaan daya.

A diagram of a computer network

Description automatically generated

**Gambar 3.2** Diagram Blok Subsistem (3)

**Gambar 3.2** Diagram blok tersebut menunjukkan sistem kontrol berbasis ESP32 ini dirancang sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan berbagai komponen untuk mengelola perangkat listrik secara otomatis. ESP32 bekerja sama dengan RTC untuk mengatur jadwal pengoperasian perangkat listrik, terutama pada hari libur, sementara sensor IR bertugas mendeteksi pergerakan orang untuk mengaktifkan atau menonaktifkan listrik. Data yang diterima dari RTC dan sensor IR diproses oleh ESP32 untuk mengendalikan relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik. Sistem dilengkapi buzzer sebagai penanda perangkat dinonaktifkan dan LCD untuk menampilkan informasi jumlah orang. Seluruh data operasional dikirim ke cloud dan dapat diakses melalui platform Antares, memungkinkan pengguna memantau dan mengontrol perangkat dari jarak jauh melalui aplikasi atau web. Keseluruhan sistem ini bertujuan menciptakan pengelolaan perangkat listrik yang lebih efisien dan mudah dikontrol.

### 3.1.2. **Fungsi dan Fitur**

Sistem yang dirancang memiliki fungsi utama dan fitur khusus yang mendukung tujuan penelitian, yaitu mengurangi pemborosan energi listrik. Fungsi sistem menjelaskan peran utama dari setiap komponen, sedangkan fitur mengacu pada kemampuan spesifik yang memberikan nilai tambah dan membuat sistem lebih efektif dan bermanfaat.

Perancangan Tugas Akhir ini memiliki fungsi sebagai berikut:

* Sensor Inframerah: Mendeteksi keberadaan pengguna secara otomatis untuk mengaktifkan atau mematikan perangkat listrik.
* RTC (*Real-Time Clock*): Menjadwalkan waktu operasional perangkat listrik secara otomatis sesuai dengan waktu yang ditentukan.
* ESP32: Mengkontrol seluruh sistem dan mengirimkan data ke platform IoT.
* Relay: Sebagai saklar pemutus tegangan listrik ke beban.
* Buzzer: Sebagai indikator seluruh perangkat listrik dinonaktifkan dan ruangan kosong.
* LCD: Memberikan informasi jumlah orang masuk dan keluar.
* Antares: Menampilkan laporan penggunaan energi listrik secara *real-time* melalui platform IoT.

Perancangan Tugas Akhir ini memiliki beberapa fitur sebagai berikut:

* Portabilitas: Sistem dapat dipasang di berbagai lokasi.
* Penjadwalan beban: Sistem dapat diatur keaktifannya dengan pembacaan RTC (Hari Sabtu, Minggu, Jam kerja (08.00-21.00), dan tanggal merah).
* *Auto Shutdown*: Sistem akan automatis mematikan semua perangkat listrik yang terhubung dengan relay jika ruangan sudah kosong.
* Integrasi IoT: *User* dapat memantau dan mengontrol perangkat listrik dari jarak jauh melalui koneksi internet.
  1. Desain Perangkat Keras

A diagram of a circuit board

Description automatically generated

**Gambar 3.3** Desain Perangkat Keras Sistem Kontrol Otomatis Perangkat Listrik

**Gambar 3.3** menunjukkan skema rangkaian elektronik sistem kontrol otomatis berbasis ESP32. ESP32 berperan sebagai otak sistem yang terhubung dengan beberapa komponen utama: dua buah LED indikator (kuning dan merah), buzzer untuk notifikasi suara, modul RTC untuk pengaturan waktu, layar OLED untuk tampilan informasi, dan dua sensor IR untuk mendeteksi pergerakan. Sistem menggunakan relay 4 channel yang terhubung ke sumber listrik AC 220V untuk mengontrol empat perangkat listrik - dua buah lampu LED (LED3 dan LED4) serta dua buah kipas (FAN1 dan FAN2). Rangkaian ini memungkinkan sistem untuk menghidupkan atau mematikan lampu dan kipas secara otomatis berdasarkan input dari sensor IR dan pengaturan waktu dari RTC. LED indikator dan buzzer berfungsi memberikan notifikasi status sistem, sementara layar OLED menampilkan informasi seperti jumlah orang dan status perangkat. Seluruh komponen terhubung melalui breadboard yang memudahkan prototyping dan pengujian sistem.

### **Spesifikasi Komponen**

Berikut adalah tabel matriks pemilihan komponen yang digunakan dalam penelitian ini

1. Sensor Infrared

**Tabel 3.1** Tabel Matriks Pemilihan Komponen Sensor IR

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kriteria Seleksi | Bobot (%) | Skor Penilaian (1,0,-1) | | |
| E18-D80NK | SHARP GP2Y0A | IR Obstacle Sensor |
| Jarak Deteksi | 25 | 3-80 cm | 10-150 cm | 2-30 cm |
| 0,25 | 0,25 | -0,25 |
| Harga  (<Rp.90 Ribu) | 20 | Rp.19.900 | Rp.97.500 | Rp4.350 |
| 0,2 | 0 | 0,2 |
| Operating Voltage | 20 | 5V | 5V | 3,3V - 5V |
| 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Waktu Respons | 25 | <2 ms | 38ms | 3ms |
| 0,1 | 0 | 0,1 |
| Dimensi | 10 | 17mm x 70mm | 44.5 mm x 18.9 mm x 21.6 mm | 45 mm x 13 mm x 10 mm. |
| 0,1 | 0 | 0,1 |
| Total Nilai | | 0,85 | 0,45 | 0,35 |



**Gambar 3.4** Sensor Infrared Proximity E18-D80NK [12]

**Gambar 3.4** Sensor *Infrared Proximity* E18-D80NK digunakan untuk menghitung jumlah orang yang masuk dan keluar ruangan dengan jarak pengukuran yang diatur pada 3cm – 40 cm dan memiliki waktu respons yang sangat cepat.

1. Modul Real Time Clock (RTC)

**Tabel 3.2** Tabel Matriks Pemilihan Komponen RTC

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kriteria Seleksi | Bobot (%) | Skor Penilaian (1,0,-1) | | |
| DS3231 | DS1307 | PCF8523 |
| Akurasi | 25 | ±2ppm (0°C to +40°C) | ±5ppm (0°C to +40°C) | ±3ppm (0°C to +40°C) |
| 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Harga  (<Rp.90 Ribu) | 20 | Rp.33.900 | Rp.5.900 | Rp160.000 |
| 0,2 | 0.2 | 0 |
| Operating Voltage | 20 | 3.3V - 5V | 5V | 1,8V - 5V |
| 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Ketersediaan Komponen | 10 | Ya | Ya | Ya |
| 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Dimensi | 25 | 20mm x 20mm | 28 x 25 x 10mm | 4 × 4 × 0.85 mm |
| 0,25 | 0 | 0,25 |
| Total Nilai | | 1 | 0,75 | 0,8 |

A diagram of a circuit board

Description automatically generated

**Gambar 3.5**Modul Real Time Clock (RTC) [32]

**Gambar 3.5** RTC DS3231 dipilih karena akurasi waktu yang tinggi, yaitu ±2ppm (*parts per million*), yang menjadikannya ideal untuk aplikasi penjadwalan perangkat listrik yang membutuhkan presisi. Dimensinya yang kecil (20x20 mm) mendukung desain sistem yang kompak. Modul ini juga mampu beroperasi pada rentang *voltage* 3.3V hingga 5V, sehingga kompatibel dengan ESP32 dan mudah diintegrasikan dengan komponen lainnya.

1. Relay

**Tabel 3.3** Tabel Matriks Pemilihan Komponen Relay

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kriteria Seleksi | Bobot (%) | Skor Penilaian (1,0,-1) | | |
| 4-Channel Relay |  | Solid-State Relay |
| Akurasi | 25 | 250VAC | 380VAC |
| 0.25 | 0 |
| Harga  (<Rp.90 Ribu) | 20 | Rp.20.000 | Rp115.000 |
| 0,2 | 0 |
| Operating Voltage | 20 | 5V | 24V |
| 0,2 | -0,2 |
| Ketersediaan Komponen | 10 | Ya | Ya |
| 0,1 | 0,1 |
| Kapasitas Arus Maksimum | 25 | 10A | 90A |
| 0,25 | 0 |
| Total Nilai | | 1 | -0,1 |

A circuit board with several relays

Description automatically generated

**Gambar 3.6** Modul Relay 4 Channel [32]

Gambar 3.6Relay 4-Channel dipilih karena kemampuannya untuk menangani tegangan maksimum hingga 250VAC dan kapasitas arus maksimum 10A, yang membuatnya cocok untuk berbagai perangkat listrik seperti lampu, kipas, dan dispenser. Relay ini juga mendukung tegangan operasi standar 5V, sehingga kompatibel dengan mikrokontroler ESP32. Selain itu, kemampuan untuk mengontrol empat saluran sekaligus menjadikannya solusi yang efisien untuk sistem kontrol multi-perangkat.

1. Mikrokontroller

**Tabel 3.4** Tabel Matriks Pemilihan Komponen Mikrokontroller

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kriteria | Bobot (%) | Skor Penilaian (1,0,-1) | | |
| ESP 32 | Arduino  Nano | Raspberry Pico |
| Ukuran | 25 | 68,8 mm x 53,4 mm | 18,5 mm x 43 mm | 21 mm x 51 mm |
| 0 | 0,25 | 0,25 |
| Harga  (<Rp.150 Ribu) | 20 | Rp.65.500 | Rp.44.000 | Rp148.720 |
| 0,2 | 0,2 | -0,2 |
| Operating Voltage | 20 | 2,2V - 3,6V | +5V | 1,8V - 5,5V |
| 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Ketersediaan Komponen | 10 | Ya | Ya | Ya |
| 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Komputasi | 25 | Dual Core | Single Core | Dual Core |
| 0,25 | -0,25 | 0,25 |
| Total Nilai | | 0,75 | 0,5 | 0,55 |

A black circuit board with red text

Description automatically generated

**Gambar 3.7** Modul ESP32

Gambar 3.7 ESP32 dipilih karena memiliki keunggulan signifikan dibandingkan kandidat lainnya. Mikrokontroler ini menawarkan komputasi Dual Core yang mampu memproses data lebih cepat, sehingga cocok untuk sistem kontrol otomatis berbasis IoT yang memerlukan pengolahan data secara real-time. ESP32 memberikan fleksibilitas *voltage* operasi (2,2V - 3,6V).

1. LCD

**Tabel 3.5** Tabel Matriks Pemilihan Komponen LCD

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kriteria Seleksi | Bobot (%) | Skor Penilaian (1,0,-1) | | |
| LCD ST7789 240x240 | ST7735 128x160 | OLED 128X64 OLED |
| Resolusi | 35 | 240 x 240 pixel | 128 x 160 pixel | 128 x 64 pixel |
| -0,35 | -0,35 | 0,35 |
| Harga  (<Rp.100 Ribu) | 10 | Rp.70.000 | Rp.70.000 | Rp.31.000 |
| 0 | 0 | 0,1 |
| Operating Voltage | 20 | 3.3V | 3.3V | 3.3V - 5V |
| 0 | 0 | 0,2 |
| Ketersediaan Komponen | 10 | Ya | Ya | Ya |
| 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Dimensi | 25 | 1.3 inch | 1.8 inch | 0.96 inch |
| 0 | -0,25 | 0,25 |
| Total Nilai | | -0,25 | -0,5 | 1 |

A small electronic device with a screen

Description automatically generated

**Gambar 3.8** Modul LCD OLED [33]

Gambar 3.10OLED 128x64 dipilih karena memberikan resolusi yang memadai untuk menampilkan informasi dasar seperti jumlah orang dan status perangkat listrik. Dimensinya yang kecil (0.96 inch) memungkinkan integrasi yang mudah dalam sistem yang dirancang untuk efisiensi ruang. Fleksibilitas *voltage* operasi (3.3V - 5V) juga mendukung kompatibilitas dengan ESP32.

1. Buzzer

**Tabel 3.6** Tabel Matriks Pemilihan Komponen Buzzer

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kriteria Seleksi | Bobot (%) | Skor Penilaian (1,0,-1) | | |
| Piezoelectric | Electromagnetic | Active Buzzer |
| Tegangan Operasi | 30 | 3V-24V | 4V-8V | 4V-8V |
| 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Jenis Suara | 25 | Beep (*Intermittent*) | *Continuous Beep* | Bip *Continous* |
| 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Harga (<Rp.10.000) | 20 | Rp.3.900 | Rp.2.000 | Rp.1.790 |
| 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Ketersediaan Komponen | 10 | Ya | Ya | Ya |
| 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Kekuatan Suara | 15 | >90 dB | 85 dB | 85 dB |
| 0,15 | 0 | 0 |
| Total Nilai | | 1 | 0,85 | 0,85 |

A black and red electrical device

Description automatically generated

**Gambar 3.9** Modul Buzzer [34]

Gambar 3.12 Buzzer Piezoelectric dipilih karena tegangan operasi yang luas (3V - 12V), memungkinkan fleksibilitas penggunaan dalam berbagai kondisi sistem. Jenis suara beep intermiten yang dihasilkan sangat sesuai untuk notifikasi sederhana, seperti memberikan peringatan ketika ruangan kosong.

## 3.3. **Desain Perangkat Lunak**

Desain perangkat lunak disusun dalam bentuk flowchart / diagram alir yang merupakan kesulurahan sistem kontrol otomatis perangkat listrik. Flowchart menggambarkan alur informasi antara tiap komponen seperti input sensor, fungsi, kontrol.

### 3.3.1. Flowchart Sistem

A diagram of a flowchart

Description automatically generated

**Gambar 3.10** Flowchart Sistem Umum

**Gambar 3.10** menunjukkan diagram alir (flowchart) sistem kontrol perangkat listrik otomatis. Sistem dimulai dengan inisialisasi perangkat dan pembacaan nilai listrik (Volt, Arus, Watt) yang ditampilkan pada LCD dan dikirim ke Antares. Sistem memiliki dua alur utama: monitoring penggunaan daya dan pengelolaan perangkat berdasarkan kehadiran orang. Pada alur monitoring daya, sistem menggunakan model prediksi penggunaan daya. Jika penggunaan melewati batas, buzzer akan berbunyi dan notifikasi dikirim ke aplikasi mobile. Jika terus melebihi batas, relay utama akan dimatikan. Pada alur pengelolaan kehadiran, sistem memeriksa apakah hari tersebut adalah hari libur (Sabtu/Minggu). Jika ya, semua perangkat listrik dimatikan hingga hari berikutnya. Jika bukan hari libur, sensor IR memantau pergerakan orang. Ketika orang pertama masuk, sistem menghidupkan perangkat dan mencatat jumlah orang. Ketika orang keluar, sistem mengurangi hitungan. Jika ruangan kosong (jumlah orang = 0), semua perangkat dimatikan dan status "LIBUR" ditampilkan. Seluruh informasi perubahan status dan jumlah orang secara berkelanjutan dikirim ke platform Antares untuk pemantauan. Sistem ini mengintegrasikan kontrol otomatis berbasis waktu dan kehadiran dengan monitoring penggunaan daya untuk mengoptimalkan penggunaan listrik dalam ruangan.

A diagram of a flowchart

Description automatically generated

**Gambar 3.11** Flowchart Subsistem

Diagram alir ini menjelaskan cara kerja sistem yang dapat mengatur peralatan listrik secara otomatis sesuai dengan waktu dan aktivitas manusia. Sistem ini seperti asisten pribadi yang selalu siap mengatur lampu, Kipas, atau peralatan lainnya. Pada akhir pekan atau hari libur, sistem akan mematikan semua peralatan untuk menghemat energi. Namun, pada hari kerja, sistem akan secara otomatis menyalakan peralatan saat ada orang di ruangan dan mematikannya saat ruangan kosong. Dengan begitu, proses ini berulang secara terus-menerus untuk memastikan efisiensi penggunaan energi.

### 3.3.2. **Spesifikasi Sub Sistem**

1. Subsistem Input

**Sensor Inframerah (E18-D80NK)**:

**Fungsi**: Mendeteksi keberadaan manusia di dalam ruangan.

**Protokol Komunikasi**: Tidak menggunakan protokol komunikasi digital (output langsung berupa sinyal digital HIGH/LOW).

**Cara Kerja**: Sensor mengirimkan sinyal digital ke mikrokontroler (ESP32) melalui pin input digital saat mendeteksi keberadaan orang.

**Real-Time Clock (RTC)**:

**Fungsi**: Memberikan data waktu berupa hari, tanggal, jam, menit, dan detik untuk mendukung penjadwalan perangkat listrik.

**Protokol Komunikasi**: Menggunakan protokol I2C untuk berkomunikasi dengan ESP32.

**Cara Kerja**: RTC mengirimkan data waktu secara serial ke ESP32 melalui pin SDA dan SCL, dengan kecepatan yang dapat dikonfigurasi hingga 400 kHz.

1. Subsistem Proses

**Mikrokontroler ESP32**:

**Fungsi**: Mengolah data dari sensor inframerah dan RTC untuk mengontrol perangkat listrik dan menghubungkan sistem ke platform IoT.

**Protokol Komunikasi**:

* + Dengan RTC: Menggunakan protokol I2C (SDA dan SCL).
  + Dengan Cloud: Menggunakan protokol Wi-Fi (HTTP/HTTPS atau MQTT).
  + Dengan LCD: Menggunakan protokol I2C (SDA dan SCL).

**Cara Kerja**:

* + ESP32 membaca data waktu dari RTC dan sinyal dari sensor inframerah melalui pin digital.
  + Data ini diolah untuk mengontrol relay, LCD, buzzer, dan cloud.
  + Data juga dikirimkan ke platform IoT untuk pemantauan jarak jauh.

**Cloud dan Platform Antares**:

**Fungsi**: Menyimpan data sistem dan menyediakan akses jarak jauh kepada pengguna.

**Protokol Komunikasi**: Menggunakan protokol MQTT atau HTTP/HTTPS untuk komunikasi antara ESP32 dan platform cloud.

**Cara Kerja**: ESP32 mengirimkan data melalui Wi-Fi ke cloud untuk disimpan dan dianalisis.

1. Subsistem Output

**Relay**:

**Fungsi**: Mengontrol aliran listrik ke perangkat seperti lampu dan AC.

**Protokol Komunikasi**: Tidak menggunakan protokol komunikasi digital

**Cara Kerja**: Relay menerima sinyal HIGH atau LOW dari ESP32 untuk membuka atau menutup aliran listrik.

**Buzzer**:

**Fungsi**: Memberikan notifikasi suara untuk menunjukkan bahwa perangkat listrik telah dimatikan.

**Protokol Komunikasi**: Tidak menggunakan protokol komunikasi digital

**Cara Kerja**: ESP32 mengirimkan sinyal HIGH untuk mengaktifkan buzzer selama 2 detik.

**LCD OLED**:

**Fungsi**: Menampilkan informasi jumlah orang dan status perangkat listrik.

**Protokol Komunikasi**: Menggunakan protokol I2C untuk komunikasi dengan ESP32.

**Cara Kerja**: Data dari ESP32 dikirimkan melalui jalur I2C (SDA dan SCL) untuk ditampilkan secara visual pada LCD OLED.

**Notifikasi IoT**:

**Fungsi**: Mengirimkan peringatan real-time kepada pengguna melalui aplikasi berbasis IoT.

**Protokol Komunikasi**: Menggunakan protokol HTTP/HTTPS atau MQTT melalui Wi-Fi.

**Cara Kerja**: Data dari ESP32 dikirim ke cloud untuk menghasilkan notifikasi yang diteruskan ke aplikasi pengguna.

# BAB IV HASIL DAN ANALISIS

**4.1.** Hasil Percobaan

Bab ini akan membahas hasil percobaan yang dilakukan untuk menguji kinerja sistem kontrol otomatis perangkat listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan sensor inframerah dan *Real Time Clock* (RTC). Percobaan ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik, khususnya dalam hal deteksi keberadaan manusia, penjadwalan otomatis, dan kontrol jarak jauh melalui platform IoT.

**4.1.1.** Pengujian *Real Time Clock* (RTC)

*Real Time Clok* (RTC) untuk mengukur efektivitas penjadwalan otomatis. Parameter ini sangat penting untuk memastikan sistem dapat mengontrol perangkat listrik sesuai jadwal yang telah ditentukan. Misalnya, ini akan memungkinkan sistem untuk mematikan perangkat listrik pada hari libur atau diluar jam kerja.  
  
A black and white text

AI-generated content may be incorrect.

A number with black text

AI-generated content may be incorrect.A screen shot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

**Gambar 4.1** Hasil Pengujian Real Time Clock

Sebelum kalibrasi *Real Time Clock* (RTC) pada sistem hanya menyimpan waktu terakhir yang tercatat sebelum aliran listrik terputus tetapi dimodul ini memiliki baterai litium sebagai cadangan jika aliran listrik terputus. Ini berarti bahwa jika ada pemadaman listrik, RTC akan tetap menyimpan waktu terakhir yang tercatat sebelum pemadaman terjadi dan tetap bekerja dengan memanfaatkan baterai. Namun, setelah system Kembali dinyalakan Kembali, RTC mengalami perbedaan waktu jika dibandingkan dengan server online.

A screen shot of a computer code

AI-generated content may be incorrect.

**Gambar 4.2** Fungsi Sinkronisasi RTC dengan NTP

Untuk mengatasi masalah ini, RTC dikalibrasi dengan melakukan sinkronisasi ke *Network Time Protocol* (NTP) server Indonesia. NTP adalah protokol yang digunakan untuk menyinkronkan waktu pada perangkat komputer dan sistem elektronik melalui jaringan internet. Dengan menyambungkan RTC ke NTP server Indonesia pada waktu Indonesia bagian barat, sistem dapat secara otomatis memperbarui waktu secara *real-time* berdasarkan waktu yang diberikan oleh server NTP.

**4.1.2.** Pengujian Sensor IR E18-D80NK

Pengujian sensor IR E28-D80NK dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal alat ini mendeteksi objek. Hasil pengujian sensor IR E18-D80NK, ketika sensor, mendeteksi adanya objek maka Led dibagian belakang sensor akan hifup dengan serial monitor pada posisi “LOW” dan jika tidak mendeteksi adanya objek maka Led dibagian belakang sensor akan mati dengan serial monitor pada posisi “HIGH”. Untuk jarak pengukuran sensor menggunakan alat ukur meteran dimulai dari 10 cm – 80 cm dengan 2 mode pengujian, yaitu: diuji dengan objeknya manusia dan diuji dengan objeknya benda berwarna putih.

**Tabel 4.1** Pengujian dengan objek manusia

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Jarak (Cm) | Output  Sensor | Keadaan Sensor | Keterangan |
| 1 | 10 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 2 | 20 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 3 | 30 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 4 | 40 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 5 | 50 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 6 | 60 | HIGH | Led mati | Tdk terdeteksi objek |
| 7 | 70 | HIGH | Led mati | Tdk terdeteksi objek |
| 8 | 80 | HIGH | Led mati | Tdk terdeteksi objek |

A person's feet and a measuring tape

AI-generated content may be incorrect.

**Gambar 4.3** Pengujian objek manusia dengan jarak 50 Cm

Pada pengukuran dengan objek manusia jarak 50 Cm sensor IR E18-D80NK mendeteksi objek dengan hidupnya Led berwarna merah pada bagian belakang sensor tersebut.

A tape measure on the floor

AI-generated content may be incorrect.

**Gambar 4.4** Pengujian objek manusia dengan jarak 60 cm

Pada pengukuran dengan objek manusia jarak 60 Cm sensor IR E18-D80NK tidak mendeteksi objek dengan tidak hidupnya Led berwarna merah pada bagian belakang sensor tersebut.

**Tabel 4.2** Pengujian dengan objek benda berwarna putih

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Jarak (Cm) | Output  Sensor | Keadaan Sensor | Keterangan |
| 1 | 10 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 2 | 20 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 3 | 30 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 4 | 40 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 5 | 50 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 6 | 60 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 7 | 70 | LOW | Led hidup | Terdeteksi objek |
| 8 | 80 | HIGH | Led mati | Tdk terdeteksi objek |

A measuring tape on a carpet

AI-generated content may be incorrect.

**Gambar 4.5** Pengujian objek benda berwarna putih dengan jarak 70 cm

Pada pengukuran dengan objek benda berwarna putih dengan jarak 70 cm sensor IR E18-D80NK mendeteksi objek dengan hidupnya Led berwarna merah pada bagian belakang sensor tersebut.

A measuring tape on a carpet

AI-generated content may be incorrect.

**Gambar 4.6** Pengujian objek benda berwarna putih dengan jarak 80 cm

Pada pengukuran dengan objek manusia jarak 50 Cm sensor IR E18-D80NK mendeteksi objek dengan hidupnya Led berwarna merah pada bagian belakang sensor tersebut

**4.2.** Analisis

**4.2.1.** Analisis Hubungan Parameter A terhadap Tujuan A

**4.2.2.** Analisis Hubungan Parameter B terhadap Tujuan A

**4.2.3.** Analisis Hubungan Parameter A terhadap Tujuan B

**4.2.4.** Analisis Hubungan Parameter A terhadap Tujuan B

# BAB V SIMPULAN DAN SARAN

**5.1.** Simpulan

Bab ini memuat elaborasi dan rincian simpulan yang kemudian menjadi bagian abstraks. Simpulan ditarik dari hasil analisis secara komprehensif atas eksperimen yang telah dilakukan dan dinyatakan dalam bentuk narasi satu dua paragraf. Dalam Simpulan menggambarkan tingkat ketercapaian atas Tujuan Tugas Akhir yang telah dinyatakan dalam Bab 1.

**5.2.** Saran

Di dalam Saran, untuk pengembangan penelitian sebelumnya, pembuatan sistem disarankan untuk lebih xxx, sehingga tujuan dapat lebih tercapai. Alasannya :

1. Harus lebih mengidentifikasi masalah
2. Harus menyesuaikan dengan teknologi yang ada
3. Kelemahan-kelemahan yang terjadi

# DAFTAR PUSTAKA

[1] M. F. Pela and R. Pramudita, “Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things Pada Rumah Dengan Menggunakan Aplikasi Blynk,” *Infotech J. Technol. Inf.*, vol. 7, no. 1, pp. 47–54, 2021, doi: 10.37365/jti.v7i1.106.

[2] A. Ardiansyah, “Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things),” *Univ. Islam Indones.*, 2020, [Online]. Available: https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/23561

[3] S. A. Kartika, “Analisis Konsumsi Energi Dan Program Konservasi Energi (Studi Kasus: Gedung Perkantoran Dan Kompleks Perumahan Ti),” *Sebatik*, vol. 22, no. 2, pp. 41–50, 2018, doi: 10.46984/sebatik.v22i2.306.

[4] M. M. Saputra, P. Studi, T. Informatika, F. Teknik, and U. Mataram, “SISTEM PENJADWALAN AIR CONDITIONER (AC) RUANGAN BERDASARKAN JADWAL MATAKULIAH MENGGUNAKAN ESP8266, PIR SENSOR DAN ANDROID,” 2021.

[5] Ariefudin, B. Darmawan, and Supriono, “RANCANG BANGUN PURWARUPA SISTEM KONTROL SUHU DAN MONITORING KELEMBABAN UDARA BERBASIS IoT DESIGN AND DESIGN OF A PROTOTYPE OF IoT BASED TEMPERATURE CONTROL AND AIR HUMIDITY MONITORING SYSTEM,” *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 7, no. 3, pp. 676–684, 2024.

[6] S. Maulani and M. B. Ulum, “Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol Dan Pemonitoran Energi Listrik Pada Stopkontak Arde Berbasis Internet of Things (Iot) Dengan Aplikasi Android,” *Sebatik*, vol. 27, no. 2, pp. 741–752, 2023, doi: 10.46984/sebatik.v27i2.2214.

[7] T. C. Oktoviana, Y. Gunardi, and F. Supegina, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Smart Home Menggunakan Energi Cadangan Berbasis Internet of Things (IoT),” *J. Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 2, p. 85, 2020, doi: 10.22441/jte.2020.v11i2.004.

[8] Yokogawa, “Fundamentals of Electric Power,” 2020, pp. 1–18. doi: 10.1002/0471668826.ch2.

[9] R. A. Dalimunthe, “Pemantau Arus Listrik Berbasis Alarm Dengan Sensor Arus,” *Semin. Nas. R.*, vol. 1, no. 1, pp. 333–338, 2018.

[10] Melipurbowo, “Pengukuran Daya Listrik Real Time DenganMenggunakan Sensor Arus Acs.712,” *Rbith*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2016.

[11] M. Ichwan, M. G. Husada, and M. Iqbal Ar Rasyid, “Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik Pada Platform Android,” *J. Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 13–25, 2013.

[12] R. G. Paramananda, H. Fitriyah, and B. H. Prasetio, “Rancang Bangun Sistem Penghitung Jumlah Orang Melewati Pintu menggunakan Sensor Infrared dan Klasifikasi Bayes,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 1, no. 3, pp. 921–929, 2018.

[13] F. M. Trisna *et al.*, “Rancang Bangun Pengharum Ruangan Otomatis Menggunakan RTC ( Real Time O ’ Clok ) Berbasis Arduino UNO,” vol. 13, pp. 87–94, 2019.

[14] A. Setia Pramuda, A. W. Widhi Nugraha, and A. Fadli, “Perancangan Sistem Deteksi Manusia Menggunakan Sensor PIR, RCWL, dan Infrared Pada Sistem Manajemen Lampu Gedung Berbasis Internet of Things,” *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2019, doi: 10.52436/1.jpti.224.

[15] S. Mustafa and U. Muhammad, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Smartphone,” *J. Media Elektr.*, vol. 17, no. 3, p. 127, 2020, doi: 10.26858/metrik.v17i3.14968.

[16] D. Susilo, R. D. Laksono, and Y. E. Ardiansyah, “Rancang Bangun Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis Mikrokontroller Menggunakan ISD 4003,” *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 2, no. 2, p. 12, 2022, doi: 10.25273/electra.v2i2.12232.

[17] G. Heru Sandi and Y. Fatma, “Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (Iot) Pada Bidang Pertanian,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–5, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i1.5892.

[18] I. Gunawan, T. Akbar, and M. Giyandhi Ilham, “Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk,” *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.29408/jit.v3i1.1789.

[19] Y. Efendi, “Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile,” *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 21–27, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i2.41.

[20] B. Artono and F. Susanto, “LED control system with cayenne framework for the Internet of Things (IoT),” *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 95–100, 2017, doi: 10.32486/jeecae.v2i1.62.

[21] A. M. A. Saputra, M. Marlina, and ..., “Peran Internet of Things (Iot) Dalam Transformasi Pendidikan,” *… Pendidik. …*, vol. 7, pp. 4963–4970, 2024, [Online]. Available: http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/view/27532%0Ahttp://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/download/27532/19173

[22] S. Fuada *et al.*, “WORKSHOP INTERNET-OF-THINGS UNTUK GURU DAN SISWA SEKOLAH MENENGAH DI PURWAKARTA , JAWA BARAT , GUNA MENUNJANG KOMPETENSI ERA INDUSTRI 4 . 0 1 Universitas Pendidikan Indonesia . Email : syifaulfuada@upi.edu Universitas Pendidikan Indonesia . Email : ichwan,” vol. 10, no. 2, pp. 39–52, 2023, doi: //doi.org/10.33795/elkolind.v10i2.3062.

[23] S. Suliswaningsih, N. Dwitama, and A. B. Wijaya, “Perancangan Sistem Presensi Siswa dengan RFID Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP8266,” *Infotekmesin*, vol. 15, no. 01, pp. 15–23, 2024, doi: 10.35970/infotekmesin.v15i1.2053.

[24] L. Kamajaya, A. Pracoyo, L. N. Palupi, and A. R. Hidayat, “Sistem Telemonitoring Kesehatan Berbasis Iot,” *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 137–145, 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i2.3062.

[25] M. Shao, Z. Zhou, G. Bin, Y. Bai, and S. Wu, “A wearable electrocardiogram telemonitoring system for atrial fibrillation detection,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 3, pp. 1–17, 2020, doi: 10.3390/s20030606.

[26] T. Wibowo and B. Kosasih, “Perancangan Penerapan Internet Of Thıngs Untuk Kebutuhan Smart Offıce,” *Comb. Manag. …*, vol. 1, no. 1, pp. 565–569, 2021, [Online]. Available: https://journal.uib.ac.id/index.php/combines/article/view/4481

[27] H. Poltak and L. M. F. Purwanto, “Kajian Terhadap Sistem Teknologi Digital dalam Proses Pengelolaan , Perawatan , dan Penerapan Sistem Bangunan secara Menyeluruh,” vol. 25, no. 1, pp. 13–19, 2024.

[28] W. Istiana, “Menggali Potensi Internet of Things dalam Meningkatkan Efisiensi Energi di Bangunan Berbasis IoT,” *Portaldata.Org*, vol. 3, no. 7, pp. 1–20, 2023, [Online]. Available: http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/download/433/427

[29] M. Yusuf, M. Sodik, S. Darussalam, K. Nganjuk, and U. Blitar, “Penggunaan Teknologi Internet of Things (Iot) Dalam Pengelolaan Fasilitas Dan Infrastruktur Lembaga Pendidikan Islam,” *Prophet. J. Kaji. Keislam.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–18, 2023.

[30] P. Dan Komersial, G. Akbar Kusuma, A. Ghefanny Azzahra, S. Sujatini, and E. Puspita Dewi, “Penerapan Konsep Arsitektur Pintar Pada Bangunan,” *ArsitekturPintar*, vol. 8(2), no. 3, pp. 45–59, 2020.

[31] A. Wisaksono, Y. Purwanti, N. Ariyanti, and M. Masruchin, “Design of Monitoring and Control of Energy Use in Multi-storey Buildings based on IoT,” *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 128–135, 2020, doi: 10.21070/jeeeu.v4i2.539.

[32] Y. M. Pattinasarany, A. T. Hanuranto, and S. N. Hertiana, “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI MONITORING BUDIDAYA JAMUR TIRAM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) (DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MONITORING OYSTER MUSHROOM CULTIVATION BASED ON INTERNET OF THINGS (IoT)),” vol. 8, no. 5, p. 5307, 2021.

[33] N. Hidayanti and D. Titisari, “Low Cost Monitoring Kesehatan Berbasis Internet of Thing,” *J. Teknokes*, vol. 13, no. 2, pp. 98–106, 2020, doi: 10.35882/teknokes.v13i2.6.

[34] M. J. Manurung, P. Poningsi, S. R. Andani, M. Safii, and I. Irawan, “Door Security Design Using Fingerprint and Buzzer Alarm Based on Arduino,” *J. Comput. Networks, Archit. High-Performance Comput.*, vol. 3, no. 1, pp. 42–51, 2021, doi: 10.47709/cnahpc.v3i1.929.

# LAMPIRAN

Lampiran dapat berisi kode sumber, tabel-tabel yang diperlukan dalam penelitian tapi kurang relevan untuk dimasukkan dalam bab-bab dalam Tugas Akhir.