

SISTEM KENDALI ELEKTRONIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS* MENGGUNAKAN *NODEMCU ESP8266*

Eko Prasetyo^{1*}, Zunita Wulansari², Wahyu Dwi Puspitasari³

^{1,2,3} Universitas Islam Balitar; Jl. Mojopahit No.2 – 4 Kota Blitar, Jawa Timur; 085731833579

Keywords:

Internet of Things, NodeMCU ESP8266, ACS712, Telegram Bot, Sistem Kendali Elektronik

Correspondent Email:

hi.ekoprasetyo@gmail.com

Abstrak. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang dalam pengembangan sistem kendali elektronik yang lebih efektif, efisien, dan dapat diakses dari jarak jauh. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem kendali elektronik berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler, sensor ACS712 untuk membaca arus listrik, relay sebagai pengendali perangkat elektronik, serta Telegram Bot sebagai media monitoring dan kontrol jarak jauh. Metode penelitian menggunakan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Implementasi dilakukan melalui pengujian komponen, pengujian fitur Telegram Bot, pengujian waktu respons sistem, validasi ahli, serta pengujian pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem berhasil terintegrasi dan berfungsi dengan baik. Telegram Bot mampu menjalankan seluruh fitur, seperti /help, /ping, /listdevice, /on, dan /off sesuai perintah pengguna. Rata-rata waktu respons sistem sebesar 12,08 detik menunjukkan sistem mampu memberikan layanan monitoring dan pengendalian secara real-time. Hasil validasi oleh tiga ahli memperoleh tingkat kelayakan sebesar 92%, sedangkan pengujian pengguna memperoleh tingkat kelayakan sebesar 100%. Berdasarkan hasil tersebut, sistem kendali elektronik berbasis Internet of Things menggunakan NodeMCU ESP8266 dinyatakan layak digunakan sebagai solusi monitoring arus listrik dan pengendalian perangkat elektronik dari jarak jauh secara efektif, praktis, dan mudah dioperasikan.



Copyright © 2026 The Author(s), Published by Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Abstract. The development of Internet of Things (IoT) technology has created opportunities for more effective, efficient, and remotely accessible electronic control systems. This study aims to develop an IoT-based electronic control system using the NodeMCU ESP8266 as the main microcontroller, the ACS712 sensor for electrical current measurement, relays for controlling electronic devices, and a Telegram Bot for remote monitoring and control. The research employed the ADDIE development model, consisting of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation stages. The implementation phase included component testing, Telegram Bot feature testing, system response time evaluation, expert validation, and user testing. The results indicate that all system components were successfully integrated and functioned properly. The Telegram Bot effectively executed all commands, including /help, /ping, /listdevice, /on, and /off, according to user requests. The average system response time was 12.08 seconds, demonstrating the capability to provide real-time monitoring and remote control. Expert validation yielded a feasibility score of 92%, while user testing achieved a feasibility score of 100%. These findings indicate that the developed IoT-based electronic control system using NodeMCU ESP8266 is feasible for remote electrical current monitoring and electronic device control, providing an effective, practical, and user-friendly solution.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong perubahan besar dalam bidang otomasi dan pengawasan sistem kerja, khususnya pada penggunaan perangkat elektronik penunjang aktivitas perkantoran seperti komputer, laptop, printer, *scanner*, mesin fotokopi, *money counter*, dan *air purifier*. Kebutuhan akan sistem yang mampu mengendalikan dan memantau operasional perangkat tersebut secara efisien dan *real time* menjadi semakin penting seiring meningkatnya intensitas pemakaian energi listrik di lingkungan kerja modern, baik pada sektor industri, kelistrikan, pertanian, maupun rumah pintar (*smart home*) [1].

Pemanfaatan mikrokontroler, sensor, dan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang besar untuk mengembangkan sistem kendali dan pemantauan yang cerdas, terintegrasi, dan dapat diakses dari jarak jauh. Secara konseptual, IoT dipahami sebagai suatu ekosistem yang terdiri atas objek pintar (*smart object*) yang dilengkapi sensor, kemampuan jaringan, dan pemrosesan data yang saling terintegrasi untuk menghadirkan layanan cerdas bagi pengguna, dengan pemantauan (*monitoring*) serta pengambilan keputusan yang cepat sebagai manfaat utama yang ditawarkan [2]. Melalui kombinasi teknologi tersebut, pengguna dapat memperoleh data operasional secara langsung, melakukan analisis, dan mengambil tindakan korektif tanpa harus hadir secara fisik di lokasi perangkat berada. NodeMCU ESP8266 banyak dipilih sebagai *mikrokontroler* utama dalam sistem semacam ini karena telah dilengkapi modul WiFi terintegrasi, mendukung pemrograman melalui Arduino IDE, dan relatif terjangkau untuk diterapkan pada berbagai skala sistem kendali [3].

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan telah membuktikan efektivitas NodeMCU ESP8266 dalam sistem kendali maupun pemantauan berbasis IoT. Yulisman mengembangkan sistem kendali lampu ruang kerja pada instansi pemerintah, yaitu Badan Kepegawaian Daerah (BKD) Provinsi Riau, menggunakan modul NodeMCU ESP8266, relay 5V, dan smartphone sebagai alat kendali jarak jauh. Penelitian tersebut dilatarbelakangi oleh permasalahan pegawai yang lupa mematikan lampu setelah jam kerja berakhir,

sementara petugas keamanan tidak dapat mengakses ruangan kerja karena kondisi terkunci. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe sistem mampu bekerja dengan baik dan membantu mengurangi risiko pemborosan energi listrik serta kerusakan lampu akibat menyalanya terus-menerus [4].

Pada aspek pemantauan besaran listrik, Nor merancang sistem berbasis web yang memadukan NodeMCU ESP8266, sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, dan *modul solid state relay* untuk mengendalikan sekaligus memantau peralatan listrik dari jarak jauh melalui jaringan internet maupun lokal. Sistem tersebut terbukti mampu mengirimkan data tegangan, arus, dan daya secara berkala ke antarmuka web dengan tingkat keberhasilan yang baik [5]. Penelitian lain oleh Nareswara dan Agung mengintegrasikan sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, sensor PIR, dan sensor suhu DS18B20 pada NodeMCU ESP8266 yang dikendalikan melalui aplikasi Telegram. Hasil pengujian pada penelitian tersebut melaporkan galat (*error*) sensor arus sebesar 0%, galat sensor tegangan sebesar 0,6%, serta rata-rata waktu tunda (*delay*) eksekusi perintah melalui Telegram sebesar 2,7 detik, yang menunjukkan bahwa Telegram layak digunakan sebagai media kendali jarak jauh dengan waktu respons yang relatif cepat [3].

Sejalan dengan isu efisiensi energi, Hidayat juga menerapkan NodeMCU ESP8266 yang dipadukan dengan sensor cahaya untuk mengendalikan lampu secara otomatis guna meningkatkan efisiensi energi. Penelitian ini menegaskan bahwa integrasi ESP8266 dengan sensor pendukung mampu memberikan solusi kendali yang responsif sekaligus berkontribusi pada penghematan konsumsi listrik [6]. Sementara itu, Azhar et al. menunjukkan bahwa NodeMCU ESP8266 mampu mengirimkan data sensor secara stabil pada sistem pemantauan berbasis IoT, sehingga memperkuat justifikasi pemilihan ESP8266 sebagai mikrokontroler yang andal untuk aplikasi kendali maupun monitoring jarak jauh [7].

Pada lingkup yang lebih luas, penerapan IoT untuk otomasi lingkungan perkantoran (*smart office*) dan bangunan (*building automation*) juga terus berkembang. Sujadi mengembangkan purwarupa smart office system berbasis IoT pada building automation

system yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian sejumlah subsistem gedung perkantoran secara terpusat melalui jaringan [8]. Sejalan dengan hal tersebut, Pratama dan Astutik mengoptimalkan sistem pengendalian HVAC pada smart building untuk penghematan energi, dan menyimpulkan bahwa integrasi IoT pada infrastruktur gedung perkantoran mampu memberikan dampak nyata terhadap efisiensi konsumsi listrik. Kedua penelitian ini memperkuat urgensi penerapan IoT di lingkungan perkantoran, namun fokusnya masih berada pada subsistem gedung secara umum, seperti HVAC, pencahayaan sentral, atau keamanan, dan belum menyentuh kendali berbasis arus listrik pada level masing-masing alat kerja elektronik milik pegawai [9].

Dari beberapa hasil penelitian di atas dapat disimpulkan empat hal. Pertama, NodeMCU ESP8266 terbukti menjadi mikrokontroler yang andal dan terjangkau untuk sistem kendali perangkat elektronik berbasis IoT. Kedua, sensor arus ACS712 yang bekerja berdasarkan prinsip Hall Effect secara konsisten menunjukkan tingkat akurasi tinggi dengan galat pengukuran yang sangat kecil, sehingga sesuai digunakan sebagai sensor non-invasif untuk mendeteksi status operasional beban listrik. Ketiga, platform perpesanan seperti Telegram maupun aplikasi smartphone terbukti efektif sebagai antarmuka kendali dan pemantauan jarak jauh dengan waktu respons yang cepat. Keempat, penerapan IoT pada skala gedung atau kantor secara umum (building automation) terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi, tetapi implementasinya masih berorientasi pada subsistem gedung secara kolektif dan belum menjangkau kendali serta pemantauan arus pada level alat kerja elektronik individual.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih terbatas pada satu jenis beban listrik saja, seperti lampu atau diterapkan pada skala rumah tangga dan ruang uji coba yang belum merepresentasikan kompleksitas beban listrik di lingkungan perkantoran. Studi oleh Yulisman memang telah menyorot konteks kantor pemerintahan, namun ruang lingkupnya hanya mencakup kendali on/off lampu tanpa melibatkan pemantauan arus listrik maupun pengendalian beragam alat kerja elektronik lainnya. Di sisi lain, penelitian pada skala smart office/building

automation memang telah menyorot konteks perkantoran, tetapi kendalinya bekerja pada tingkat subsistem gedung secara umum, bukan pada masing-masing alat kerja elektronik yang menjadi sumber pemborosan energi paling nyata di lingkungan Sekretariat DPRD Kabupaten Tulungagung. Belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengintegrasikan sensor arus ACS712, modul relay, dan bot Telegram dalam satu sistem kendali elektronik yang diperuntukkan bagi lingkungan sekretariat lembaga legislatif daerah dengan ragam perangkat kerja yang lebih kompleks, meliputi PC, laptop, printer, scanner, mesin fotokopi, money counter, dan air purifier.

Kondisi ini relevan dengan permasalahan yang terjadi di Kantor Sekretariat DPRD Kabupaten Tulungagung, tempat rata-rata tagihan listrik pada tahun 2025 tercatat sebesar Rp18.000.000,00 per bulan, disertai frekuensi perbaikan alat elektronik yang cukup tinggi akibat pemakaian yang berlebihan. Berdasarkan pemantauan tim keamanan kantor, masih dijumpai perangkat elektronik yang lupa dimatikan setelah jam kerja berakhir, sementara ruangan kerja yang terkunci menyebabkan tim keamanan tidak dapat menonaktifkannya secara langsung. Kondisi tersebut berisiko mempercepat penurunan umur pakai komponen perangkat, seperti hard disk/SSD dan kipas pendingin pada laptop dan PC, roller serta fuser pada mesin fotokopi dan printer, filter dan motor kipas pada air purifier, hingga motor dan sensor penghitung pada money counter, di samping potensi bahaya panas berlebih, lonjakan tegangan, dan korsleting listrik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem kendali elektronik berbasis IoT yang menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama, sensor arus ACS712 berbasis Hall Effect untuk pendeteksian status pemakaian arus listrik secara non-invasif, dan modul relay sebagai aktuator pemutus-penyambung daya, yang seluruhnya diintegrasikan dengan aplikasi Telegram sebagai antarmuka kendali dan pemantauan jarak jauh. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan sistem kendali sekaligus pemantauan arus pada ragam alat kerja elektronik perkantoran secara bersamaan dalam konteks instansi legislatif daerah, serta pengujian sistem yang tidak hanya menilai keberhasilan fungsi

on/off, tetapi juga diukur secara kuantitatif melalui tiga parameter, yaitu persentase keberhasilan eksekusi perintah, waktu respons sistem, dan kontinuitas koneksi jaringan sebuah pendekatan pengujian yang belum banyak digunakan secara bersamaan pada penelitian-penelitian sejenis sebelumnya.

Berdasarkan uraian latar belakang dan analisis kesenjangan tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk menjawab dua pertanyaan utama, yaitu: (1) bagaimana merancang dan membangun sistem kendali elektronik berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 yang mampu mengendalikan dan memantau alat kerja elektronik di lingkungan Kantor Sekretariat DPRD Kabupaten Tulungagung; dan (2) bagaimana kinerja sistem tersebut apabila diuji berdasarkan persentase keberhasilan perintah, waktu respons, dan kontinuitas koneksi. Sejalan dengan pertanyaan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sistem kendali elektronik berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai solusi teknologi bagi peningkatan efisiensi energi dan keandalan operasional perangkat elektronik di lingkungan perkantoran pemerintah daerah

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Kendali Berbasis relay

Sistem kontrol adalah rangkaian perangkat yang berfungsi mengatur atau mengendalikan kondisi suatu sistem, baik secara manual maupun otomatis melalui kontroler [10]. Penelitian ini menerapkan sistem kontrol berbasis umpan balik, di mana perintah kendali dikirim melalui jaringan internet menuju perangkat keras berupa modul relay. Relay bekerja berdasarkan prinsip elektromagnet: arus kecil pada kumparan menarik kontak sehingga menghubungkan atau memutuskan rangkaian bertegangan lebih tinggi tanpa kontak langsung, sehingga banyak digunakan pada sistem otomatisasi dan proteksi beban listrik [11]. Modul yang digunakan adalah relay 2 channel 5V tipe SRD-05VDC-SL-C dengan kapasitas beban hingga 10 A pada 250 VAC, di mana satu kanal dimanfaatkan untuk mengendalikan satu stop kontak sebagai objek pengujian

2.2. Sensor Arus ACS712 sebagai Media Monitoring

Pemantauan penggunaan alat elektronik dilakukan dengan mengukur arus listrik yang mengalir pada beban menggunakan sensor ACS712 berbasis prinsip Hall Effect. Sensor ini mengubah medan magnet yang timbul akibat aliran arus menjadi sinyal tegangan analog yang dapat dibaca mikrokontroler [12], dan dipilih karena sensitivitasnya yang tinggi, konsumsi daya rendah, serta stabil terhadap gangguan elektromagnetik [13]. Berdasarkan datasheet resmi (Allegro MicroSystems, 2019), ACS712 bekerja pada tegangan 5 V dengan keluaran analog, mampu mengukur arus AC maupun DC, dan memiliki isolasi listrik hingga 2,1 kV RMS sehingga aman digunakan tanpa menghubungkan jalur bertegangan tinggi langsung ke mikrokontroler [14]

2.3. Internet of Things dan NodeMCU ESP8266

Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat yang dilengkapi sensor untuk saling terhubung, mengumpulkan data, dan menjalankan fungsi tertentu secara otomatis tanpa harus dikendalikan langsung oleh manusia [11], [13]. Penerapan IoT pada penelitian ini diwujudkan melalui NodeMCU ESP8266, sebuah development board berbasis chip ESP8266EX (ESP-12E) yang berfungsi sekaligus sebagai mikrokontroler dan modul WiFi terintegrasi. NodeMCU ESP8266 bertindak sebagai pusat kendali yang menerima data dari sensor ACS712, mengolahnya, mengendalikan relay, serta mengirim dan menerima perintah dari pengguna. Modul ini beroperasi pada tegangan 3,3 V, mendukung konektivitas WiFi 802.11 b/g/n, dan diprogram menggunakan Arduino IDE, sehingga sesuai untuk sistem kendali dan monitoring jarak jauh dengan biaya implementasi yang terjangkau

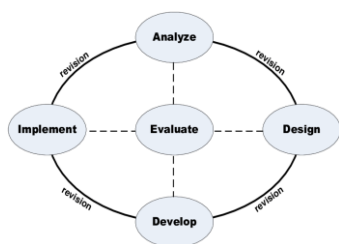
2.4. Telegram sebagai Media Kendali dan Notifikasi

Telegram digunakan sebagai antarmuka kendali dan notifikasi jarak jauh melalui fitur Bot API, yang memungkinkan mikrokontroler mengirimkan data kondisi secara real-time ke pengguna sekaligus menerima perintah kontrol melalui pesan teks sederhana [12]. Pemilihan Telegram didasarkan pada kemudahan integrasi, dukungan multi-platform, keamanan enkripsi data, serta kesesuaiannya dengan kebiasaan penggunaan aplikasi perpesanan di lingkungan tempat penelitian dilakukan [12], [15].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*), yang umum diterapkan pada penelitian rekayasa berbasis pengembangan alat, ADDIE dipilih karena menyediakan alur kerja sistematis dari perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, hingga pengujian sistem secara menyeluruh.



Gambar 1. Model Pengembangan ADDIE

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Ruang Bagian Program dan Keuangan, Sekretariat DPRD Kabupaten Tulungagung, selama enam bulan (Januari–Juni 2026), mencakup tahap analisis kebutuhan hingga evaluasi sistem.

3.3. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui wawancara semi terstruktur, observasi, dan kuesioner. Wawancara terhadap pegawai menggali kondisi pengelolaan alat elektronik, kendala operasional, dan kebutuhan sistem IoT; hasilnya menunjukkan pengawasan perangkat masih manual sehingga sering menimbulkan perangkat lupa dimatikan, pemborosan listrik, dan minimnya data pemantauan. Observasi terhadap lingkungan kerja dan infrastruktur menemukan bahwa: seluruh alat kerja (PC, laptop, printer, scanner, mesin fotokopi, money counter, air purifier) berbagi satu jalur listrik yang sama; jam kerja berlangsung Senin–Jumat pukul 08.00–16.00; jaringan Wi-Fi stabil di kisaran 50 Mbps; dan tersedia genset sebagai cadangan daya. Kuesioner digunakan untuk memperoleh penilaian ahli dan pengguna atas lima aspek: kemudahan monitoring, kemudahan kendali via Telegram, ketersediaan informasi arus listrik, kesesuaian desain, serta keamanan dan kelayakan sistem.

Data wawancara dan observasi bersifat kualitatif untuk menggambarkan kondisi dan kebutuhan sistem, sedangkan data kuesioner

bersifat kuantitatif, diukur dengan skala Likert dan dikonversi menjadi skor persentase.

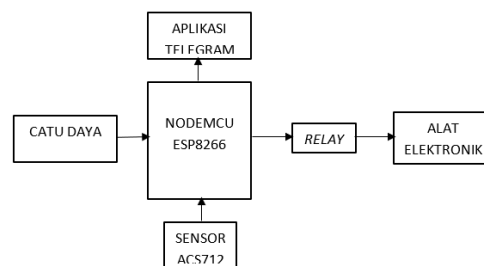
3.4. Prosedur Penelitian

1. Analysis.

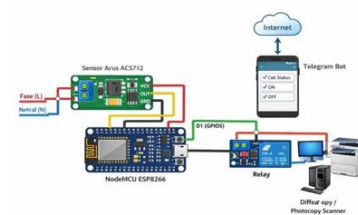
Mengidentifikasi masalah dan kebutuhan pengelolaan alat elektronik melalui wawancara, observasi, dan studi pustaka (konsep IoT, kontrol otomatis, monitoring energi, sensor dan aktuator), untuk menentukan perangkat yang perlu dikontrol serta kebutuhan sistem.

2. Design.

Perangkat keras dirancang menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan modul Wi-Fi, sensor arus ACS712 untuk membaca arus listrik, serta modul relay sebagai aktuator pemutus-penyambung arus ke beban. NodeMCU menerima data arus dari ACS712, mengirimkannya ke bot Telegram, dan mengeksekusi perintah ON/OFF pengguna melalui relay.

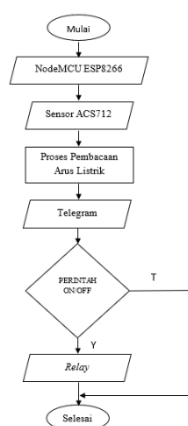


Gambar 2. Diagram Blok Sistem



Gambar 3. Desain Rangkain

Alur kerja perangkat lunak: (1) ACS712 membaca arus secara berkala; (2) data diproses NodeMCU ESP8266 dan diteruskan ke bot Telegram; (3) Telegram menampilkan status real time; (4) pengguna mengirim perintah ON/OFF; (5) NodeMCU mengeksekusi perintah via relay; (6) proses berulang secara kontinu.



Gambar 4. Alur Kerja Sistem

3. Development

Meliputi perakitan perangkat keras, pembuatan firmware, pengembangan antarmuka monitoring, dan integrasi hardware-software. Pengujian dilakukan bertingkat: komponen (sebelum-sesudah dirakit), produk (5 kali oleh peneliti), dan ahli (3 pakar mikrokontroler/IoT), dengan parameter waktu respons, keberhasilan eksekusi perintah, kestabilan koneksi, dan kelayakan sistem. Penilaian ahli dari kuesioner Likert dikonversi ke persentase kelayakan:

$$\text{Persentase} = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

4. Implementation.

Prototipe diuji pada kondisi nyata di ruang kerja Bagian Program dan Keuangan untuk mengevaluasi fungsi ON/OFF otomatis-manual, keakuratan data monitoring, serta umpan balik pengguna.

5. Evaluation.

Menilai performa sistem (waktu respons, keberhasilan perintah, kestabilan koneksi, keandalan) serta fungsionalitas dan kemudahan penggunaan, sebagai dasar identifikasi kekurangan dan rekomendasi perbaikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Diskusi menyusun 60-70% dari naskah

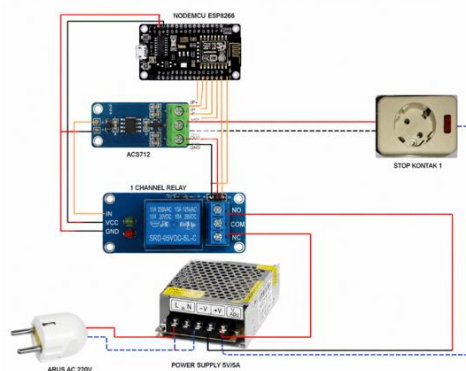
4.1. Analysis

Hasil analisis penelitian menunjukkan kebutuhan akan sistem yang mampu mengontrol perangkat listrik dari jarak jauh secara efisien, mudah digunakan, dan mendukung penghematan energi. Penelitian menggunakan metode eksperimen melalui pengujian perangkat keras dan perangkat lunak,

dengan objek berupa pengendalian perangkat elektronik (seperti lampu dan air purifier) melalui Telegram. Selain itu, dilakukan pengujian terhadap aspek konektivitas dan keamanan untuk memastikan sistem bekerja secara andal.

4.2. Design

Tahap desain merupakan proses penyusunan rancangan sistem berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Pada tahap ini dirancang perangkat keras yang terdiri dari NodeMCU ESP8266, sensor arus ACS712, relay, adaptor, dan stopkontak. Rancangan tersebut bertujuan memastikan seluruh komponen terhubung dengan baik sehingga sistem dapat mengendalikan dan memantau perangkat elektronik melalui aplikasi Telegram. Hasil rancangan rangkaian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Instalasi

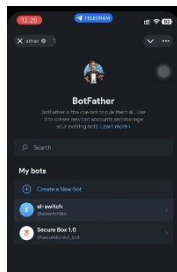
Selain perancangan rangkaian, tahap ini juga menghasilkan desain fisik alat sebagai acuan proses perakitan. NodeMCU ESP8266, sensor ACS712, dan relay ditempatkan di dalam box, sedangkan adaptor dan stopkontak berada di luar box untuk memudahkan pemasangan, perawatan, dan penggunaan. Hasil desain alat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain Alat

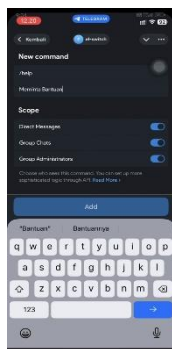
Selain perancangan perangkat keras, dilakukan pula perancangan antarmuka sistem menggunakan Telegram Bot sebagai media

komunikasi antara pengguna dan perangkat IoT. Bot dibuat melalui BotFather dengan menentukan nama dan username sebagai sarana pengendalian sistem.



Gambar 7. BotFather

Setelah bot dibuat, dilakukan penyusunan daftar perintah (command list) melalui fitur Edit Commands pada BotFather. Perintah seperti /ping, /listdevices, /on, /off, dan /help ditambahkan agar pengguna dapat mengoperasikan sistem dengan mudah melalui Telegram.



Gambar 8. Menu

Hasil tahap desain berupa struktur menu Telegram Bot sebagai acuan pada tahap pengembangan. Seluruh perintah kemudian diimplementasikan pada NodeMCU ESP8266 sehingga setiap command dari pengguna dapat diproses menjadi aksi pengendalian relay dan pemantauan kondisi perangkat.



Gambar 9. Desain jadi Menu Telegram

Beberapa menu yang tersedia meliputi Bantuan untuk menampilkan informasi penggunaan bot, Ping untuk memeriksa koneksi sistem, Daftar Perangkat untuk melihat perangkat yang terhubung, Hidupkan Perangkat untuk mengaktifkan perangkat, serta Matikan Perangkat untuk menonaktifkan perangkat yang terhubung.

4.3. Development

Tahap pengembangan merupakan proses membangun sistem berdasarkan hasil analisis dan desain yang telah disusun sebelumnya. Pada penelitian ini, sistem kendali elektronik berbasis Internet of Things (IoT) dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor ACS712, relay, dan Telegram Bot sebagai media monitoring serta kendali jarak jauh. Tahap ini meliputi beberapa proses pengembangan sistem.

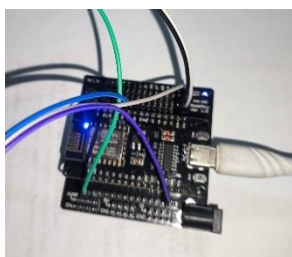
1. Penyusunan dan Perakitan

Komponen yang digunakan dalam pembangunan sistem ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1. Daftar Komponen

Nama Komponen	Jumlah	Fungsi
NodeMCU ESP8266	1	Mikrokontroler dan koneksi internet
Sensor ACS712	1	Membaca arus Listrik
Relay	1	Pengendali ON/OFF perangkat
Adaptor	1	Sumber tegangan
Stop Kontak	1	Output beban Listrik
Kabel Jumper	Secukupnya	Penghubung rangkaian
PCB/Breadboard	1	Tempat penyusunan komponen
Konektor kabel	2	Beban pengujian
Lampu	1	Beban pengujian
Box	1	Tempat komponen akan dirakit

NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat kendali yang menghubungkan sistem ke internet, membaca data sensor, mengendalikan relay, serta berkomunikasi dengan Telegram Bot.



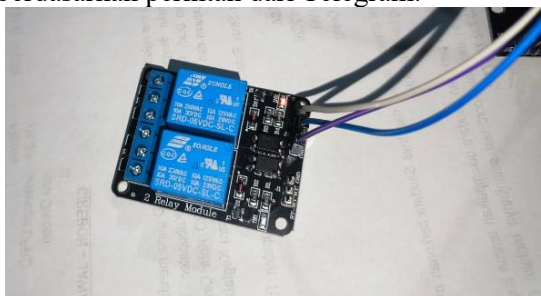
Gambar. 10. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266

Sensor ACS712 digunakan untuk membaca arus listrik pada beban dan mengirimkan data ke NodeMCU untuk proses monitoring.



Gambar 4.11 Sensor ACS712

Relay berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan atau memutus aliran listrik berdasarkan perintah dari Telegram.



Gambar 4.12 Relay

Stopkontak digunakan sebagai keluaran sistem yang dihubungkan melalui relay sehingga perangkat elektronik dapat dikendalikan dari jarak jauh.



Gambar 4.13 Stopkontak

Seluruh komponen kemudian dirakit menjadi satu sistem yang siap digunakan untuk proses pengujian.



Gambar 4.14 Rangkaian Utuh

2. Pembuatan Program Sistem

Program dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk menghubungkan NodeMCU ke internet, membaca data sensor ACS712, menerima perintah dari Telegram, serta mengendalikan relay. Program memanfaatkan beberapa library pendukung agar seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi dan melakukan monitoring secara real-time.

3. Pembuatan Program Konfigurasi Wifi

Konfigurasi WiFi dilakukan dengan memasukkan SSID dan password agar NodeMCU dapat terhubung ke internet.

```
13 const char* idDevice = "1";
14 const char* ssid = "dprd.tulungagung";
15 const char* password = "dprd.tulungagung";
16 const char* serverName = "https://el-switch.my.id/";
17
18 String relayStatusNow = "0";
19
20 unsigned long lastTime = 0;
21 unsigned long timerDelay = 1500;
22
23 String sensorReadings;
24
25 void setup() {
26   Serial.begin(9600);
27
28   pinMode(LED_B, OUTPUT);
29   pinMode(LED_Y, OUTPUT);
30   pinMode(RELAY, OUTPUT);
31   // digitalWrite(RELAY, HIGH);
32
33   WiFi.begin(ssid, password);
34   Serial.println("Connecting");
35   while(WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
36     delay(500);
37     Serial.print(".");
38   }
39   Serial.println("");
40   Serial.print("Connected to WiFi network with IP Address: ");
41   Serial.println(WiFi.localIP());
42   client.setInsecure();
```

Gambar 4.15 Program Konfigurasi Wifi

4. Pembuatan Program Sensor

Program membaca data analog dari sensor ACS712, menghitung arus dan daya listrik, kemudian menampilkan hasilnya pada Serial Monitor.

```

14 void loop() {
15   voltage = getVPP();
16   VRMS = (voltage/2.0) *0.707; // sq root
17   AmpSRMS = (VRMS * 1000)/wiperAmp;
18   float wattage = (230/wiperSRMS) *VR; //observed 18-20 watt when
19   Serial.print(AmpSRMS);
20   Serial.println(" Amps RMS ");
21   Serial.print(wattage);
22   Serial.println(" watt ");
23 }
24
25 float getVPP()
26 {
27   float result;
28   int readValue; //value read from the sensor
29   int maxValue = 0; // store max value here
30   int minValue = 1024; // store min value here
31
32   uint32_t start_time = millis();
33   while((millis()-start_time) < 1000) //sample for 1 Sec
34   {
35     readValue = analogRead(sensorA);
36     // see if you have a new max/min
37     if (readValue > maxValue) {
38       //record the maximum sensor value*/
39       maxValue = readValue;
40     }
41     if (readValue < minValue) {
42       //record the minimum sensor value*/
43       minValue = readValue;
44     }
45   }
46   result = ((maxValue - minValue) * 5)/1024.0;
47   return result;
48 }

```

Gambar 16. Program Sensor

5. Pembuatan Program Relay

Program mengendalikan relay berdasarkan perintah ON dan OFF yang diterima dari Telegram.

```

124 void onSwitch() {
125   Serial.println("On switch processing...");
126   delay(1000);
127   digitalWrite(RELAY, LOW); // Aktifkan Relay
128   digitalWrite(LED_G, HIGH); // Relay diganti LED (sementara)
129   Serial.println("Switch ON");
130 }
131
132 void offSwitch() {
133   Serial.println("Off switch processing...");
134   delay(1000);
135   digitalWrite(RELAY, HIGH); // Aktifkan Relay
136   digitalWrite(LED_G, LOW); // Relay diganti LED (sementara)
137   Serial.println("Switch OFF");
138 }

```

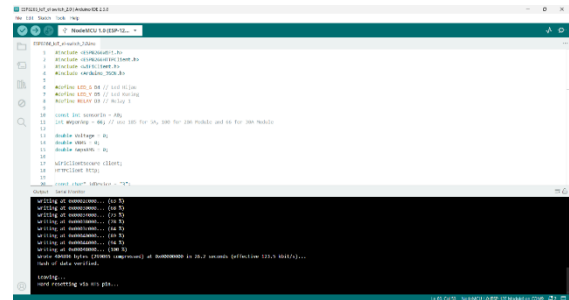
Gambar 17. Program Relay

6. Pengujian Komponen

Pengujian komponen dilakukan untuk memastikan seluruh perangkat keras dan perangkat lunak berfungsi sesuai rancangan sebelum sistem diuji secara keseluruhan. Komponen yang diuji meliputi NodeMCU ESP8266, sensor ACS712, relay, adaptor, dan Telegram Bot. Hasil pengujian menunjukkan seluruh komponen berfungsi dengan baik.



Gambar 18. Uji NodeMCU ESP8266

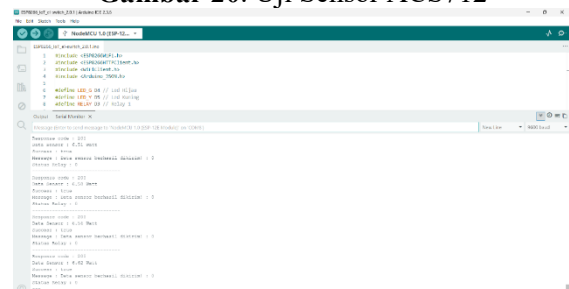


Gambar 19. Uji Upload NodeMCU ESP8266

Sensor ACS712 diuji melalui indikator serta pembacaan data pada Serial Monitor. Hasil pengujian menunjukkan sensor mampu membaca arus listrik dan mengirimkan data dengan baik.



Gambar 20. Uji Sensor ACS712



Gambar 21. Uji pembacaan sensor ACS712

Relay diuji menggunakan perintah ON/OFF melalui Telegram Bot. Relay mampu menerima dan mengeksekusi setiap perintah dengan baik.



Gambar 22. Uji Relay

```
=====
Response Code      : 200
Perintah Telegram  : /on
Status Relay       : ON
Stop Kontak        : AKTIF
Data Sensor        : 6.58 Watt
Pengiriman Data    : Berhasil
=====
```

Gambar 23. Uji pembacaan *relay*

Stopkontak diuji menggunakan perintah ON dan OFF. Hasil pengujian menunjukkan aliran listrik dapat tersambung dan terputus sesuai perintah yang diberikan.



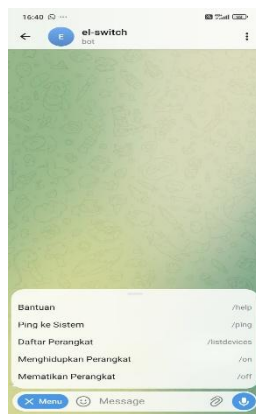
Gambar 24. Uji stopkontak *on*



Gambar 25 Uji stopkontak *off*

7. Pengujian Telegram

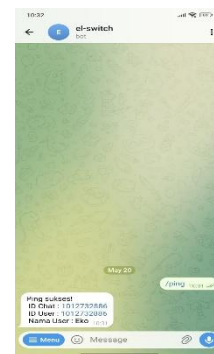
Pengujian dilakukan pada seluruh menu Telegram Bot sebagai media kendali sistem, meliputi /help, /ping, /listdevice, /on, dan /off. Seluruh menu berhasil berfungsi sesuai dengan rancangan sehingga pengguna dapat melakukan monitoring dan pengendalian perangkat dari jarak jauh.



Gambar 26. Tampilan menu *telegram*



Gambar 27 Tampilan menu bantuan (/help)



Gambar 28. Tampilan menu *ping* ke sistem (/ping)



Gambar 29 Tampilan menu cek perangkat (/listdevice)



Gambar 30 Tampilan menu menghidupkan perangkat (/on)



Gambar 31. Tampilan menu menonaktifkan perangkat (/off)

8. Pengujian Kendali Otomatis

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada waktu yang berbeda untuk mengukur waktu respons sistem. Hasil pengujian menunjukkan waktu respons tercepat sebesar 6,50 detik, terlama 19,21 detik, dengan rata-rata 12,08 detik. Perbedaan waktu respons dipengaruhi oleh kestabilan dan kepadatan jaringan internet, namun seluruh perintah tetap berhasil diproses dengan baik

Tabel 2. Pengujian Waktu Respon

Pengujian Respon Saklar			
No	Pengujian On / Off	Waktu Pengujian (Jam)	Waktu Respon (Detik)
1	Pengujian 1	08.00	07.12
2	Pengujian 2	11.30	18.10
3	Pengujian 3	14.00	13.70
4	Pengujian 4	16.30	12.78
5	Pengujian 5	18.00	09.64
6	Pengujian 6	07.30	12.31
7	Pengujian 7	10.30	10.15
8	Pengujian 8	13.30	19.21
9	Pengujian 9	15.00	06.50
10	Pengujian 10	16.30	11.20
Rata-Rata			12.08

9. Pengujian Ahli

Pengujian ahli dilakukan oleh tiga validator menggunakan instrumen skala Likert untuk menilai aspek perangkat keras, perangkat lunak, sensor, sistem kontrol, monitoring, dan kelayakan sistem. Hasil penilaian masing-masing validator adalah 92%, 96%, dan 88%, dengan rata-rata 92% sehingga sistem termasuk kategori "Sangat Layak". Hasil ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi aspek fungsionalitas, keamanan, dan kelayakan untuk diterapkan pada kondisi nyata

Tabel 3. Hasil Pengujian Ahli Valen

No	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Desain dan rangkaian perangkat keras pada sistem kendali telah tersusun dengan baik dan dapat bekerja secara stabil.				√	
2	Sensor <i>ACS712</i> mampu membaca arus secara real-time untuk mendeteksi perangkat yang terhubung.					√
3	<i>Relay</i> mampu menjadi kontrol otomatis dan dapat bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan.					√
4	Sistem <i>monitoring</i> dan kontrol berbasis <i>Internet of Things (IoT)</i> dapat berjalan dengan baik melalui jaringan internet					√
5	Alat dan sistem kendali elektronik secara keseluruhan aman dan layak digunakan				√	
						92%

Tabel 4.. Hasil Pengujian Ahli Dr. Yandria

No	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Desain dan rangkaian perangkat keras pada sistem kendali telah tersusun dengan baik					√

	dan dapat bekerja secara stabil.	
2	Sensor <i>ACS712</i> mampu membaca arus dan kelembaban secara real-time untuk mendeteksi perangkat yang terhubung.	√
3	<i>Relay</i> mampu menjadi kontrol otomatis dan dapat bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan.	√
4	Sistem <i>monitoring</i> dan kontrol berbasis <i>Internet of Things (IoT)</i> dapat berjalan dengan baik melalui jaringan internet	√
5	Alat dan sistem kendali elektronik secara keseluruhan aman dan layak digunakan	√
		96 %

Tabel 5. Hasil Pengujian Ahli Mira

No	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Desain dan rangkaian perangkat keras pada sistem kendali telah tersusun dengan baik dan dapat bekerja secara stabil.				√	
2	Sensor <i>ACS712</i> mampu membaca arus dan kelembaban secara real-time untuk mendeteksi perangkat yang terhubung.					√
3	<i>Relay</i> mampu menjadi kontrol otomatis dan dapat bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan.					√
4	Sistem <i>monitoring</i> dan kontrol berbasis <i>Internet of Things (IoT)</i> dapat berjalan dengan baik melalui jaringan internet				√	

5	Alat dan sistem kendali elektronik secara keseluruhan aman dan layak digunakan	√
		88 %

4.4. Implementation

Tahap implementasi merupakan proses penerapan sistem yang telah dirancang dengan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak agar berfungsi sesuai tujuan penelitian. Selanjutnya, sistem diuji di Kantor Sekretariat DPRD Kabupaten Tulungagung untuk mengetahui tingkat keberhasilan kinerja sistem kendali elektronik berbasis IoT.

1. Pengujian Pengguna

Pengujian pengguna dilakukan untuk menilai kelayakan, kemudahan penggunaan, dan respons terhadap sistem kendali elektronik berbasis IoT. Pengujian melibatkan Bapak Eko Roslianto selaku staf keamanan Kantor Sekretariat DPRD Kabupaten Tulungagung sebagai calon pengguna. Penilaian dilakukan menggunakan instrumen skala 1–5 yang mencakup aspek kemudahan penggunaan, fungsi monitoring, kendali jarak jauh, tampilan sistem, dan kelayakan alat secara keseluruhan.

Tabel 6. Hasil Pengujian Pengguna

No	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Desain dan rangkaian perangkat keras pada sistem kendali telah tersusun dengan baik dan dapat bekerja secara stabil.					√
2	Sensor <i>ACS712</i> mampu membaca arus dan kelembaban secara real-time untuk mendeteksi perangkat yang terhubung.					√
3	<i>Relay</i> mampu menjadi kontrol otomatis dan dapat bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan.					√

4	Sistem <i>monitoring</i> dan kontrol berbasis <i>Internet of Things (IoT)</i> dapat berjalan dengan baik melalui jaringan internet	√
5	Alat dan sistem kendali elektronik secara keseluruhan aman dan layak digunakan	√
Total		100 %

Berdasarkan hasil pengujian pengguna, sistem memperoleh persentase kelayakan sebesar 100% dengan kategori “Sangat Layak”. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mudah digunakan, mampu menjalankan fungsi kendali elektronik dengan baik, serta dapat diakses dari jarak jauh dan memberikan informasi secara real-time melalui *smartphone*.

2. Hasil Implementasi

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem berhasil berkomunikasi melalui jaringan internet dengan baik. NodeMCU ESP8266 terhubung stabil dengan Telegram Bot, relay mampu mengendalikan perangkat sesuai perintah, dan sensor ACS712 dapat memantau arus listrik yang ditampilkan kepada pengguna. Dengan demikian, sistem berhasil diimplementasikan dan siap digunakan.

4.5. Evaluation

Tahap evaluasi merupakan tahap akhir model ADDIE yang bertujuan untuk menilai keberhasilan sistem kendali elektronik berbasis Internet of Things menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor ACS712. Evaluasi dilakukan terhadap perangkat keras, perangkat lunak, fungsi monitoring, kendali jarak jauh, serta kelayakan sistem berdasarkan hasil pengujian implementasi.

Hasil pengujian menunjukkan seluruh komponen bekerja sesuai rancangan. NodeMCU ESP8266 dapat terhubung ke internet dengan baik, sensor ACS712 mampu membaca arus listrik, relay berfungsi sebagai saklar elektronik, dan adaptor menyediakan catu daya yang stabil. Selain itu, seluruh fitur Telegram Bot, yaitu /help, /ping, /listdevice, /on, dan /off, dapat berfungsi dengan baik sehingga komunikasi data dan pengendalian perangkat melalui internet berjalan efektif.

Pada pengujian kendali jarak jauh, sistem memperoleh rata-rata waktu respons **12,08 detik**, yang dipengaruhi oleh kestabilan jaringan internet. Sementara itu, hasil validasi oleh tiga ahli memperoleh persentase kelayakan **92%** dengan kategori “**Sangat Layak**”. Beberapa masukan yang diberikan berkaitan dengan kerapian desain alat, aspek keamanan, dan kestabilan koneksi internet.

Berdasarkan masukan tersebut, dilakukan perbaikan pada desain fisik dengan menata ulang seluruh komponen ke dalam box yang lebih besar sehingga alat menjadi lebih ringkas, rapi, dan aman.



Gambar 4.29. Tampilan alat sebelum evaluasi

Desain awal masih menempatkan stopkontak, adaptor, dan sebagian kabel di luar box sehingga kurang rapi dan aman.



Gambar 4.30. Tampilan alat setelah evaluasi

Setelah evaluasi, seluruh komponen berhasil ditempatkan di dalam box sehingga tampilan alat lebih ringkas, rapi, dan mudah digunakan.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi tujuan penelitian. Sistem mampu melakukan monitoring arus listrik dan pengendalian perangkat elektronik secara real-time melalui Telegram dengan tingkat kelayakan yang sangat baik, sehingga layak untuk diterapkan dan dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kendali elektronik berbasis *Internet of Things* menggunakan NodeMCU ESP8266, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kendali elektronik berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor ACS712, relay, dan Telegram Bot berhasil dikembangkan dengan metode ADDIE serta berfungsi untuk monitoring dan pengendalian perangkat elektronik secara jarak jauh.
2. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fitur Telegram berjalan dengan tingkat keberhasilan 100%, rata-rata waktu respons sistem sebesar 12,08 detik, serta memperoleh nilai kelayakan 92% dari ahli dan 100% dari pengguna.
3. Sistem memiliki keunggulan pada kemudahan monitoring dan kontrol jarak jauh melalui Telegram, namun masih dipengaruhi kualitas jaringan internet dan terbatas pada satu kanal relay.
4. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambah kanal relay, fitur pemantauan parameter listrik (tegangan, daya, dan energi), serta mengembangkan antarmuka berbasis web atau aplikasi mobile.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekretariat DPRD Kabupaten Tulungagung atas izin dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian, serta kepada seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ikhsan U, Andani Achmad, Supriadi Sahibu, and Nim Von-Lind, "Smart Office Implementation System for Electrical Energy Consumption Efficiency Using IoT-Based Fuzzy Algorithm," *Ceddi Journal of Information System and Technology (JST)*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, Apr. 2025, doi: 10.56134/jst.v4i1.110.
- [2] P. Asghari, A. M. Rahmani, and H. H. S. Javadi, "Internet of Things applications: A systematic review," *Computer Networks*, vol. 148, pp. 241–261, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.comnet.2018.12.008.
- [3] R. D. Nareswara and A. I. Agung, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Beban Listrik Berbasis Internet Of Things (IoT)," *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 8, no. 3, 2019.
- [4] Y. Yulisman, I. Ikhsan, A. Febriani, and R. Melyanti, "Penerapan Internet of Things (IoT) Kontrol Lampu Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Smartphone," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 136–143, Oct. 2021, doi: 10.33060/JIK/2021/Vol10.Iss2.231.
- [5] S. Nor, "Penerapan Internet Of Things (IoT) Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Dan Pemantau Daya Listrik Berbasis Web," *Jurnal EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*, vol. 2, no. 2, Oct. 2019, doi: 10.31602/eeict.v2i2.4431.
- [6] F. Hidayat, M. Martanto, A. Rinaldi, and A. Rifai, "Penerapan IoT pada kendali lampu menggunakan ESP8266 dan sensor cahaya untuk efisiensi energi," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6340.
- [7] A. R. Azhar, D. A. Setiawan, N. A. A. Yasmin, T. A. Putri, and G. F. Nama, "Sistem monitoring kapasitas air dan pengisian otomatis berbasis IoT menggunakan modul ESP8266," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3966.
- [8] H. Sujadi, N. Nurdiana, and F. Nurbani, "Rancang bangun prototype smart office system berbasis IoT pada Building Automation System," *J-ENSITEC*, vol. 5, no. 02, May 2019, doi: 10.31949/j-ensitec.v5i02.1506.
- [9] M. F. Y. Pratama, "Optimalisasi sistem pengendalian HVAC dalam smart building untuk penghematan energi," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4976.
- [10] Erni Yudaningsy, *Belajar Sistem Kontrol: Soal dan Pembahasan*. Malang: UB Press, 2017.
- [11] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, Sep. 2013, doi: 10.1016/j.future.2013.01.010.
- [12] F. P. Putra, S. Sabirin, and H. Soetanto, "Prototype of Internet of Things-Based Control System Using Telegram with Bot API Method," *Jurnal Syntax Transformation*, vol. 6, no. 2, Feb. 2025, doi: 10.46799/jst.v6i2.1055.
- [13] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer*

- Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010, doi: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
- [14] R. Rohmiyati, M. S. Gozali, and H. Wijanarko, “Sistem Pemantauan Energi Listrik Rumah Pintar Berbiaya Rendah,” *Journal of Applied Sciences, Electrical Engineering and Computer Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 18–25, Apr. 2020, doi: 10.30871/aseect.v1i1.1991.
- [15] A. N. Fathoni and K. Khotimah, “Rancang Bangun Smart Home berbasis IoT Menggunakan Telegram Messenger Bot dan NodeMCU ESP 32,” *TELKA - Telekomunikasi Elektronika Komputasi dan Kontrol*, vol. 9, no. 1, pp. 34–43, May 2023, doi: 10.15575/telka.v9n1.34-43.