

Analisis Efektivitas Sistem Kendali Otomatis PJU Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32 dengan Metode Regresi Linier

Tino Saputra¹, Untung Surapati^{2*}

^{1,2*} Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya Informatika, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia.

Corresponding Email: saputra.tino85@gmail.com¹

Histori Artikel:

Dikirim 27 Mei 2024; *Diterima dalam bentuk revisi* 25 Juni 2024; *Diterima* 17 Juli 2024; *Diterbitkan* 20 September 2024. Semua hak dilindungi oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) STM IK Indonesia Banda Aceh.

Abstrak

Penerangan jalan umum (PJU) merupakan infrastruktur penting untuk keamanan malam hari. Penelitian ini mengembangkan sistem kendali otomatis PJU berbasis IoT menggunakan sensor cahaya dan gerak dengan mikrokontroler ESP32. Sistem ini memungkinkan kontrol lampu PJU melalui website, memberikan fleksibilitas tinggi bagi pengguna. Mikrokontroler ESP32 terhubung dengan sensor PIR untuk mendeteksi gerakan. Ketika sensor mendeteksi gerakan, intensitas cahaya lampu PJU ditingkatkan, dan diturunkan saat tidak ada gerakan untuk menghemat energi. Pengguna dapat mengontrol lampu PJU dari perangkat apapun yang terhubung ke internet. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan efisiensi energi dengan penurunan konsumsi daya rata-rata sebesar 13.77 watt dan peningkatan efisiensi sebesar 42.67%. Nilai R-squared 0.629 menunjukkan model ini cukup baik dalam menjelaskan variabilitas konsumsi daya. Sistem ini mampu menyalakan lampu secara otomatis dan dapat dimonitor secara real-time, serta diharapkan memberi kontribusi pada pengembangan PJU yang lebih cerdas dan efisien.

Kata Kunci: Penerangan Jalan Umum (PJU); Internet Of Things (IoT); Sensor; Mikrokontroler ESP32; Regresi Linier.

Abstract

Public street lighting (PJU) is essential infrastructure for nighttime security. This research develops an automatic PJU control system based on IoT using light and motion sensors with an ESP32 microcontroller. The system allows for PJU lamp control via a website, providing high flexibility for users. The ESP32 microcontroller is connected to a PIR sensor to detect motion. When the sensor detects movement, the intensity of the PJU lamps is increased, and when no movement is detected, the light intensity is reduced to save energy. Users can control the PJU lamps from any internet-connected device. Testing results show an increase in energy efficiency, with an average power consumption reduction of 13.77 watts and an efficiency increase of 42.67%. An R-squared value of 0.629 indicates that the model is quite good at explaining the variability in power consumption data. This system can automatically turn on street lights and be monitored in real-time, And hopes to contribute to the development of smarter and more efficient street lighting systems.

Keyword: Penerangan Jalan Umum (PJU); Internet Of Things (IoT); Sensor; Mikrokontroler ESP32; Regresi Linier.

1. Pendahuluan

Penerangan jalan umum (PJU) memainkan peran penting dalam menjaga keamanan dan kenyamanan masyarakat, terutama pada malam hari, dengan mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas, mencegah tindak kriminal, dan mendukung aktivitas malam hari (NGAWI, 2022), sistem PJU di beberapa jalan di kompleks perumahan Pondok Ungu Permai, Bekasi, masih menggunakan metode manual, dengan saklar on-off dan beberapa sistem semi otomatis menggunakan timer dan sensor cahaya, yang menyebabkan efisiensi daya rendah dan kurang responsif terhadap perubahan lingkungan. Penelitian sebelumnya dan metode terkait sangat berguna dalam merancang sistem penerangan jalan umum secara otomatis. Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk merancang sistem PJU yang dioperasikan secara otomatis dan lebih efisien. Contohnya adalah penelitian yang merancang sistem penerangan jalan umum yang memiliki beberapa aspek yang perlu diperhatikan, dimana salah satunya adalah bagaimana rancangan penerangan jalan umum yang mampu menghemat konsumsi daya listrik. Penelitian ini berisikan beberapa kombinasi otomatisasi penerangan jalan umum menggunakan papan Arduino Mega 2560 untuk papan kontrol utama, sensor KY-018 untuk mendeteksi intensitas cahaya di lingkungan, sen-sor HCSR501 untuk mendeteksi objek, AC light dimmer untuk pengatur keluaran daya lampu, dan AC power meter untuk mengukur daya yang digunakan oleh lampu (A K Al Bahar, 2024).

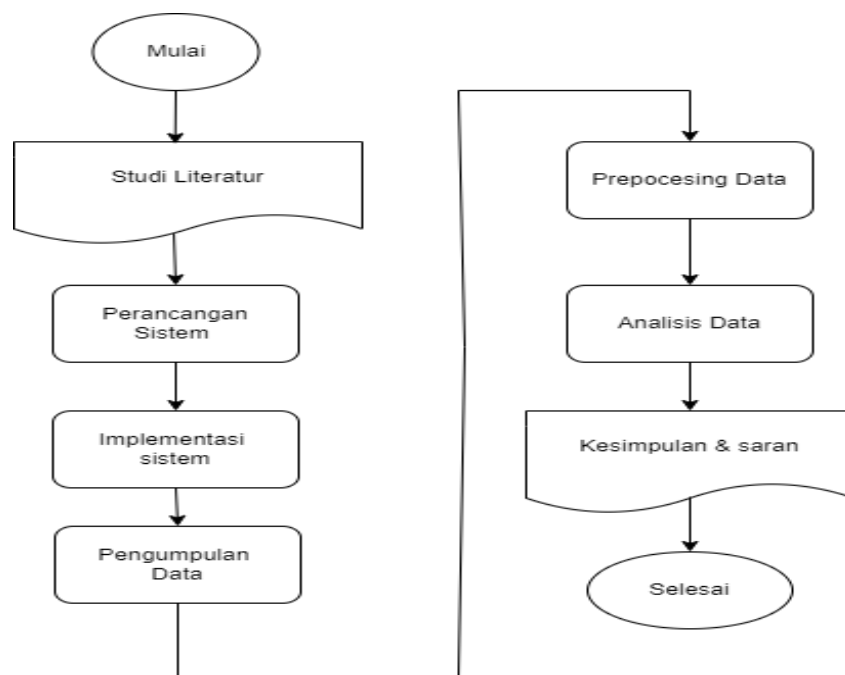
Dalam penelitian lainnya IoT (*Internet of Things*) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. IoT (*Internet of Things*) dapat dimanfaatkan pada sebuah ruangan sebagai alat untuk mengendalikan peralatan elektronik yang dapat dioperasikan dengan aplikasi smartphone melalui koneksi internet. Aplikasi dari sistem kendali lampu berbasis (IoT) *Internet of Things* ini menggunakan modul NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan aplikasi Android sebagai alat pengendali. Sistem ini digunakan untuk mengendalikan lampu hidup ataupun mati (A & Hendi S, 2020). Ada juga penelitian yang merancang sebuah prototipe sistem monitoring dan kontrol lampu jalan umum berbasis IoT dan Android. Sistem ini menggunakan Wemos D1 sebagai mikrokontroler, modul relay sebagai saklar, dan sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya. Dengan sistem ini, lampu jalan hanya akan menyala pada malam hari dan mati pada siang hari. Penelitian dan pengawasan terhadap penggunaan lampu jalan yang tidak sah tidak hanya sebatas menghidupkan dan mematikan lampu secara manual, tetapi juga dapat dilakukan secara otomatis pada waktu yang tepat. Petugas terkait juga dapat memantau kondisi lampu secara langsung melalui aplikasi Android (Dania E, 2020). Dari jurnal internasional yang berjudul "Sistem Lampu Jalan Cerdas", yang didukung oleh Internet of Things, bertujuan untuk menghemat energi dengan mengurangi pemborosan listrik serta mengurangi biaya operasional. Sensor LDR digunakan untuk menghidupkan dan mematikan lampu jalan berdasarkan jumlah cahaya di sekitarnya. Ini adalah sakelar sederhana untuk kondisi terang/gelap. Proyek ini menggunakan papan Arduino UNO yang dapat diprogram untuk memberikan intensitas cahaya yang tepat pada berbagai waktu.

Dibandingkan dengan sistem saat ini, hasil kerja yang diusulkan ini lebih unggul. (Shah, 2023) Pada jurnal lain juga terkait (Karthikeyan, *et al.*, 2022) sistem lampu jalan konvensional, identifikasi bola lampu yang rusak dan penghematan energi melalui pengaturan on/off sistematis memerlukan campur tangan manusia dan memakan banyak waktu. Lampu jalan tetap dalam kondisi ON dengan tingkat kecerahan penuh sepanjang malam bahkan ketika kepadatan kendaraan sedikit atau tidak ada sama sekali. Akibatnya, terjadi pemborosan energi yang besar. Untuk mengatasi masalah ini, sebuah sistem diusulkan yang dapat secara otomatis mengidentifikasi lampu jalan yang rusak (tidak berfungsi) dan mengirimkan informasi tersebut beserta lokasinya ke aplikasi Android dengan bantuan teknologi IoT. Selain itu, pengaturan on/off sistematis dari lampu jalan dan penurunan bertahap kecerahan lampu jalan berdasarkan gerakan kendaraan dapat dicapai dengan sistem ini, yang membantu dalam penghematan energi (Karthikeyan, *et al.*, 2022). Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan state-of-the-art dalam perancangan sistem penerangan jalan umum sangat beragam ditambah dengan tujuan efisiensi dalam penghematan listrik. Untuk itu peneliti juga ingin berkontribusi dalam pengembangan sistem penerangan jalan umum yang lebih pintar dan efisien yang menggunakan IoT.

Karena itu diusulkan sebuah penelitian berjudul "Analisa Efektivitas Sistem Kendali Otomatis Penerangan Jalan Umum Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Dengan Metode Regresi Linier". Penelitian ini memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan konektivitas internet, sensor cahaya, dan sensor gerak yang terhubung ke mikrokontroler ESP32, untuk menciptakan sistem kendali otomatis PJU yang lebih adaptif dan responsif terhadap kondisi lingkungan secara *real-time*, sehingga penggunaan energi dapat dioptimalkan dengan efisien dan pencahayaan PJU dapat disesuaikan dengan kebutuhan sebenarnya di lapangan.

2. Metode Penelitian

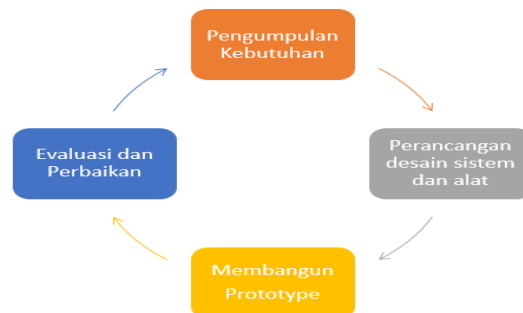
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan beberapa tahap utama yang meliputi studi literatur, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengumpulan data, *preprocessing* data, analisis regresi linier sederhana, serta validasi model dan evaluasi hasil (Emon R A, 2022).



Gambar 1. Model Proses Penelitian

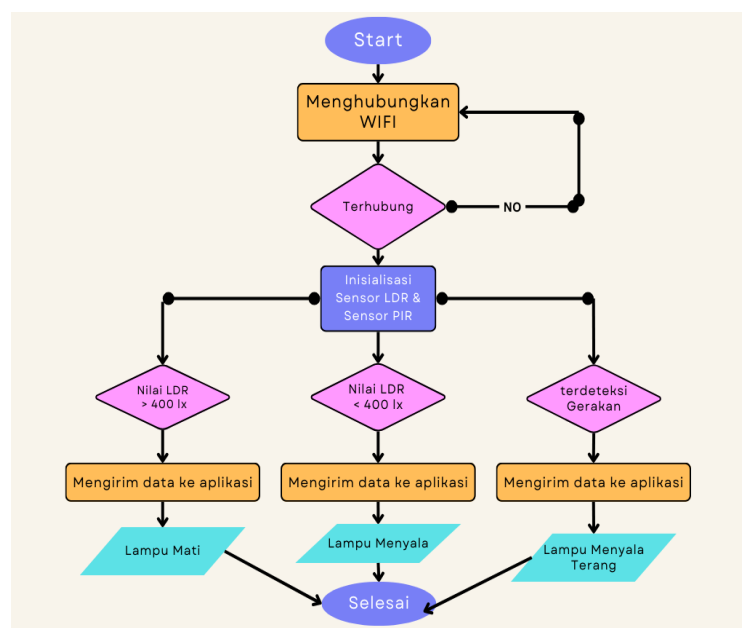
Tahap pertama adalah studi literatur, di mana peneliti melakukan kajian terhadap berbagai penelitian dan sumber ilmiah yang relevan untuk memahami konsep dan teknologi yang digunakan dalam sistem kendali otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem kendali otomatis merupakan bagian sentral dalam produksi dan distribusi di berbagai industri, di mana pengaturan dilakukan secara otomatis tanpa campur tangan manusia, yang memungkinkan efisiensi operasional yang lebih tinggi (Ahmad, 2023). Konsep *Internet of Things* sendiri merujuk pada jaringan perangkat yang terhubung secara kolektif melalui teknologi yang memungkinkan komunikasi antar perangkat dan dengan *cloud*. Dalam IoT, berbagai jenis perangkat seperti sensor dapat terhubung dan berinteraksi untuk bertukar data serta melakukan tindakan yang berguna, termasuk dalam penerangan jalan umum (PJU) yang menjadi fokus penelitian ini (Agrippina Waya R G, 2023; Rivana R R, 2023). Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem kendali otomatis yang melibatkan penggunaan metode *prototyping*. Dalam metode ini, perancangan sistem dilakukan melalui serangkaian iterasi di mana kebutuhan sistem dikumpulkan

dan didiskusikan antara pengembang dan pengguna. Tujuan, fungsi, dan kebutuhan operasional sistem ditentukan secara kolaboratif, memastikan bahwa desain yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pengguna (Taufik, 2021).



Gambar 2. Metode Prototype

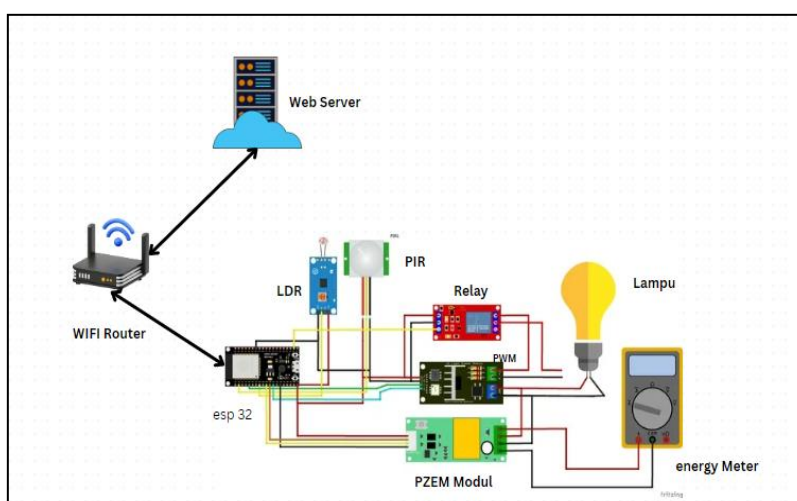
Pada tahap ini, peneliti memilih mikrokontroler ESP32 sebagai platform utama untuk sistem PJU yang dirancang. Pemilihan ESP32 didasarkan pada keunggulannya sebagai sistem berbiaya rendah dan berdaya rendah, dengan modul *WiFi* terintegrasi serta *Bluetooth* yang mendukung mode ganda dan fitur hemat daya, menjadikannya pilihan yang fleksibel untuk implementasi IoT (Lukman A, 2024).



Gambar 3. Flowchart Sistem Kontrol kendalo berbasis IOT

Perancangan sistem ini juga mencakup desain perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Dalam desain perangkat keras, sistem kendali otomatis PJU terdiri dari beberapa komponen utama seperti sensor cahaya (*Light Dependent Resistor* atau LDR) dan sensor gerak (*Passive Infrared* atau PIR). Sensor LDR digunakan untuk mengukur intensitas cahaya di lingkungan sekitar lampu PJU, sedangkan sensor PIR mendeteksi gerakan di sekitarnya. Data dari kedua sensor ini kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32, yang memproses data untuk menentukan apakah lampu perlu dinyalakan atau dimatikan. Berdasarkan hasil pemrosesan, ESP32 mengaktifkan atau menonaktifkan relay yang mengendalikan lampu, memastikan bahwa lampu hanya menyala ketika diperlukan, seperti pada malam hari atau ketika ada gerakan di sekitarnya. Selain itu, modul *PZEM* digunakan untuk mengukur

konsumsi daya dan energi yang digunakan oleh lampu, di mana data ini kemudian dikirim ke *web server* melalui ESP32 dan dapat diakses dari jarak jauh melalui jaringan internet (Lukman A, 2024). Tahap implementasi perangkat keras ini diikuti oleh implementasi sistem berbasis web yang memungkinkan monitoring dan kontrol jarak jauh terhadap sistem PJU. Perangkat lunak berbasis web ini menampilkan kondisi nilai sensor cahaya (*Lux*), status sensor PIR, serta monitoring kelistrikan PJU (tegangan, arus, daya, energi), dan memungkinkan pengguna untuk menyalakan atau mematikan lampu PJU dari jarak jauh. Pengujian terhadap sistem ini dilakukan pada malam hari di lingkungan perumahan, di mana kondisi cuaca cerah menjadi faktor pendukung dalam memastikan keandalan sistem.



Gambar 4. Wiring diagram sistem kendali otomatis

Setelah sistem berhasil diimplementasikan, langkah berikutnya adalah pengumpulan data. Data dikumpulkan menggunakan perangkat IoT yang telah dilengkapi dengan beberapa komponen utama seperti sensor gerak, sensor cahaya, modul PWM, dan modul pengukuran tegangan, frekuensi, serta arus. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini kemudian disimpan dalam *database* untuk dianalisis lebih lanjut. Sebelum dilakukan analisis, data mentah yang diperoleh dari sensor memerlukan tahap preprocessing untuk memastikan data siap diolah. Proses preprocessing meliputi pembersihan data dari *noise* dan normalisasi data, serta mengatasi masalah *missing value* yang mungkin terjadi. Pembersihan data ini penting untuk mengurangi kemungkinan bias dalam analisis data, sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat diandalkan. Untuk menganalisis efektivitas sistem kendali otomatis yang dirancang, digunakan metode regresi linier sederhana. Metode ini digunakan untuk memprediksi konsumsi energi berdasarkan input dari sensor gerak.

Analisis regresi linier sederhana memungkinkan peneliti untuk mengukur seberapa efektif pemakaian energi yang dapat dicapai ketika sistem penerangan hanya diaktifkan berdasarkan kebutuhan nyata (deteksi gerak). Dalam model regresi linier sederhana yang dikembangkan, konsumsi energi (watt) sebagai variabel dependen (Y) diprediksi berdasarkan status sensor gerak (deteksi atau tidak ada deteksi) sebagai variabel independen (X). Model ini dapat dinyatakan dalam bentuk matematis sebagai $Y = a + bX$, di mana Y adalah konsumsi energi, X adalah status sensor gerak, a adalah intercept, dan b adalah slope yang menunjukkan perubahan rata-rata Y untuk setiap perubahan satu unit X. Setelah model regresi linier sederhana dibuat, dilakukan tahap validasi model dan evaluasi untuk memastikan bahwa model yang dikembangkan dapat dipercaya dan tidak mengalami *overfitting*. Validasi dilakukan menggunakan *subset* data atau teknik *cross-validation* untuk memeriksa keakuratan prediksi model. Selain itu, analisis residual juga dilakukan untuk memastikan bahwa model memenuhi asumsi dasar regresi, seperti linearitas, homoscedasticity, dan independensi residual. Beberapa metrik evaluasi yang digunakan antara lain *Mean Squared Error* (MSE) dan R-squared (R^2). MSE dihitung

untuk mengukur rata-rata kesalahan kuadrat antara nilai aktual dan nilai prediksi, di mana semakin kecil nilai MSE, semakin baik model dalam memprediksi data. Sementara itu, R^2 digunakan untuk mengukur seberapa baik model menjelaskan variabilitas data. R^2 adalah koefisien determinasi yang menunjukkan proporsi variabilitas dalam data yang dapat dijelaskan oleh model, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan model yang lebih baik dalam menjelaskan variabilitas tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Alat Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini perangkat lunak (*Software*) dan perangkat keras (*Hardware*) yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem yang diusulkan adalah:

Tabel 1. Kebutuhan *Software*

Software	Spesifikasi	Fungsi
Arduino IDE	Versi 1.8.18	software pengembangan yang digunakan untuk menulis, mengunggah, dan menjalankan kode pada platform Arduino ESP32
Xampp	Versi 8.0.30	paket perangkat lunak yang mengandung server web Apache, database MySQL, serta interpreter bahasa skrip PHP dan Perl. Ini digunakan untuk pengembangan dan uji coba aplikasi web secara lokal di komputer Anda sebelum mempublikasikannya ke server yang sebenarnya
Webserver	Apache Versi 2.4.58	satu server web paling populer yang digunakan untuk mengirimkan halaman web kepada pengguna di internet
Database	Mysql 8.0	MySQL adalah sistem manajemen basis data (DBMS) yang populer untuk mengelola data dalam basis data relasional
Analisa Data	Google colabs / Python 3.12.3	Google Colab adalah lingkungan pengembangan berbasis cloud yang memungkinkan Anda menulis dan mengeksekusi kode Python di browser web tanpa memerlukan konfigurasi tambahan. Python 3.12.3 adalah versi spesifik dari bahasa pemrograman Python yang digunakan untuk analisis data, pembelajaran mesin, dan pengembangan aplikasi

Tabel 2. Kebutuhan *Hardware*

Hardware	Spesifikasi	Fungsi
ESP32	Mikroprosesor LX6 Single atau Dual-Core 32-bit dengan frekuensi clock hingga 240 MHz. SRAM 520 KB, ROM 448 KB, dan SRAM RTC 16 KB. Mendukung konektivitas Wi-Fi 802.11 b/g/n dengan kecepatan hingga 150 Mbps. Dukungan untuk spesifikasi Bluetooth Klasik v4.2 dan BLE. 34 GPIO yang dapat diprogram. Hingga 18 saluran SAR ADC 12-bit dan 2 saluran DAC 8-bit. Konektivitas Serial meliputi 4 x SPI, 2 x I ² C, 2 x I ² S, 3 x UART	Microcontroller yang sering digunakan dalam proyek IoT untuk mengendalikan dan menghubungkan perangkat secara nirkabel, seperti sensor dan aktuator, melalui WiFi atau Bluetooth
Sensor Cahaya	Modul LDR LM393	Sensor yang dapat mengukur intensitas cahaya dalam

		penelitian ini digunakan untuk sistem on – off otomatis ketika intensitas gelap atau terang
Sensor Gerak	Modul PIR HC-SR505	Sensor gerak dapat mendeteksi keberadaan orang sebagai aktivitasi pada modul pwm
PWM AC	Modul AC Light Dimmer	Modul yang digunakan untuk mengatur input tegangan lampu sehingga lampu bisa gelap dan terang
Sensor Pengukur energi listrik	Modul PZEM-004T	Modul pengukur satuan listrik yang bisa dibaca ESP32
Lampu Pijar	V = 220 volt , 40 WATT	Merupakan alat uji sebagai simulasi lampu PJU
Laptop	Processor Ryzen 3 3200U, 16 GB of RAM DDR4, 512GB of storage, and a display 14” HD TN220nits Anti-Glare	Merupakan peralatan yang digunakan untuk memprogram ESP32 dan pembuatan program Iot Sistem kendali otomatis PJU berbasis website

3.1.2 Implementasi Metodologi

1) Implementasi Alat

Implementasi alat merupakan proses pembuatan *prototype* “Sistem Kontrol Kendali Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis IOT Menggunakan Mikrokontroler ESP 32” yang terdiri dari rangkaian hardware seperti perancangan di Gambar 4 adalah Rangkaian *prototype* ini akan dihubungkan dengan internet dengan sistem aplikasi berbasis *website*.



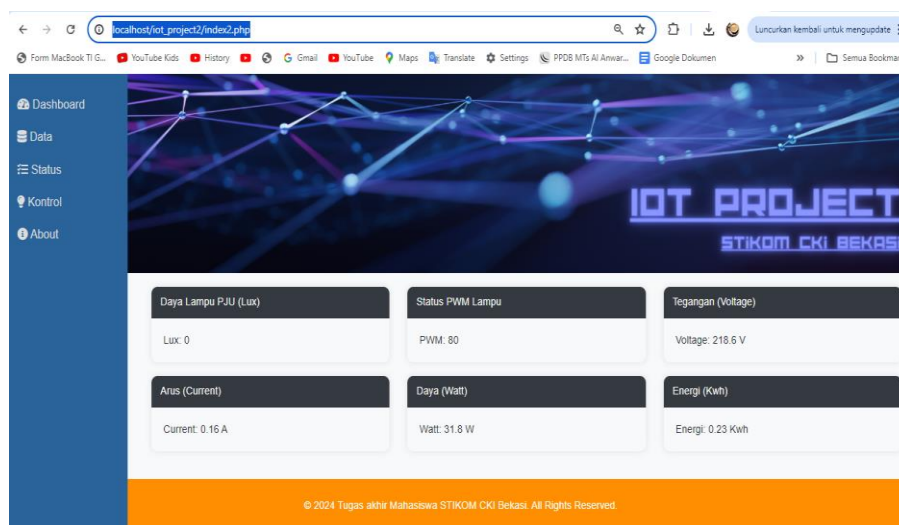
Gambar 5. Implementasi Alat

Keterangan:

- 1) Mikrokontroler ESP 32
- 2) Sensor PIR
- 3) Sensor LDR
- 4) Modul PZEM-04T (sensor pengukur tegangan, arus, daya, energi listrik)
- 5) Modul PWM

2) Implementasi Sistem

Implementasi Sistem merupakan proses pembuatan software berbasis website yang digunakan untuk monitoring sistem kontrol kendali jarak jauh berbasis IoT. *Software* berbasis *website* ini bisa menampilkan kondisi nilai sensor cahaya (*Lux*), Status sensor PIR, monitoring kelistrikan PJU (Tegangan, Arus listrik, Daya (*Watt*), Energi (Kwh) serta melihat status ON/OFF Lampu PJU. Selain bisa memonitor software juga bisa menyalakan lampu dari jarak jauh. Dalam pengujiannya, penelitian untuk data before dan after ini dilakukan saat kondisi malam hari sekitar jam 18.00 – 20.00 wib. Pengujian dilakukan dilingkungan perumahan pondok ungu permai Blok LL di Bekasi Utara, dengan cuaca cerah.



Gambar 6. Implementasi *Software* (Dashboard)

3.1.3 Modeling Data Regresi linier sederhana

Modeling data adalah serangkaian langkah yang dilakukan untuk membuat Model dalam analisis regresi linier sederhana, yaitu menggunakan metode kuadrat terkecil membantu memahami dan memprediksi hubungan antara variabel bebas (*pir_state*) dan variabel terikat (*watt*). Model ini memberikan estimasi koefisien yang meminimalkan jumlah kuadrat error antara nilai prediksi dan nilai aktual. Berikut merupakan program modeling datanya :



Gambar 7. Modeling Data analisis regresi linier sederhana

3.1.4 Modeling Uji T Test

Modeling data Uji T Test adalah Uji T-test Dua Sampel Independen (*Independent Two-Sample T-test*). Uji ini digunakan untuk membandingkan rata-rata dua kelompok data yang tidak saling berhubungan (independen), dalam hal ini data watt sebelum dan sesudah intervensi. Uji T-test Dua Sampel Independen digunakan ketika kita ingin membandingkan rata-rata dua kelompok data yang terpisah dan tidak saling mempengaruhi. Tujuannya adalah untuk menentukan apakah perbedaan rata-rata antara kedua kelompok tersebut signifikan secara statistik atau hanya terjadi karena kebetulan. Berikut merupakan program modeling datanya:



```

# Pastikan kolom 'watt' berisi data numerik
data_after['watt'] = pd.to_numeric(data_after['watt'], errors='coerce')

# Normalization/Standardization
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
scaler = MinMaxScaler()
data_before[['voltage', 'current', 'watt', 'kwh']] = scaler.fit_transform(data_before[['voltage', 'current', 'watt', 'kwh']])
data_after[['lux', 'pwm', 'voltage', 'current', 'watt', 'kwh']] = scaler.fit_transform(data_after[['lux', 'pwm', 'voltage', 'current', 'watt', 'kwh']])

# Fungsi untuk menghapus outlier menggunakan IQR
def remove_outliers(df, column):
    Q1 = df[column].quantile(0.25)
    Q3 = df[column].quantile(0.75)
    IQR = Q3 - Q1
    df = df[~((df[column] < (Q1 - 1.5 * IQR)) | (df[column] > (Q3 + 1.5 * IQR)))]
    return df

data_before = remove_outliers(data_before, 'watt')
data_after = remove_outliers(data_after, 'watt')

# Descriptive Statistics
print("Descriptive Statistics Before:")
print(data_before.describe())
print("Descriptive Statistics After:")
print(data_after.describe())

t_stat, p_value = ttest_ind(data_before['watt'], data_after['watt'])
print(f"T-Statistic: {t_stat}, P-Value: {p_value}")

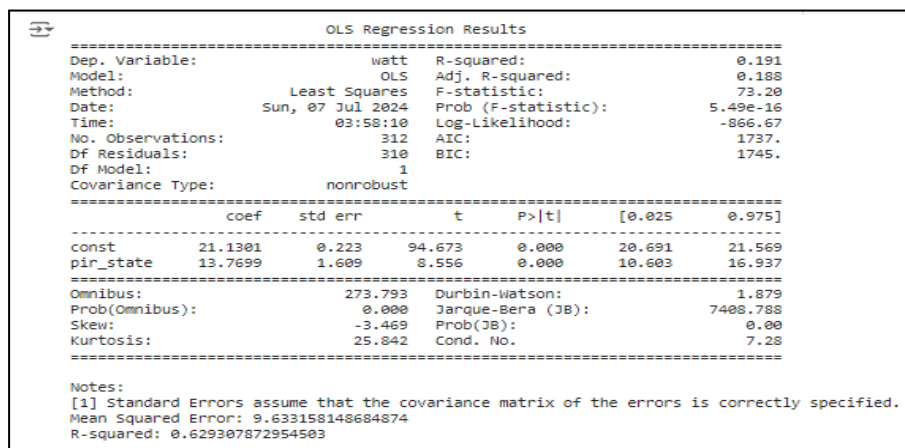
```

Gambar 8. Modeling Data Uji T-test Dua Sampel Independen

3.1.5 Pengujian Analisa Data

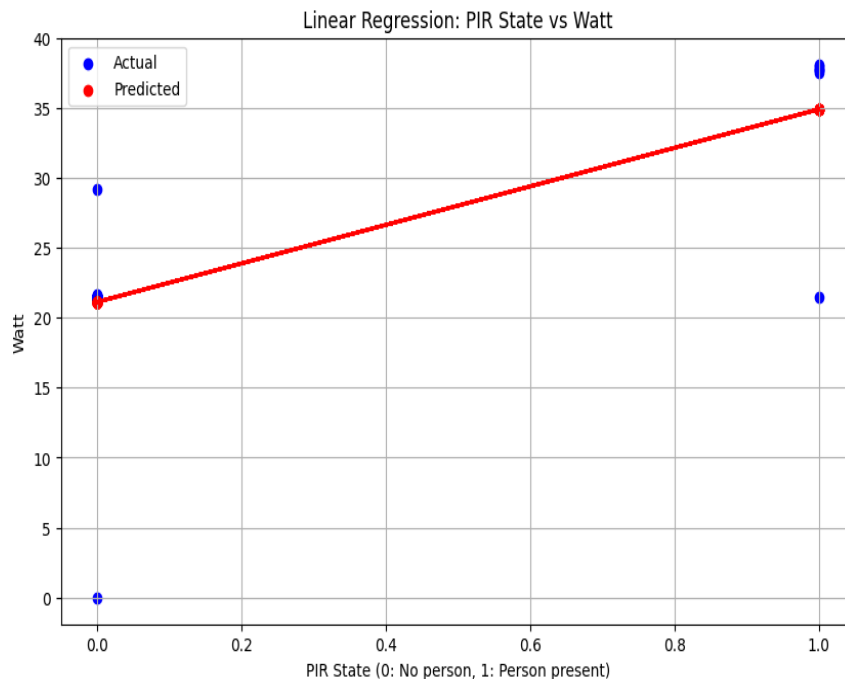
1) Pengujian Analisa Regresi Linier Sederhana

Pengujian analisa regresi linier sederhana adalah dengan menjalankan program serta melihat hasil uji dan validasi dari dalam model regresi linier sederhana yang sudah penulis buat. Berikut adalah hasilnya:



OLS Regression Results						
Dep. Variable:	watt	R-squared:	0.191			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.188			
Method:	Least Squares	F-statistic:	73.20			
Date:	Sun, 07 Jul 2024	Prob (F-statistic):	5.49e-16			
Time:	03:58:10	Log-Likelihood:	-866.67			
No. Observations:	312	AIC:	1737.			
Df Residuals:	310	BIC:	1745.			
Df Model:	1					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	21.1301	0.223	94.673	0.000	20.691	21.569
pir_state	13.7699	1.609	8.556	0.000	10.603	16.937
Omnibus:	273.793	Durbin-Watson:	1.879			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	7408.788			
Skew:	-3.469	Prob(JB):	0.00			
Kurtosis:	25.842	Cond. No.	7.28			
Notes:						
[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.						
Mean Squared Error: 9.633158148684874						
R-squared: 0.629307872954503						

Gambar 9. Hasil uji analisa Regresi linier sederhana



Gambar 10. Visualisasi uji analisa Regresi linier sederhana

2) Pengujian T-test Dua Sampel Independen

Pengujian Uji T-test Dua Sampel Independen adalah dengan menjalankan program dan melihat hasil uji dan validasi dari dalam Uji T-test Dua Sampel Independen antara data *before* dengan data *after* pemasangan sensor gerak yang sudah penulis buat. Berikut adalah hasilnya:

```
[11] t_stat, p_value = ttest_ind(data_before['watt'], data_after['watt'])
      print(f"T-Statistic: {t_stat}, P-Value: {p_value}")

T-Statistic: 30.34752776220137, P-Value: 1.1240970026829083e-116
```

Gambar 11. Visualisasi uji T-test Dua Sampel Independen

Hasil uji t-test dengan T-Statistic sebesar 30.347 dan P-Value sebesar 1.124×10^{-116} mengindikasikan bahwa ada perbedaan yang sangat signifikan antara dua set data yang diuji.

3.2 Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem kendali otomatis penerangan jalan umum (PJU) berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi dan kontrol penerangan jalan dengan memanfaatkan teknologi canggih. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mengurangi konsumsi daya, dengan penurunan rata-rata konsumsi daya sebesar 13,77 watt dan peningkatan efisiensi energi sebesar 42,67%. Temuan ini selaras dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat meningkatkan efisiensi sistem penerangan. Misalnya, A, F., & Hendi S, M. K. (2020) menunjukkan bahwa sistem kendali berbasis IoT dapat secara signifikan mengurangi pemborosan energi melalui kontrol otomatis, dan hasil ini dikonfirmasi oleh penelitian Shah (2023) yang mengamati efisiensi serupa dalam sistem lampu jalan pintar.

Sistem ini memanfaatkan dua jenis sensor utama, yaitu sensor cahaya (*Light Dependent Resistor* atau LDR) dan sensor gerak (*Passive Infrared* atau PIR). Sensor LDR berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya di lingkungan sekitar lampu, dan sensor PIR mendeteksi gerakan. Integrasi kedua sensor ini memungkinkan sistem untuk menyalakan lampu hanya saat diperlukan, yakni ketika cahaya rendah atau ada gerakan. Penelitian oleh Faruqi (2023) menunjukkan bahwa penggunaan sensor dalam sistem otomatisasi lampu dapat menghemat energi secara signifikan, mendukung hasil pengujian ini yang menunjukkan pengurangan daya yang substansial. Model regresi linier sederhana digunakan untuk menganalisis hubungan antara konsumsi energi dan status sensor gerak. Hasil analisis menunjukkan nilai R -squared sebesar 0,629, yang menandakan bahwa model ini mampu menjelaskan sekitar 63% variabilitas dalam konsumsi daya berdasarkan data sensor gerak. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh N. Z. Pratama (2022) yang juga menggunakan analisis regresi untuk mengevaluasi sistem berbasis IoT. Model regresi linier ini memberikan wawasan yang jelas tentang efektivitas sistem dalam mengelola konsumsi energi dan menegaskan bahwa sistem ini dapat berfungsi dengan baik dalam mengurangi pemborosan energi. Validasi model dilakukan dengan menggunakan teknik *cross-validation* dan analisis residual, serta metrik evaluasi seperti *Mean Squared Error* (MSE) dan R -squared (R^2). MSE yang rendah menunjukkan bahwa model ini memiliki kesalahan prediksi yang kecil, sementara nilai R^2 yang tinggi menunjukkan bahwa model dapat menjelaskan variabilitas data dengan baik. Hasil evaluasi ini mendukung efektivitas sistem, seperti yang diungkapkan oleh penelitian Rijalul I, I. G. (2020), yang menekankan pentingnya evaluasi yang solid untuk memastikan kinerja model yang baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sistem kendali otomatis penerangan jalan umum (PJU) berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler *ESP32* dengan metode analisis *regresi linier*, dapat disimpulkan bahwa sensor gerak berpengaruh signifikan terhadap konsumsi daya. Analisis *regresi linier* menunjukkan bahwa penambahan sensor gerak mengurangi konsumsi daya rata-rata sebesar 13,77 watt. Dengan nilai R -squared sebesar 0,629, model ini menunjukkan kemampuan yang baik dalam menjelaskan variabilitas konsumsi daya. Selain itu, perbandingan antara data sebelum dan sesudah penambahan sensor gerak menunjukkan peningkatan efisiensi pemakaian daya sebesar 42,67%. Sistem kendali otomatis yang dikembangkan juga mampu menyalakan lampu PJU secara otomatis menggunakan sensor cahaya dan dapat dimonitor secara real-time melalui perangkat laptop atau smartphone dengan menggunakan perangkat lunak berbasis web. Ini menunjukkan bahwa sistem ini tidak hanya efektif dalam mengurangi konsumsi energi tetapi juga menawarkan kemudahan dalam pengendalian dan pemantauan sistem penerangan jalan.

Untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya, beberapa saran diberikan untuk meningkatkan sistem ini. Pertama, lokasi pemasangan sensor gerak dan sensor cahaya perlu dioptimalkan untuk memastikan cakupan yang maksimal dan responsivitas yang optimal terhadap perubahan lingkungan. Kedua, algoritma kontrol yang lebih canggih harus dikembangkan untuk mengatur intensitas cahaya lampu berdasarkan tingkat cahaya lingkungan dan kehadiran manusia secara lebih dinamis, guna meningkatkan efisiensi energi lebih lanjut. Selain itu, pemeliharaan dan kalibrasi berkala pada sensor dan sistem kontrol sangat penting untuk memastikan akurasi dan kinerja optimal dari sistem. Pengujian dalam kondisi cuaca hujan juga disarankan untuk memastikan keandalan sensor dan akurasi sistem. Penggunaan teknik analisis data yang lebih lanjut, seperti *machine learning*, dapat digunakan untuk memprediksi pola penggunaan dan mengoptimalkan jadwal pengoperasian lampu. Terakhir, integrasi sistem ini dengan infrastruktur kota pintar lainnya, seperti sistem pengelolaan lalu lintas dan keamanan, dapat menciptakan lingkungan yang lebih aman dan efisien, seperti yang diusulkan dalam studi oleh Shah (2023).

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan terhadap penelitian ini. pada kesempatan ini segala rendah hati dan penuh rasa hormat penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua, keluarga serta pak Untung Surapati SE., SH., MH., MM., M.Kom selaku dosen pembimbing. Dan semua civitas akademika Stikom CKI pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan ini hingga selesai.

6. Daftar Pustaka

- Abdaoe, F., Setiawan, H., Kom, M., & Perdana, K. S. T. (2021). Sistem Kendali Lampu Otomatis Berbasis Iot (Internet Of Things) Menggunakan Nodencum. *Bangkit Indonesia*, 9(01).
- Aditya, L., & Harahap, A. R. (2024). RANCANG BANGUN PENERANGAN JALAN UMUM UNTUK MENGATASI KONDISI BERKABUT MENGGUNAKAN SENSOR LDR DAN SENSOR KABUT BERBASIS ESP 32. *JURNAL ELEKTRO*, 12(1), 12-21. DOI: <https://doi.org/10.61488/jetro.v12i1.435>.
- Al Bahar, A. K., & Hanafi, T. L. (2024). APLIKSAI NODE MCU ESP 8266 DAN SENSOR ULTRASONIC HC-SR04 SEBAGAI PENDETEKSI BANJIR. *Jurnal Elektro*, 12(1), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.61488/jetro.v12i1.434>.
- Arganata, E. R., Pambudi, W. S., & Suheta, T. (2022). Rancang Bangun Kontrol Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya yang Dilengkapi Informasi Kondisi Lampu dengan Bantuan Internet of Things. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(2), 244-250. DOI: <http://dx.doi.org/10.30865/jurikom.v9i2.3923>.
- Djarmiko, W., AK, T. B., & Sugihartono, I. (2023, October). PENERAPAN IPTEK DALAM PENYEDIAAN FASILITAS SISTEM LAMPU-PENERANGAN JALAN-UMUM BERBASIS SOLAR-CELL DI WILAYAH RUKUN WARGA 03 KELURAHAN JATINEGARA KAUM JAKARTA TIMUR. In *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 4, pp. SNPPM2023ST-345).
- Eridani, D., Asyauqqi, M. A., & Prasetyo, A. B. (2020). Analisis Purwarupa Sistem Otomatisasi Penerang Jalan Untuk Menghemat Daya Listrik. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 4(1), 142-156. DOI: <http://dx.doi.org/10.30645/j-sakti.v4i1.194>.
- Gusti, A. W. R., Rochmad, M., & Zahro, F. A. (2023). Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Gula Darah, Kolesterol, dan Asam Urat Non-Invasif Berbasis Internet of Things (IoT). *Indonesian Journal of Computer Science*, 12(6).
- Hartanto, S. (2024). Simulasi Rancang Bangun Monitoring Pemakaian Air PDAM Di Gedung Bertingkat Menggunakan NodeMCU ESP8266 Berbasis IOT. *Jurnal Elektro (JETRO)*, 12(1), 80-89.
- Imam, R., & Bimantoro, F. (2020). Rancang bangun sistem monitoring dan controlling penerangan jalan umum berbasis iot dan android. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTika)*, 2(1), 101-112. DOI: <https://doi.org/10.29303/jtika.v2i1.88>.

- Karthikeyan, P., Karthik, M., Deepikapriya, V., Briya, S. D., Dharanishwarma, R., & Janakirthick, S. (2022, January). Design and implementation of smart street light automation and fault detection system. In *2022 2nd International Conference on Power Electronics & IoT Applications in Renewable Energy and its Control (PARC)* (pp. 1-7). IEEE. DOI: 10.1109/PARC52418.2022.9726622.
- Nizam, M. N., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767-772.
- Novelan, M. S., Syahputra, Z., & Putra, P. H. (2020). Sistem Kendali Lampu Menggunakan Nodemcu dan MySQL Berbasis IoT (Internet of Things). *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, 5(1), 117-121.
- Pratama, N. Z., Rismawan, T., & Suhardi, S. (2022). Penerapan Metode Regresi Linear Pada Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Internet of Things (IoT). *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(5), 1414-1422. DOI: <http://dx.doi.org/10.30865/jurikom.v9i5.4849>.
- Reksa, A. A., Suchendra, D. R., & Alfari, M. R. (2023). Sistem Penerangan Jalan Pintar Menggunakan Kontrol PID Pada Sumbu Azimuth. *eProceedings of Applied Science*, 10(4).
- RISET, D. T. (2022). Kementerian pendidikan, kebudayaan, riset, dan teknologi. *Universitas*, 1(1), 2.
- Rivana, R. R., Made, M. R., & Jaenudin, J. (2023). Sistem Monitoring Nutrisi dan PH Air pada Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things (IoT). *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 10(3). DOI: <https://doi.org/10.33795/elkolind.v10i3.3579>.
- Riyanto, D., Habiby, J. S., & Muhsin, M. (2021). Pengembangan ATS AMF RT untuk Kontrol Penerangan Jalan Umum di Desa Janti Kecamatan Slahung Kabupaten Ponorogo. *Adimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 135-144. DOI: 10.24269/adi.v5i2.4126.
- Samsinar, R., Fadlioni, F., & Cahyadi, D. (2021). Sistem Monitoring dan Perancangan Alat Pendeteksi Kerusakan Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) Otomatis Berbasis Internet of Thing (Iot). *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 4(2), 169-172. DOI: <https://doi.org/10.24853/resistor.4.2.169-172>.
- SARI, A. S. W. T. A. (2022, November). SIRATAR PERANCANGAN SISTEM PENERANGAN JALAN PINTAR TENAGA SURYA BERBASIS IOT. In *SEMINAR TEKNOLOGI MAJALENGKA (STIMA)* (Vol. 6, pp. 176-179).
- Setiawan, A., & Maulindar, J. (2023). PERANCANGAN SISTEM KENDALI OTOMATIS LAMPU JALAN BERBASIS INTERNET OF THINGS. *INFOTECH journal*, 9(1), 243-251. DOI: <https://doi.org/10.31949/infotech.v9i1.5502>.
- Setiawan, A., & Maulindar, J. (2023). PERANCANGAN SISTEM KENDALI OTOMATIS LAMPU JALAN BERBASIS INTERNET OF THINGS. *INFOTECH journal*, 9(1), 243-251. DOI: <https://doi.org/10.31949/infotech.v9i1.5502>.
- Shah, N. (2023). Smart Street Light System Based on IoT. *J Curr Trends Comp Sci Res*, 2 (1), 07, 9.

Surapati, U., & Jannah, M. (2024). Penerapan Data Mining Menggunakan Metode K-Means Untuk Mengetahui Minat Customer Dalam Pembelian Merchandise Kpop. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(3), 875-884. DOI: <https://doi.org/10.55338/saintek.v5i3.2739>.

Teten Dian Hakim, T. (2024).
RANCANGBANGUNSISTEMKENDALIKETINGGIANLEVELAIRPADAGROUND
TANKBERBASISESP32. *Jurnal Elektro*, 12(1), 69-79.