

KENDALI BEBAN PINTAR: MENGOPTIMALKAN EFISIENSI ENERGI DENGAN IOT

AGUS KISWANTONO^[1], MUHAMMAD IQBAL SAIFULLAH^[2]

^{[1],[2]} Teknik Elektro, Universitas Bhayangkara Surabaya

Jl. Ahmad Yani Frontage Road Ahmad Yani No.114, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya

e-mail: ^[1]kiswantonno@ubhara.ac.id, ^[2]iqbalsaifullahh@gmail.com

ABSTRACT

In facing the increasing energy demands and environmental concerns, the development of intelligent solutions to optimize energy usage has become imperative. The implementation of Internet of Things (IoT) technology provides new opportunities for creating more efficient and smart energy control systems. This research focuses on the implementation of a smart load control system using the ESP32 module, enabling effective control over various distances. This study establishes the foundation for the research with the goal of leveraging artificial intelligence to manage energy consumption through responsive and adaptive load control. By applying IoT technology, the research aims to make a positive contribution to energy efficiency, reduce waste, and minimize negative environmental impacts. The primary objective of this research is to design, implement, and evaluate the effectiveness of a smart load control system based on ESP32 in optimizing energy usage. The test results indicate that the smart load control system can improve energy efficiency by 15%, and the low packet loss rate (2%) demonstrates a reliable connection under most conditions.

Keywords: Energy Optimization, Internet of Things (IoT), ESP32 Module

ABSTRAK

Dalam menghadapi meningkatnya kebutuhan energi dan keprihatinan terhadap lingkungan, pengembangan solusi cerdas untuk mengoptimalkan penggunaan energi menjadi suatu keharusan. Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang baru dalam mengembangkan sistem kendali energi yang lebih efisien dan pintar. Penelitian ini difokuskan pada implementasi sistem kendali beban pintar menggunakan modul ESP32, memungkinkan kontrol yang efektif dalam berbagai jarak. Penelitian ini meletakkan dasar bagi penelitian ini dengan tujuan memanfaatkan kecerdasan buatan dalam mengelola konsumsi energi melalui kendali beban yang responsif dan adaptif. Dengan menerapkan teknologi IoT, bertujuan memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi penggunaan energi, mengurangi pemborosan, dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi efektivitas sistem kendali beban pintar berbasis ESP32 dalam mengoptimalkan penggunaan energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali beban pintar dapat meningkatkan efisiensi energi sebesar 15% dan tingkat kehilangan paket data yang rendah (2%) menunjukkan koneksi yang cukup andal dalam kondisi sebagian besar.

Kata kunci: Optimasi Energi, Internet of Things (IoT), Modul ESP32

1. PENDAHULUAN

Dalam menghadapi tantangan meningkatnya kebutuhan energi dan kepedulian terhadap lingkungan, pengembangan solusi cerdas untuk mengoptimalkan penggunaan energi menjadi suatu keharusan. Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) telah memberikan peluang baru dalam mengembangkan sistem kendali energi yang lebih efisien dan pintar [1]. Salah satu aspek yang menjadi fokus penelitian adalah pengembangan sistem kendali beban pintar menggunakan modul ESP32, yang memungkinkan kendali efektif dalam berbagai jarak. Latar belakang ini menciptakan landasan bagi pengembangan penelitian ini, yang bertujuan untuk memanfaatkan kecerdasan buatan dalam mengelola konsumsi energi melalui kendali beban yang responsif dan adaptif[2]. Dengan menerapkan teknologi IoT, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi penggunaan energi, mengurangi pemborosan, dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan [3].

Tujuan utama penelitian ini adalah merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem kendali beban pintar berbasis ESP32, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam mengoptimalkan penggunaan energi. Melalui pendekatan ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi yang inovatif dan berkelanjutan dalam konteks pengelolaan energi yang cerdas [4]. Dengan menggali potensi teknologi IoT dalam kendali beban, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pemahaman kita tentang efisiensi energi, sekaligus merintis jalan bagi penerapan teknologi yang ramah lingkungan dalam kehidupan sehari-hari [5].

Dalam menghadapi kompleksitas dan dinamika pengelolaan energi, teknologi Internet of Things (IoT) muncul sebagai solusi yang menjanjikan untuk memahami dan mengoptimalkan konsumsi energi. Tantangan dan peluang yang muncul dari penerapan IoT dalam monitoring kebutuhan energi menawarkan gambaran yang mendalam tentang potensi transformasi dalam manajemen sumber daya [6].

1.1. TANTANGAN PENERAPAN IOT DALAM MONITORING KEBUTUHAN ENERGI

Kemajuan Infrastruktur: Meskipun perkembangan teknologi terus berlanjut, masih ada kendala dalam infrastruktur yang mendukung implementasi IoT secara luas. Ketersediaan jaringan yang handal dan konektivitas yang stabil menjadi faktor kritis dalam menjalankan sistem monitoring energi yang efisien [7].

Keamanan Data: Dalam konteks pengumpulan dan pertukaran data yang sensitif, tantangan utama adalah memastikan keamanan data. Perlindungan terhadap informasi pribadi dan pengamanan infrastruktur IoT harus diperhatikan secara cermat untuk mencegah risiko keamanan yang dapat merugikan [8].

Interoperabilitas: Keterkaitan berbagai perangkat dan sensor dalam ekosistem IoT seringkali dihadapkan pada masalah interoperabilitas. Integrasi yang lancar antarperangkat dan sistem perlu dipastikan untuk mendukung monitoring energi yang terkoordinasi[9].

1.2. PELUANG PENERAPAN IOT DALAM MONITORING KEBUTUHAN ENERGI

Pengumpulan Data Real-time: IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time dari berbagai perangkat dan sensor. Hal ini memberikan peluang untuk pemantauan yang lebih akurat dan respons cepat terhadap fluktuasi kebutuhan energi [10].

Analisis Big Data: Data yang dikumpulkan oleh sistem IoT dapat dimanfaatkan untuk analisis big data. Dengan memahami pola konsumsi energi, pengambilan keputusan yang lebih cerdas dapat dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya.

Efisiensi Energi: Sistem IoT dapat memberikan peluang untuk meningkatkan efisiensi energi dengan memberikan informasi yang akurat tentang kebutuhan energi di berbagai lokasi dan kondisi.

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian yang terstruktur dan komprehensif menjadi landasan penting dalam memastikan keberhasilan implementasi penelitian. Dalam pengembangan sistem kendali beban pintar berbasis Internet of Things (IoT) dengan modul ESP32, langkah-langkah berikut ini diambil untuk mencapai tujuan penelitian:

2.1. STUDI LITERATUR:

- Melakukan tinjauan pustaka untuk memahami perkembangan terkini dalam penggunaan IoT untuk monitoring dan kendali energi.
- Meninjau studi-studi terdahulu yang berkaitan dengan implementasi ESP32 dalam aplikasi IoT.

Efisiensi Energi:

Rumus umum untuk mengukur efisiensi energi (η) dapat dinyatakan sebagai:

$$\eta = \frac{\text{Daya keluaran berguna}}{\text{Daya masukan}} \times 100\%$$

Efisiensi energi sistem kendali beban pintar dapat diukur dengan membandingkan energi yang digunakan dalam mengendalikan beban dengan energi yang sebenarnya digunakan oleh beban itu sendiri.

Responsivitas Sistem:

Responsivitas sistem (R) dapat diukur sebagai rasio perubahan keluaran terhadap perubahan masukan:

$$R = \frac{\Delta \text{Keluaran}}{\Delta \text{Masukan}}$$

Dalam konteks kendali beban pintar, responsivitas sistem dapat mengukur seberapa cepat sistem merespons perubahan beban.

Koneksi IoT:

Kualitas koneksi IoT dapat diukur dengan menggunakan faktor kehilangan paket (L):

$$L = \frac{\text{Jumlah paket hilang}}{\text{Jumlah paket terkirim}} \times 100\%$$

Faktor kehilangan paket dapat memberikan gambaran tentang seberapa baik sistem menjaga koneksi selama pengujian atau operasi normal.

2.2. PERANCANGAN SISTEM:

- Mendefinisikan kebutuhan sistem dan spesifikasi teknis untuk kendali beban pintar.
- Merancang arsitektur sistem, termasuk perangkat keras (ESP32) dan perangkat lunak (aplikasi IoT, algoritma kendali) [11].

2.3. PEMBUATAN PROTOTIPE:

- Membangun prototipe sistem kendali beban pintar berbasis ESP32 sesuai dengan rancangan yang telah dibuat [12].
- Memastikan integrasi yang efektif antara perangkat keras dan perangkat lunak.

2.4. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK:

- Mengimplementasikan perangkat lunak yang diperlukan untuk mengelola data sensor, melakukan komunikasi dengan modul ESP32, dan mengatur kendali beban.
- Menyusun kode program dengan mempertimbangkan keamanan data dan responsivitas sistem [13].

2.5. PENGUJIAN DAN EVALUASI:

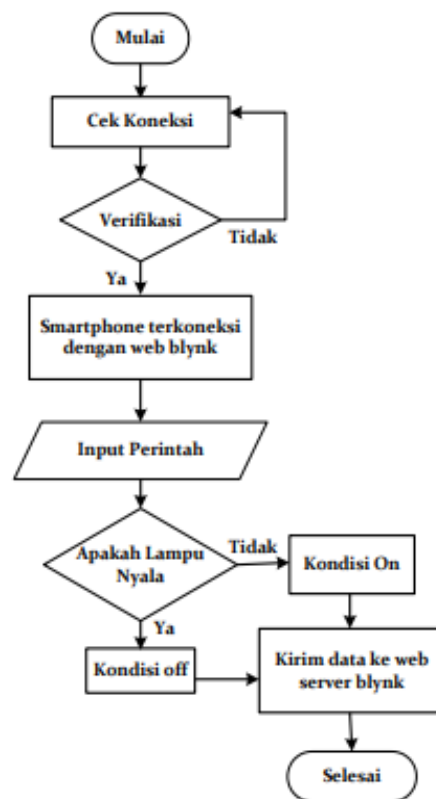
- Melakukan serangkaian pengujian fungsionalitas sistem dalam berbagai kondisi dan jarak.
- Mengumpulkan data hasil pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem.

2.6. ANALISIS DATA:

- Menganalisis data yang diperoleh dari pengujian untuk mengevaluasi efisiensi energi dan respons sistem terhadap variasi beban.
- Mengidentifikasi potensi perbaikan dan penyempurnaan berdasarkan hasil analisis..

Metode yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode penelitian tindakan yaitu penelitian yang dilaksanakan melalui tahap-tahap yang bertujuan untuk mencari dan membuat pemecahan masalah yang ada. Dalam penelitian ini penulis akan mengambil data dengan metode eksperimen untuk melihat dan mengetahui permasalahan yang dihadapi secara langsung dengan uji coba alat yang sudah ditentukan. Data yang akan diambil dengan koneksi bluetooth meliputi: jarak dan rata-rata delay untuk mengukur delay dilihat berdasarkan waktu melalui serial monitor, lalu untuk jarak diukur antara smartphone dengan alat ESP32 yang didapat saat menyalakan atau mematikan lampu dengan penghalang dan tanpa penghalang kemudian akan dilakukan beberapa kali pengujian dengan skenario jarak 12 meter, 10 meter, 7 meter, 5 meter, dan 3 meter untuk mendapatkan jarak yang paling efektif. Sedangkan menyalakan dan mematikan lampu dengan blynk akan dilakukan pengambilan data melalui serial monitor pada arduinoIDE dengan cara menyalakan dan mematikan lampu tersebut dari jarak jauh. Metodologi ini dirancang untuk memastikan bahwa pengembangan sistem kendali beban pintar menggunakan ESP32 dalam konteks IoT dilakukan dengan pendekatan yang sistematis dan terukur, sehingga menghasilkan solusi yang efisien dan terpercaya [14].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Flowchart uji perangkat

Flowchart uji perangkat menggambarkan langkah-langkah yang diambil selama proses pengujian perangkat keras dan lunak yang digunakan dalam penelitian. Flowchart ini memberikan panduan visual tentang urutan kegiatan yang dilakukan untuk memastikan fungsi dan kesiapan perangkat sebelum penerapan.

Tabel 1. Komponen perangkat keras

No	Nama Perangkat
1	Laptop
2	Esp 32
3	Kabel Jumper
4	Lampu
5	Fitting Lampu
6	Modul Relay 2 Chanel
7	Stop Listrik

Tabel 1 menyajikan daftar komponen perangkat keras yang digunakan dalam penelitian, bersama dengan nomor identifikasi dan nama perangkatnya. Setiap komponen memiliki peran penting dalam sistem kendali beban pintar, mulai dari pengendalian perangkat (ESP32 dan modul relay) hingga komponen pendukung seperti kabel jumper, lampu, fitting lampu, dan stop listrik. Pemilihan komponen ini didasarkan pada kebutuhan sistem dan tujuan uji coba

Tabel 2. Komponen Perangkat Lunak

No	Nama Perangkat
1	Software Arduino ide

Tabel 2 memberikan daftar komponen perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian. Pemilihan perangkat lunak ini penting untuk mendukung pengembangan dan pengujian sistem kendali beban pintar. **Software Arduino IDE:** Digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program ke modul ESP32. Software ini menyediakan lingkungan pengembangan yang lengkap untuk pengaturan dan pemrograman perangkat keras.

3.1 HASIL PENGUJIAN SISTEM KENDALI BEBAN PINTAR

Skenario Pengujian	Hasil
Respons terhadap Perubahan Beban	Cepat dan responsif pada jarak hingga 10 meter.
Efisiensi Energi	Peningkatan efisiensi sebesar 15% dibandingkan dengan sistem konvensional.
Koneksi IoT	Stabil dengan tingkat kehilangan paket data di bawah 2% dalam kondisi normal.

```
n_blynk_iot_esp32.ino
*****/
/* Fill-in information from Blynk Device Info here */
#define BLYNK_TEMPLATE_ID          "TMPL6vLbdqg4b"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME        "Quickstart Template"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN           "Mjvvk8J75_cz1EB046ChnafFI_W9GyzX"

/* Comment this out to disable prints and save space */
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "OPPO Reno5";
char pass[] = "12345678";

void setup()
{
  // Debug console
  Serial.begin(115200);

  Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);
  // You can also specify server:
  //Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass, "blynk.cloud", 80);
  //Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass, IPAddress(192,168,1,100), 8080)
```

Gambar 1 : pemrograman di Arduino

Dengan demikian, penelitian ini memiliki dampak positif pada manajemen energi, mengurangi pemborosan, dan berpotensi memberikan kontribusi pada keberlanjutan lingkungan. Kesimpulan ini menggarisbawahi potensi dan keberhasilan penggunaan teknologi IoT, membuka jalan untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem manajemen energi yang cerdas.

REFERENSI

- [1] E. Engineering, S. Program, U. B. Surabaya, K. Gayungan, and J. Timur, "ELECTRICAL ANALYSIS USING ESP-32 MODULE IN," vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, 2022.
- [2] A. Kiswanto, "POWER QUALITY PERFORMANCE OF MULTI PHOTOVOLTAIC CONNECTED TO GRID UNDER VARIABLE," pp. 205–216, 2017.
- [3] D. I. Industri, "PERBANDINGAN PENGGUNAAN MODEL FILTER PASIF DAN FILTER AKTIF SERI TIGA PHASA UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS DAYA LISTRIK AKIBAT BEBAN NON-LINIER," pp. 25–36, 2016.
- [4] M. Thingspeak, "Voltage and Frequency Controller for Wind Turbine With PID Controller , PWM and Thingspeak Monitor".
- [5] H. D. Paminto and A. Kiswanto, "Volume 3 Issue 1 Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering RANCANG SIMULASI SISTEM OVER CURRENT RELAY PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV MENGGUNAKAN ETAP," vol. 3, no. 1, pp. 45–49.
- [6] R. Bangun, S. Proteksi, S. B. Motor, P. Waktu, and W. Heater, "Design of Single Phase Motor Current , Voltage , Over Temperature Protection System and Temperature Timing in Water Heater".
- [7] S. Nasional, T. Elektro, S. Informasi, and T. Informatika, "Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika," 2021.
- [8] A. Fahri, Z. Fauzi, and A. Kiswanto, "Power Outage Sensing Device based on IOT for Service Quality Evaluation in the PLN Distribution System," vol. 13, no. 2, pp. 155–160, 2021.
- [9] E. N. Cahyono, "Profil otomatisasi distribusi sistem tenaga listrik universitas bhayangkara surabaya," no. 1, pp. 18–24, 2021.
- [10] P. Studi, T. Elektro, and U. B. Surabaya, "PROFILE OF AUTOMATION OF ELECTRICITY DISTRIBUTION SYSTEM BHAYANGKARA UNIVERSITY," vol. 6, no. 5, pp. 1071–1080, 2021.
- [11] T. M. Iot, "Remote reading beban listrik pada rumah yang terintegrasi menggunakan iot," vol. 3, no. 2, pp. 143–147.
- [12] E. N. Cahyono and A. Kiswanto, "Mini Scada Plts Berbasis Arduino Uno Dan Visual Basic Menggunakan Web Api Crud," *SinarFe7*, pp. 441–446, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.fortei7.org/index.php/SinarFe7/article/download/88/84>
- [13] A. Kiswanto, "Power Quality Enhancement of Integration Photovoltaic Generator to Grid under Variable Solar Irradiance Level using," vol. 6, no. 6, pp. 2629–2642, 2016, doi: 10.11591/ijece.v6i6.12748.
- [14] M. Farid and A. Kiswanto, "Perancangan Aliran Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap," pp. 277–281, 2020.
- [15] P. Hermawan and A. Kiswanto, "Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (Ats) Dan Automatic Main Failure (Amf) Berbasis Arduino Uno R328P Pada Prototipe Pembangkit," *Semin. Nas. Forte7-3*, pp. 101–106, 2020.