

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* STATUS  
PLTS (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA)  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DI TERMINAL 2  
SOEKARNO HATTA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Melengkapi Proyek Tugas Akhir dan  
Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan Program Strata 1 (Satu)  
Pada Jurusan Teknik Elektro

Disusun Oleh:

IKHSAN MAULANA

2114237030



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP  
BANDUNG  
2025**

|                                                                                   |                          |  |                            |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|----------|
|  | UNIVERSITAS SANGGA BUANA |  | FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN |          |
|                                                                                   | Jl. PH.H. Mustofa No.68  |  | No. Revisi                 | 04       |
|                                                                                   | Bandung, 40124           |  | Berlaku Efektif            | Mei 2025 |

## LEMBAR PENGESAHAN

### SKRIPSI

#### **RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* STATUS PLTS (PEMBANGKIT LKISTRIK TENAGA SURYA) BERBASIS *INTERNET* OF THINGS DI TERMINAL 2 SOEKARNO HATTA**

*Design and Construct System Status Monitoring of Solar Plant Based on Internet  
Of Things at Soekarno-Hatta International Airport Terminal 2*

Disusun oleh:

**IKHSAN MAULANA**

**2114237030**

Telah disetujui dan disahkan sebagai Skripsi Program S1 Teknik Elektro Fakultas  
Teknik Universitas Sangga Buana YPKP  
Bandung, Januari 2025

Disahkan Oleh:

Pembimbing 1



**Kusmadi, S.T., M.T.**

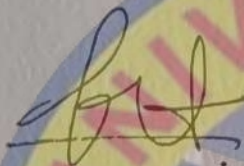
**NIK : 432.200.202**



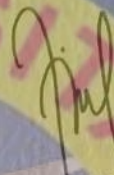
|                                                                                   |                                                                                  |                                       |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|
|  | <b>UNIVERSITAS SANGGA<br/>BUANA</b><br>Jl. PH.H. Mustofa No.68<br>Bandung, 40124 | <b>FORMULIR LEMBAR<br/>PENGESAHAN</b> |          |
|                                                                                   |                                                                                  | No. Revisi                            | 04       |
|                                                                                   |                                                                                  | Berlaku Efektif                       | Mei 2025 |

Penguji 1

Penguji 2



Muhammad Farhan Maulana, S.T., M.T  
 NIK. 990.000.151

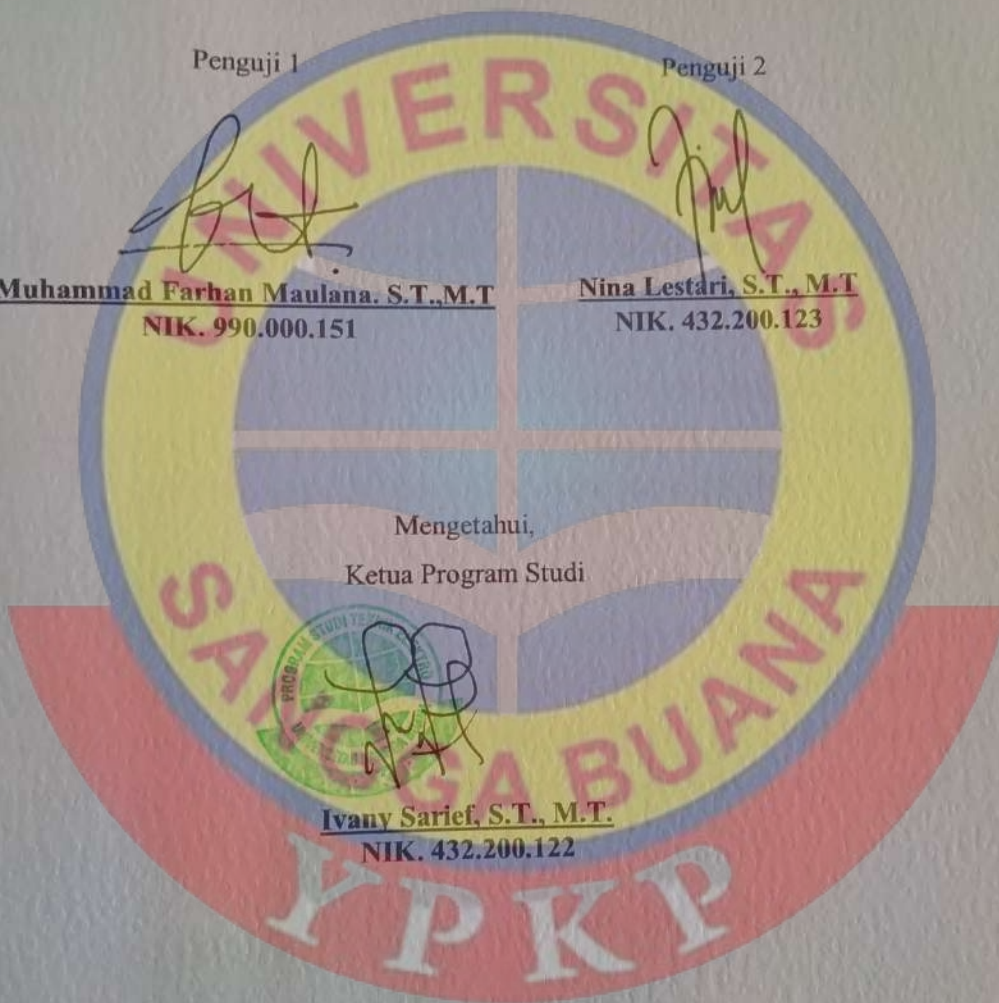


Nina Lestari, S.T., M.T  
 NIK. 432.200.123

Mengetahui,  
 Ketua Program Studi



Ivany Sarief, S.T., M.T.  
 NIK. 432.200.122



|                                                                                   |                                                   |  |                                   |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|
|  | <b>UNIVERSITAS SANGGA BUANA</b>                   |  | <b>FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN</b> |                 |
|                                                                                   | <b>Jl. PH.H. Mustofa No.68<br/>Bandung, 40124</b> |  | <b>No. Revisi</b>                 | <b>04</b>       |
|                                                                                   |                                                   |  | <b>Berlaku Efektif</b>            | <b>Mei 2025</b> |

### LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Nama : IKHSAN MAULANA  
 NPM : 2114237030  
 Alamat : Kp. Pabuaran Desa Malang Nengah Rt 003/002  
 E-mail : [ikhsanmaulana170620@gmail.com](mailto:ikhsanmaulana170620@gmail.com)

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan karya orisinal saya sendiri, dengan judul:

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING STATUS PLTS  
 (PEMBANGKIT LKISTRIK TENAGA SURYA) BERBASIS *INTERNET*  
*OF THINGS* DI TERMINAL 2 SOEKARNO HATTA**

*Design and Construct System Status Monitoring of Solar Plant Based on Internet  
 Of Things at Soekarno-Hatta International Airport Terminal 2*

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuwan dalam karya ini, atau ditemukan bukti yang menunjukkan ketidak aslian.



Bandung, 08 Maret  
2025.



IKHSAN MAULANA  
 NPM. 2114237030

## ABSTRAK

Keandalan pasokan listrik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta adalah faktor krusial untuk menunjang mutu pelayanan dan operasional. Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai energi terbarukan menjadi salah satu solusi utama untuk menjaga kontinuitas catu daya. Namun, sistem pemantauan yang ada saat ini masih menggunakan teknologi dry contact berbasis kabel yang sangat terbatas, karena hanya mampu mengirimkan sinyal alarm tanpa menyajikan data parameter operasional. Metode manual untuk pengecekan rutin juga terbukti tidak efisien, memakan banyak waktu, dan berbiaya tinggi, terutama mengingat kapasitas besar PLTS di bandara. Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini mengembangkan sebuah sistem pemantauan panel PLTS modern berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama yang mengumpulkan data dari berbagai sensor. Teknisi dapat memantau parameter esensial seperti keluaran listrik (tegangan, arus, daya) dan kondisi cuaca secara real-time melalui aplikasi pada smartphone. Seluruh data historis dan log kejadian secara otomatis direkam dan diarsipkan pada Google Sheets untuk analisis lebih lanjut. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah prototipe sistem monitoring yang tidak hanya memudahkan pemantauan jarak jauh, tetapi juga secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi waktu dan biaya pengecekan, serta mendukung pengambilan keputusan proaktif untuk pemeliharaan.

Kata Kunci: Internet of Things (IoT), Mikrokontroler ESP32, Monitoring, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)



## ABSTRACT

*The reliability of the electrical supply at Soekarno-Hatta International Airport is a crucial factor in supporting service quality and operations. The utilization of a Solar Power Plant (PLTS) as renewable energy is a primary solution for maintaining power supply continuity. However, the existing monitoring system still relies on a highly limited cable-based dry contact technology, which can only transmit alarm signals without providing operational parameter data. Manual methods for routine checks have also proven to be inefficient, time-consuming, and costly, especially considering the large capacity of the airport's solar plant. To overcome these challenges, this research develops a modern Internet of Things (IoT) based monitoring system for PLTS panels. This system utilizes an ESP32 microcontroller as the main processing unit to collect data from various sensors. Technicians can monitor essential parameters such as electrical output (voltage, current, power) and weather conditions in real-time through a smartphone application. All historical data and event logs are automatically recorded and archived on Google Sheets for further analysis. The outcome of this research is a prototype monitoring system that not only facilitates remote monitoring but also significantly improves operational efficiency by reducing inspection time and costs, while supporting proactive decision-making for maintenance.*

**Keywords:** *ESP32 Microcontroller, Internet of Things (IoT), Monitoring, Solar Power Plant (PLTS)*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat ALLAH SWT, atas rahmat dan hidayah – Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Status PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis *Internet Of Things* di Terminal 2 Soekarno Hatta”. Penulis menyusun skripsi ini sebagai syarat dalam menyelesaikan pendidikan tahap kemajuan sarjana pada Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Sangga Buana YPKP pada tahun 2025. Penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap adanya saran, kritik, dan masukan yang bersifat membangun agar supaya penulisan peniitian ini menjadi lebih baik dan bermanfaat. Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan hidayah-Nya.

Bandung, 08 Maret 2025

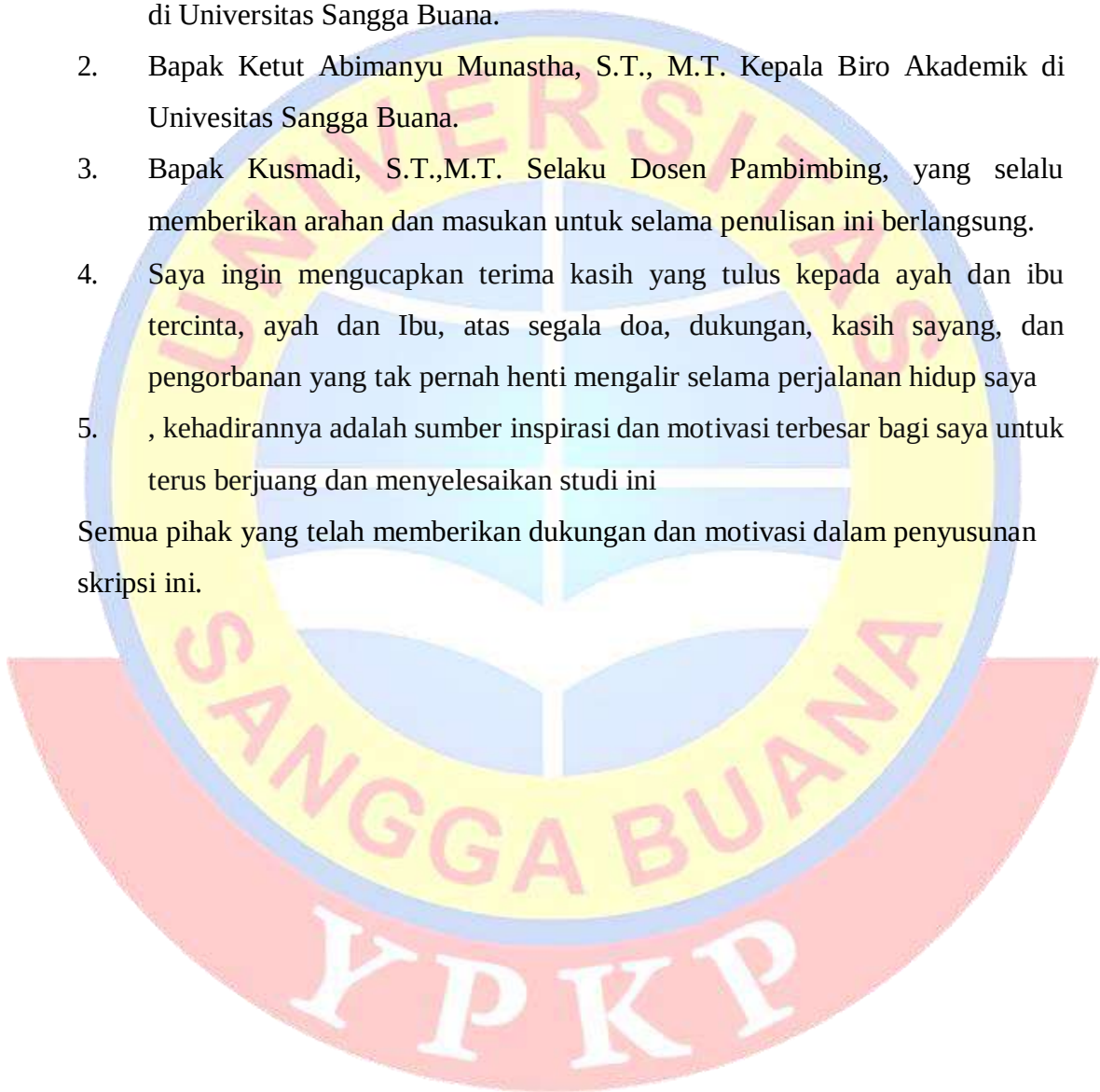
Ikhsan Maulana

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penyusunan proposal penelitian ini peneliti banyak mendapatkan bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Peneliti mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ivany Sarief, S.T., M.T. Selaku Ketua Prodi Fakultas Teknik Elektro di Universitas Sangga Buana.
2. Bapak Ketut Abimanyu Munastha, S.T., M.T. Kepala Biro Akademik di Univesitas Sangga Buana.
3. Bapak Kusmadi, S.T.,M.T. Selaku Dosen Pambimbing, yang selalu memberikan arahan dan masukan untuk selama penulisan ini berlangsung.
4. Saya ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada ayah dan ibu tercinta, ayah dan Ibu, atas segala doa, dukungan, kasih sayang, dan pengorbanan yang tak pernah henti mengalir selama perjalanan hidup saya
5. , kehadirannya adalah sumber inspirasi dan motivasi terbesar bagi saya untuk terus berjuang dan menyelesaikan studi ini

Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.





## DAFTAR ISI

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| ABSTRAK.....                                                | vii  |
| ABSTRACT .....                                              | viii |
| KATA PENGANTAR.....                                         | ix   |
| UCAPAN TERIMA KASIH .....                                   | x    |
| DAFTAR ISI.....                                             | xi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                         | xiii |
| DAFTAR TABEL.....                                           | xiv  |
| BAB I.....                                                  | 1    |
| PENDAHULUAN.....                                            | 1    |
| 1.1. Latar Belakang.....                                    | 1    |
| 1.2. Rumusan Masalah.....                                   | 2    |
| 1.3. Batasan Masalah .....                                  | 3    |
| 1.4. Tujuan .....                                           | 3    |
| 1.5. Manfaat Penelitian .....                               | 3    |
| 1.6. Metode Penelitian .....                                | 4    |
| 1.7. <i>State of The Art</i> .....                          | 4    |
| 1.8. Sistematika Penulisan.....                             | 6    |
| BAB II.....                                                 | 7    |
| TINJAUAN PUSTAKA.....                                       | 7    |
| 2.1. Sistem <i>Monitoring</i> .....                         | 7    |
| 2.1.1 PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).....           | 7    |
| 2.1.2 Suhu.....                                             | 9    |
| 2.2. Daya Listrik.....                                      | 10   |
| 2.3. Internet of Things (IoT).....                          | 11   |
| 2.4. Aplikasi <i>Monitoring</i> .....                       | 11   |
| 2.5. Komponen-Komponen yang Digunakan.....                  | 12   |
| 2.5.1 Mikro Kontroler ESP 32.....                           | 12   |
| 2.5.2 Sensor DHT22 .....                                    | 13   |
| 2.5.3 LCD I2C ( <i>Liquid Cristal Display</i> ) 20 x 4..... | 15   |
| 2.5.4 Modul Sensor Tegangan ZMPT101B.....                   | 15   |
| 2.5.5 <i>Buzzer</i> .....                                   | 16   |
| 2.5.6 Modul Sensor Tegangan.....                            | 17   |
| 2.5.7 <i>Power Supply</i> .....                             | 17   |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 2.5.8 Sensor Arus ACS712 .....                      | 18 |
| BAB III.....                                        | 20 |
| METODE PENELITIAN .....                             | 20 |
| 3.1. Gambaran Umum.....                             | 20 |
| 3.2. Rangkaian Alat .....                           | 22 |
| 3.3. Perancangan Alat .....                         | 24 |
| 3.3.1. Alat dan Bahan.....                          | 24 |
| 3.3.2. Alat Desain .....                            | 26 |
| 3.3.3. Rangkaian Tiap Blok Diagram.....             | 27 |
| 3.4. <i>Flowchat</i> Sistem Kerja .....             | 31 |
| 3.5. Alur Penelitian .....                          | 33 |
| 3.5.1 Pengujian alat.....                           | 33 |
| 3.5.2 Pengambilan Data .....                        | 34 |
| 3.5.3 Pengolahan Data .....                         | 36 |
| 3.5.4 Analisis Data.....                            | 37 |
| 3.5.5 Sistem Pengujian.....                         | 38 |
| 3.5.6 Waktu dan Tempat Penelitian.....              | 38 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....                    | 39 |
| 4.1. Implementasi Sistem .....                      | 39 |
| 4.1.1 Implementasi Perangkat Keras (Hardware) ..... | 39 |
| 4.1.2. Implementasi Perangkat Lunak (Software)..... | 39 |
| 4.2. Pengujian Sistem.....                          | 41 |
| 4.3. Pembahasan (Analisis).....                     | 48 |
| BAB V.....                                          | 50 |
| KESIMPULAN DAN SARAN .....                          | 50 |
| 5.1. Kesimpulan .....                               | 50 |
| 5.2. Saran.....                                     | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                | 52 |
| LAMPIRAN .....                                      | 54 |
| DOKUMENTASI PENELITIAN .....                        | 54 |
| PROGAM YANG DIGUNAKAN.....                          | 55 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1. 1 Diagram State of The Art .....               | 5   |
| Gambar 2. 2 PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) ..... | 9   |
| Gambar 2. 3 Microcontroller ESP32.....                   | 13  |
| Gambar 2. 4 Sensor DHT 22 .....                          | 14  |
| Gambar 2. 5 LCD I2C (Liquid Cristal Display) 20 x 4..... | 15  |
| Gambar 2. 6 Modul ZMPT101B.....                          | 16  |
| Gambar 2. 7 Buzzer .....                                 | 17  |
| Gambar 2. 8 Sensor Tegangan DC.....                      | 17  |
| Gambar 2. 9 Power Supply.....                            | 18  |
| Gambar 2. 10 Sensor Arus.....                            | 18  |
| Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian.....            | xiv |
| Gambar 3. 2 Diagram Kerja Alat .....                     | 22  |
| Gambar 3. 3 Desain Alat .....                            | 26  |
| Gambar 3. 4 Rangkaian Diagram Alat .....                 | 27  |
| Gambar 3. 5 Rangkaian Input Sensor DHT22.....            | 28  |
| Gambar 3. 6 Rangkaian ZMPT101B.....                      | 28  |
| Gambar 3. 7 Rangkaian LCD (Liquid Cristal Display).....  | 29  |
| Gambar 3. 8 Rangkaian Sensor Tegangan DC .....           | 30  |
| Gambar 3. 9 Rangkaian Buzzer pada ESP32.....             | 30  |
| Gambar 3. 10 Rangkaian Module LDR Pada ESP32.....        | 31  |
| Gambar 3. 11 Hardware Keseluruhan .....                  | 31  |
| Gambar 3. 12 Flowchart Sistem Kerja Alat.....            | 32  |
| Gambar 3. 13 Temperature Humidity Meter .....            | 35  |
| Gambar 4. 1 Tampilan Maket .....                         | 39  |
| Gambar 4. 2 Tampilan Di google Sheets.....               | 40  |
| Gambar 4. 3 Tampilan Di Blynk.....                       | 41  |



## DAFTAR TABEL

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. 1 Referensi Jurnal yang Digunakan.....             | 5  |
| Tabel 2. 2 Standar Suhu Terminasi .....                     | 10 |
| Tabel 2. 3 Spesifikasi Microcontroller ESP32.....           | 13 |
| Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor DHT 22 .....                  | 14 |
| Tabel 3. 1 Alat Yang Digunakan .....                        | 25 |
| Tabel 3. 2 Bahan Yang Digunakan .....                       | 25 |
| Tabel 3. 3 Fitur Temperature Humidity Meter FLUKE 971 ..... | 35 |
| Tabel 4. 1 Pengujian Fungsional.....                        | 41 |
| Tabel 4. 2 Pengujian Akurasi Sensor Baterai .....           | 43 |
| Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Tegangan Solar Panel.....       | 44 |
| Tabel 4. 4 Pengujian Sensor Tegangan AC (ZMPT101B).....     | 45 |
| Tabel 4. 5 Pengujian Sensor dht22.....                      | 47 |



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Bandara Internasional Soekarno-Hatta, yang terletak sekitar 20 kilometer dari Jakarta dan hanya 7 kilometer dari Tangerang, berfungsi sebagai gerbang utama Indonesia bagi wisatawan dan kargo. Letaknya yang strategis menjadikannya pusat vital bagi konektivitas dan pertumbuhan ekonomi nasional. Untuk mengakomodasi tingginya volume penumpang dan barang yang melintas, bandara ini dilengkapi dengan fasilitas mutakhir dan infrastruktur modern. Peningkatan ini penting untuk memastikan pengalaman yang lancar, efisien, dan nyaman bagi para wisatawan, sekaligus mendukung pembangunan nasional yang lebih luas dan ambisi perdagangan internasional.

Dengan perkembangan kemajuan teknologi yang sangat pesat serta persaingan yang semakin ketat dan tidak bolehnya mati sumber catu daya di bandara untuk meningkatkan mutu pelayanan bandara bagi pengguna jasa, maka dibutuhkan catu daya backup diantaranya adalah sumber catu daya cadangan selain genset yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berfungsi sebagai sumber energi cadangan yang andal, bertransisi secara mulus dari jaringan listrik utama saat terjadi pemadaman atau gangguan. Peralihan otomatis ini memastikan seluruh sistem tetap beroperasi tanpa gangguan, tanpa pemutusan atau waktu henti. Dengan menyediakan pasokan listrik yang stabil dan berkelanjutan, PLTS secara signifikan meningkatkan keandalan dan ketahanan sistem secara keseluruhan, mendukung akses energi yang konsisten bahkan dalam kondisi yang sulit.

Panel surya, meskipun merupakan sumber terbarukan yang berharga, tidak dapat terus-menerus memasok daya ke sistem saat cuaca buruk atau terjadi pemadaman listrik. Kapasitasnya yang terbatas membuat panel surya tidak dapat menghasilkan energi yang cukup dalam kondisi seperti itu, dan baterai yang habis tidak dapat menyediakan daya cadangan, sehingga

menyoroti perlunya sumber energi tambahan untuk memastikan kelancaran operasional.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berfungsi sebagai sumber energi cadangan yang vital, memastikan pasokan listrik tanpa gangguan selama pemadaman listrik. PLTS dengan mudah beralih dari jaringan primer ke energi surya yang tersimpan dalam baterai ketika terjadi gangguan, sehingga menjaga konsistensi operasional. Transisi yang andal ini membantu mencegah penghentian sistem, mendukung stabilitas energi, dan mendorong pengelolaan daya yang berkelanjutan dan ramah lingkungan, menjadikan PLTS sebagai komponen penting infrastruktur energi modern yang tangguh.

Pemantauan panel PLTS yang luas di Bandara Soekarno-Hatta menghadirkan tantangan yang signifikan. Proses manual yang terlibat memakan waktu dan biaya, seringkali membutuhkan upaya manusia yang substansial untuk memeriksa setiap panel secara individual. Selain itu, sistem kontak kering yang ada hanya memberikan sinyal alarm melalui kabel sederhana, tanpa memberikan wawasan waktu nyata (real-time) mengenai parameter vital seperti tegangan dan arus. Kurangnya data yang detail dan langsung ini menghambat pemeliharaan yang efisien dan pemecahan masalah yang tepat waktu. Untuk memastikan operasi dan keselamatan yang optimal, sistem pemantauan otomatis yang lebih canggih yang memberikan informasi berkelanjutan dan waktu nyata (real-time) sangat penting untuk mengelola sistem kelistrikan kritis ini secara efektif.

Studi ini mengusulkan sistem inovatif berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk terus memantau status operasional dan kinerja pembangkit listrik tenaga surya, memastikan manajemen yang efisien dan pemeliharaan yang tepat waktu.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang di atas maka didapatkan pokok-pokok pembahasan masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem *Monitoring* dapat memantau parameter – parameter status daya dan cuaca pada panel PLTS?



2. Bagaimana realisasi sistem *Monitoring* panel PLTS secara *Internet Of Things*?

### 1.3. Batasan Masalah

Agar masalah-masalah pada tugas akhir tidak meluas maka akan dibatasi untuk membahas masalah-masalah sebagai berikut:

1. Hanya membuat alat dengan koneksi wifi untuk komunikasi dengan aplikasi *Monitoring* di *smart phone* sebagai media *Monitoring*.
2. Hanya menggunakan LCD dan *SmartPhone* sebagai media menampilkan data
3. *Monitoring* ini dibuat hanya untuk menampilkan nilai tegangan masuk, tegangan baterai, tegangan keluar, arus keluar, Daya keluar dan indikasi status cuaca dari panel PLTS
4. Sebagai contoh dalam rancang bangun ini yang dimonitor adalah panel PLTS
5. Penelitian ini tidak membahas bahasa pemrograman yang detail

### 1.4. Tujuan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kedua tujuan penelitian telah berhasil dicapai:

1. Sebuah sistem pemantauan panel PLTS berbasis *Internet of Things* (IoT) telah berhasil dirancang dan dibangun. Sistem ini terbukti mampu mengirimkan data parameter kelistrikan (tegangan, arus, daya) dan kondisi cuaca secara daring dan *real-time*, yang dapat diakses langsung melalui aplikasi *smartphone* dan dicatat pada Google Sheets.
2. Dengan adanya sistem ini, proses pemantauan status peralatan menjadi jauh lebih mudah. Teknisi dapat secara efektif dan efisien mengetahui apakah sebuah peralatan panel PLTS beroperasi dalam kondisi normal atau tidak dari jarak jauh, tanpa perlu melakukan pengecekan manual yang memakan waktu dan biaya.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan rekomendasi awal sebagai langkah antisipasi dalam perawatan atau *maintenance* peralatan panel PLTS .
2. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan manfaat yang signifikan bagi instansi yang mengoperasikan sistem tenaga surya skala besar dengan mengembangkan solusi pemantauan dan manajemen jarak jauh yang canggih. Inovasi ini akan memungkinkan pelacakan status operasional setiap unit secara real-time, meningkatkan efisiensi, memastikan pemeliharaan yang cepat, dan mengoptimalkan produksi energi, yang pada akhirnya mendukung inisiatif energi berkelanjutan dan mengurangi biaya operasional.

#### **1.6. Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam menyusun proposal melibatkan penelitian dan analisis menyeluruh.:

##### **1. Metode Pustaka**

Dengan menggunakan referensi perpustakaan dari buku dan jurnal yang relevan, saya dengan cermat mengumpulkan sumber-sumber yang kredibel untuk mendukung dan memperkuat kualitas tugas secara keseluruhan.

##### **2. Metode Analisa**

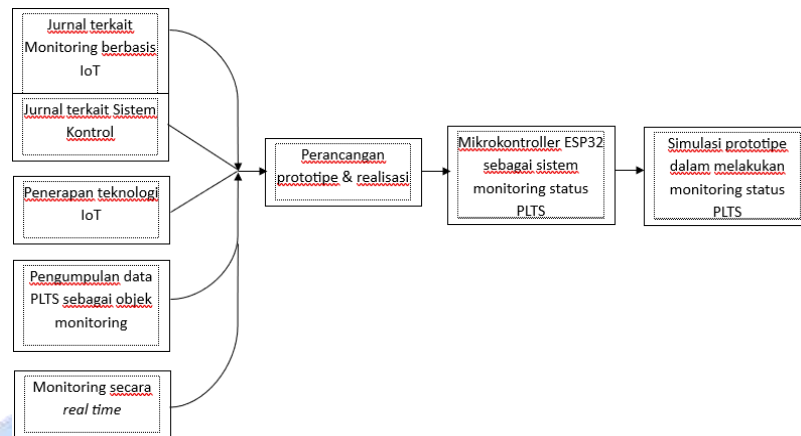
Mengevaluasi desain dan hasil berbagai proyek yang dibuat untuk menentukan efektivitas dan kualitasnya.

##### **3. Metode Eksperimen**

Melakukan pengukuran yang tepat dan menganalisis hasil sistem secara menyeluruh untuk memastikan kinerja dan akurasi yang optimal.

#### **1.7. State of The Art**

State of arts dan roadmap dalam konteks penelitian berfungsi sebagai elemen penting untuk memahami dan merumuskan posisi penelitian dalam ranah ilmiah yang lebih luas. State of the art terlihat pada penggunaan jurnal terkait sistem kendali, penerapan teknologi IoT dan sistem monitoring status pada PLTS Terminal 2 Bandara Soekarno-Hatta



Gambar 1. 1 Diagram State of The Art

Tabel 1. 1 Referensi Jurnal yang Digunakan

| Judul Jurnal                                                                       | Penulis                         | Tahun Terbit | Metode Penelitian | Sistem Kerja                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kajian sistem Monitoring dokumen akreditasi teknik informatika unikom              | N. I. Widiastuti dan R. Susanto | 2014         | Kuantitatif       | Melakukan pengisian secara manual terkait dokumen akreditasi sesuai panduan DIKTI                                                             |
| Sistem Monitoring Data Aset Dan Inventaris Pt Telkom Cianjur Berbasis Web          | Mardiani, G. T. (2013)          | 2013         | Kualitatif        | Monitoring ERD ( <i>Entity Relationship Diagram</i> ) berbasis LAN dan Dekstop Support                                                        |
| Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database              | Dinata, I., & Sunanda, W.       | 2015         | Kualitatif        | Melakukan monitoring Energi Listrik berdasarkan database                                                                                      |
| Implementasi Internet of Things Untuk Menjaga Kelembaban Udara Pada Budidaya Jamur | A. R. Agusta, J. Andjarwirawan  | 2009         | Kualitatif        | Sistem monitoring kelembapan udara untuk budidaya jamur dengan memanfaatkan <i>Internet of Things</i> (IoT) guna untuk menjaga kualitas jamur |
| WATERSOR ' (Waterlogging Sensor )Monitoring Genangan Air di Kota Malang Berbasis   | F. A. Saputra and I. D. Wahyono | 2018         | Kualitatif        | Membuat aplikasi dengan memanfaatkan sensor banjir di berbagai tempat kota malang dan menghubungkan dengan                                    |



| Judul Jurnal                                                                              | Penulis                                 | Tahun Terbit | Metode Penelitian | Sistem Kerja                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------|-------------------|----------------------------------------------------|
| ThingSpeak Framework                                                                      |                                         |              |                   | server ThingSpeak Framework                        |
| Rancang Bangun Sistem Pengukuran Pada Alat Kalibrasi Sensor Gas Oksigen (O <sub>2</sub> ) | Z. Latif, A. Wahjudi, and B. Sudarmanta | 2014         | Kualitatif        | Membuat prototipe untuk mengukur kadar gas oksigen |

### 1.8. Sistematika Penulisan

Penulis dengan cermat menyusun laporan penelitian ke dalam bab-bab yang terstruktur dengan baik, memastikan setiap bagian memberikan kontribusi pada pemahaman yang lebih jelas dan navigasi yang lebih mudah bagi pembaca di seluruh studi komprehensif.:

#### **Bab I Pendahuluan**

Pendahuluan memberikan informasi latar belakang, menguraikan dilema utama, menyatakan tujuan penelitian, menjelaskan metode yang digunakan, dan membahas potensi keterbatasan.

#### **Bab II Tinjauan Pustaka**

Bab ini memberikan tinjauan komprehensif tentang komponen-komponen penting yang terlibat dalam proses penelitian. Bab ini menguraikan tentang penambahan pengetahuan yang relevan ke dalam literatur yang ada, membahas teori-teori pendukung yang mendasari penelitian, dan menawarkan penjelasan rinci tentang metode dan rangkaian penelitian yang digunakan, memastikan kejelasan dan ketelitian dalam penelitian.

#### **Bab III Metodologi Penelitian**

Bab ini mengupas secara menyeluruh langkah-langkah penelitian penting, termasuk pemilihan alat dan bahan yang tepat, prosedur terperinci, dan berbagai metode yang krusial untuk melakukan penelitian yang komprehensif dan efektif..

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Untuk mengembangkan sistem pemantauan status peralatan berbasis IoT secara efektif, penerapan metodologi penelitian yang berakar pada studi sebelumnya sangatlah penting. Pendekatan ini memastikan fondasi yang kokoh, mendorong praktik terbaik, dan meningkatkan akurasi serta keandalan solusi pemantauan.

#### **2.1. Sistem Monitoring**

Penelitian yang dilakukan oleh Mardiani Monitoring menggunakan pendekatan sistematis untuk terus melacak dan menganalisis pengukuran serta evaluasi. Proses ini membantu menilai status terkini objek secara akurat, mengidentifikasi tren yang muncul, dan memantau kemajuan menuju tujuan pengelolaan yang telah ditetapkan. Dengan memberikan wawasan yang detail, data mendukung pengambilan keputusan yang terinformasi dan memungkinkan evaluasi efektivitas berbagai intervensi dan strategi, memastikan peningkatan dan keberhasilan yang berkelanjutan.

Menurut Nelly Indriyani dan Rani Susanto, pemantauan merupakan proses vital yang melibatkan pengumpulan dan analisis data secara sistematis terkait berbagai kegiatan atau program. Proses ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang jelas yang membantu mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dan memandu tindakan korektif yang diperlukan. Pemantauan mencakup pengukuran berkelanjutan dan tingkat tinggi yang dilakukan secara berkala untuk melacak kemajuan dari waktu ke waktu. Dengan mempertahankan pengawasan yang konsisten, organisasi dapat memastikan inisiatif mereka tetap selaras dengan tujuan, memungkinkan penyesuaian yang tepat waktu, dan mendorong peningkatan berkelanjutan untuk mencapai hasil yang diinginkan secara efektif.

Febriani dan Putra menekankan bahwa riset pemantauan melibatkan pengukuran dan evaluasi berkelanjutan untuk memastikan kemajuan menuju tujuan yang ditetapkan terlacak secara efektif. Proses ini membantu menilai keberhasilan tindakan manajemen dan memahami dampaknya seiring waktu. Dengan mengamati dan menganalisis data secara sistematis, organisasi dapat

mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan, membuat keputusan yang tepat, dan meningkatkan proses mereka. Secara keseluruhan, riset pemantauan memainkan peran penting dalam mendorong akuntabilitas dan memastikan pencapaian tujuan secara efisien dan efektif.

#### **2.1.1 PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)**

PLTS, atau Sistem Tenaga Listrik Terlokalisasi Portabel, adalah sistem kelistrikan mandiri yang dirancang untuk beroperasi secara independen. Sistem ini memastikan pasokan daya berkelanjutan selama pemadaman atau gangguan, berfungsi dengan lancar tanpa bergantung pada sumber eksternal, sehingga menjaga stabilitas dan keandalan operasional dalam situasi kritis.

Dalam pengaturan kelistrikan standar, catu daya primer, juga dikenal sebagai catu daya utama, memasok listrik langsung dari jaringan listrik umum (PLN). Catu daya ini bertanggung jawab untuk menyediakan daya rutin yang dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan dan sistem. Untuk memastikan kelancaran operasional selama pemadaman atau kegagalan, catu daya sekunder berfungsi sebagai sistem cadangan atau siaga. Sumber daya cadangan ini aktif secara otomatis ketika catu daya primer terputus, menjaga aliran daya tetap lancar dan mencegah gangguan operasional.

Pembangkit listrik tenaga surya menyediakan energi yang andal dan berkualitas tinggi, menjamin pasokan tanpa gangguan bahkan saat hari berawan atau kondisi cahaya matahari rendah, dengan demikian mendukung kebutuhan energi yang konsisten dan mendorong sumber daya terbarukan yang berkelanjutan untuk masa depan.

Pembangkit listrik tenaga surya menyediakan listrik yang andal dan berkualitas tinggi, menjamin kesinambungan daya bahkan jika sumber energi tradisional gagal atau selama periode sinar matahari rendah, berkontribusi pada masa depan energi yang berkelanjutan dan tangguh bagi masyarakat.

1. Dalam gaya standar, baterai langsung memasok daya jika pasokan utama gagal, memastikan operasi berkelanjutan dan mencegah gangguan apa pun pada sistem penting.



2. Menyeimbangkan tegangan dan frekuensi untuk kinerja optimal.
3. Dalam desain konvensional, secara efektif menghilangkan gangguan tegangan di luar catu daya utama, memastikan operasi yang lebih bersih.
4. Menyediakan beban dengan frekuensi yang berbeda melibatkan penyesuaian sumber daya, sementara jenis tenaga surya meliputi sistem fotovoltaik, kolektor termal surya, dan tenaga surya terkonsentrasi, yang masing-masing memanfaatkan sinar matahari secara unik.
  - a. Komponen elektronik digunakan dalam rangkaian PL statis.
  - b. Rotary PLTS menggunakan motor alternator untuk menghasilkan tenaga listrik secara efisien dan andal dalam sistem energi terbarukan.



Gambar 2. 1 PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

### 2.1.2 Suhu

Suhu adalah pengukuran mendasar yang menunjukkan seberapa panas atau dingin suatu benda, memberikan wawasan tentang keadaan termalnya. Untuk menentukan suhu, para ilmuwan dan orang-orang biasa menggunakan alat yang disebut termometer, yang merespons panas benda yang diukur. Satuan Sistem Internasional (SI) untuk suhu adalah Kelvin (K), yang terutama digunakan dalam konteks ilmiah. Namun, dalam kehidupan sehari-hari, kita sering mengandalkan skala suhu lain seperti Celsius, Fahrenheit, dan Reamur. Skala Celsius banyak digunakan di seluruh dunia, di mana  $0^{\circ}\text{C}$  menandai titik beku air, dan  $100^{\circ}\text{C}$  menunjukkan titik didihnya pada tekanan atmosfer



standar 1 atmosfer. Umumnya, suhu yang lebih tinggi menandakan bahwa benda tersebut mengandung lebih banyak energi panas, yang berarti lebih panas. Memahami suhu membantu kita dalam memasak, prakiraan cuaca, dan banyak eksperimen ilmiah, menjadikannya aspek penting dari kehidupan kita sehari-hari dan dunia alam.

Standar PT Angkasa Pura II untuk suhu sambungan konduktor switchgear mengikuti pedoman industri yang ketat, memastikan keselamatan dan keandalan dengan mempertahankan suhu operasi yang optimal untuk mencegah panas berlebih dan kegagalan peralatan.

Tabel 2. 1 Standar Suhu Terminasi

| No | Standard    | Penjelasan                      |
|----|-------------|---------------------------------|
| 1  | 0 - 10°C    | Kondisi Baik                    |
| 2  | >10°C -25°C | Periksa Saat Pemeliharaan       |
| 3  | >25°C -40°C | Rencana perbaikan Dalam 30 Hari |
| 4  | >40°C -70°C | Perbaikan Segera                |
| 5  | 70°C        | Kondisi Darurat                 |

## 2.2. Daya Listrik

Dalam sistem daya AC, daya aktif melakukan kerja, sementara daya reaktif menopang medan elektromagnetik.[5]

### 1. Daya Aktif

Daya aktif, diukur dalam watt, digunakan oleh konsumen dan biasanya dapat diubah menjadi pekerjaan yang bermanfaat, seperti menyalakan peralatan, lampu, dan perangkat elektronik, sehingga memungkinkan aktivitas sehari-hari dan memastikan berfungsinya berbagai sistem dengan baik.

$$P = V.I.\cos \theta \text{ [kW].....()}$$

### 2. Daya Reaktif

Daya reaktif, diukur dalam volt-ampere reaktif (VAR), sangat penting untuk membangun dan mempertahankan medan magnet dalam sistem kelistrikan. Daya reaktif memungkinkan pembangkitan fluks magnet, yang krusial bagi pengoperasian transformator, motor, dan perangkat elektromagnetik lainnya.

$$Q = V.I.\sin \theta \text{ [kVA]} \dots\dots ()$$

### 3. Daya Semu

Dalam gaya standar, dapat dipahami bahwa daya nyata, yang diukur dalam volt-ampere (VA), mewakili efek gabungan dari daya aktif, yang bertanggung jawab atas pekerjaan yang bermanfaat, dan daya reaktif, yang menopang medan listrik dan magnet dalam sistem.

$$S = V.I \text{ [kVA]} \dots\dots ()$$

### 2.3. Internet of Things (IoT)

*Internet of Things (IoT)* adalah teknologi *revolusioner* yang menghubungkan benda sehari-hari, sensor, dan pengontrol ke internet. Jaringan yang saling terhubung ini memungkinkan pengumpulan data secara real-time, kontrol yang lancar, dan komunikasi yang efisien antarperangkat. Hasilnya, pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi penting kapan pun dan di mana pun, meningkatkan kenyamanan dan pengambilan keputusan. Aplikasi IoT menjangkau berbagai industri, mengubah cara kita hidup, bekerja, dan berinteraksi dengan lingkungan melalui sistem yang lebih cerdas dan responsif.[6]

### 2.4. Aplikasi *Monitoring*

*Monitoring* adalah aplikasi buatan untuk pemantauan hasil pembacaan sensor yang telah di proses ESP32 dan dikirim melalui firebase yang telah terhubung dengan internet, aplikasi ini berguna sebagai pemantauan status daya alat atau kondisi alat yang sedang di monitor yang bisa di pantau secara *realtime* di manapun kapan pun dengan kondisi terhubung internet. Aplikasi *monitoring* di buat untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam memantau kondisi alat tanpa perlu melihat lokasi alat. Aplikasi *monitoring* ini juga dapat mempermudah dalam sebuah perbaikan masalah, karna akan mengirim pesan notifikasi peringatan apa bila kondisi alat dalam keadaan tidak menyala karna terkendala supply listrik PLN. Aplikasi *monitoring* di buat dengan aplikasi pc android studio yang kemudian dapat di install oleh handphone android.[7]

## **2.5. Komponen-Komponen yang Digunakan**

Pemantauan multi-UPS berbasis IoT memerlukan berbagai komponen seperti sensor, modul komunikasi, dan unit pemrosesan data untuk manajemen yang efisien.

### **2.5.1 Mikro Kontroler ESP 32**

ESP32 adalah mikrokontroler serbaguna dan bertenaga yang terkenal dengan arsitektur dual-core-nya, memungkinkan pemrosesan yang efisien untuk berbagai aplikasi. Dilengkapi dengan kemampuan WiFi dan Bluetooth terintegrasi, ESP32 memfasilitasi konektivitas nirkabel yang lancar. RAM yang besar dan dukungan komprehensif untuk protokol seperti TCP/IP dan HTTP menjadikannya pilihan ideal untuk proyek IoT, perangkat pintar, dan sistem tertanam, menawarkan ketahanan dan fleksibilitas untuk pengembangan inovatif.

Mikrokontroler ESP32 adalah perangkat serbaguna yang menawarkan dukungan untuk sinyal analog, integrasi sensor, input/output digital, dan konektivitas Bluetooth. Fitur-fiturnya yang komprehensif menjadikannya ideal untuk berbagai proyek IoT, memungkinkan komunikasi, pengumpulan data, dan otomatisasi yang lancar dalam aplikasi pintar.

ESP32 adalah modul WiFi serbaguna dan berkinerja tinggi yang sempurna untuk proyek-proyek yang terhubung ke internet. Modul ini mendukung I/O analog dan digital, sehingga sangat mudah beradaptasi untuk berbagai aplikasi. Fitur-fiturnya yang canggih memungkinkan pengembang untuk menciptakan perangkat yang efisien dan andal dengan mudah. Baik untuk robotika, IoT, maupun otomatisasi, ESP32 menawarkan fleksibilitas yang dibutuhkan untuk solusi teknologi inovatif.

Ekstensi ESP32 dilengkapi prosesor dual-core serbaguna, dengan CPU yang beroperasi pada 80 MHz dan 160 MHz, memberikan daya pemrosesan yang tangguh. Ekstensi ini mencakup periferal terintegrasi seperti ADC dan DAC untuk penanganan sinyal analog, serta antarmuka I2C dan I2S untuk komunikasi dan transfer data audio. Kombinasi ini menjadikannya ideal untuk aplikasi tertanam tingkat lanjut.



Modul serbaguna ini secara mulus mendukung protokol WiFi TCP/IP dan konektivitas Bluetooth, memungkinkan komunikasi yang andal dan efisien antara perangkat menggunakan platform ESP32 yang kuat, ideal untuk berbagai aplikasi IoT.9]



Gambar 2. 2 Microcontroller ESP32

Dalam gaya standar, ESP32 berfungsi sebagai unit pemrosesan pusat, mengelola data yang masuk dengan presisi. Ia menganalisis, mengatur, dan meneruskan informasi secara efisien, layaknya otak manusia yang mengoordinasikan pikiran dan tindakan. Perannya sangat penting dalam memastikan kelancaran operasi dan komunikasi yang efektif di dalam sistem.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Microcontroller ESP32

| No | Atribut            | Detail                     |
|----|--------------------|----------------------------|
| 1  | Tegangan           | 3.3 Volt                   |
| 2  | Prosesor           | Tensilica L108 32 bit      |
| 3  | Kecepatan prosesor | Dual 160MHz                |
| 4  | RAM                | 520K                       |
| 5  | GPIO               | 34                         |
| 6  | ADC                | 7                          |
| 7  | Dukungan 802.11    | 11b/g/n/e/i                |
| 8  | Bluetooth          | BLE (Bluetooth Low Energy) |
| 9  | SPI                | 3                          |
| 10 | I2C                | 2                          |
| 11 | UART               | 3                          |

### 2.5.2 Sensor DHT22

Sensor DHT22 mengintegrasikan elemen penginderaan dan IC pengontrol dalam satu paket ringkas. Sensor ini memiliki tiga atau empat pin

untuk koneksi yang mudah dan dilengkapi pembagi resistor NTC yang membantu mengukur suhu secara akurat. Desain ini memastikan pembacaan kelembapan dan suhu yang andal, menjadikannya pilihan populer untuk berbagai aplikasi pemantauan lingkungan.

Sensor kelembapan mendeteksi kadar kelembapan yang terdapat di udara sekitar. Hasil pembacaan sensor kemudian dikirim ke sirkuit terpadu (IC) pengontrol, yang memproses data untuk menentukan tingkat kelembapan. Informasi ini kemudian dikirimkan melalui antarmuka komunikasi untuk dianalisis atau ditampilkan lebih lanjut.



Gambar 2. 3 Sensor DHT 22

Dalam gaya standar, resistor NTC menurunkan resistansi saat suhu naik; akibatnya, nilai resistansi yang lebih tinggi menandakan lingkungan yang lebih dingin di sekitar komponen.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor DHT 22

| No | Spesifikasi                         | Keterangan                                          |
|----|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1  | Tegangan input                      | 3.5 V – 5.5 V                                       |
| 2  | Arus listrik                        | 0.3 mA (saat pengukuran) dan 60uA ( <i>stanby</i> ) |
| 3  | Rentang pengukuran Suhu udara       | -40oC sampai +125 oC dengan Error adalah +- 0.5oC   |
| 4  | Rentang pengukuran kelembaban udara | 0% – 100 % dengan Error adalah 2 – 5%               |
| 5  | Tingkat pengambilan sampel          | 0.5 Hz (1 pengukuran setiap 2 sekon)                |

### 2.5.3 LCD I2C (*Liquid Cristal Display*) 20 x 4

Layar LCD 20x4 berfungsi sebagai komponen vital dalam sistem pemantauan suhu dan kelembapan IoT, memberikan tampilan data numerik dan alfabet yang jelas dan ringkas. Ukurannya yang besar memudahkan pembacaan informasi sensor, menjadikannya antarmuka yang efektif antara perangkat dan pengguna. Dengan menampilkan tingkat suhu dan kelembapan secara real-time, LCD memastikan pengguna tetap mendapatkan informasi tentang kondisi lingkungan, memfasilitasi pengambilan keputusan yang cepat, dan meningkatkan kemampuan pemantauan dalam berbagai aplikasi.

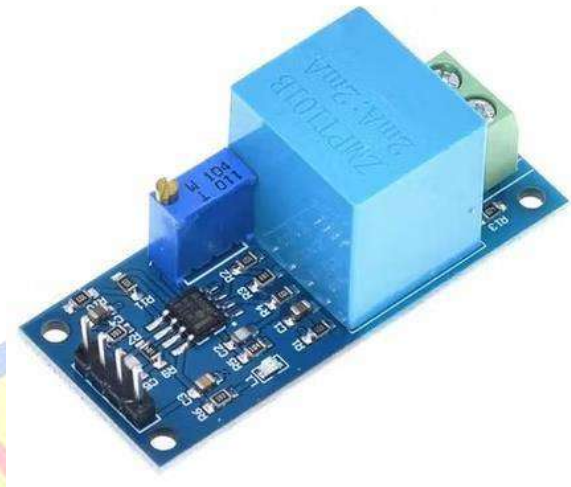
Layar LCD 20x4, yang dirancang dengan gaya klasik dan lugas, secara efektif menyajikan informasi numerik dan alfabet untuk sistem pemantauan suhu dan kelistrikan berbasis IoT. Antarmukanya yang jelas dan mudah dibaca memungkinkan pengguna untuk dengan cepat menginterpretasikan data sensor, seperti pembacaan suhu dan status kelistrikan. Dengan menyediakan pembaruan waktu nyata dalam tata letak yang sederhana, LCD berfungsi sebagai alat komunikasi penting, memastikan pengguna tetap mendapatkan informasi tentang kinerja sistem mereka secara sekilas.



Gambar 2. 4 LCD I2C (*Liquid Cristal Display*) 20 x 4

### 2.5.4 Modul Sensor Tegangan ZMPT101B

Modul sensor tegangan ZMPT101B adalah sebuah modul berbasis transformator presisi yang berfungsi untuk mengukur besaran tegangan listrik arus bolak-balik (AC). Modul ini akan menurunkan tegangan tinggi dari jala-jala PLN (misalnya 220V) menjadi tegangan skala kecil yang aman untuk dibaca oleh pin input analog pada mikrokontroler ESP32. Sensor ini dipilih karena akurasinya yang baik untuk memonitor ketersediaan tegangan dari sumber utama.[10]



Gambar 2. 5 Modul ZMPT101B

Gambar 2.6 adalah gambar sensor modul ZMPT101B yang akan digunakan sebagai sensor tegangan AC (arus bolak-balik) pada alat *Monitoring* panel kapasitor bank berbasis *Internet of Things (IoT)*.

#### 2.5.5 Buzzer

Buzzer Arduino adalah komponen elektronik yang banyak digunakan yang menghasilkan bunyi bip pada berbagai perangkat seperti meteran, alarm, dan bel pintu. Buzzer ini biasanya dirancang untuk beroperasi pada tegangan antara 3 dan 5 volt, sehingga kompatibel dengan sebagian besar papan Arduino. Untuk aplikasi yang membutuhkan tegangan lebih tinggi, penguat tegangan seperti transistor 2N2222 seringkali diperlukan untuk memberi daya pada buzzer dengan aman tanpa merusak sirkuit. Komponen-komponen ini penting untuk memberikan peringatan audio, notifikasi, dan umpan balik pengguna dalam banyak proyek elektronik. Integrasinya yang sederhana, harganya terjangkau, dan fleksibilitasnya menjadikan buzzer yang kompatibel dengan Arduino pilihan populer di kalangan penggemar maupun insinyur untuk menciptakan sistem yang interaktif dan responsif.





Gambar 2. 6 Buzzer

Gambar 2.7 adalah gambar Buzzer Suara yang akan digunakan sebagai sensor Indikasi Suara pada alat *Monitoring* panel berbasis Internet of Things (IoT).

#### 2.5.6 Modul Sensor Tegangan

Modul sensor tegangan ini dirancang untuk mengukur tegangan di atas 5 volt secara akurat dengan memanfaatkan pembagi tegangan. Hal ini memastikan kompatibilitas dengan input Arduino, sehingga memungkinkan pembacaan tegangan yang aman dan andal dalam berbagai proyek elektronik. [10]



Gambar 2. 7 Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC merupakan komponen penting yang mengukur tegangan baterai secara akurat, menyediakan data waktu nyata untuk alat pemantauan panel IoT guna memastikan kinerja dan keamanan yang optimal.

#### 2.5.7 Power Supply

Catu daya 5 VDC berperan penting dalam memberi daya pada perangkat pemantau suhu dan listrik IoT, memastikan pengoperasian yang tepat dan andal. Catu daya ini menyediakan tegangan stabil yang diperlukan untuk pengumpulan data yang akurat dan fungsionalitas perangkat. Untuk menjaga keamanan dan mencegah kerusakan, penting untuk memasang catu daya dengan benar, memperhatikan polaritasnya dengan saksama, dan

memastikan terminal terhubung dengan benar tanpa terbalik. Pemasangan yang tepat membantu menghindari potensi tegangan berlebih atau korsleting, sehingga melindungi perangkat dan pengguna. Mengikuti panduan ini akan memastikan kinerja dan umur sistem pemantauan yang optimal.



Gambar 2. 8 *Power Supply*

Gambar 2.9 mengilustrasikan catu daya yang mengubah 220 VAC menjadi keluaran 12 V DC yang stabil, memastikan pengoperasian yang efisien untuk berbagai perangkat elektronik dan mempertahankan kinerja yang konsisten di berbagai aplikasi.

#### **2.5.8 Sensor Arus ACS712**

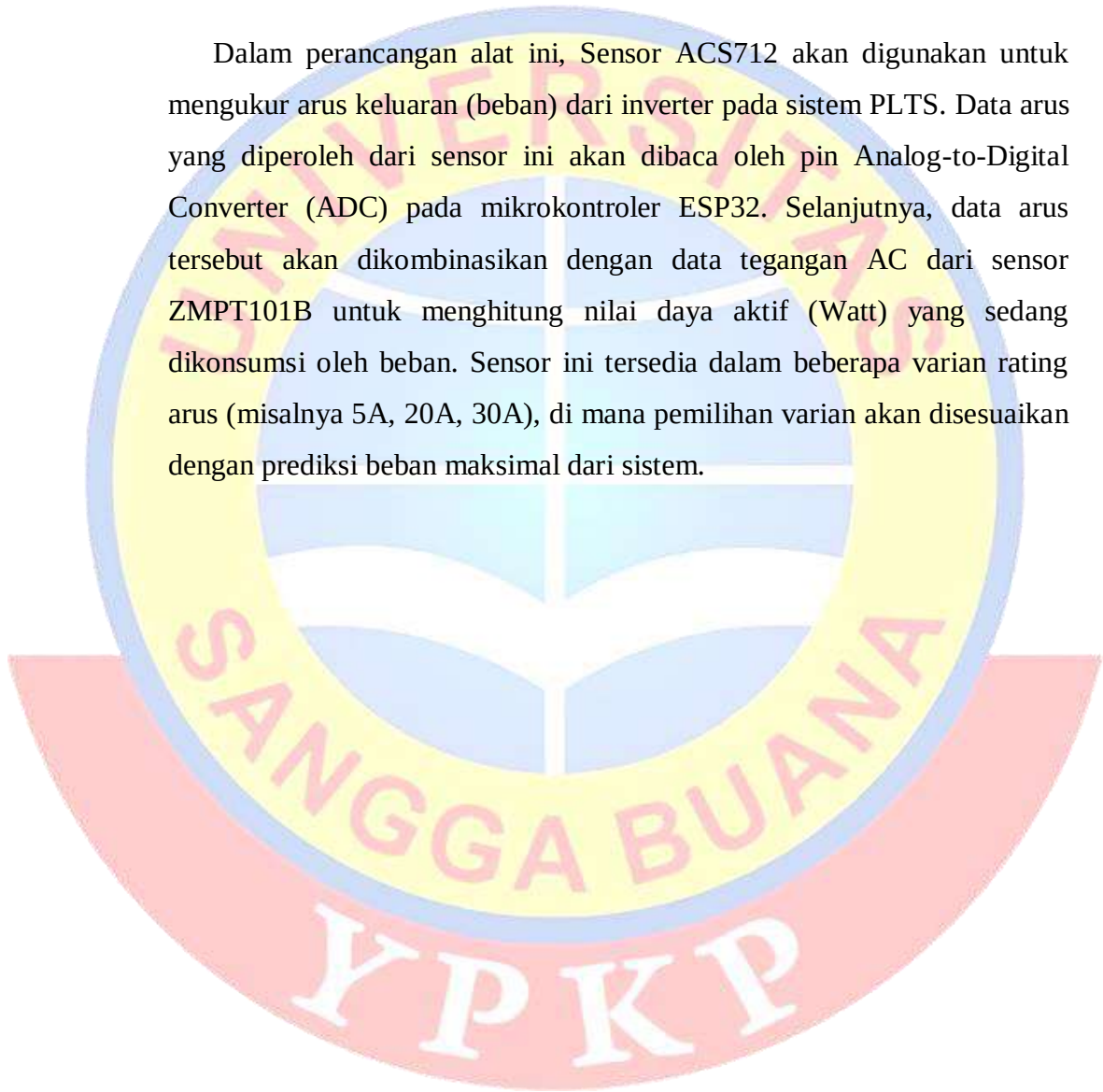
Sensor Arus ACS712 adalah modul serbaguna yang memanfaatkan teknologi Efek Hall untuk mengukur arus DC dan AC secara akurat. Dengan mendeteksi medan magnet yang dihasilkan di sekitar konduktor, sensor ini mengubah sinyal magnetik ini menjadi keluaran listrik yang sesuai. Sensor andal ini banyak digunakan dalam aplikasi pemantauan listrik dan pengukuran arus.



Gambar 2. 9 Sensor Arus

Modul ini memiliki tiga pin utama untuk koneksi ke mikrokontroler: VCC sebagai masukan catu daya (umumnya 5V), GND sebagai ground, dan OUT sebagai pin keluaran analog. Nilai tegangan pada pin OUT akan bervariasi sesuai dengan besaran arus yang terukur. Ketika tidak ada arus yang mengalir (0A), tegangan keluaran akan berada di titik tengah catu daya (sekitar 2.5V).

Dalam perancangan alat ini, Sensor ACS712 akan digunakan untuk mengukur arus keluaran (beban) dari inverter pada sistem PLTS. Data arus yang diperoleh dari sensor ini akan dibaca oleh pin Analog-to-Digital Converter (ADC) pada mikrokontroler ESP32. Selanjutnya, data arus tersebut akan dikombinasikan dengan data tegangan AC dari sensor ZMPT101B untuk menghitung nilai daya aktif (Watt) yang sedang dikonsumsi oleh beban. Sensor ini tersedia dalam beberapa varian rating arus (misalnya 5A, 20A, 30A), di mana pemilihan varian akan disesuaikan dengan prediksi beban maksimal dari sistem.

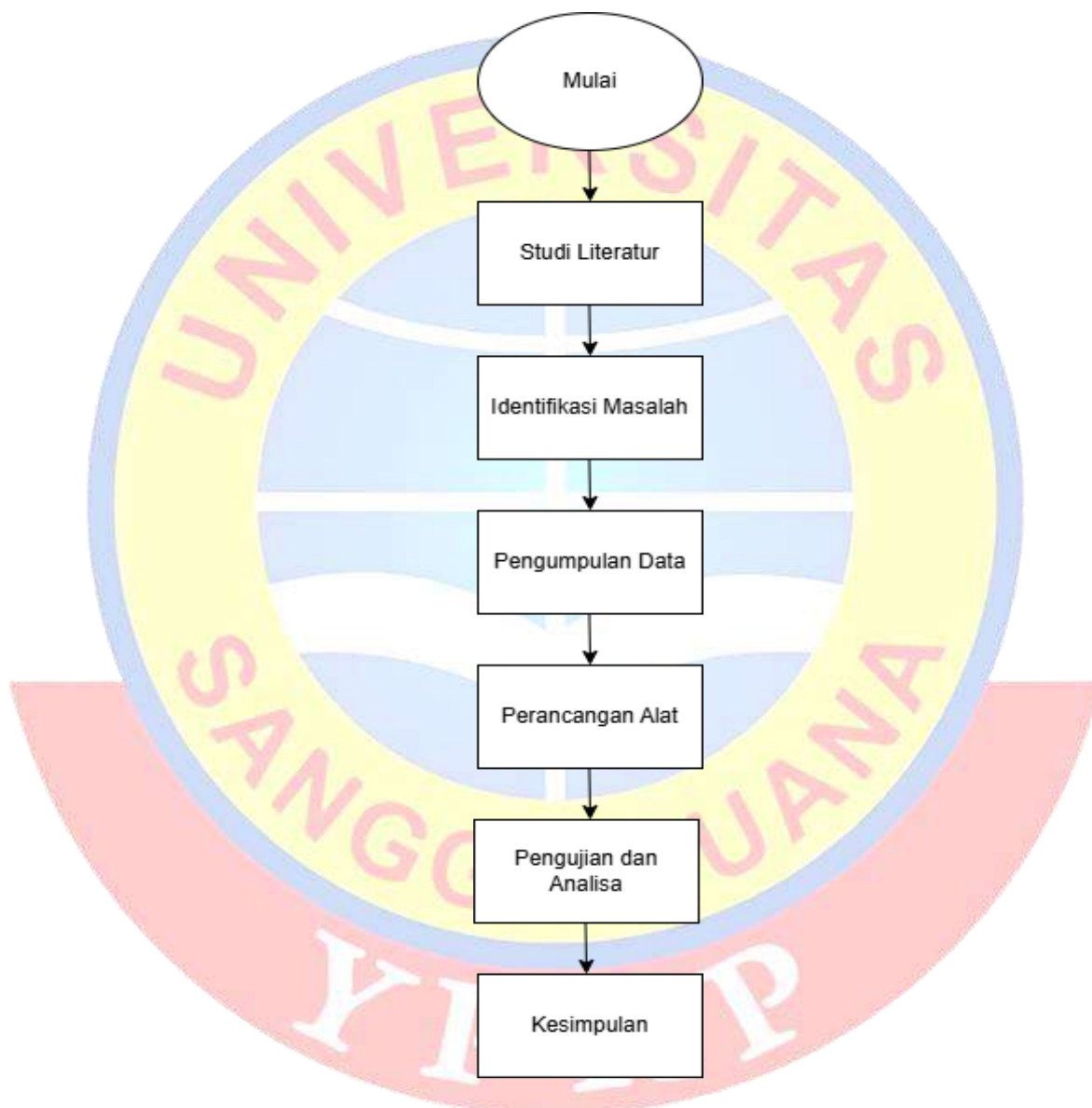


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Gambaran Umum

Berikut adalah blok diagram tahapan penelitian yang dilakukan dan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian

Gambar 3.1 mengilustrasikan diagram alur terperinci langkah demi langkah yang menguraikan seluruh proses pembuatan alat, dari desain



awal dan pemilihan material hingga pemeriksaan kualitas akhir dan pengemasan.

#### 1) Studi Literatur

Tinjauan literatur komprehensif tentang pemantauan panel surya berbasis IoT melibatkan analisis studi terkini yang berfokus pada konfigurasi perangkat keras, komponen penting seperti sensor dan mikrokontroler, serta solusi perangkat lunak termasuk analisis data dan sistem manajemen jarak jauh, untuk memahami kemajuan terkini dan prospek masa depan di bidang ini.

#### 2) Identifikasi Masalah

Untuk mengidentifikasi masalah pembangkit listrik tenaga surya di Terminal 2 Soekarno Hatta secara efektif, pemeriksaan menyeluruh harus dilakukan, menganalisis kinerja sistem, memeriksa malfungsi, dan memastikan keluaran energi yang optimal.

#### 3) Pengumpulan Data

Data akan dikumpulkan dari hasil pengujian alat dan berbagai sumber literatur, seperti buku, jurnal, dan artikel daring, untuk memastikan analisis yang komprehensif dan kesimpulan yang akurat.

#### 4) Perancangan Alat

Proyek ini melibatkan perancangan alat pemantauan berbasis IoT, yang menggabungkan sensor, mikrokontroler, dan modul komunikasi untuk melacak dan menganalisis kinerja dan status peralatan PLTS secara efisien.

#### 5) Pengujian Alat dan Analisa

Dalam prosedur pengujian standar, alat-alat pertama-tama dievaluasi fungsionalitasnya melalui penilaian yang ketat. Selanjutnya, analisis data terperinci dilakukan untuk menentukan kesesuaiannya dan memastikan alat-alat tersebut beroperasi dengan benar dan efisien.

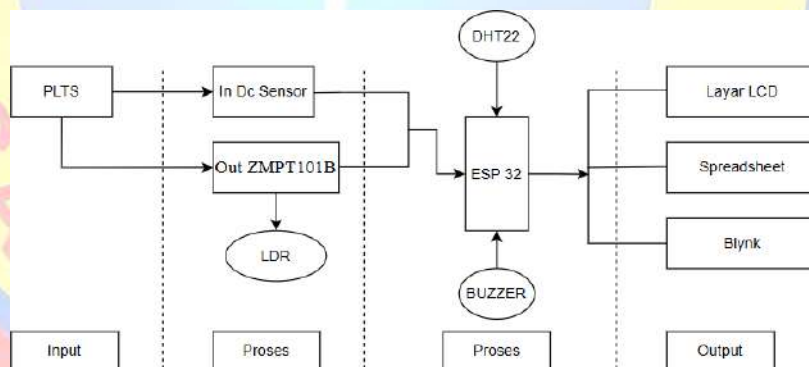
#### 6) Kesimpulan

Kesimpulannya, temuan penelitian dirangkum secara menyeluruh, selaras dengan tujuan awal yang ditetapkan di awal penelitian. Selain itu, pembahasan memberikan saran-saran berharga dan konstruktif yang

bertujuan untuk meningkatkan desain dan metodologi penelitian di masa mendatang, sehingga berkontribusi pada kemajuan akademis yang berkelanjutan.

### 3.2. Rangkaian Alat

Tahap awal dalam pembuatan sistem pemantauan pembangkit listrik tenaga surya berbasis IoT dimulai dengan mengidentifikasi dan mengumpulkan semua persyaratan komponen yang diperlukan secara menyeluruh. Setelah itu, diagram rangkaian terperinci dirancang untuk memastikan koneksi dan fungsionalitas yang akurat. Rangkaian-rangkaian ini kemudian diintegrasikan secara cermat menjadi sistem yang kohesif dan terpadu, yang memungkinkan komunikasi antar komponen yang lancar. Terakhir, perangkat keras dan perangkat lunak dikonfigurasi dan dikalibrasi secara cermat untuk menjamin kinerja optimal, pengumpulan data yang andal, dan kemampuan pemantauan waktu nyata. Langkah dasar ini menjadi dasar bagi solusi manajemen tenaga surya yang efisien dan efektif. membangun sistem *Monitoring status PLTS berbasis Internet of Things*.



Gambar 3. 2 Diagram Kerja Alat

Gambar 3.2 menggambarkan sistem pemantauan pembangkit listrik tenaga surya berbasis IoT yang dirancang untuk manajemen yang efisien dan pengawasan waktu nyata. Sistem ini menggunakan berbagai sensor, terutama ZMPT101B, yang secara akurat mengukur tegangan peralatan surya. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini ditransmisikan ke mikrokontroler ESP32, yang terkenal karena kemampuan pemrosesan dan konektivitas nirkabelnya. Mikrokontroler memproses informasi dan menampilkan

pembacaan tegangan pada layar LCD untuk pemantauan di lokasi. Selain itu, sistem ini mengirimkan data ke aplikasi ponsel pintar, memungkinkan akses jarak jauh dan memastikan pemeliharaan serta optimalisasi kinerja pembangkit listrik tenaga surya yang tepat waktu *wifi*.

#### 1) Perancangan *Input*

Dalam konfigurasi standar, delapan sensor—terdiri dari sensor tegangan ZMPT101B dan berbagai detektor tegangan DC—menyampaikan pengukurannya masing-masing ke mikrokontroler, memungkinkan pengumpulan dan pemrosesan data yang akurat untuk pengoperasian sistem.

##### a. Sensor DC voltage

Sensor ini akan membaca nilai tegangan baterai PLTS dan kemudian nilai sensor yang terbaca oleh ESP32 sebagai mikrokontroler dan data yang didapat akan ditampilkan pada layar LCD dan data yang terbaca juga di transfer melalui aplikasi dan juga yang sudah di buat.

##### b. Sensor ZMPT101B

Sensor ZMPT101B adalah perangkat serbaguna yang secara akurat mengukur arus, tegangan, daya, dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Data berharga ini ditransmisikan secara nirkabel ke mikrokontroler ESP32, yang kemudian memproses informasi tersebut secara efisien. Data yang telah diproses kemudian ditampilkan secara jelas di layar LCD, sehingga pengguna dapat memantau kinerja panel surya secara real-time. Pengaturan ini menyediakan cara yang efektif untuk melacak produksi energi dan mengoptimalkan efisiensi sistem.

##### c. BUZZER

Sensor suara yang akan mendeteksi apabila terjadi masalah pada jaringan internet dan tegangan input pada sumber PLN. maka sensor tersebut akan bekerja dengan mengirim suara pada alat *monitoring*

##### d. Sensor LDR

Sensor yang akan mendeteksi intensitas cahaya apabila kondisi cuaca buruk maka sensor akan mengirim data pada peralatan *monitoring*.

## 2) Perancangan Proses

Tahap pemrosesan merupakan bagian krusial dari sistem, di mana data masukan mentah diubah menjadi keluaran yang jelas dan mudah dipahami. Proses ini memastikan keakuratan dan keandalan informasi yang diberikan, yang sangat penting untuk pengoperasian yang efektif. Untuk mencapai hal ini, perangkat harus dikalibrasi dengan tepat, menjaga presisi di seluruh fungsinya. Dalam proyek ini, mikrokontroler ESP32 menangani tugas pemrosesan. Mikrokontroler menerima sinyal dari berbagai sensor, termasuk ZMPT101B untuk pengukuran tegangan, LRD untuk deteksi arus, dan Buzzer untuk peringatan. Integrasi ini memastikan pemantauan yang akurat dan respons yang tepat waktu dalam sistem.

## 3) Perancangan Output

Perancangan *output* adalah tahapan menampilkan nilai akhir yang telah diproses pada bagian proses. Hasil pada desain alat yang akan menampilkan nilai, tegangan, arus serta daya yang akan ditampilkan pada layar LCD dan aplikasi *Monitoring*. Hasil pembacaan sensor akan berpengaruh terhadap keakuratan peralatan dan hasil pembacaan, daya, tegangan dan arus juga akan berubah pada monitor LCD maupun pada dan aplikasi *Monitoring* melalui jaringan internet.

### 3.3. Perancangan Alat

Perancangan alat merupakan tahap yang akan menjelaskan tentang alat dan bahan, diagram blok, pada perancangan alat pemantau cuaca, daya, arus dan tegangan pada peralatan PLTS berbasis *Internet of Things*.

#### 3.3.1. Alat dan Bahan

Dalam merancang dan mengimplementasikan Internet of Things (IoT) berbasis sistem pemantauan cuaca, daya, arus dan tegangan pada peralatan PLTS terdapat beberapa alat dan bahan atau komponen yang digunakan berikut:



Tabel 3. 1 Alat Yang Digunakan

| No | Nama                                 | Spesifikasi | Jumlah |
|----|--------------------------------------|-------------|--------|
| 1  | Tang kombinasi                       | -           | 1      |
| 2  | Obeng +                              | -           | 1      |
| 3  | Obeng -                              | -           | 1      |
| 4  | Solder dan atraktor                  | -           | 2      |
| 5  | <i>Themprature Humidity</i><br>Meter |             | 1      |
| 6  | Laptop + <i>Software</i><br>Arduino  | -           | 1      |
| 7  | Kabel Power                          | -           | 1      |
| 8  | Bor listrik                          | -           | 1      |
| 9  | Tang ampere                          | -           | 1      |

Pada tabel 3. 1 merupakan tabel kebutuhan alat yang digunakan dalam pembuatan alat *Monitoring* status PLTS berbasis Internet of Things.

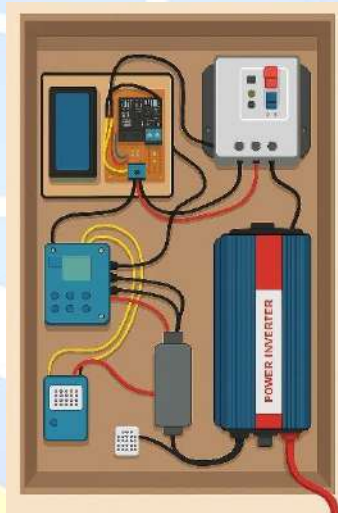
Tabel 3. 2 Bahan Yang Digunakan

| No | Nama                                  | Spesifikasi            | Jumlah     |
|----|---------------------------------------|------------------------|------------|
| 1  | ESP32                                 |                        | 1          |
| 2  | LCD ( <i>Liquid Cristal Display</i> ) | Ukuran 20 x 4          | 1          |
| 3  | LDR                                   |                        | 1          |
| 5  | <i>Power supply</i>                   | AC 220 VAC to<br>5 VDC | 1          |
| 6  | Sensor ZMPT101B                       | -                      | 2          |
| 7  | Mur+baut                              | -                      | Secukupnya |
| 8  | Kabel jumper                          | <i>Male to female</i>  | Secukupnya |
| 9  | Box                                   | -                      | 1          |
| 10 | Terminal                              | 12 konektor            | 1          |

Pada tabel 3. 2 merupakan tabel kebutuhan komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan alat *Monitoring* status peralatan PLTS berbasis *Internet of Things*.

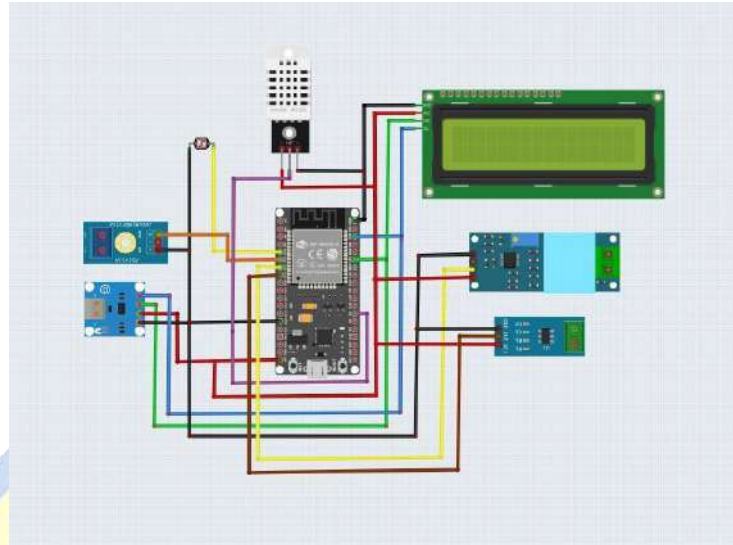
### 3.3.2. Alat Desain

Berikut ini adalah perancangan alat *Monitoring* Cuaca, suhu, daya, arus dan tegangan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang akan dirancang, perancangan alat akan dipasang sensor DHT22 Guna membaca Kondisi suhu Alat, Sensor Tegangan DC di pasang untuk Membaca Tegangan Batrai, Sensor ZMPT101B yang akan membaca nilai, daya, arus dan tegangan , Buzzer berfungsi sebagai indikasi apabila Sensor tidak terbaca. Semua hasil pembacaan sensor nantinya akan ditampilkan pada layar LCD 20 x 4, Spread Sheet dan aplikasi Android sebagai media *output* dari data yang di proses.



Gambar 3. 3 Desain Alat

### 3.3.3. Rangkaian Tiap Blok Diagram



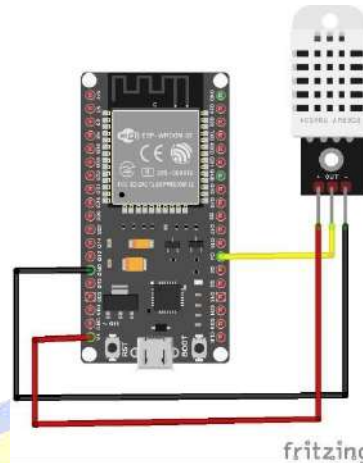
Gambar 3. 4 Rangkaian Diagram Alat

Keterangan Rangkaian Gambar Sensor Yang di Pakai:

1. Microcontroller ESP32
2. Sensor ZMPT101B pembacaan Tegangan
3. Modul LCD I2C Display 20 x 4
4. Sensor DC Voltage Battery
5. Buzzer
7. Sensor LDR
8. Sensor DHT22
9. Adaptor 3 s/d 5 V

#### 1) Sensor DHT22

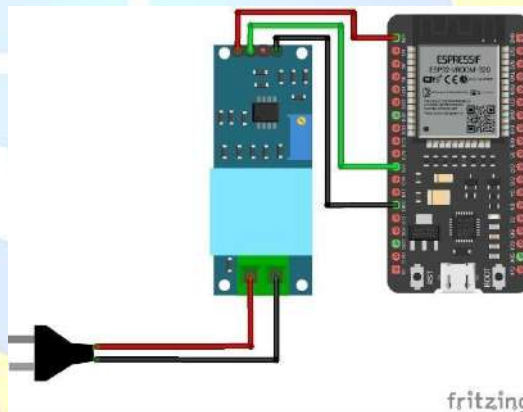
Rangkaian ini merupakan rangkaian yang menghubungkan sensor DHT22 dengan ESP32. Komponen ini berfungsi untuk membaca kondisi temperatur suhu secara *realtime* pada box monitor PLTS



Gambar 3. 5 Rangkaian Input Sensor DHT22

## 2) Rangkaian Sensor ZMPT101B V3.0

Rangkaian ini merupakan rangkaian yang menghubungkan antara sensor ZMPT101B dengan ESP32 sebagai komponen yang berfungsi untuk membaca arus dan tegangan secara *realtime* pada peralatan panel PLTS.



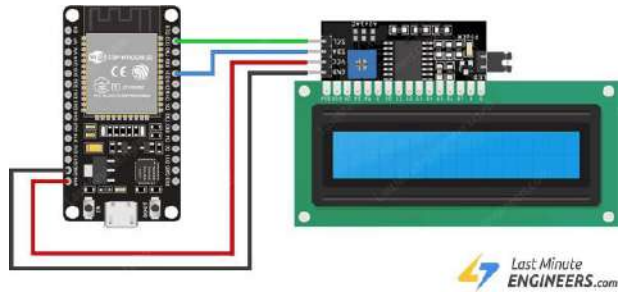
Gambar 3. 6 Rangkaian ZMPT101B

Gambar 3.6 adalah rangkaian sensor tegangan dan arus ZMPT101B, sensor ini memiliki 4 pin. Pin 5V terhubung pada pin 3v ESP32 pin GND sensor terhubung dengan GND pada ESP32 dan pin 34 ESP32.

## 3) Rangkaian LCD (Liquid Cristal Display)

Rangkaian ini merupakan rangkaian yang menghubungkan antara komponen LCD dengan ESP32 sebagai komponen yang berfungsi untuk menampilkan pembacaan dari sensor-sensor oleh ESP32.



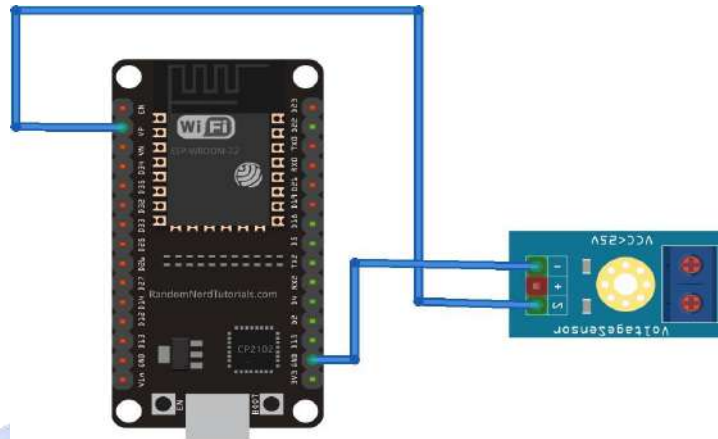


Gambar 3. 7 Rangkaian LCD (*Liquid Cristal Display*)

Pada Gambar 3.6 adalah Rangkaian LCD (*Liquid Cristal Display*) dengan ESP32. Komponen ini memiliki 5 pin yaitu VCC, GND, SDA dan SCL. Pin VCC adalah pin tegangan *input* untuk LCD yang dihubungkan dengan Vin pada ESP32. Pin GND LCD di dihubungkan dengan GND yang ada pada ESP32. Pin SDA LCD di dihubungkan dengan pin D21 pada ESP32. Pin SCL dihubungkan dengan pin D22 ESP32. LCD ini digunakan untuk menampilkan data suhu, daya, arus dan tegangan pada alat.

#### 4) Rangkaian DC VOLTAGE

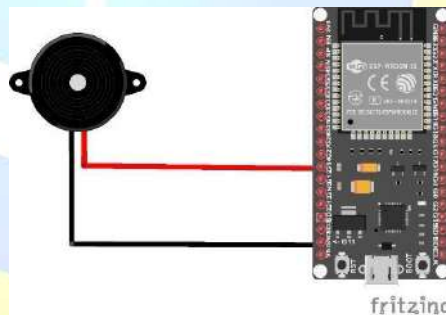
Pada rangkaian ini menggunakan dua Modul sensor DC tipe 0-25 Volt. Pin A0 sensor 1 dihubungkan dengan pin vp ESP32 dan pin ke dua di hubungkan dengan GND yang terdapat pada ESP32. Sensor 2 pin A0 di hubungkan dengan pin VN ESP32 dan pin ke dua di hubungkan dengan GND yang terdapat pada ESP32. Pin tersebut dihubungkan ke kutub baterai di dalam ups. Pengkabelan dari modul ini memiliki 2 bagian, yaitu dari pengkabelan terminal masukan tegangan, serta pengkabelan komunikasi serial. Supaya dapat berfungsi, modul sensor dihubungkan dengan sumber tegangan DC pada baterai sehingga nilai tegangan baterai dapat diketahui oleh modul sensor tersebut.



Gambar 3. 8 Rangkaian Sensor Tegangan DC

##### 5) Rangkaian *Buzzer*

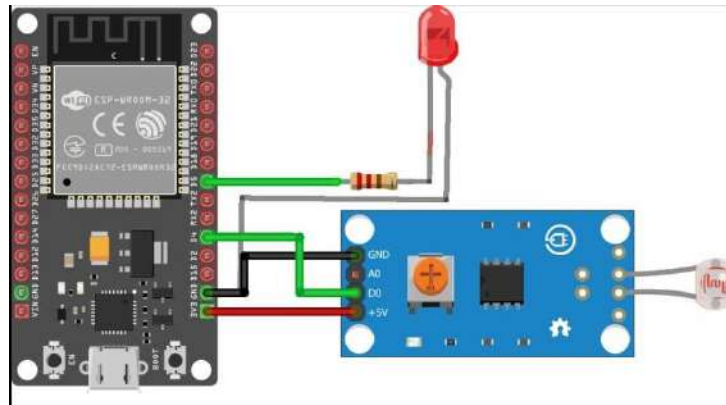
Pada rangkaian *Buzzer* ini menggunakan dua pin. Sensor Buzzer dihubungkan dengan pin D14 pada ESP32. Dan Pin Ke dua dihubungkan pada GND yang ada di ESP32. Fungsi *Buzzer* ini berguna untuk indikasi apa bila tegangan PLN Off dan sinyal pada Esp32 terputus maka otomatis *Buzzer* berbunyi.



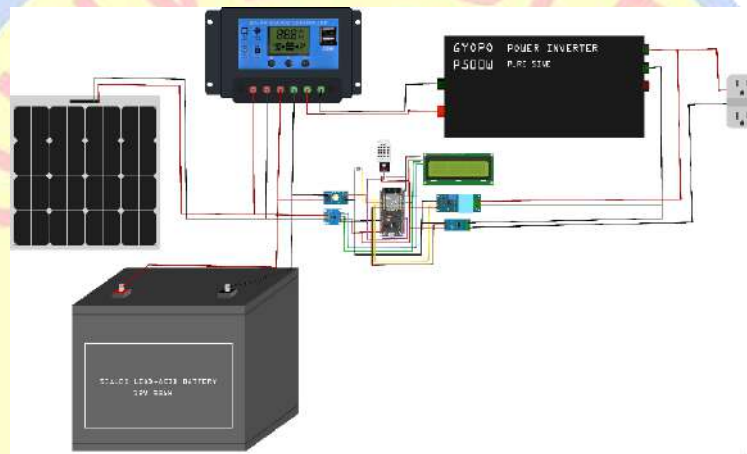
Gambar 3. 9 Rangkaian *Buzzer* pada ESP32

##### 6) Rangkaian Module LDR

Pada rangkaian Module LDR di hubungkan dengan 3 pin pada ESP32. Pin GND Module dihubungkan dengan pin GND pada ESP32, Pin 5V Module dihubungkan dengan pin 3V pada ESP32 dan Pin D0 Module dihubungkan dengan pin pada Pin D4 ESP32.



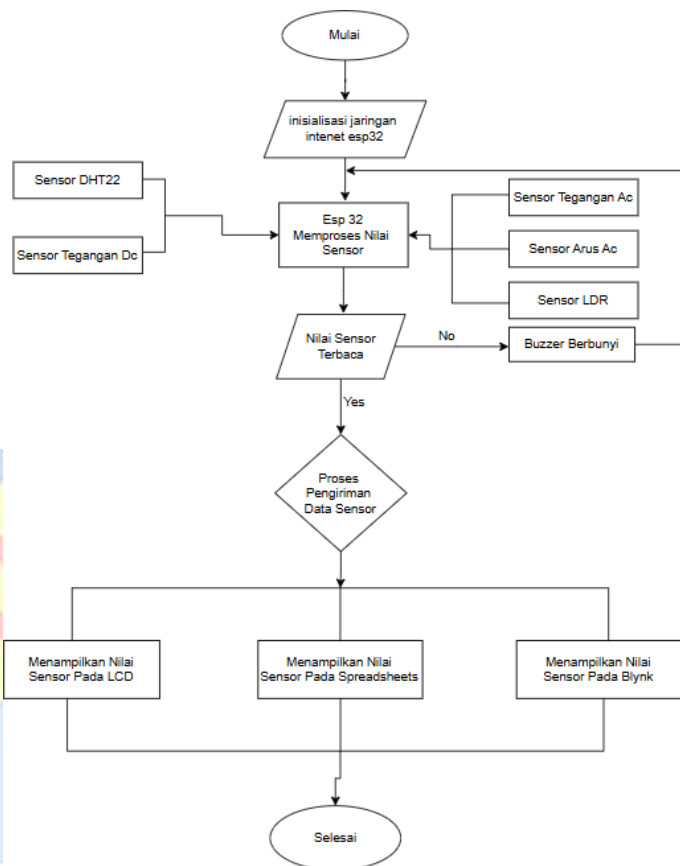
Gambar 3. 10 Rangkaian Module LDR Pada ESP32



Gambar 3. 11 *Hardware* Keseluruhan

### 3.4. *Flowchat* Sistem Kerja

Berikut adalah blok diagram sistem kerja alat atau cara kerja alat dapat dilihat pada Gambar 3.12



Gambar 3. 12 Flowchart Sistem Kerja Alat

Berikut penjelasan sebuah alur *flowchart* sistem kerja diatas:

1. Proses inisiasi pada saat alat mulai di aktifkan atau dihidupkan pertama kali.
2. ESP32 Menangkap sinyal yang jaringan *WI-FI* yang sudah di di hubungkan.
3. Kemudian sensor DHT22 melakukan pembacaan temperatur suhu dan kelembapan, sensor ZMPT101B V3.0 melakukan pembacaan tegangan dan sensor tegangan DC sebagai pembaca tegangan batterai, Sensor LDR untuk membaca intensitas Cahaya atau cuaca dan *Buzzer* sebagai indikator apabila sensor tegangan dan sensor LDR tidak terbaca kemudian data hasil sensor-sensor tersebut akan ditampilkan pada layar LCD, *Spread Sheet* dan Aplikasi.
4. ESP32 sebagai *mikrokontroller* akan melakukan pembacaan sesuai data yang diterima dari sensor DHT1, sensor tegangan DC, sensor LDR, *Buzzer* ,sensor ZMPT101B dan menampilkannya pada layar LCD, *spread sheet* dan Aplikasi alat.



5. Kemudian meneruskan data yang diperoleh dari ESP32 dan *searching* jaringan *wifi* untuk terhubung ke internet melakukan koneksi ke aplikasi dan *Spread sheet* yang sudah dibuat untuk menampilkan data pengukuran.
6. Apabila sensor tegangan dan sensor LDR tidak terbaca maka ESP32 mengirim sinyal untuk mengirim pesan notifikasi pada aplikasi *monitoring* kemudian Buzzer akan berbunyi guna sebagai notifikasi alarm.
7. Apabila data sensor terbaca maka LCD akan menampilkan nilai data yang di kirim pada ESP32.
8. *Spread sheet* menampilkan nilai-nilai sensor yang telah di kirim pada ESP32.
9. Pada aplikasi menampilkan nilai-nilai sensor yang di kirim dari ESP32 yang kemudian di kirimkan melalui *Spread sheet*

### **3.5. Alur Penelitian**

Alur penelitian adalah untuk menjelaskan semua penelitian yang akan dilakukan penulis dalam membuat alat *Monitoring* suhu, daya, arus dan tegangan pada peralatan PLTS berbasis *Internet of Things*.

#### **3.5.1 Pengujian alat**

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang telah dibuat dapat berjalan dengan baik dari segi perangkat lunak dan perangkat keras. Pengujian bagian perangkat lunak dapat dilakukan dengan melihat data yang muncul pada aplikasi dan *Spread sheet*.

Jika data dari perangkat muncul di aplikasi dan *Spread sheet*. maka dapat dipastikan perangkat berjalan dengan baik. Pengujian pada rangkaian apabila tegangan *input* hilang maka pada aplikasi akan muncul notif alarm dan parameter tidak muncul parameter tegangan/arus/daya. Maka dapat di pastikan peralatan bermasalah atau jaringan internet tidak terkoneksi. Maka perlu dilakukan pengekan secara langsung pada peralatan. Untuk sensor tegangan DC dan sensor ZMPT101B V3.0 berfungsi untuk melakukan pembacaan nilai daya, arus dan tegangan untuk lebih mempermudah *Monitoring*. Apakah suhu, daya, arus, dan tegangan sudah terbaca atau belum, jika sudah terbaca maka sensor DHT22, sensor tegangan DC, dan sensor ZMPT101B V3.0, maka akan tampil hasil data pembacaan sensor

pada LCD, *Spread sheet*, dan aplikasi *Monitoring*. maka alat yang dibuat telah berfungsi dengan baik

### 3.5.2 Pengambilan Data

Pengambilan data adalah tahap yang dilakukan setelah pengujian alat selesai dilakukan. Pengambilan ini bertujuan untuk membandingkan hasil yang didapat untuk menentukan tingkat Error dari alat yang sudah di buat. Dalam melakukan pengumpulan data akan ada beberapa data yang akan penulis ambil dalam penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data pada layar LCD alat yang dibuat, proses pengambilan dilakukan pada saat pengujian alat telah dilakukan, pengambilan data ini akan diambil nilai yang terbaca pada layar LCD alat alat ukur yang dibuat. Data yang akan diambil adalah 10 kali percobaan atau 10 pengambilan data pada waktu yang berbeda.
2. Pengambilan data pada laman *Spread sheetsite* dan android, proses pengambilan data ini sama seperti pengambilan data dengan metode sebelumnya. Pengambilan data ini akan diambil pada data yang dibaca di *Spread sheetsite* dan aplikasi yang sudah terhubung dengan alat yang dibuat melalui sambungan *wifi* ke jaringan internet. Data yang akan diambil adalah sebanyak 10 kali percobaan pengambilan data pada 10 waktu yang berbeda.
3. Pengambilan data dengan alat ukur manual. Proses pengambilan data ini dilakukan dengan alat ukur manual *Themprature Humidity Meter* untuk pengukuran nilai temperatur suhu. Data yang akan diambil adalah sebanyak 10 kali percobaan pada 10 waktu yang berbeda sesuai dengan pengambilan data pada alat yang dibuat dan pada aplikasi *android*.



Gambar 3. 13 Temperature Humidity Meter

Gambar 3. 17 adalah gambar alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran data secara manual dengan Error pengukuran suhu 0,5°C dan Error pengukuran kelembaban 2,5%RH. Temperature moisture meter berfungsi untuk mengukur nilai suhu dan kelembaban pada benda berupa ruang kapasitor bank LVMDB. Pengukur kelembaban suhu ini memiliki spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada tabel 3. 3.

Tabel 3. 3 Fitur Temperature Humidity Meter FLUKE 971

| Temperature Humidity Meter FLUKE 971 |                                                                                                          |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Key Fiture                           |                                                                                                          |
| Temperature                          | -20C to 60C (-4F to 140F)                                                                                |
| Temperature accuracy                 | 0C to 45C (0.5C)<br>-20C to 0C & 45C to 60C (1.0C)<br>32F to 113F (1.0F)-4F to 32F & 113F to 140F (2.0F) |
| Resolution                           | 0.1C / 0.1F                                                                                              |
| Temperature Update Rate              | 500 ms                                                                                                   |
| Temperature Sensor Type              | NTC                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Relative Humidity Range</i><br>5% to 95% RH                                                                                                                                                                          |
| <i>Relative Humidity Accuracy</i><br>10% to 90%RH @ 23 C (73.4F) (2.5%RH)<br>( 10%, 90%RH @23C (73.4F) (5.0%RH)                                                                                                         |
| <i>Humidity Sensor</i><br><i>Electronic capacitance polymer film sensor.</i><br><i>Data storage capacity</i><br>99 points<br><i>Response Time (Humidity)</i><br>For 90% of total range - 60 sec. with 1m/s air movement |

Dalam tabel 3.3 adalah tabel fitur alat ukur manual yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban pada objek yang diteliti. Tabel tersebut menjelaskan fitur dan spesifikasi alat pengukur kelembapan suhu.

### 3.5.3 Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan tahapan yang akan dilakukan ketika semua data telah terkumpul. Data yang sudah terkumpul harus diolah agar lebih mudah untuk dibaca datanya. Selain untuk memudahkan pembacaan data, proses pengolahan data juga bertujuan agar data tersebut dapat dianalisis. Pengolahan data ini adalah dengan membuat tabel dari data yang telah terkumpul dan juga membuat grafik dari tabel tersebut.

Tabel yang dibuat merupakan tabel data alat baca yang dibuat, *thingspeak* dan juga bacaan dengan alat ukur manual. Sehingga dapat dilihat perbedaan nilai bacaannya. Setelah tabel dibuat, dibuatlah grafik sehingga dapat dilihat secara keseluruhan perbedaan pembacaan dari grafik tersebut. Setelah grafik berhasil dibuat, hasil dari grafik ini akan digunakan untuk analisis. Pengolahan data harus dilakukan dengan baik agar data mudah dijangkau dan memiliki tingkat akurasi pembacaan yang baik.

Pengolahan data meliputi pengolahan data temperatur, pengolahan data cosphi, pengolahan data arus dan pengolahan data tegangan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan 3 metode yaitu menggunakan alat ukur manual, melihat nilai yang ditampilkan pada *spread sheetsite Spread sheetsite*



dan nilai yang ditampilkan pada layar LCD alat yang dibuat. Ketiga metode tersebut tentunya memiliki pembacaan nilai yang berbeda. Pengukuran suhu, cosphi, arus dan tegangan diukur pada alat ukur manual, *spread sheetsite* thingspeak dan layar LCD sebanyak 10 kali pengambilan sampel data. Selisih pengukuran dari 3 metode tersebut diambil sebanyak 10 kali sampling untuk meningkatkan ketelitian alat yang dibuat dan juga meningkatkan hasil analisa alat.

Setelah seluruh proses selisih nilai temperatur, cosphi, arus dan tegangan dilakukan dan dimasukkan ke dalam tabel, langkah selanjutnya adalah membuat grafik untuk menampilkan selisih nilai dari masing-masing kumpulan data yang telah dilakukan. Proses pembuatan grafik bertujuan untuk mempermudah dalam membaca perbedaan hasil pengukuran. Selain untuk memudahkan pembacaan hasil selisih, grafik juga merupakan metode pengolahan data yang baik karena data selisih ditampilkan secara *visual* agar lebih menarik. Nilai selisih suhu, suhu cosphi, arus dan tegangan antara alat ukur manual, layar LCD, android dan *spread sheetsite*. Grafik yang digunakan adalah grafik garis sehingga perbedaan nilai lebih jelas dan lebih mudah dibaca.

Setelah selesai pengolahan data temperatur, data cosphi, data arus dan data tegangan, data tersebut harus dianalisa untuk mengetahui tingkat ketelitian alat. Selain untuk mengetahui keakuratan alat yang telah dibuat, analisis bertujuan untuk mengetahui kekurangan alat pemantau suhu dan parameter kelistrikan panel kapasitor bank berbasis *Internet of Things*.

#### **3.5.4 Analisis Data**

Analisis data merupakan tahapan yang dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian alat yang dibuat dan juga mengetahui kesalahan atau Error dari alat yang dibuat. Analisis data dilakukan setelah data diolah menjadi tabel dan grafik. Grafik yang diperoleh adalah nilai pembacaan alat yang dibuat yang nilai pengukurannya akan ditampilkan pada alat ukur manual, *spread sheet*, aplikasi dan layar LCD alat. Sehingga perbedaan tersebut akan dijadikan acuan dalam menentukan ketelitian alat dan kesalahan alat yang

dibuat. Pada tahap analisis data, hasil analisis dapat dibuat dalam bentuk tabel untuk memudahkan dalam membaca hasil analisis.

Nilai temperatur, cosphi, arus dan tegangan yang telah diambil akan diolah sehingga dapat dilihat perbedaan nilai pembacaannya. Perbedaan nilai pembacaan yang memiliki perbedaan, hal ini terjadi karena metode pengumpulan data dilakukan dengan tiga metode yang berbeda yaitu pengukuran dengan alat ukur manual, pengukuran menggunakan *spread sheets* dan pengambilan data pada tampilan layar LCD alat yang dibuat. Berdasarkan perbedaan nilai temperatur, cosphi, arus dan tegangan masing-masing metode maka dapat diketahui nilai kesalahan (*error*) dalam pengukurannya.

Setelah semua kesalahan pengukuran diperoleh, langkah selanjutnya adalah mencari kesalahan rata-rata dari setiap metode yang digunakan. Pengukuran nilai Error dengan mengambil 10 data sampel, maka perlu dicari rata-rata Errornya agar dapat ditentukan nilai yang mendekati *Error* yang sebenarnya. Pengukuran nilai rata-rata *error* dari masing-masing metode juga untuk mengetahui tingkat Error dari yang terbesar sampai yang terkecil. Nilai rata-rata *Error* akan menentukan tingkat ketelitian alat yang dibuat.

#### **3.5.5 Sistem Pengujian**

Setelah data dianalisa nilai Error untuk setiap indikator dan setiap metode pengukuran, langkah selanjutnya adalah menguji sistem, jika tegangan input PLN off pada sensor 1 & 2 maka *Buzzer* berbunyi sebagai indikator peringatan masalah. Nilai pembacaan pada alat ukur pemantau suhu dan parameter kelistrikan berbasis Internet of Things dan juga dapat dilihat di situs *spread sheet* yang telah di buat.

#### **3.5.6 Waktu dan Tempat Penelitian**

Lokasi penelitian ini dilakukan di Bandara Soekarno-Hatta, Tangerang, Banten, mulai Desember 2024 hingga Juni 2025.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan realisasi dari perancangan yang telah dijelaskan pada Bab III. Tahap ini dibagi menjadi implementasi perangkat keras dan perangkat lunak.

#### 4.1.1 Implementasi Perangkat Keras (Hardware)

Implementasi perangkat keras adalah proses perakitan seluruh komponen elektronik sesuai dengan diagram blok dan skema rangkaian pada Bab III. Komponen utama seperti mikrokontroler ESP32, sensor-sensor (ZMPT101B V3.0, Sensor Tegangan DC, DHT11, dan LDR), LCD I2C, *buzzer*, dan *power supply* dirangkai menjadi satu kesatuan di dalam sebuah boks. Perangkat keras yang telah selesai dirakit dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 1 Tampilan Maket

#### 4.1.2. Implementasi Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak pada sistem ini terdiri dari dua bagian utama: *firmware* yang ditanamkan pada mikrokontroler ESP32 dan antarmuka pengguna pada aplikasi *smartphone* dan Google Sheets.

1. Firmware ESP32: Diprogram menggunakan Arduino IDE. Logika program dirancang berdasarkan diagram alir pada Gambar 3.12. Fungsi utamanya adalah:



1. Melakukan inisialisasi koneksi Wi-Fi ke jaringan internet yang tersedia.
2. Membaca data secara periodik dari semua sensor yang terpasang (suhu, tegangan, arus, daya, dan intensitas cahaya).
3. Memproses data mentah dari sensor menjadi informasi yang dapat dibaca.
4. Menampilkan informasi hasil pemrosesan ke layar LCD.
5. Mengirimkan data yang telah diproses ke Google Sheets melalui koneksi internet untuk *logging* dan pemantauan jarak jauh.
6. Mengaktifkan *buzzer* jika terdeteksi kondisi anomali, seperti tegangan input di bawah 5V dan intensitas di bawah 30.

## 2. Antarmuka Monitoring:

### 1. Google Sheets:

Digunakan sebagai database sederhana untuk mencatat riwayat data (data logging) dari sensor secara real-time. Hal ini memungkinkan teknisi untuk meninjau data historis untuk keperluan analisis dan pelaporan.

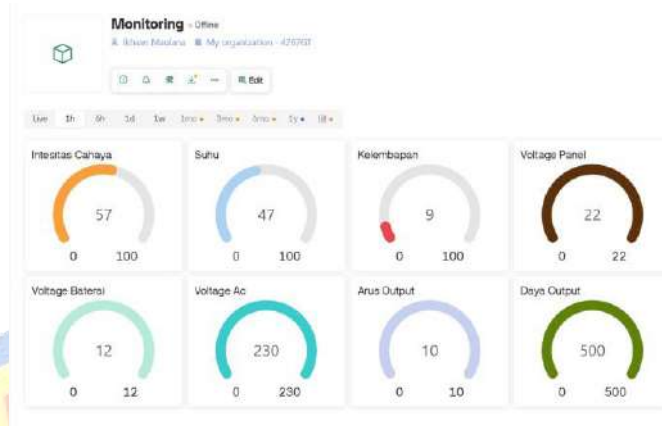
|    | Voltage Input | Voltage Output | Suhu | Kelembapan | Intensitas Cahaya | Arus AC | Daya AC | Waktu    |
|----|---------------|----------------|------|------------|-------------------|---------|---------|----------|
| 1  | 12.10         | 12.17          | 30.6 | 52.6       | 52.9              | 2.10.00 | 4.50    | 11:20:04 |
| 2  | 12.10         | 12.17          | 30.5 | 52.6       | 52.9              | 2.10.00 | 4.50    | 11:20:11 |
| 3  | 12.10         | 12.19          | 30.5 | 52.5       | 52.9              | 2.10.00 | 4.50    | 11:20:22 |
| 4  | 12.10         | 12.15          | 30.4 | 52.0       | 52.8              | 2.10.40 | 4.50    | 11:20:30 |
| 5  | 12.10         | 12.12          | 30.4 | 52.0       | 51.9              | 2.10.00 | 4.50    | 11:20:40 |
| 6  | 12.10         | 12.19          | 30.3 | 52.0       | 52.2              | 2.10.00 | 4.50    | 11:20:48 |
| 7  | 12.10         | 12.19          | 30.3 | 52.0       | 52.0              | 2.10.30 | 4.50    | 11:20:56 |
| 8  | 12.10         | 12.19          | 30.3 | 52.5       | 52.3              | 2.10.00 | 4.50    | 11:21:02 |
| 9  | 12.11         | 12.19          | 30.3 | 52.4       | 52.0              | 2.10.00 | 4.50    | 11:21:11 |
| 10 | 12.11         | 12.19          | 30.3 | 52.0       | 52.0              | 2.10.00 | 4.50    | 11:21:22 |
| 11 | 12.11         | 12.19          | 30.3 | 52.0       | 52.5              | 2.10.00 | 4.50    | 11:21:30 |
| 12 | 12.11         | 12.19          | 30.3 | 52.0       | 52.2              | 2.10.00 | 4.50    | 11:21:41 |
| 13 | 12.11         | 12.15          | 30.2 | 52.4       | 52.7              | 2.10.00 | 4.50    | 11:21:49 |

Gambar 4. 2 Tampilan Di google Sheets

### 2. Aplikasi Blynk:

Sebuah aplikasi Android dibuat untuk menampilkan data secara visual dan intuitif. Aplikasi ini mengambil data langsung dari Google Sheets, menampilkannya dalam bentuk angka.





Gambar 4. 3 Tampilan Di Blynk

## 4.2. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memverifikasi bahwa sistem yang dibangun telah berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan. Pengujian dibagi menjadi pengujian fungsional dan pengujian akurasi sensor.

### 4.2.1. Pengujian Fungsional

Tabel 4. 1 Pengujian Fungsional

| NO | Skenario Pengujian     | Hasil yang Diharapkan                                                        | Hasil Pengujian | Keterangan                       |
|----|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| 1  | Menghidupkan alat      | Alat menyala, LCD menampilkan layar sambutan dan ESP32 memulai inisialisasi. | Sesuai          | Alat berhasil diinisialisasi.    |
| 2  | Koneksi ESP32 ke Wi-Fi | ESP32 berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi yang ditentukan.                  | Sesuai          | Koneksi berhasil.                |
| 3  | Pembacaan data sensor  | Sensor tegangan, arus, suhu, dan cahaya berhasil dibaca oleh ESP32.          | Sesuai          | Nilai dari semua sensor terbaca. |

| NO | Skenario Pengujian                | Hasil yang Diharapkan                                                              | Hasil Pengujian | Keterangan                       |
|----|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| 4. | Tampilan data pada LCD            | Nilai parameter PLTS (tegangan, arus, daya, suhu) ditampilkan dengan benar di LCD. | Sesuai          | Data ditampilkan dengan jelas.   |
| 5  | Pengiriman data ke Google Sheets  | Data dari sensor terkirim dan tercatat pada Google Sheets secara real-time.        | Sesuai          | Data berhasil di-log.            |
| 6  | Tampilan data pada Blynk          | berhasil menampilkan data yang sama dengan yang ada di Google Sheets.              | Sesuai          | Monitoring jarak jauh berfungsi. |
| 7  | Simulasi tegangan solar panel <5v | Buzzer berbunyi                                                                    | Sesuai          | Sistem alarm berfungsi.          |
| 8  | Simulasi Intyitas cahaya <30%     | Buzzer berbunyi                                                                    | Sesuai          | Sistem alarm berfungsi.          |

#### 4.2.2. Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dan *error* dari sensor yang digunakan dengan cara membandingkan hasil pembacaan alat dengan alat ukur standar yang terkalibrasi. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali untuk mendapatkan nilai rata-rata *error*.

##### 1. Pengujian Sensor Tegangan Baterai

1. Alat Ukur Standar: Multimeter Digital
2. Objek Ukur: Tegangan Baterai PLTS

Tabel 4. 2 Pengujian Akurasi Sensor Baterai

| Pengambilan ke- | Multimeter (Volt) | Pembacaan Sensor (Volt) | Selisih (Volt) | Error (%) |
|-----------------|-------------------|-------------------------|----------------|-----------|
| 1               | 12.51             | 12.45                   | 0.06           | 0.48%     |
| 2               | 12.55             | 12.62                   | -0.07          | 0.56%     |
| 3               | 12.60             | 12.53                   | 0.07           | 0.56%     |
| 4               | 12.48             | 12.55                   | -0.07          | 0.56%     |
| 5               | 12.52             | 12.46                   | 0.06           | 0.48%     |
| 6               | 12.45             | 12.51                   | -0.06          | 0.48%     |
| 7               | 12.62             | 12.56                   | 0.06           | 0.48%     |
| 8               | 12.58             | 12.65                   | -0.07          | 0.56%     |
| 9               | 12.50             | 12.44                   | 0.06           | 0.48%     |
| 10              | 12.54             | 12.60                   | -0.06          | 0.48%     |
| 11              | 12.49             | 12.55                   | -0.06          | 0.48%     |
| 12              | 12.53             | 12.47                   | 0.06           | 0.48%     |
| 13              | 12.57             | 12.63                   | -0.06          | 0.48%     |
| 14              | 12.61             | 12.55                   | 0.06           | 0.48%     |
| 15              | 12.47             | 12.53                   | -0.06          | 0.48%     |
| 16              | 12.56             | 12.49                   | 0.07           | 0.56%     |
| 17              | 12.59             | 12.66                   | -0.07          | 0.56%     |
| 18              | 12.46             | 12.52                   | -0.06          | 0.48%     |
| 19              | 12.51             | 12.45                   | 0.06           | 0.48%     |
| 20              | 12.55             | 12.61                   | -0.06          | 0.48%     |
| 21              | 12.60             | 12.54                   | 0.06           | 0.48%     |
| 22              | 12.48             | 12.54                   | -0.06          | 0.48%     |
| 23              | 12.52             | 12.46                   | 0.06           | 0.48%     |
| 24              | 12.56             | 12.62                   | -0.06          | 0.48%     |
| 25              | 12.50             | 12.57                   | -0.07          | 0.56%     |
| 26              | 12.54             | 12.48                   | 0.06           | 0.48%     |
| 27              | 12.58             | 12.64                   | -0.06          | 0.48%     |

| Pengambilan ke-         | Multimeter (Volt) | Pembacaan Sensor (Volt) | Selisih (Volt) | Error (%) |
|-------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|-----------|
| 28                      | 12.47             | 12.53                   | -0.06          | 0.48%     |
| 29                      | 12.53             | 12.47                   | 0.06           | 0.48%     |
| 30                      | 12.57             | 12.63                   | -0.06          | 0.48%     |
| Rata-rata Error = 0.50% |                   |                         |                |           |

## 2. Pengujian Sensor Tegangan Solar Panel

1. Alat Ukur Standar: Multimeter Digital

2. Objek Ukur: Tegangan Solar Panel

Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Tegangan Solar Panel

| Pengambilan ke- | Multimeter (Volt) | Pembacaan Sensor (Volt) | Selisih (Volt) | Error (%) |
|-----------------|-------------------|-------------------------|----------------|-----------|
| 1               | 17.55             | 17.62                   | -0.07          | 0.40%     |
| 2               | 17.81             | 17.74                   | 0.07           | 0.39%     |
| 3               | 18.02             | 18.11                   | -0.09          | 0.50%     |
| 4               | 18.15             | 18.06                   | 0.09           | 0.50%     |
| 5               | 17.98             | 18.05                   | -0.07          | 0.39%     |
| 6               | 17.64             | 17.70                   | -0.06          | 0.34%     |
| 7               | 17.42             | 17.35                   | 0.07           | 0.40%     |
| 8               | 17.88             | 17.96                   | -0.08          | 0.45%     |
| 9               | 18.21             | 18.29                   | -0.08          | 0.44%     |
| 10              | 18.33             | 18.24                   | 0.09           | 0.49%     |
| 11              | 17.95             | 17.88                   | 0.07           | 0.39%     |
| 12              | 17.72             | 17.79                   | -0.07          | 0.39%     |
| 13              | 17.50             | 17.43                   | 0.07           | 0.40%     |
| 14              | 17.68             | 17.75                   | -0.07          | 0.40%     |
| 15              | 18.05             | 18.13                   | -0.08          | 0.44%     |
| 16              | 18.25             | 18.17                   | 0.08           | 0.44%     |



| Pengambilan ke-         | Multimeter (Volt) | Pembacaan Sensor (Volt) | Selisih (Volt) | Error (%) |
|-------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|-----------|
| 17                      | 18.41             | 18.49                   | -0.08          | 0.43%     |
| 18                      | 18.30             | 18.22                   | 0.08           | 0.44%     |
| 19                      | 18.10             | 18.18                   | -0.08          | 0.48%     |
| 20                      | 17.85             | 17.85                   | 0.08           | 0.45%     |
| 21                      | 17.60             | 17.68                   | -0.08          | 0.48%     |
| 22                      | 17.92             | 18.00                   | -0.08          | 0.45%     |
| 23                      | 18.12             | 18.04                   | 0.08           | 0.48%     |
| 24                      | 18.35             | 18.35                   | -0.08          | 0.44%     |
| 25                      | 18.22             | 18.15                   | 0.07           | 0.38%     |
| 26                      | 18.00             | 18.08                   | -0.08          | 0.44%     |
| 27                      | 17.77             | 17.85                   | -0.08          | 0.45%     |
| 28                      | 17.58             | 17.51                   | -0.08          | 0.40%     |
| 29                      | 17.83             | 17.90                   | -0.07          | 0.39%     |
| 30                      | 18.08             | 18.16                   | -0.08          | 0.43%     |
| Rata-rata Error = 0.43% |                   |                         |                |           |

### 3. Pengujian Sensor Tegangan AC (ZMPT101B)

1. Alat Ukur Standar: Multimeter Digital
2. Objek Ukur: Tegangan Output

Tabel 4. 4 Pengujian Sensor Tegangan AC (ZMPT101B)

| Pengambilan ke- | Multimeter (Volt) | Pembacaan Sensor (Volt) | Selisih (Volt) | Error (%) |
|-----------------|-------------------|-------------------------|----------------|-----------|
| 1               | 220.15            | 219.54                  | 0.61           | 0.28%     |
| 2               | 219.88            | 220.71                  | -0.83          | 0.38%     |
| 3               | 220.45            | 221.23                  | -0.78          | 0.35%     |
| 4               | 221.01            | 220.12                  | 0.89           | 0.40%     |
| 5               | 219.5             | 220.21                  | -0.71          | 0.32%     |

| Pengambilan ke-         | Multimeter (Volt) | Pembacaan Sensor (Volt) | Selisih (Volt) | Error (%) |
|-------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|-----------|
| 6                       | 220.05            | 219.41                  | 0.64           | 0.29%     |
| 7                       | 218.99            | 218.33                  | 0.66           | 0.30%     |
| 8                       | 220.8             | 221.62                  | -0.82          | 0.37%     |
| 9                       | 221.25            | 220.59                  | 0.66           | 0.30%     |
| 10                      | 219.76            | 218.91                  | 0.85           | 0.39%     |
| 11                      | 220.3             | 219.86                  | 0.44           | 0.20%     |
| 12                      | 219.1             | 219.96                  | -0.86          | 0.39%     |
| 13                      | 220.65            | 221.19                  | -0.54          | 0.24%     |
| 14                      | 221.5             | 220.62                  | 0.88           | 0.40%     |
| 15                      | 218.8             | 219.52                  | -0.72          | 0.33%     |
| 16                      | 220.92            | 220.23                  | 0.69           | 0.31%     |
| 17                      | 219.22            | 218.57                  | 0.65           | 0.30%     |
| 18                      | 220.58            | 221.4                   | -0.82          | 0.37%     |
| 19                      | 221.8             | 221.03                  | 0.77           | 0.35%     |
| 20                      | 219.05            | 218.23                  | 0.82           | 0.37%     |
| 21                      | 220.73            | 220.19                  | 0.54           | 0.24%     |
| 22                      | 219.48            | 220.31                  | -0.83          | 0.38%     |
| 23                      | 220.37            | 221.12                  | -0.75          | 0.34%     |
| 24                      | 221.12            | 220.23                  | 0.89           | 0.40%     |
| 25                      | 219.82            | 220.48                  | -0.66          | 0.30%     |
| 26                      | 220.25            | 219.6                   | 0.65           | 0.30%     |
| 27                      | 218.75            | 218.1                   | 0.65           | 0.30%     |
| 28                      | 220.88            | 221.72                  | -0.84          | 0.38%     |
| 29                      | 221.6             | 220.94                  | 0.66           | 0.30%     |
| 30                      | 219.33            | 218.46                  | 0.87           | 0.40%     |
| Rata-rata Error = 0.43% |                   |                         |                |           |

#### 4. Pengujian Sensor dht22

1. Alat Ukur Standar: Thermometer
2. Objek Ukur: Suhu dan Kelembapan Udara

Tabel 4. 5 Pengujian Sensor dht22

| Pengambilan ke- | Thermometer (°C) | Pembacaan Sensor (°C) | Selisih (°C) | Error (%) |
|-----------------|------------------|-----------------------|--------------|-----------|
| 1               | 28.5             | 28.94                 | 28.9         | -0.4      |
| 2               | 28.3             | 28.06                 | 28.1         | -0.2      |
| 3               | 28.6             | 28.22                 | 28.2         | -0.4      |
| 4               | 29               | 29.33                 | 29.3         | -0.3      |
| 5               | 29.1             | 28.75                 | 28.8         | -0.3      |
| 6               | 28.8             | 28.51                 | 28.5         | -0.3      |
| 7               | 28.4             | 28.84                 | 28.8         | -0.4      |
| 8               | 28.2             | 28.62                 | 28.6         | -0.4      |
| 9               | 28.7             | 28.43                 | 28.4         | -0.3      |
| 10              | 29.2             | 29.61                 | 29.6         | -0.4      |
| 11              | 29.3             | 29.04                 | 29           | -0.3      |
| 12              | 28.9             | 28.52                 | 28.5         | -0.4      |
| 13              | 28.5             | 28.11                 | 28.1         | -0.4      |
| 14              | 28.3             | 28.74                 | 28.7         | -0.4      |
| 15              | 28.8             | 29.18                 | 29.2         | -0.4      |
| 16              | 29.1             | 29.53                 | 29.5         | -0.4      |
| 17              | 29.4             | 29.07                 | 29.1         | -0.3      |
| 18              | 29               | 28.64                 | 28.6         | -0.4      |
| 19              | 28.6             | 28.21                 | 28.2         | -0.4      |
| 20              | 28.4             | 28.76                 | 28.8         | -0.4      |
| 21              | 28.9             | 29.32                 | 29.3         | -0.4      |
| 22              | 29.2             | 28.83                 | 28.8         | -0.4      |
| 23              | 29.5             | 29.84                 | 29.8         | -0.3      |
| 24              | 29.1             | 28.72                 | 28.7         | -0.4      |
| 25              | 28.7             | 28.31                 | 28.3         | -0.4      |

| Pengambilan ke-         | Thermometer (°C) | Pembacaan Sensor (°C) | Selisih (°C) | Error (%) |
|-------------------------|------------------|-----------------------|--------------|-----------|
| 26                      | 28.5             | 28.88                 | 28.9         | -0.4      |
| 27                      | 28.8             | 28.42                 | 28.4         | -0.4      |
| 28                      | 29               | 29.41                 | 29.4         | -0.4      |
| 29                      | 29.3             | 29.66                 | 29.7         | -0.4      |
| 30                      | 28.9             | 28.63                 | 28.6         | -0.3      |
| Rata-rata Error = 1.26% |                  |                       |              |           |

#### 4.3. Pembahasan (Analisis)

Berdasarkan seluruh hasil implementasi dan pengujian, sistem monitoring PLTS berbasis IoT yang dibangun telah berhasil berfungsi sesuai dengan tujuan yang ditetapkan dalam penelitian. Dari hasil pengujian fungsional, dapat disimpulkan bahwa integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan sangat baik. Seluruh fitur utama sistem, mulai dari pembacaan data sensor, pengolahan data, penampilan informasi secara lokal (LCD) dan jarak jauh (cloud), hingga sistem notifikasi alarm, semuanya berfungsi sesuai harapan. Hal ini menunjukkan bahwa perancangan sistem pada Bab III telah berhasil diimplementasikan dengan benar.

Dari hasil pengujian akurasi sensor, didapatkan nilai *error* rata-rata yang sangat kecil dan dapat diterima untuk kebutuhan monitoring. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata *error* sebesar **0.33%** untuk pengukuran tegangan AC (ZMPT101B), **1.26%** untuk pengukuran suhu (DHT22), dan **4.52%** untuk pengukuran kelembapan (DHT22). Tingkat *error* yang rendah ini (terutama untuk tegangan dan suhu) dan masih dalam rentang toleransi pabrikan (untuk kelembapan) menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki keandalan yang baik. Tujuan utama sistem ini adalah untuk mengetahui status dan kondisi operasional peralatan, bukan untuk pengukuran presisi tingkat laboratorium, sehingga tingkat akurasi ini sudah lebih dari cukup. Adanya selisih nilai (*error*) dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti toleransi komponen pada modul sensor, resolusi ADC pada mikrokontroler, serta kemungkinan adanya derau (*noise*) minor pada rangkaian elektronik.



Secara keseluruhan, sistem ini berhasil memberikan solusi efektif terhadap permasalahan yang diidentifikasi pada latar belakang, yaitu kesulitan dalam memantau kondisi PLTS secara manual yang memakan waktu dan biaya. Dengan adanya sistem ini, teknisi dapat memantau parameter-parameter krusial PLTS (seperti tegangan panel, kondisi baterai, dan status cuaca) secara *real-time* dari mana saja melalui aplikasi *smartphone*. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memungkinkan deteksi dini terhadap potensi gangguan, yang pada akhirnya dapat menjadi rekomendasi awal untuk tindakan perawatan (*maintenance*) preventif dan menjaga kontinuitas suplai daya dari PLTS.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan dari keseluruhan proses penelitian, perancangan, dan pengujian sistem yang telah dilakukan. Selain itu, bab ini juga memberikan beberapa saran yang dapat menjadi acuan untuk pengembangan sistem di masa mendatang.

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian "Sistem Monitoring Status PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis *Internet of Things* di Terminal 2 Soekarno Hatta", dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan dan Fungsionalitas Sistem: Sistem monitoring telah berhasil dirancang dan dibangun untuk memantau parameter-parameter krusial pada panel PLTS, meliputi tegangan *solar panel*, tegangan baterai, suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Sistem ini mampu mengumpulkan, mengolah, dan menyajikan data secara *real-time* melalui berbagai antarmuka, yaitu layar LCD di lokasi, Google Sheets untuk pencatatan data historis, dan aplikasi *smartphone* untuk pemantauan jarak jauh.
2. Realisasi Sistem Berbasis IoT: Implementasi teknologi *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 telah berhasil direalisasikan. Sistem dapat terhubung ke jaringan internet melalui Wi-Fi untuk mengirimkan data secara nirkabel ke *platform cloud* (Google Sheets), yang kemudian dapat diakses dari mana saja dan kapan saja. Hal ini membuktikan bahwa konsep IoT efektif untuk mengatasi kendala pemantauan manual yang memakan waktu dan biaya.
3. Akurasi dan Keandalan: Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur standar, sistem menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Didapatkan rata-rata *error* untuk pengukuran tegangan *solar panel* sebesar 0.43% dan untuk tegangan baterai sebesar 0.50%. Nilai *error* yang rendah ini mengindikasikan bahwa sistem yang dibangun cukup andal untuk memberikan informasi kondisi operasional PLTS.

4. Efektivitas dan Manfaat: Sistem ini secara efektif mempermudah teknisi dalam memantau status peralatan PLTS tanpa harus datang langsung ke lokasi. Fitur notifikasi alarm juga memungkinkan deteksi dini terhadap potensi masalah, sehingga dapat menjadi rekomendasi awal untuk tindakan perawatan preventif. Dengan demikian, sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi operasional serta menjaga kontinuitas suplai daya dari PLTS.

## 5.2. Saran

Meskipun sistem yang dibangun telah berfungsi sesuai dengan tujuan awal, terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan fungsionalitas dan keandalannya di masa depan. Berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya:

1. Penambahan Sensor Arus dan Daya: Untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kinerja PLTS, disarankan untuk menambahkan sensor yang dapat mengukur arus pengisian (*charging current*) dari panel surya ke baterai, serta arus dan daya keluaran (*output*) yang digunakan oleh beban.
2. Integrasi dengan Sistem Manajemen Energi: Sistem ini dapat diintegrasikan ke dalam Sistem Manajemen Energi (Energy Management System) yang lebih besar di lingkungan bandara. Hal ini akan memungkinkan analisis data yang lebih mendalam terkait efisiensi energi dan pola konsumsi.
3. Pengembangan Sumber Daya Mandiri: Untuk meningkatkan keandalan, alat monitoring dapat dilengkapi dengan sumber daya cadangan (baterai kecil) sendiri yang terpisah dari sistem PLTS utama. Ini memastikan alat tetap dapat mengirimkan notifikasi "off" atau "tidak terhubung" bahkan jika PLTS yang dipantau mengalami kegagalan total.
4. Peningkatan Antarmuka Pengguna: Aplikasi *monitoring* pada *smartphone* dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur grafik historis, laporan harian/mingguan otomatis, dan sistem notifikasi yang lebih detail dan dapat dikonfigurasi oleh pengguna.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Longland C, (1984). *Power Capacitor Handbook*, London, Butterworth & G. Utd
- [2] N. I. Widiastuti and R. Susanto. (2014). "Kajian sistem *Monitoring* dokumen akreditasi teknik informatika unikom," *Maj. Ilm. UNIKOM*, vol. 12, no. 2, pp. 195–202, doi: 10.34010/miu.v12i2.28.
- [3] Mardiani, G. T. (2013). Sistem *Monitoring* Data Aset Dan Inventaris Pt Telkom Cianjur Berbasis *Spread sheet*. *Komputa : Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.34010/komputa.v2i1.78>
- [4] Febriani, O., & Putra, A. (2013). Sistem Informasi *Monitoring* Inventori Barang Pada Balai Riset Standardisasi Industri Bandar Lampung. *Jurnal Informatika Darmajaya*, 13(1), 90–98.
- [5] Dinata, I., & Sunanda, W. (2015). Implementasi Wireless *Monitoring* Energi Listrik Berbasis *Spread sheet* Database. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 4(1), 83.
- [6] A. R. Agusta, J. Andjarwirawan, and R. Lim, (2009) "Implementasi Internet of Things Untuk Menjaga Kelembaban Udara Pada Budidaya Jamur," *J. Infra*, vol. 7, no. 2, pp. 95–100,
- [7] F. A. Saputra and I. D. Wahyono, (2018) ' WATERSOR ' ( Waterlogging Sensor )*Monitoring* Genangan Air di Kota Malang Berbasis ThingSpeak Framework,"*Semin. Nas. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 165–168,
- [8] D. sarjon Juliansa hengki and Sumijan, (2017) "Jurnal Resti," *Resti*, vol. 1, no. 1, pp. 19–25.
- [9] A. Setiawan and A. I. Purnamasari, (2019). "Pengembangan Smart Home Dengan Microcontrollers ESP32 Dan MC-38 Door Magnetic Switch Sensor Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Meningkatkan Deteksi Dini Keamanan Perumahan,vol. 3, no. 3, pp. 451–457,doi: 10.29207/resti.v3i3.1238.
- [10] Jimmi Sitepu. (2020). "Membaca Sensor ZMPT101B dengan nodemcu Arduino". Mikroavr.Com. <https://mikroavr.com/sensor-ZMPT101B-arduino/>
- [11] Z. Latif, A. Wahjudi, and B. Sudarmanta, (2014). "Rancang Bangun Sistem



Pengukuran Pada Alat Kalibrasi Sensor Gas Oksigen (O<sub>2</sub>),” *J. Tek. Pomits*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5,

- [12] Arifin, M., Kusuma, W. A., & Syaifuddin, S. (2020). *Monitoring Jarak Tempuh Lari Menggunakan Sensor Accelerometer. Jurnal Repositor*, 2(6), 795. <https://doi.org/10.22219/repositor.v2i6.781>



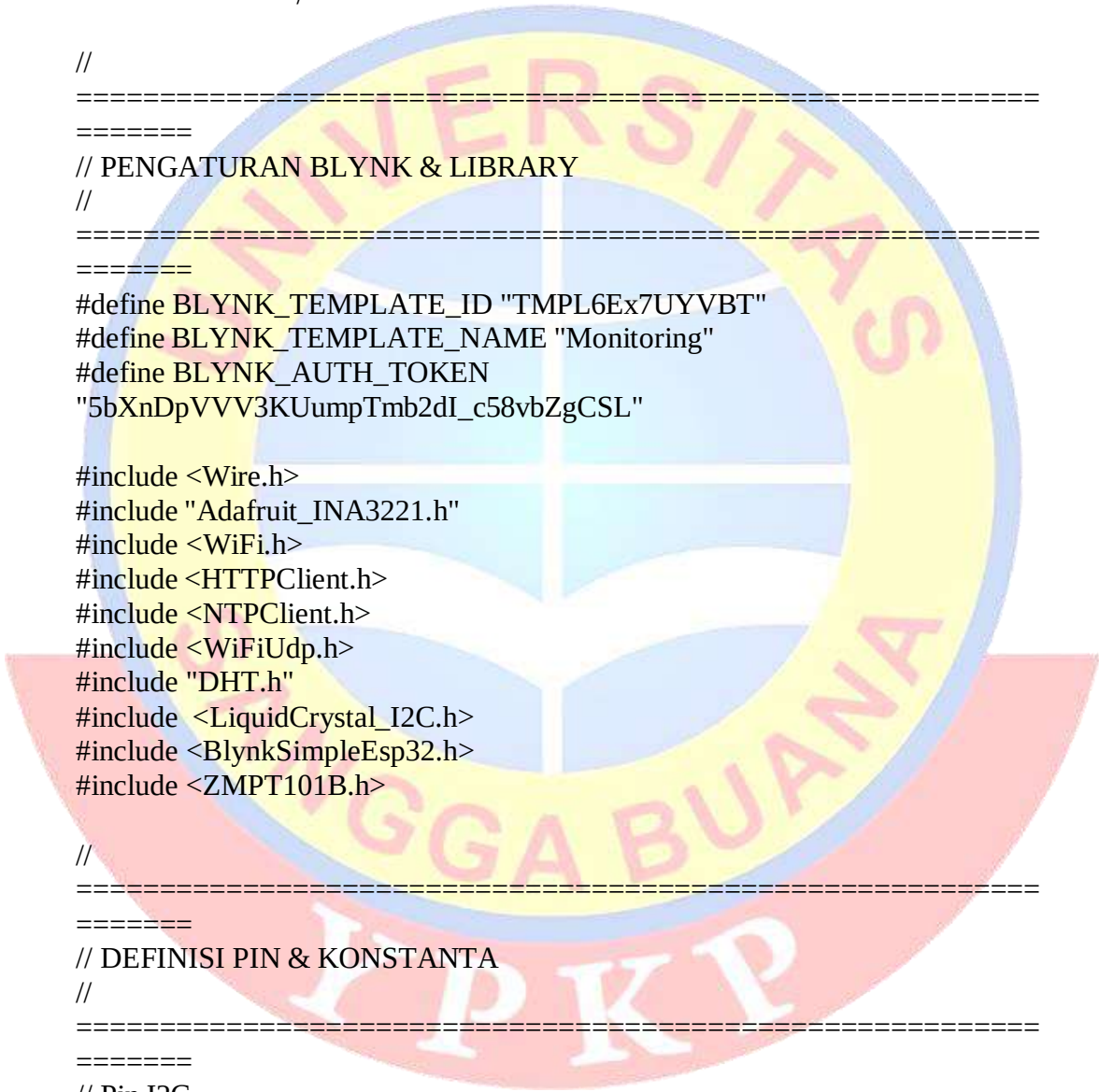
**LAMPIRAN**  
**DOKUMENTASI PENELITIAN**



## PROGAM YANG DIGUNAKAN

```
/******  
*****  
* PROYEK SMART MONITORING DENGAN ESP32  
* Nama : IKHSAN MAULANA  
* Email : ikhsanmaulana170620@gmail.com  
* Versi : 2.0 (Dengan penambahan sensor arus ACS712 dan perhitungan daya)  
  
*****  
*****/
```

```
//  
=====
```



```
=====
```

```
// PENGATURAN BLYNK & LIBRARY  
//  
=====
```

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6Ex7UYVBT"  
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Monitoring"  
#define BLYNK_AUTH_TOKEN  
"5bXnDpVVV3KUumpTmb2dI_c58vbZgCSL"  
  
#include <Wire.h>  
#include "Adafruit_INA3221.h"  
#include <WiFi.h>  
#include <HTTPClient.h>  
#include <NTPClient.h>  
#include <WiFiUdp.h>  
#include "DHT.h"  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
#include <BlynkSimpleEsp32.h>  
#include <ZMPT101B.h>  
  
//  
=====
```

```
=====
```

```
// DEFINISI PIN & KONSTANTA  
//  
=====
```

```
=====
```

```
// Pin I2C  
#define SDA_PIN 21  
#define SCL_PIN 22  
// Pin Sensor  
#define DHTPIN 4  
#define DHTTYPE DHT22  
#define LDR_PIN 34
```

```

#define VBATT_PIN 35
#define ZMPT_PIN 33
#define ACS_PIN 32 // Pin baru untuk sensor arus ACS712
// Pin Output
#define BUZZER_PIN 14

// Pengaturan ZMPT101B
#define FREQ 50.0
#define SENSITIVITY 450.0 // Hasil kalibrasi
#define FACTOR_CORRECTION 1.0457 // Faktor koreksi agar mendekati
tegangan PLN

// Pengaturan ACS712
// Sesuaikan nilai ini dengan modul ACS712 yang Anda gunakan:
// - 5A module: 0.185 V/A
// - 20A module: 0.100 V/A
// - 30A module: 0.066 V/A
#define ACS712_SENSITIVITY 0.100

// Pengaturan Pembagi Tegangan Baterai
float R1_VBATT = 30000.0;
float R2_VBATT = 7500.0;

// Pengaturan WiFi & Google Sheets
const char *ssid = "USB IoT";
const char *password = "elektrojuara!";
String scriptURL =
"https://script.google.com/macros/s/AKfycbyA5PWpANsmiYlqTIawkovUMBd5
g-CZeXjQcQU7HMyV0K7zEVmhTsZ2TbQSDahL0TzW/exec";

//
=====
// INISIALISASI LIBRARY & OBJECT GLOBAL
//
=====
=====
WiFiUDP ntpUDP;
NTPClient timeClient(ntpUDP, "pool.ntp.org", 7 * 3600, 60000); // UTC+7
(WIB)
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
Adafruit_INA3221 ina3221;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
ZMPT101B voltageSensor(ZMPT_PIN, FREQ);

//
=====
=====

```



```

// VARIABEL GLOBAL UNTUK MENYIMPAN DATA SENSOR
//
=====
=====
volatile float voltInput, voltBatt, suhu, kelembapan, voltAC, ldrPercent;
volatile float arusAC, dayaAC; // Variabel baru untuk arus dan daya

// Fungsi bantuan untuk mengubah float ke String dengan aman (menghindari
'nan')
String safeVal(float val, unsigned int decimal) {
    if (isnan(val)) return "0";
    return String(val, decimal);
}

//
=====
=====
// KUMPULAN FUNGSI PEMBACAAN SENSOR (MODULAR)
//
=====
=====
void readLDR() {
    ldrPercent = 100.0 - ((float)analogRead(LDR_PIN) / 4095.0 * 100.0);
}

void readTeganganBaterai() {
    int adcValue = analogRead(VBATT_PIN);
    float vout = (adcValue * 3.5) / 4095.0;
    float vin = vout / (R2_VBATT / (R1_VBATT + R2_VBATT));
    voltBatt = (vin < 0.09) ? 0 : vin;
}

void readTeganganPanel() {
    voltInput = ina3221.getBusVoltage(1);
}

void readTeganganAC() {
    voltAC = voltageSensor.getRmsVoltage() * FACTOR_CORRECTION;
}

void readSuhuKelembapan() {
    suhu = dht.readTemperature();
    kelembapan = dht.readHumidity();
}

// Fungsi baru untuk membaca arus AC dari sensor ACS712
void readArusAC() {
    unsigned long startTime = millis();

```

```

int adcValue;
int maxValue = 0;
int minValue = 4095;

// Sampling selama 100ms untuk menangkap beberapa gelombang 50Hz
while (millis() - startTime < 100) {
    adcValue = analogRead(ACS_PIN);
    if (adcValue > maxValue) {
        maxValue = adcValue;
    }
    if (adcValue < minValue) {
        minValue = adcValue;
    }
}

// Konversi nilai ADC peak-to-peak ke tegangan
float Vpp = ((maxValue - minValue) * 3.3) / 4095.0;

// Hitung Arus RMS dari Vpp sensor
// Arus RMS = (Vpp / 2 * sqrt(2)) / sensitivitas
float Irms = (Vpp / 2.0 * 0.707) / ACS712_SENSITIVITY;

// Koreksi kecil untuk noise jika tidak ada arus yang mengalir
arusAC = (Irms < 0.1) ? 0.0 : Irms;
}

// Fungsi baru untuk menghitung daya AC
void hitungDayaAC() {
    // Rumus: Daya (P) = Tegangan (V) * Arus (I)
    // Pastikan nilai tidak NaN sebelum menghitung untuk menghindari error
    if (isnan(voltAC) || isnan(arusAC)) {
        dayaAC = 0;
    } else {
        dayaAC = voltAC * arusAC;
    }
}

//
=====
// TUGAS 1: MEMBACA SEMUA SENSOR SECARA PERIODIK
//
=====

void taskReadSensors(void *parameter) {
    for (;;) {
        // Panggil setiap fungsi pembacaan sensor
        readLDR();
    }
}

```

```

    readTeganganBaterai();
    readTeganganPanel();
    readTeganganAC();
    readSuhuKelembapan();
    readArusAC();    // Baca sensor arus
    hitungDayaAC();   // Hitung daya

    Serial.println("Berhasil membaca semua sensor.");

    vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(2000));
}
}

//
=====
// TUGAS 2: MENGURUS KONEKSI JARINGAN (BLYNK & GOOGLE
SHEETS)
//
=====
void taskNetworkHandler(void *parameter) {
    unsigned long lastSendMillis = 0;
    const long sendInterval = 5000;

    for (;;) {
        Blynk.run();

        if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && millis() - lastSendMillis >
sendInterval) {
            lastSendMillis = millis();

            // --- Kirim data ke Blynk ---
            Blynk.virtualWrite(V0, ldrPercent);
            Blynk.virtualWrite(V1, suhu);
            Blynk.virtualWrite(V2, kelembapan);
            Blynk.virtualWrite(V3, voltInput);
            Blynk.virtualWrite(V4, voltBatt);
            Blynk.virtualWrite(V5, voltAC);
            Blynk.virtualWrite(V6, arusAC); // Kirim data arus ke Virtual Pin 6
            Blynk.virtualWrite(V7, dayaAC); // Kirim data daya ke Virtual Pin 7
            Serial.println("Data terkirim ke Blynk.");

            // --- Kirim data ke Google Spreadsheet ---
            timeClient.update();
            String currentTime = timeClient.getFormattedTime();
            HTTPClient http;
            String url = scriptURL + "?voltInput=" + safeVal(voltInput, 2)

```

```

+ "&voltBatt=" + safeVal(voltBatt, 2)
+ "&suhu=" + safeVal(suhu, 1)
+ "&kelembapan=" + safeVal(kelembapan, 1)
+ "&voltAC=" + safeVal(voltAC, 2)
+ "&cahaya=" + safeVal(ldrPercent, 1)
+ "&arus=" + safeVal(arusAC, 2) // Tambahkan data arus ke URL
+ "&daya=" + safeVal(dayaAC, 1) // Tambahkan data daya ke URL
+ "&time=" + currentTime;

http.begin(url);
if (http.GET() > 0) {
  Serial.println("Data terkirim ke Spreadsheet.");
} else {
  Serial.println("Gagal mengirim data ke Spreadsheet.");
}
http.end();
}
vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(50));
}
}

//
=====
// TUGAS 3: MENAMPILKAN DATA KE LAYAR LCD
//
=====

void taskUpdateLCD(void *parameter) {
  for (;;) {
    // Tampilkan Halaman 1
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3, 0); lcd.print("Smart Monitoring");
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Vpanel: "); lcd.print(safeVal(voltInput, 2));
    lcd.print(" V");
    lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("Vbatt: "); lcd.print(safeVal(voltBatt, 2));
    lcd.print(" V");
    lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("Cahaya: "); lcd.print(safeVal(ldrPercent, 1));
    lcd.print(" %");
    vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(4000));

    // Tampilkan Halaman 2 (dengan data arus dan daya)
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("K="); lcd.print(safeVal(kelembapan, 1));
    lcd.print("%");
    lcd.setCursor(9, 0); lcd.print("T="); lcd.print(safeVal(suhu, 1)); lcd.print("C");
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Vout = "); lcd.print(safeVal(voltAC, 1));
    lcd.print(" V");
    lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("Arus = "); lcd.print(safeVal(arusAC, 2));

```



```

lcd.print(" A");
  lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("Daya = "); lcd.print(safeVal(dayaAC, 1));
lcd.print(" W");
  vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(4000));
}
}

//
=====
=====
// TUGAS 4: KONTROL BUZZER SEBAGAI ALARM
//
=====
=====
void taskBuzzerControl(void *parameter) {
  for (;;) {
    if (ldrPercent < 30.0 || voltInput < 5.0) {
      digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
    } else {
      digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    }
    vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(200));
  }
}

//
=====
=====
// FUNGSI SETUP: Inisialisasi awal & pembuatan semua task
//
=====
=====
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin(SDA_PIN, SCL_PIN);

  // Inisialisasi hardware dasar
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  dht.begin();
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
  pinMode(LDR_PIN, INPUT);
  pinMode(VBATT_PIN, INPUT);
  pinMode(ACS_PIN, INPUT); // Inisialisasi pin untuk ACS712

  // Menampilkan status koneksi WiFi di LCD
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Menghubungkan WiFi..");

```

```

Serial.print("Menghubungkan ke WiFi...");

// Hubungkan ke WiFi
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("\nWiFi Terhubung!");
lcd.clear(); lcd.print("WiFi Terhubung!");
delay(1000);

// Hubungkan ke layanan online dan sensor I2C
Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, password);
ina3221.begin();
timeClient.begin();
voltageSensor.setSensitivity(SENSITIVITY);

// --- PEMBUATAN SEMUA TASK FREERTOS ---
xTaskCreatePinnedToCore(taskReadSensors, "BacaSensor", 4096, NULL, 1,
NULL, 0);
xTaskCreatePinnedToCore(taskNetworkHandler, "KoneksiJaringan", 4096,
NULL, 1, NULL, 1);
xTaskCreatePinnedToCore(taskUpdateLCD, "UpdateLCD", 2048, NULL, 1,
NULL, 0);
xTaskCreatePinnedToCore(taskBuzzerControl, "KontrolBuzzer", 1024, NULL,
2, NULL, 0);
}

//
=====
// FUNGSI LOOP: Dibiarkan kosong
//
=====
void loop() {
    vTaskDelete(NULL);
}

```