

**IMPLENTASI PROTOTYPE SOLAR TRACKER PADA  
PJU TENAGA SURYA INTERIGRASI IOT DAN  
APLIKASI ANDROID**



**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
Pada Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang.

**Oleh:**

**Vindy Rizky Putri Safira  
162022044**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG  
2026**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**IMPLENTASI PROTOTYPE SOLAR TRACKER PADA**  
**PJU TENAGA SURYA INTERIGRASI IOT DAN**  
**APLIKASI ANDROID**



Oleh:

Vindy Rizky Putri Safira  
162022044

**Manyetujui**

**Pembimbing Utama,**

**Dr. Karnadi, S. Kom., M. Kom**  
**NBM/NIDN: 1088893/0210038202**

**Pembimbing Pendamping,**

**Dedi Haryanto, S. Kom., M. Kom**  
**NBM/NIDN: 1337459/0201089001**

**Disetujui**  
**Dekan Fakultas Teknik**

**Ir. A. Junaldi, M.T.**  
**NBM/NIDIN: 763050/0202026502**

**Program Studi Teknologi Informasi**  
**Ketua Program Studi**

**Dr. Karnadi, S. Kom., M. Kom**  
**NBM/NIDN: 1088893/0210038202**

## HALAMAN PERSETUJUAN

**Judul Skripsi : Implementasi Prototype Solar Tracker Pada PJU Tenaga  
Surya Interigrasi Tenaga IOT dan Aplikasi Android**

Oleh Vindy Rizky Putri Safira NIM 162022044 Skripsi ini telah di setuju dan  
disahkan oleh Tim Penguji Program Studi Teknologi Informasi Konsentrasi  
Manajemen Tata Kelola Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah  
Palembang pada 24 Agustus 2026 dan telah dinyatakan Lulus

Palembang, 24 Agustus 2026

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknologi**

**Informasi Universitas**

**Muhammadiyah Palembang**



**Dr. Karnadi, S. Kom., M. Kom**

**NBM/NIDN: 108889/0210038202**

**Tim Penguji**

**Ketua Penguji**

**Dr. Karnadi, S. Kom., M. Kom**

**NBM/NIDN: 108889/0210038202**

**Penguji 1**

**Muhammad Ihsan, S. T., M. Kom**

**NBM/NIDN: 1340253/0222047702**

**Penguji 2**

**Kemas Muhammad Wahyu Hidayat, S. Kom., M. Kom**

**NBM/NIDN: 1255881/0225068904**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Vindy Rizky Putri Safira

NIM : 162022044

Program Studi : Teknologi Informasi

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**“ IMPLENTASI PROTOTYPE SOLAR TRACKER PADA PJU TENAGA SURYA INTERIGRASI IOT DAN APLIKASI ANDROID”**

Skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi atau karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan dicantumkan dalam daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil plagiasi atau melanggar etika ilmiah, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Palembang. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa adanya paksaan dari pihak mana pun.

Palembang, 24 Agustus 2026

ng Menyatakan,



Vindy Rizky Putri Safira

162022044

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

fa inna ma‘al-‘usri yusrā

*“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan.”*

*“Seindah apa pun kita merancang masa depan, tetap sisakan ruang ikhlas bahwa hari esok memang di luar kehendak kita.”*

(Ustadz Hanan Attaki)

*“Uju di ngolukkon ma nian tupa ma bahen akka nadenggan asa tarida sasude holong ni rohami, namarnatua-tua i.”*

(Uju Di Nanikon Manian)

### PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, kemudahan, dan pertolongan-Nya, serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW, sebagai tempat saya bersandar, memohon pertolongan, dan mengungkapkan rasa syukur dalam setiap proses kehidupan. Semoga segala usaha yang telah dilakukan menjadi amal yang baik dan senantiasa mendapat keberkahan dari Allah SWT.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Wiwin Sugianto dan Ibu Marlinah, terima kasih atas kasih sayang yang tidak pernah berkurang, doa yang selalu mengiringi setiap langkah saya, pengorbanan, dukungan, kesabaran, serta kepercayaan yang telah diberikan. Tidak ada kata yang mampu

menggambarkan betapa besar rasa syukur saya memiliki orang tua seperti Ibu dan Bapak.

3. Dosen pembimbing saya, Bapak Dr. Karnadi, S.Kom, M.Kom. dan Bapak Dedi Haryanto, S.Kom, M.Kom. yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran, serta memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan ilmu dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini hingga selesai.
4. Seluruh dosen penguji serta seluruh dosen Program Studi Teknologi Informasi, terima kasih atas ilmu, pengalaman, bimbingan, dan nasihat yang telah diberikan selama saya menempuh pendidikan.
5. Keponakan tersayang, Alnaira Zea Sabrina, terima kasih telah menjadi salah satu sumber kebahagiaan dan semangat dalam setiap perjalanan saya. Senyum dan tingkah lucu selalu mampu mengembalikan semangat ketika saya merasa lelah. Serta kakak perempuan satu-satunya, Windy Via Seventina, terima kasih atas perhatian, dukungan, doa, dan semangat yang selalu diberikan. Kehadiranmu menjadi salah satu alasan saya untuk terus berusaha memberikan yang terbaik.
6. Untuk seseorang yang berinisial GE yang begitu berarti dalam perjalanan ini, terima kasih atas doa, perhatian, dukungan, dan semangat yang telah diberikan selama proses panjang dalam menyelesaikan skripsi ini. Mungkin saat ini kita sedang mengambil sedikit waktu untuk beristirahat dan menata langkah masing-masing, namun seperti potongan lirik pada lagu “ku masih terus bermimpi..., Sangat besar harapanku..., ‘Tuk hidup berdua denganmu..., Aku sempurna denganmu...” (Astrid Sartiasari, “Terpukau”) Semua kebaikan dan kebersamaan yang pernah ada tetap menjadi bagian yang berarti bagi saya. Terima kasih telah hadir, menemani, dan menjadi salah satu alasan saya untuk terus kuat dan menyelesaikan apa yang telah saya mulai.
7. Sahabat-sahabat terbaik saya, Chalista Dwi Maharani dan Dian Mutia, serta teman-teman saya, Muhammad Fathir Alhacky, Abi Triadi, Ahmad Yudha pratama, Ahmad Ridho saputra, Lutfan Afiq, Alif Pratama, Ferro Luis Jr, Rahmad Dahvin, Wardhan Aqso, Ali Hasyim, Nukenda Alfasyah, dan

Muhammad Rizki. Terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, bantuan, dukungan, dan kenangan indah selama masa perkuliahan. Semoga persahabatan ini tetap terjalin dengan baik di masa yang akan datang.

8. Sahabat-sahabat saya sejak masa putih abu-abu, Enzelli Putri Safana, Adinda Dwi Ariesta, Ninda Anggraini, dan Adinda Thalia Salsabilla, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup saya selama bertahun-tahun. Terima kasih karena selalu memberikan dukungan, doa, dan tetap hadir meskipun waktu terus berjalan.
9. Untuk seseorang dengan NIM 31, terima kasih telah menjadi bagian kecil dari perjalanan ini. Terima kasih atas perhatian, kebaikan, dan hal-hal sederhana yang tanpa disadari pernah menjadi penyemangat di tengah proses menyelesaikan skripsi ini. membuat perjalanan ini terasa sedikit lebih menyenangkan. Semoga segala hal baik selalu menyertai langkahmu.
10. Dan yang terakhir, sekaligus yang paling penting, untuk diri saya sendiri. Terima kasih karena sudah memilih untuk bertahan ketika keadaan terasa berat, tetap bangkit setelah berkali-kali merasa lelah, tetap melangkah meskipun sering dihantui rasa ragu, dan tidak menyerah hingga berhasil sampai di titik ini. Perjalanan ini tidak selalu mudah, tetapi setiap air mata, kegagalan, rasa takut, dan perjuangan telah menjadi bagian dari proses yang membentuk diri saya hari ini. Semoga pencapaian ini menjadi awal dari langkah-langkah besar berikutnya, dan semoga saya selalu diberi kekuatan untuk terus belajar, berkembang, dan memberikan manfaat bagi banyak orang.

## ABSTRAK

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi alternatif menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi sistem penerangan jalan. Namun, panel surya konvensional yang bersifat statis tidak mampu mengikuti pergerakan matahari sehingga energi yang diserap tidak optimal. Sistem *solar tracking* merupakan metode yang efektif untuk meningkatkan efisiensi panel surya dengan mengikuti gerakan matahari sepanjang hari. Perkembangan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan perangkat energi surya dilakukan secara daring melalui aplikasi digital. IoT berperan dalam meningkatkan efisiensi, visibilitas, dan responsivitas operasional melalui integrasi perangkat pintar, seperti sensor, RFID, dan perangkat lunak. Selain itu, gangguan fisik seperti daun, debu, atau *shading* dapat menurunkan kinerja panel sehingga dibutuhkan sistem monitoring visual untuk mendeteksi kondisi panel secara langsung. Penelitian ini merancang sistem *solar tracker* berbasis ESP32 yang dilengkapi sensor LDR, motor servo, sensor tegangan, serta modul ESP32-CAM. Data intensitas cahaya, tegangan, dan gambar dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi Android. Sistem ini diharapkan meningkatkan efisiensi energi dan mempermudah pemantauan perangkat secara jarak jauh.

**KATA KUNCI:** Energi Surya, *Solar Tracker*, *ESP32*, *ESP32-CAM*, *IoT*, *Android*.

## **ABSTRACT**

*Utilizing solar energy as an alternative energy source offers a solution for improving the efficiency of street lighting systems. However, conventional static solar panels cannot track the movement of the sun, resulting in suboptimal energy absorption. A solar tracking system is an effective method for improving solar panel efficiency by following the sun's movement throughout the day. The development of the Internet of Things (IoT) enables remote monitoring of solar energy systems through digital applications. IoT plays a role in improving efficiency, visibility, and operational responsiveness through the integration of smart devices such as sensors, RFID, and software. Furthermore, physical obstructions such as leaves, dust, or shading can reduce panel performance, necessitating a visual monitoring system to detect panel conditions directly. This research designs an ESP32-based solar tracker system equipped with LDR sensors, a servo motor, a voltage sensor, and an ESP32-CAM module. Light intensity, voltage, and image data are transmitted in real time to an Android application. This system is expected to improve energy efficiency and facilitate remote monitoring of the device.*

**KEYWORDS:** Solar Energy, Solar Tracker, ESP32, ESP32-CAM, IoT, Android.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi *Solar Tracker* pada Sistem Penerangan Jalan Berbasis Energi Surya dengan Integrasi *Internet of Things (IoT)* melalui Aplikasi *Android*” dengan baik. Saya menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Maka karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun saya harapkan sebagai bahan pembelajaran bagi penulis. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Bapak Dr. Karnadi, S.Kom., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi sekaligus Dosen Pembimbing Utama, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan selama proses penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Dedi Haryanto, S.Kom., M.Kom, selaku Dosen Pembimbing Pendamping, yang telah memberikan saran, motivasi, serta koreksi yang sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini.
5. Orang tua tercinta, Bapak Wiwin Sugianto dan Ibu Marlinah, atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang tidak pernah putus dalam setiap langkah penulis.

Semoga karya skripsi ini tidak hanya bermanfaat sebagai pemenuhan tugas akademik, tetapi juga dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan teknologi energi terbarukan, khususnya dalam penerapan *solar tracker* dan sistem monitoring berbasis IoT. Harapan saya, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi

mahasiswa, peneliti, maupun praktisi yang ingin mengembangkan sistem penerangan jalan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Saya juga berharap hasil penelitian ini dapat menjadi langkah kecil yang membawa dampak positif bagi masyarakat, lingkungan, dan dunia pendidikan, serta membuka peluang inovasi lebih lanjut dalam pemanfaatan teknologi berbasis energi surya. Semoga segala ilmu, usaha, dan proses di balik penyusunan skripsi ini menjadi amal baik yang bermanfaat bagi siapa pun yang memerlukannya.

Palembang, 24 Agustus 2026

Vindy Rizky Putri Safira

Nim : 162022044

## DAFTAR ISI

|                                                                      |               |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>COVER .....</b>                                                   | <b>i</b>      |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>                                      | <b>ii</b>     |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>                                     | <b>iii</b>    |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>                                       | <b>iv</b>     |
| <b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>                                    | <b>v</b>      |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                 | <b>viii</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                | <b>ix</b>     |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                          | <b>x</b>      |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                               | <b>xii</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                           | <b>xv</b>     |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                            | <b>xvi</b>    |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                    | <br><b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang.....                                              | 1             |
| 1.2 Identifikasi Masalah.....                                        | 7             |
| 1.3 Rumusan Masalah.....                                             | 7             |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                         | 8             |
| 1.5 Tujuan Penelitian .....                                          | 9             |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                                      | 9             |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                             | <br><b>12</b> |
| 2.1 Landasan Teori.....                                              | 12            |
| 2.1.1 Internet Of Things (IoT).....                                  | 13            |
| 2.1.2 Solar Tracker .....                                            | 13            |
| 2.1.3 Energi Surya .....                                             | 14            |
| 2.1.4 Aplikasi Android.....                                          | 14            |
| 2.1.5 Mini Panel Surya .....                                         | 14            |
| 2.1.6 Sensor LDR ( <i>Light Dependent Resistor</i> ).....            | 15            |
| 2.1.7 ESP32 .....                                                    | 16            |
| 2.1.8 ESP32-CAM.....                                                 | 16            |
| 2.1.9 Motor Servo SG90.....                                          | 17            |
| 2.1.10 Kabel Jumper.....                                             | 18            |
| 2.1.11 Miniatur Lampu Jalan LED ( <i>Light Emitting Diode</i> )..... | 18            |
| 2.2 Peran Software dan Hardware .....                                | 19            |
| 2.3 State Of the Art dan Kebaruan.....                               | 20            |
| <br><b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                       | <br><b>27</b> |
| 3.1 Tempat Penelitian.....                                           | 27            |

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2 Jadwal penelitian .....                                           | 28        |
| 3.3 Kerangka Penelitian.....                                          | 30        |
| 3.4 Flowchart (Diagram Alur) .....                                    | 31        |
| 3.4.1 Identifikasi Masalah.....                                       | 33        |
| 3.4.2 Pengumpulan Data (Studi literatur dan Analisis Kebutuhan) ..... | 33        |
| 3.4.3 Observasi Langsung (Data Primer).....                           | 34        |
| 3.4.4 Perancangan Sistem dan Komponen (Hardware dan Software) .....   | 34        |
| 3.4.5 Pengujian Sistem.....                                           | 35        |
| 3.4.6 Perbaikan Sistem.....                                           | 36        |
| 3.4.7 Testing (Pengujian Lanjutan) .....                              | 36        |
| 3.4.8 Identifikasi, Analisis, Dan Validasi Data .....                 | 37        |
| 3.5 Metodologi Penelitian.....                                        | 37        |
| 3.6 Metode Pengumpulan Data.....                                      | 38        |
| 3.6.1 Studi Literatur .....                                           | 39        |
| 3.6.2 Analisis Kebutuhan .....                                        | 39        |
| 3.6.3 Observasi lapangan .....                                        | 40        |
| 3.7 Pengambilan Data Sekunder.....                                    | 40        |
| 3.7.1 Pengumpulan Data Primer .....                                   | 41        |
| 3.7.2 Dokumentasi dan Pencatatan .....                                | 41        |
| 3.8 Metode Perancangan Alat (R&D).....                                | 42        |
| 3.8.1 Identifikasi Masalah.....                                       | 42        |
| 3.8.2 Perancangan Konsep Sistem .....                                 | 43        |
| 3.8.3 Perancangan Prototipe.....                                      | 44        |
| 3.8.4 Perancangan Hardware dan Kontrol IoT .....                      | 47        |
| 3.8.5 Evaluasi dan Perbaikan .....                                    | 47        |
| 3.9 Metode Pengembangan Software (Waterfall).....                     | 47        |
| 3.10 Metode Testing / Pengujian .....                                 | 54        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                               | <b>56</b> |
| 4.1 Implementasi Sistem.....                                          | 56        |
| 4.1.1 Implementasi Perangkat Keras .....                              | 56        |
| 4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak .....                              | 57        |
| 4.1.3 Implementasi Aplikasi Android.....                              | 58        |
| 4.2 Alur Kerja Sistem .....                                           | 59        |
| 4.3 Pengujian Sistem .....                                            | 61        |
| 4.3.1 Pengujian Sensor LDR dan Servo .....                            | 61        |
| 4.3.2 Pengujian Solar Tracker .....                                   | 63        |
| 4.3.3 Pengujian IoT dan ESP32-CAM .....                               | 66        |
| 4.3.4 Pengujian Aplikasi Android.....                                 | 70        |
| 4.4 Analisis dan Pembahasan.....                                      | 73        |

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.1 Analisis Kinerja Solar Tracker .....                  | 73        |
| 4.4.2 Analisis Monitor IoT .....                            | 74        |
| 4.4.3 Kelebihan Dan Kekurangan Sistem .....                 | 75        |
| 4.5 Pembahasan Hasil Penelitian .....                       | 76        |
| 4.5.1 Hasil Rancangan Alat Solar Tracker .....              | 76        |
| 4.5.2 Hasil Tampilan Aplikasi Solar Tracker.....            | 78        |
| 4.5.3 Hasil Pengujian Alat Dan Aplikasi Solar Tracker ..... | 79        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                     | <b>81</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                        | 81        |
| 5.2 Saran .....                                             | 82        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                       |           |
| <b>LAMPIRAN</b>                                             |           |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Mini Panel Surya.....                           | 15 |
| Gambar 2.2 Sensor LDR (Light Dependent Resistor) .....     | 15 |
| Gambar 2.3 ESP32.....                                      | 16 |
| Gambar 2.4 Esp Cam .....                                   | 17 |
| Gambar 2.5 Motor servo SG90 .....                          | 17 |
| Gambar 2.6 Kabel Jumper.....                               | 18 |
| Gambar 2.7 Lampu Jalan LED (Light Emitti) .....            | 18 |
| Gambar 3.1 Maps Lokasi Penelitian .....                    | 26 |
| Gambar 3.2 Kerangka Penelitian .....                       | 29 |
| Gambar 3.3 Flowchart (Diagram Alur).....                   | 31 |
| Gambar 3.6 Flowchart (Metodelogi Penelitian).....          | 37 |
| Gambar 3.7 Desain Perangkat Keras .....                    | 43 |
| Gambar 3.8 Desain Perangkat Keras .....                    | 44 |
| Gambar 3.9 Desain Perangkat Lunak .....                    | 49 |
| Gambar 4.1 Rangkaian Perangkat keras .....                 | 56 |
| Gambar 4.2 Alur Kerja Sistem .....                         | 60 |
| Gambar 4.3 Rancangan Alat Solar Tracker.....               | 77 |
| Gambar 4.4 Tampilan Aplikasi Solar Tracker.....            | 78 |
| Gambar 4.5 Pengujian Alat Dan Aplikasi Solar Tracker ..... | 79 |

## DAFTAR TABEL

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 <i>State Of The Art</i> .....          | 22 |
| Tabel 2.2 Kebaruan ( <i>Novelty</i> ) .....      | 24 |
| Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....                 | 28 |
| Tabel 4.1 Pengujian ldr dan servo .....          | 62 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian Solar Tracker.....     | 64 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Koneksi IoT .....      | 67 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian ESP32-CAM .....        | 68 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Capture Otomatis ..... | 69 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Aplikasi Android ..... | 71 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Di era digital saat ini, akselerasi teknologi informasi berlangsung dengan sangat masif, ditandai dengan meningkatnya pemanfaatan sistem berbasis komputer, jaringan komunikasi, serta integrasi perangkat cerdas dalam berbagai sektor kehidupan. Teknologi seperti Internet of Things (IoT), komputasi awan, dan aplikasi mobile telah memicu hadirnya sistem yang lebih efisien, terintegrasi secara otomatis, serta dapat menyajikan data secara seketika (*real-time*). Pada tataran ini, teknologi informasi tidak sekadar menjadi sarana pendukung, melainkan telah bergeser menjadi pilar inti dalam pembangunan sistem cerdas yang mendukung pengambilan keputusan serta pengelolaan sumber daya secara optimal [1].

Perkembangan teknologi informasi juga terlihat signifikan di berbagai bidang. Dalam bidang kesehatan, penerapan sistem berbasis IoT dan telemedicine memungkinkan pemantauan kondisi pasien secara jarak jauh, sehingga meningkatkan kualitas pelayanan serta respons tenaga medis terhadap kondisi darurat. Di bidang pendidikan, perkembangan teknologi sangat signifikan dengan melahirkan *e-learning*, *Learning Management System* (LMS), dan berbagai platform edukasi digital yang memungkinkan proses belajar mengajar dilakukan secara daring maupun hybrid. Teknologi ini mendukung penyampaian materi secara interaktif melalui video, animasi, dan simulasi, sehingga meningkatkan pemahaman siswa [2]. Selain itu, penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan juga mulai berkembang, seperti dalam sistem rekomendasi

pembelajaran, penilaian otomatis, serta analisis perkembangan belajar siswa secara lebih akurat dan personal [3]. Selanjutnya, pada sektor industri, konsep industri 4.0 mengintegrasikan teknologi seperti otomatisasi, penggunaan kecerdasan buatan bersama analisis data raya (*big data*) dalam mendongkrak efektivitas produksi dan standar kualitas hasil. Selain itu, pada domain pertanian, teknologi informasi diintegrasikan ke dalam sistem *smart farming* untuk melakukan supervisi terhadap kelembapan tanah, kondisi iklim, dan suplai hara tanaman secara *real-time* sehingga meningkatkan hasil panen. Sementara itu, dalam bidang transportasi, penggunaan sistem berbasis GPS, aplikasi navigasi, dan kendaraan pintar telah meningkatkan keamanan serta efisiensi mobilitas masyarakat [4]. Dalam industri energi listrik, kemajuan di bidang teknologi informasi membawa dampak besar terhadap optimalisasi operasional, keandalan, serta pemeliharaan sistem energi jangka panjang. Penerapan teknologi IoT membuka akses untuk memonitor dan mengendalikan instalasi listrik secara *remote*, sehingga mempermudah efisiensi penggunaan energi dan deteksi gangguan secara cepat. Hal ini sangat relevan dalam pengembangan energi terbarukan seperti tenaga surya, di mana sistem membutuhkan pengawasan yang berkelanjutan untuk menjaga kinerja optimal [5].

Dalam industri energi listrik, khususnya di kawasan perkotaan seperti di Jakabaring Kota Palembang, perkembangan teknologi informasi memiliki peran strategis dalam menjawab meningkatnya kebutuhan energi akibat pertumbuhan infrastruktur, kawasan hunian, serta aktivitas ekonomi dan olahraga yang terpusat di wilayah tersebut. Jakabaring dikenal sebagai salah satu kawasan pengembangan terpadu dengan berbagai fasilitas publik, termasuk kawasan perumahan vertikal

seperti Apartemen Samesta Jakabaring, yang membutuhkan ketersediaan listrik yang stabil dan berdaya guna tinggi. Integrasi perangkat cerdas berbasis IoT memfasilitasi supervisi serta kontrol instalasi listrik secara terintegrasi dari lokasi berbeda, sehingga memperkuat efektivitas distribusi energi serta mempercepat penanganan gangguan.

Seiring dengan berkembangnya industri energi listrik, khususnya di sektor perkotaan, kebutuhan listrik untuk fasilitas publik seperti Penerangan Jalan Umum (PJU) terus meningkat. Namun, sebagian besar sistem PJU masih memiliki ketergantungan tinggi terhadap ketersediaan listrik konvensional dari bahan bakar fosil, hal ini menyebabkan biaya operasional yang tinggi dan kurang mendukung konsep energi berkelanjutan. Di sisi lain, pemanfaatan energi terbarukan seperti tenaga surya sebenarnya memiliki potensi besar, tetapi implementasinya masih menghadapi berbagai kendala teknis. Salah satu masalah utama adalah rendahnya efisiensi panel surya akibat penggunaan sistem statis yang tidak dapat menyesuaikan dengan lintasan matahari, yang menyebabkan perolehan energinya kurang maksimal. Implikasinya, pasokan listrik yang diproduksi kerap kali belum memadai untuk menyokong kebutuhan PJU, bahkan dapat menyebabkan baterai cepat habis dan umur sistem menjadi lebih pendek.

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian terkait sistem PJU berbasis energi terbarukan dari panel surya telah banyak dilakukan sebelumnya. Pada penelitian ini dikembangkan sistem solar tracking street light yang memanfaatkan sensor LDR dan mikrokontroler untuk mengatur posisi panel surya agar posisinya senantiasa presisi mengikuti lintasan matahari [6]. Penerapan sistem ini dapat

mendongkrak efektivitas konversi energi hingga sekitar 30–40% dibandingkan panel statis, serta dilengkapi dengan mekanisme penyimpanan energi menggunakan baterai dan pengaturan pencahayaan otomatis pada malam hari [7]. Penelitian selanjutnya, mengembangkan prototype sistem monitoring PJU berbasis IoT yang mengombinasikan modul ESP32 dengan sensor arus, tegangan, serta pemindai cahaya (LDR). Keandalan sistem ini ditunjukkan melalui pengiriman data secara seketika (*real-time*) ke basis data *cloud* sekaligus menampilkan kondisi lampu melalui dashboard monitoring, sehingga mempermudah pengawasan serta meningkatkan efisiensi pengelolaan energy.

Penelitian lain mengkaji sistem smart solar street light berbasis IoT dengan dukungan sensor intensitas cahaya dan modul komunikasi untuk mengotomatisasi kontrol pencahayaan serta memfasilitasi pengawasan jarak jauh. Berdasarkan hasil pengujian, penerapan sistem ini terbukti mampu mengoptimalkan penghematan daya secara masif, namun masih terbatas pada penggunaan platform monitoring berbasis web dan belum terintegrasi dengan sistem mobile seperti Android. Selanjutnya, penelitian mengenai sistem solar street lighting berbasis pelacak matahari dua sumbu (*dual-axis*) memperlihatkan peningkatan efektivitas penyerapan daya jika disandingkan dengan *single-axis* atau panel konvensional statis. Meski begitu, tingginya rintangan teknis di sektor mekanik dan belum tersedianya integrasi *monitoring real-time* berfondasi IoT menjadi tantangan yang perlu disempurnakan.

Penelitian lainnya mengembangkan sistem monitoring dan kontrol PJU berbasis IoT dengan parameter pengukuran variabel tegangan, arus, serta konsumsi

daya listrik. Melalui sistem ini, pengawasan kondisi lampu maupun deteksi dini terhadap gangguan dapat berjalan secara *real-time*., namun belum mengoptimalkan efisiensi energi karena tidak menggunakan teknologi solar tracker serta belum menyediakan antarmuka berbasis aplikasi Android untuk kemudahan pengguna [8]. Selain itu, keterbatasan yang masih menjadi permasalahan. Banyak sistem PJU energi surya yang belum dibekali modul pelacak posisi matahari secara otomatis, sehingga daya yang terserap dari paparan matahari tidak maksimal sepanjang hari. Beberapa penelitian juga masih menggunakan sistem monitoring yang bersifat lokal dan belum mengintegrasikan infrastruktur IoT, yang mengakibatkan pengamatan kinerja sistem beserta kendali operasionalnya tidak mampu dilakukan secara langsung (*real-time*) dari jarak jauh.. Di samping itu, pengelolaan energi pada baterai masih belum optimal karena belum menggunakan metode manajemen daya yang cerdas, yang mengakibatkan pemborosan energi serta mempercepat penurunan performa baterai.

Keterbatasan lain yang sering ditemukan adalah kurangnya integrasi antara sensor lingkungan (seperti intensitas cahaya) dengan sistem kontrol, sehingga lampu PJU tidak dapat menyesuaikan tingkat pencahayaan secara adaptif sesuai kondisi sekitar [9]. Selain itu, sebagian besar sistem yang dikembangkan juga belum terintegrasi dengan aplikasi berbasis Android, sehingga pengguna atau petugas lapangan kesulitan dalam melakukan monitoring dan pengendalian sistem secara praktis melalui perangkat mobile. Hal ini menyebabkan proses pemantauan menjadi kurang fleksibel dan tidak efisien. Selain permasalahan umum, terdapat beberapa permasalahan spesifik yang terjadi, yaitu sistem penerangan jalan umum

(PJU) berbasis energi surya[10]. Pada implementasi di lapangan, panel surya umumnya dipasang dalam posisi statis sehingga tidak mampu mengikuti perubahan sudut datang cahaya matahari sepanjang hari. Kondisi ini menyebabkan energi yang diserap tidak optimal, terutama pada pagi dan sore hari ketika sudut matahari berubah secara signifikan[11]. Akibatnya, daya yang dihasilkan panel menjadi tidak maksimal dan berdampak pada kinerja sistem penerangan.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, diperlukan inovasi yang mencakup manajemen sistem di samping pengoptimalan sumber energinya. Penerapan *solar tracker* dapat dijadikan opsi efektif, di mana panel surya didesain untuk mengikuti pergerakan posisi matahari agar penerimaan energi berjalan optimal. Data penelitian mengindikasikan bahwa mekanisme ini berhasil meningkatkan efisiensi operasional dan keluaran listrik secara masif jika dibandingkan dengan instalasi konvensional statis. Tambahan pula, integrasi jaringan *Internet of Things* (IoT) memegang peranan penting dalam mengakomodasi pengembangan industri energi listrik modern. Dengan IoT, sistem PJU dapat dimonitor secara real-time, mulai dari kondisi tegangan, arus, hingga performa panel surya dan baterai. Hal ini memungkinkan pengelolaan energi menjadi lebih efisien, respons terhadap gangguan lebih cepat, serta mendukung konsep *smart energy system*.

Berdasarkan uraian tersebut, penerapan *solar Tracker* berbasis *ESP32* yang terintegrasi dengan *IoT* dan *monitoring visual* melalui aplikasi *Android* menjadi penting untuk dikembangkan sebagai solusi teknologi penerangan jalan energi surya yang efisien, modern, dan berkelanjutan. Penelitian ini mengusulkan pengembangan berjudul **“Implementasi Solar Tracker Pada Pju Tenaga Surya**

**Terintegrasi Iot Dan Aplikasi Android Pada Apartement Samesta Jakabaring”** sebagai sosusi yang diharapkan mampu meningkatkan performa panel surya, memperpanjang umur komponen, serta memberikan kemudahan dalam pemantauan perangkat melalui teknologi digital.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Merujuk pada pemaparan latar belakang tersebut, poin-poin permasalahan pokok yang menjadi fondasi dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Sistem penerangan jalan umum berbasis energi surya konvensional masih menggunakan panel statis, sehingga belum mampu memaksimalkan penyerapan energi matahari karena panel tidak mengikuti pergerakan posisi sinar matahari setiap hari.
2. Belum adanya integrasi sistem kendali otomatis berbasis *mikrokontroler* yang mampu mengatur arah dan sudut panel surya secara *real-time* sesuai intensitas sinar matahari.
3. Belum tersedia aplikasi *Android* sebagai media pemantauan secara langsung, yang mengakibatkan terbatasnya *visibilitas* pengguna dalam mengamati variabel tegangan, status panel, serta kondisi sistem secara remote.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan gambaran permasalahan di atas, adapun rumusan masalah yang menjadi fokus utama penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana merancang sistem penerangan jalan berbasis energi surya yang dilengkapi dengan *solar Tracker* agar dapat mengoptimalkan penyerapan energi sinar matahari sepanjang hari?
2. Bagaimana merancang sistem *monitoring visual* menggunakan *ESP32-CAM* untuk mendeteksi gangguan fisik pada panel surya, sehingga kekurangan panel akibat debu, daun, atau *shading* dapat teridentifikasi dengan jelas?
3. Bagaimana mengembangkan aplikasi *Android* berbasis *IoT* yang dapat menampilkan data intensitas cahaya, tegangan panel, dan bukti *visual* kondisi panel secara *real-time* dari jarak jauh?

## 1.4 Manfaat Penelitian

### 1.4.1 Bagi Penulis

1. Menjadi rujukan tambahan sekaligus memperdalam pemahaman akademis mengenai pemanfaatan teknologi solar tracker berbasis ESP32 pada sistem energi surya. mengintegrasikan sensor LDR, motor servo, panel surya, ESP32, dan ESP32-CAM Menjadi rujukan tambahan sekaligus memperdalam pemahaman akademis mengenai pemanfaatan teknologi.
2. Menjadi sumber informasi serta materi rujukan bagi riset lanjutan yang relevan dengan domain *Internet of Things* (IoT), pemanfaatan energi terbarukan, maupun pengawasan kinerja panel surya.
3. Sebagai sarana wujud penerapan secara praktis atas pemahaman teori dan keahlian yang ditimba di Program Studi Teknologi Informasi ke dalam bentuk penelitian nyata.

### 1.4.2 Untuk Universitas

1. Menambah referensi dan literatur ilmiah di lingkungan Universitas Muhammadiyah Palembang, khususnya pada bidang IoT dan sistem monitoring berbasis mikrokontroler.
2. Mendukung pengembangan penelitian berbasis teknologi terapan yang relevan dengan kebutuhan masyarakat dan perkembangan industri 4.0.
3. Menjadi bahan rujukan guna menjadi referensi lanjutan bagi mahasiswa lainnya dalam memperdalam atau mereplikasi penelitian sejenis, khususnya dalam membangun dan merancang solar tracker.

### 1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan cakupan permasalahan di atas, tujuan yang hendak dicapai melalui penelitian ini mencakup:

1. Membangun serta mengimplementasikan perangkat *solar tracker* satu poros bertenaga ESP32 yang sanggup merespons dan mengekor lintasan paparan matahari secara otomatis.
2. Mengintegrasikan sensor LDR, motor servo, panel surya, ESP32, dan ESP32-CAM menjadi satu kesatuan sistem pemantauan yang tersinkronisasi.
3. Mengembangkan berbasis teknologi IoT dengan kapabilitas pengiriman informasi terkait tingkat pencahayaan dan nilai tegangan panel surya, serta kondisi visual panel secara real-time ke aplikasi Android.

4. Menguji kinerja sistem solar tracker dalam mengoptimalkan daya serap sinar matahari jika dikomparasikan dengan instalasi panel surya bersudut tetap (statis).

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penyajian materi pada skripsi ini dikelompokkan secara terstruktur dan bertahap melalui pembagian bab sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menyajikan fondasi penelitian yang meliputi latar belakang, formulasi masalah, pendekatan solusi, posisi riset (*state of the art*) dan kebaruan, kontribusi serta target penelitian, yang diakhiri dengan gambaran sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menyajikan tinjauan pustaka dan landasan konseptual guna mendukung serta memperkuat analisis dalam penelitian ini, meliputi Internet of Things (IoT), solar tracker, energi surya, aplikasi Android, sel surya bertipe mini, elemen penangkap intensitas cahaya berbasis sensor LDR, mikrokontroler ESP32, ESP32- CAM, motor servo SG90, baterai, switch, kabel jumper, miniatur lampu jalan LED, serta peran seluruh instrumen *hardware* dan *software* pendukung yang diintegrasikan ke dalam sistem buatan ini.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini mencakup uraian mengenai pendekatan metodologis yang diterapkan, meliputi penentuan lokasi, alokasi waktu, serta jadwal tahapan riset, kerangka penelitian, flowchart penelitian, metodologi penelitian, metode pengumpulan data, identifikasi spesifikasi kebutuhan, survei lapangan, perancangan modul perangkat

keras dan lunak, eksekusi implementasi, uji coba sistem, hingga tahap perbaikan kendala, testing lanjutan, serta analisis dan validasi data.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini mendemonstrasikan hasil eksekusi perancangan hingga tahap implemetasi dari teknologi *solar tracker* dengan mengintegrasikan unit ESP32, hasil integrasi sensor LDR, motor servo, panel surya, ESP32-CAM, serta sistem IoT berbasis Android. Bab ini juga memuat pembuktian efektivitas kerja sistem berdasarkan data hasil pengujian, yang dilanjutkan dengan pembedahan data intensitas cahaya, tegangan panel surya, akurasi pergerakan panel mengikuti arah matahari, performa monitoring visual, stabilitas komunikasi data IoT, serta evaluasi keseluruhan sistem berdasarkan tujuan penelitian.

#### **BAB V PENUTUP**

Bab penutup ini memaparkan konklusi utama dari hasil pengujian serta menyertakan arahan usulan untuk penyempurnaan studi berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Saputra and U. Surapati, “Analisis efektivitas sistem kendali otomatis PJU berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan metode regresi linier,” *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 5, no. 3, pp. 2582–2595, 2024, doi: 10.35870/jimik.v5i3.932.
- [2] F. S. Atmojo, Nurchim, and Pramono, “Prototype of IoT application for monitoring street lighting by utilizing solar power,” *Gener. J.*, vol. 9, no. 2, pp. 94–104, 2025, doi: 10.29407/gj.v9i2.25694.
- [3] S. Vishnu and M. Suresh, “AI and IoT based solar power monitoring with street light,” vol. 13, no. 11, pp. 7–13, 2023, doi: 10.9790/9622-13110713.
- [4] J. Lumban Gaol *et al.*, “Aplikasi Android untuk monitoring lahan pertanian secara realtime berbasis Internet of Things,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 3, pp. 564–572, 2020, doi: 10.28932/jutisi.v6i3.3039.
- [5] A. Kharisma, S. Pinandita, and A. E. Jayanti, “Literature review: Kajian potensi energi surya alternatif energi listrik,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 145–154, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.23956.
- [6] V. S. B. Rama, M. Muazzam, H. R. Kamath, and S. S. P. M. B. Sharma, “Design of smart solar street light monitoring system using IoT,” vol. 5, no. 8, pp. 1249–1254, 2018.
- [7] B. V. C. Bose and T. Karthik, “Solar tracking street light system,” *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, no. 07, pp. 2853–2857, 2025, doi: 10.56726/irjmets81360.
- [8] R. I. Putri, D. Radianto, Z. Amalia, A. G. Abdullah, D. Zakaria, and D. L. Hakim, “Development of a real-time monitoring model for solar-powered street lighting systems using Internet of Things,” *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 15, no. 6, pp. 29186–29193, 2025, doi: 10.48084/etasr.13063.
- [9] S. I. Desmira, D. Aribowo, and G. Priyogi, “Aplikasi sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk efisiensi energi pada lampu

- penerangan jalan umum,” *Prosisko J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 21–29, 2022.
- [10] D. H. Gultom, A. Dani, and B. Satria, “Analisis perancangan pembangkit listrik tenaga surya sebagai penyedia energi untuk lampu penerangan jalan di Desa Parsibarungan,” *J. Artif. Intell. Digit. Bus.*, vol. 4, no. 2, pp. 5247–5256, 2025.
- [11] A. Ullah and R. M. Oktaviandra, “Implementasi penghematan penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) di jalan kolektor primer,” pp. 356–363, 2020.
- [12] F. Khairurrizal, D. N. Purnamasari, M. Ulum, and F. Damayanti, “Smart monitoring sistem panel surya berbasis Internet of Things (IoT),” *Cyclotr. J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [13] B. Hari Purwoto, M. F. Alimul, and I. Fahmi Huda, “Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif,” *J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2023.
- [14] F. Afif and A. Martin, “Tinjauan potensi dan kebijakan energi surya di Indonesia,” vol. 6, no. 1, pp. 43–52, 2023.
- [15] F. Sitepu, M. E. Dalimunthe, and S. Anisah, “Optimalisasi daya luaran panel surya,” *JITET (J. Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 12, no. 3, 2024.
- [16] F. Saragih, R. Buaton, and M. Simanjuntak, “Rancang bangun solar tracker otomatis pada pengisian energi panel surya berbasis Internet of Things,” *J. Tek. Inform. dan Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 239–252, 2024, doi: 10.36754/jmkg.v6i2.120.
- [17] P. Aji and I. Roza, “Unit pengendali sistem hibrida panel surya dengan PLN pada penggunaan rumah tinggal,” vol. 8, no. 2, pp. 74–77, 2023.

- [18] M. Ulum, K. O. Saputra, A. K. Saputro, D. N. Purnamasari, and A. F. Ibadillah, "Perancangan lampu jalan dengan panel surya terintegrasi dan pengaturan otomatis intensitas cahaya," *Fortech*, no. DC, pp. 19–25, 2024.
- [19] J. Rezkyanzah and C. A. Putra, "Perancangan solar tracker berbasis Arduino sebagai penunjang sistem kerja solar cell dalam penyerapan energi matahari," vol. XI, 2016.
- [20] A. Rijanto, "Analisis perbandingan tegangan pada panel surya sistem tracking dan statis," *Majamecha*, vol. 6, no. 2, pp. 346–352, 2024.
- [21] H. A. M. P. P. Pratama and Martias, "Alat keamanan menggunakan sensor gerak dengan ESP32-CAM berbasis IoT," *INSANtek*, vol. 4, no. 2, pp. 69–76, 2023, doi: 10.31294/insantek.v4i2.2117.
- [22] N. Wiliani, A. Sani, and A. T. Andyanto, "Klasifikasi kerusakan dengan jaringan syaraf backpropagation pada permukaan solar panel," *JITK (J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Komput.)*, vol. 5, no. 1, pp. 89–94, 2019, doi: 10.33480/jitk.v5i1.662.
- [23] C. Indra, A. Fiqri, J. Arrofiqi, and F. B. Kurniawan, "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam pembelajaran statistik melalui data aktivitas fisik siswa," *J. Tadris Mat.*, vol. 2, no. 2, pp. 186–195, 2024.
- [24] A. G. Prawiyogi and A. S. Anwar, "Perkembangan Internet of Things (IoT) pada sektor energi: Sistematis literatur review," *J. MENTARI Manaj., Pendidik. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.254.
- [25] M. Dan and M. Lampu, "Pemanfaatan NodeMCU ESP8266 berbasis Android (Blynk) sebagai alat," vol. 1, no. 3, pp. 40–53, 2022.
- [26] Y. M. D. E. Saputra, M. T. N. Ramadhan, A. Maulida, B. Santoso, and I. Basri, "Design a smart solar tracker to increase energy output power generated in solar home system," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 53–62, 2024, doi: 10.46574/motivection.v6i1.286.
- [27] P. Pangaribuan and E. Susanto, "Perancangan sistem panel surya terkendali dalam dua sumbu untuk peningkatan efisiensi pembangkitan energi listrik," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 15, no. 1, 2019, doi: 10.17529/jre.v15i1.12232.

- [28] M. N. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "Mikrokontroler ESP32 sebagai alat monitoring pintu berbasis web," *JATI (J. Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- [29] A. Publikasi, H. Pengabdian, and E. Sumarno, "Implementasi light emitting diode sebagai penerangan jalan umum yang hemat daya," no. 6, 2023.
- [30] A. U. F. and A. B. Y., "Rancang bangun sistem greenhouse berbasis Internet of Things (IoT) untuk pertumbuhan tanaman melon pada lahan sempit," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 14, no. 1, 2026, doi: 10.23960/jitet.v14i1.8902.
- [31] A. W. Abdul Ali, F. A. Abdul Razak, and N. Hayima, "A review on the AC servo motor control systems," *Elektr. J. Electr. Eng.*, vol. 19, no. 2, pp. 22–39, 2020, doi: 10.11113/elektrika.v19n2.214.
- [32] A. R. Moh Hamam, Martanto, and A. R. Dikananda, "Meningkatkan efisiensi panel surya melalui IoT berbasis Arduino," *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 7, no. 1, pp. 204–212, 2025.
- [33] D. Annasthasya, I. Alfindoria, S. Rahayu, and O. I. Khair, "Metodologi penelitian kualitatif: Tinjauan literatur dalam konteks pendidikan," *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 3, no. 7, pp. 423–429, 2025.
- [34] A. R. Jamas, D. Anggraeni, M. A. N. Mubarak, and D. Aribowo, "Perangkat lunak komputer," vol. 2, no. 2, 2024.
- [35] A. Zahra, D. Nur, A. Jl, L. Pol, S. No, and K. P. Utara, "Analisa perbandingan penggunaan metodologi pengembangan perangkat lunak (Waterfall, Prototype, Iterative, Spiral, Rapid Application Development (RAD))," *J. Ris. Sist. Inf. dan Tek. Inform.*, vol. 2, no. 4, pp. 122–134, 2024.
- [36] F. B. Waskitho and F. Wibisono, "Pengujian perangkat lunak dengan menggunakan model Behaviour UML," *Juti*, vol. 1, no. 1, pp. 43–50, 2002.
- [37] N. Nugraha, L. Hartawan, R. M. Rachman, and S. Adi, "Peningkatan kinerja panel surya 10 Wp menggunakan solar tracker berbasis ESP32," vol. 5, no. 1, pp. 115–127, 2026.

- [38] N. M. D. Febriyanti, A. A. K. Oka, and I. N. Piarsa, "Implementasi Black Box Testing pada sistem informasi manajemen dosen," *JITTER—J. Ilm. Teknol. dan Komput.*, vol. 2, no. 3, 2021.
- [39] A. P. Putra *et al.*, "Pengujian aplikasi Point of Sale berbasis web menggunakan Black Box Testing," *J. Bina Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 74–79, 2014.
- [40] E. R. A. Larico and A. C. Gutierrez, "Solar tracking system with photovoltaic cells: Experimental analysis at high altitudes," *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 11, no. 3, pp. 630–639, 2022, doi: 10.14710/ijred.2022.43572.
- [41] A. G. S. Romdona and S. S. Junista, "Teknik pengumpulan data: Observasi, wawancara dan kuesioner," *J. Ilmu Sos. Ekon. dan Polit.*, vol. 3, no. 1, pp. 39–49, 2025.
- [42] L. A. Saputra and K. D. Irianto, "Perancangan sistem pengawasan dan pengendalian peralatan elektronik rumah tangga berbasis IoT," *Smart Comp J. Orang Pint. Komput.*, vol. 14, no. 1, pp. 151–165, 2025, doi: 10.30591/smartcomp.v14i1.7096.
- [43] A. Saádi, "Pengumpulan data yang efisien pada penelitian tindakan kelas: Teknik, alat, dan tantangan," *J. Ilmu Pendidik. dan Sos. Hum.*, vol. 2, no. 2, pp. 90–108, 2025.
- [44] P. W. Rusimamto, Endryansyah, L. Anifah, R. Harimurti, and Y. Anistyasari, "Implementation of Arduino Pro Mini and ESP32-CAM for temperature monitoring on automatic thermogun IoT-based," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 23, no. 3, pp. 1366–1375, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v23.i3.pp1366-1375.
- [45] Z. Titania Pricillia, "Survey paper: Perbandingan metode pengembangan perangkat lunak," *Bangkit Indones.*, vol. X, no. 1, pp. 6–12, 2021.
- [46] D. Universitas, B. Darma, J. Jenderal A. Yani, and N. Palembang, "Pengembangan perangkat lunak monitoring Wellies dengan metode Waterfall," *J. Ilm. MATRIK*, vol. 22, no. 1, pp. 122–130, 2020.
- [47] I. P. Dewi and L. Mursyida, *Dasar-Dasar Android Studio*. Bandung, Indonesia: Widina Bhakti Persada Bandung, 2021.

- [48] K. M. Habsari, Z. Arwin, H. N. K. Ningrum, and D. N. Prakoso, "Solar tracking system pada panel surya dengan metode optimum tegangan menggunakan mikrokontroler," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 12, no. 2, pp. 61–66, 2025, doi: 10.33795/elposys.v12i2.7269.
- [49] K. M. W. Hidayat And P. Sukadi, "Development Of A Web-Based Thesis Title Submission Information System : A Case Study At The Muhammadiyah University Of Palembang," *Int. J. Cist.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 72–75, 2022.