**implementasi IoT untuk Pemantauan dan Pengendalian PLTS Pada Puskesmas Tana Toraja.**

**Proposal Tugas Akhir**

**Kelas MK Penulisan Proposal (CCH4A3)**

**1304211070**

**ADELHEID NAVIANTI**

****

**Program Studi Sarjana S1 Informatika PJJ**

**Fakultas Informatika**

**Universitas Telkom**

**Bandung**

**2024**

# **Lembar Persetujuan**

**implementasi IoT untuk Pemantauan dan Pengendalian PLTS Pada Puskesmas Tana Toraja.**

**The Implementation of IoT for Monitoring and Controlling Solar Power Systems in Health Center Tana Toraja.**

**NIM :** **1304211070**

**ADELHEID NAVIANTI**

Proposal ini diajukan sebagai usulan pembuatan tugas akhir pada

Program Studi Sarjana S1 Informatika PJJ

Fakultas Informatika Universitas Telkom

Bandung, 3 Desember 2024

Menyetujui

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Calon Pembimbing 1 |  | Calon Pembimbing 2 |
|  |  |  |
|  |  |  |
| <Nama Lengkap dengan Gelar> <NIP> |  | <Nama Lengkap dengan Gelar> <NIP> |

# **ABSTRAK**

Penelitian ini membahas penerapan Internet of Things (IoT) untuk pemantauan dan pengendalian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Puskesmas Tana Toraja, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan keandalan operasional energi terbarukan. IoT memungkinkan pemantauan real-time terhadap parameter penting seperti tegangan, arus, suhu, dan kondisi cuaca, serta pengendalian otomatis perangkat PLTS, seperti inverter dan baterai, yang terhubung dengan sensor. Sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroler untuk mengumpulkan data dari sensor, yang kemudian dikirimkan melalui jaringan komunikasi standar seperti MQTT dan HTTP ke server cloud, di mana data tersebut dianalisis dan disajikan melalui dashboard berbasis web.

Integrasi antara sistem IoT baru dan infrastruktur PLTS eksisting dilakukan dengan mengevaluasi kompatibilitas perangkat dan protokol komunikasi yang sudah ada. Salah satu tantangan utama adalah menghubungkan perangkat eksisting yang belum mendukung fitur komunikasi nirkabel. Solusi yang diterapkan meliputi penambahan modul komunikasi dan penggunaan bridge untuk mengonversi protokol eksisting agar kompatibel dengan sistem IoT. Selain itu, sistem juga dirancang agar fleksibel dan skalabel, sehingga mampu menyesuaikan perkembangan teknologi dan kebutuhan energi di masa depan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem IoT yang terintegrasi berhasil meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi surya di Puskesmas. Pemantauan real-time dan kontrol otomatis membantu mengoptimalkan penggunaan energi dan mencegah terjadinya masalah teknis seperti overcharge pada baterai. Dengan desain yang modular, sistem ini dapat diperluas di masa mendatang untuk menambah perangkat baru atau meningkatkan kapasitas PLTS tanpa memerlukan perubahan besar. Implementasi sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi yang berkelanjutan bagi manajemen energi di fasilitas kesehatan, khususnya di daerah terpencil.

**Kata Kunci**: IoT, PLTS, integrasi sistem, protokol komunikasi, pemantauan energi, efisiensi.

# **PENDAHULUAN**

## **Latar Belakang**

Kebutuhan akan energi yang andal dan berkelanjutan sangat penting bagi fasilitas kesehatan, terutama di daerah terpencil seperti Tana Toraja. Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas), yang berfungsi sebagai garda terdepan dalam layanan kesehatan, sering kali menghadapi keterbatasan akses listrik karena lokasinya yang jauh dari jaringan listrik utama. Salah satu Puskesmas yang terletak di **Jl. Poros Rantepao - Makale, Tambunan, Kec. Makale Utara, Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan**, juga mengalami tantangan serupa dalam hal ketersediaan listrik. Untuk mengatasi masalah ini, pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi energi terbarukan yang dapat mendukung operasional Puskesmas secara lebih efisien dan berkelanjutan [1]. Namun, mengelola PLTS secara manual dapat menjadi tidak efisien dan sulit dilakukan secara terus-menerus, mengingat pentingnya ketersediaan listrik bagi fasilitas kesehatan.

Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi modern dalam hal pemantauan dan pengendalian PLTS di Puskesmas. Dengan integrasi IoT, berbagai komponen dalam sistem PLTS, seperti panel surya, baterai, dan distribusi energi, dapat dipantau secara real-time dari jarak jauh [2]. Sistem ini memberikan kemampuan untuk mendeteksi masalah lebih awal, memungkinkan tindakan perbaikan dilakukan sebelum gangguan besar terjadi, yang dapat mengganggu operasional Puskesmas. Teknologi IoT juga memungkinkan pengelolaan energi yang lebih efisien dengan menyesuaikan kebutuhan listrik Puskesmas berdasarkan kondisi aktual, sehingga memastikan penggunaan energi yang optimal [3].

Puskesmas di Tana Toraja, dengan lokasinya yang berada di daerah pegunungan, sangat diuntungkan oleh penerapan teknologi ini. Akses langsung untuk pemeliharaan PLTS dapat menjadi sulit, sehingga pengendalian jarak jauh melalui IoT memberikan solusi praktis. Selain itu, pemanfaatan energi surya yang melimpah di wilayah tersebut sejalan dengan inisiatif global untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mendukung lingkungan yang lebih sehat. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada implementasi IoT untuk memantau dan mengendalikan PLTS di Puskesmas Tana Toraja, guna memastikan ketersediaan energi yang stabil, efisien, dan berkelanjutan di daerah pedesaan.

## **Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara memastikan pemantauan dan pengendalian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Puskesmas secara efisien, terutama mengingat lokasi Puskesmas yang berada di daerah terpencil dan sulit dijangkau?
2. Bagaimana teknologi Internet of Things (IoT) dapat diterapkan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pemantauan kondisi panel surya, kapasitas baterai, dan distribusi energi pada PLTS di Puskesmas?
3. Bagaimana cara mengoptimalkan penggunaan energi yang dihasilkan oleh PLTS di Puskesmas Tana Toraja agar selalu tersedia sesuai kebutuhan operasional fasilitas kesehatan?
4. Bagaimana teknologi IoT dapat membantu mendeteksi dan mengatasi masalah teknis pada PLTS secara real-time sehingga dapat memperpanjang umur peralatan dan mengurangi biaya pemeliharaan?

## **Tujuan**

1. **Mengembangkan sistem pemantauan dan pengendalian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Internet of Things (IoT) di Puskesmas Tana Toraja** yang mampu memantau kondisi panel surya, kapasitas baterai, dan distribusi energi secara real-time.
2. **Mengoptimalkan penggunaan energi yang dihasilkan oleh PLTS di Puskesmas** agar selalu tersedia dan stabil untuk mendukung operasional fasilitas kesehatan secara efisien dan berkelanjutan.

## **Rencana Kegiatan**

Berikut adalah rencana kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini:

* **Studi Literatur dan Survei Lokasi**

Mengidentifikasi kondisi geografis dan operasional Puskesmas di Tana Toraja yang terletak di Jl. Poros Rantepao - Makale, Tambunan, Kec. Makale Utara, Kabupaten Tana Toraja, serta menentukan kebutuhan energi dan infrastruktur yang ada.

* **Perancangan Sistem IoT untuk PLTS**

Merancang sistem IoT yang akan diterapkan untuk pemantauan dan pengendalian PLTS, mencakup pemilihan sensor, perangkat komunikasi, serta perangkat lunak pemantauan yang memungkinkan pengawasan kondisi panel surya, baterai, dan distribusi energi.

* **Pengembangan dan Integrasi Sistem IoT**

Mengembangkan dan mengintegrasikan sistem IoT ke dalam PLTS yang sudah ada di Puskesmas, dengan memastikan bahwa semua perangkat terhubung dan dapat berfungsi secara otomatis untuk pengumpulan data dan kontrol jarak jauh.

* **Pengujian Sistem dan Pemantauan Awal**

Melakukan uji coba sistem IoT di lapangan dengan memantau kinerja sistem PLTS dalam kondisi operasional sehari-hari. Uji coba ini juga mencakup pengujian deteksi kerusakan dan performa, serta kemampuan sistem dalam memberikan peringatan dini jika terjadi masalah.

* **Evaluasi dan Optimalisasi Sistem**

Melakukan evaluasi terhadap hasil pengujian dan kinerja sistem IoT, serta melakukan penyesuaian atau peningkatan jika diperlukan untuk memastikan efisiensi dan keandalan sistem yang diterapkan.

* **Pelatihan dan Sosialisasi**

Melakukan pelatihan kepada petugas Puskesmas terkait penggunaan sistem IoT untuk pemantauan dan pengendalian PLTS, serta memberikan panduan pemeliharaan dasar yang diperlukan untuk menjaga kelangsungan sistem.

* **Pelaporan dan Dokumentasi**

Menyusun laporan akhir yang mencakup hasil implementasi, kinerja sistem IoT, dan rekomendasi perbaikan, serta dokumentasi lengkap dari tahapan kegiatan yang telah dilakukan selama penelitian.

## **Jadwal Kegiatan**

Jadwal Kegiatan yang akan dilakukan berdasarkan pada rencana kegiatan yang telah dibuat, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kegiatan** | **Bulan** | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Studi Literatur dan Survei Lokasi |  |  |  |  |  |  |
| Perancangan Sistem |  |  |  |  |  |  |
| Pengembangan Sistem |  |  |  |  |  |  |
| Pengujian |  |  |  |  |  |  |
| Evaluasi |  |  |  |  |  |  |
| Pelatihan dan Sosialisasi |  |  |  |  |  |  |
| Laporan |  |  |  |  |  |  |

\*Keterangan: shading warna *grayscale*

# **KAJIAN PUSTAKA**

## **Penelitian Terkait**

Penelitian terkait penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah berkembang pesat, khususnya dalam konteks pemantauan real-time dan pengendalian sistem energi. Salah satu penelitian yang relevan adalah studi oleh Pankaj et al. (2020), yang membahas pengembangan sistem pemantauan daya surya berbasis IoT. Dalam penelitian ini, IoT digunakan untuk memonitor kinerja panel surya dan sistem penyimpanan energi secara real-time, yang memungkinkan deteksi dini terhadap penurunan efisiensi dan gangguan teknis [4]. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan IoT secara signifikan meningkatkan keandalan sistem dan memperpanjang masa operasional PLTS melalui pemantauan yang kontinu dan otomatis. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya integrasi teknologi IoT dalam sistem energi terbarukan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan dan penghematan biaya operasional.

Penelitian lain oleh Park, S. (2018) menyoroti manfaat IoT dalam pengelolaan PLTS untuk keperluan skala kecil. Studi ini menunjukkan bahwa melalui IoT, operator dapat mengendalikan sistem energi surya dari jarak jauh, termasuk memantau kinerja perangkat dan mendeteksi masalah secara dini. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penerapan IoT dapat mengurangi frekuensi pemadaman listrik yang disebabkan oleh masalah teknis pada baterai atau inverter hingga 30%. Penelitian ini juga menyoroti bagaimana IoT dapat membantu dalam mengoptimalkan distribusi energi di daerah terpencil yang memiliki akses terbatas terhadap tenaga listrik konvensional [5].

Salah satu penelitian penting lainnya adalah studi yang dilakukan oleh Priharti et al. (2019), yang mengembangkan aplikasi sistem pemantauan fotovoltaik berbasis IoT. Dalam penelitian ini, penulis mengintegrasikan sensor-sensor untuk memantau kinerja panel surya, seperti output daya, suhu panel, dan kondisi baterai penyimpanan, yang kemudian dianalisis dan ditampilkan dalam platform berbasis IoT [6]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT dapat memberikan informasi yang cepat dan akurat mengenai status dan kinerja panel surya, sehingga memungkinkan deteksi dini terhadap potensi masalah teknis, seperti penurunan efisiensi atau kerusakan pada komponen sistem. Penggunaan teknologi ini dapat mengurangi kebutuhan untuk inspeksi manual yang sering kali memakan waktu dan biaya, serta meningkatkan keandalan dan umur panjang dari sistem PLTS. Penelitian ini juga menekankan pentingnya aplikasi IoT dalam sistem energi terbarukan, yang semakin relevan untuk diterapkan dalam fasilitas-fasilitas penting seperti Puskesmas yang membutuhkan pasokan energi yang stabil dan efisien.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, penerapan IoT pada PLTS di daerah terpencil terbukti mampu memberikan dampak positif yang signifikan dalam hal efisiensi, keandalan, dan pengelolaan energi. Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk mengaplikasikan IoT pada sistem PLTS di Puskesmas Tana Toraja sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan akses listrik yang stabil dan mendukung operasional fasilitas kesehatan secara berkelanjutan.

## **Teori Pendukung**

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa konsep utama yang mendasari implementasi teknologi yang dijelaskan dalam judul, yaitu *Internet of Things (IoT)*, *Pemantauan*, *Pengendalian*, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, dan *Puskesmas* sebagai lokasi penerapan. Setiap konsep ini akan dibahas secara teoritis untuk mendukung implementasi IoT dalam pemantauan dan pengendalian PLTS di Puskesmas Tana Toraja.

* + 1. **Internet Of Things (IOT)**

IoT adalah konsep yang memungkinkan perangkat fisik terhubung ke internet untuk saling bertukar data dan berkomunikasi secara otomatis. Teknologi ini terdiri dari sensor, perangkat pemrosesan data, serta infrastruktur jaringan yang memungkinkan pengumpulan, pemantauan, dan pengendalian data secara real-time. IoT memiliki potensi besar dalam pemantauan jarak jauh dan pengelolaan energi di berbagai sektor, termasuk dalam sistem energi terbarukan seperti PLTS [4]. IoT bekerja melalui sensor yang mengumpulkan data dari lingkungan fisik, yang kemudian dikirimkan ke cloud atau server lokal untuk diolah dan dianalisis. Pada konteks PLTS, IoT memungkinkan pemantauan terus-menerus terhadap kondisi panel surya, baterai, dan inverter, serta mengirimkan peringatan dini jika ada kegagalan sistem.

* + 1. **Pemantauan**

Pemantauan dalam konteks PLTS mengacu pada proses pengumpulan dan analisis data mengenai kinerja sistem energi surya secara berkelanjutan. Pemantauan yang efektif memerlukan teknologi yang mampu mengukur parameter penting seperti output daya, arus, tegangan, suhu, dan status penyimpanan energi. Melalui pemantauan berbasis IoT, data yang dikumpulkan dapat diakses secara real-time oleh operator melalui aplikasi berbasis web atau mobile [7]. Hal ini memungkinkan operator untuk memantau performa sistem dari lokasi manapun, serta memberikan peringatan dini jika ditemukan anomali dalam sistem. Pemantauan berbasis IoT memberikan keuntungan dalam hal efisiensi operasional dan pengelolaan sumber daya, karena dapat mengidentifikasi potensi masalah sebelum terjadi kerusakan yang signifikan.

* + 1. **Pengendalian**

Pengendalian dalam sistem PLTS adalah kemampuan untuk mengelola dan mengatur aliran energi, kapasitas penyimpanan baterai, dan penggunaan energi sesuai kebutuhan. Pengendalian berbasis IoT memungkinkan operator untuk mengendalikan sistem PLTS secara jarak jauh melalui perangkat yang terhubung ke internet [8]. Dengan teknologi IoT, pengendalian dapat dilakukan lebih efektif karena sistem dapat diatur untuk menyesuaikan konsumsi energi berdasarkan data yang dikumpulkan dari pemantauan real-time. Pengendalian sistem yang terotomatisasi melalui IoT mampu meningkatkan efisiensi energi, meminimalkan downtime, dan mengoptimalkan penggunaan energi dari PLTS.

* + 1. **Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**

PLTS adalah sistem pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik menggunakan sel surya melalui proses fotovoltaik. PLTS terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk panel surya, inverter, dan baterai penyimpanan. Dalam konteks penerapan IoT, setiap komponen dari PLTS dapat dipantau secara langsung untuk memastikan kinerjanya optimal [9]. Panel surya berfungsi menyerap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi listrik arus searah (DC), sementara inverter mengubahnya menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan untuk keperluan operasional. PLTS yang terintegrasi dengan IoT memungkinkan pemantauan yang lebih efisien, terutama dalam mendeteksi masalah teknis pada komponen seperti degradasi panel atau penurunan kapasitas penyimpanan baterai.

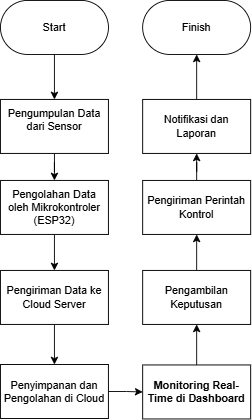
* + 1. **Puskesmas**

Puskesmas (Pusat Kesehatan Masyarakat) merupakan fasilitas layanan kesehatan yang memberikan pelayanan kesehatan dasar bagi masyarakat, terutama di daerah pedesaan atau terpencil. Penggunaan energi terbarukan berbasis PLTS di Puskesmas dapat membantu meningkatkan ketahanan energi dan mengurangi ketergantungan pada pasokan energi eksternal yang tidak selalu stabil. Penerapan IoT dalam sistem energi terbarukan memungkinkan pemantauan dan pengelolaan energi secara real-time, yang sangat penting untuk memastikan kelangsungan operasional fasilitas kesehatan. Penerapan teknologi IoT pada sistem energi terbarukan di Puskesmas memungkinkan pemantauan dan pengendalian konsumsi energi yang lebih efisien, serta memberikan data yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan energi yang lebih baik dan lebih berkelanjutan [10].

Dengan landasan teori dari masing-masing topik yang dibahas, penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan teknologi IoT dalam pemantauan dan pengendalian PLTS yang digunakan di Puskesmas Tana Toraja, guna memastikan stabilitas pasokan listrik dan mendukung operasional layanan kesehatan secara efektif.

# **PERANCANGAN SISTEM**

* 1. **Flowchart**

****

Gambar 1 Flowchart

**Penjelasan Flowchart**

* **Mulai (Start)**: Proses dimulai dengan menyalakan sistem PLTS dan IoT.
* **Pengumpulan Data dari Sensor:**

Sensor tegangan, arus, dan suhu mengumpulkan data dari panel surya, inverter, dan baterai.

* **Pengolahan Data oleh Mikrokontroler (ESP32)**:

Mikrokontroler memproses data dari sensor.

Memverifikasi apakah data valid dan siap dikirim ke cloud.

* **Pengiriman Data ke Cloud Server:**

Data yang diproses dikirim ke server cloud melalui Wi-Fi, GSM, atau LoRa.

* **Penyimpanan dan Pengolahan di Cloud:**

Data disimpan dan diolah pada cloud server untuk analisis lebih lanjut.

Memeriksa status PLTS apakah ada kondisi abnormal (tegangan tinggi, suhu tinggi, dll.).

* **Monitoring Real-Time di Dashboard:**

Data yang disimpan di cloud ditampilkan di dashboard web atau mobile.

Pengguna melihat kondisi PLTS secara real-time.

* **Pengambilan Keputusan:**

Operator atau sistem menganalisis apakah ada tindakan yang perlu

dilakukan berdasarkan data yang diterima (misalnya: suhu terlalu tinggi).

* **Pengiriman Perintah Kontrol:**

Jika diperlukan, perintah pengendalian dikirim dari dashboard ke mikrokontroler untuk melakukan tindakan seperti mematikan inverter atau menyesuaikan pengaturan.

* **Notifikasi dan Laporan:**

Jika ada anomali atau masalah, sistem mengirimkan notifikasi kepada operator.

* **Selesai (End):**

Siklus monitoring dan kontrol berulang terus menerus untuk memantau status PLTS.

* 1. **Arsitektur Sistem**

Arsitektur sistem untuk pemantauan dan pengendalian PLTS berbasis IoT pada Puskesmas di Tana Toraja merupakan rancangan komprehensif yang mengintegrasikan berbagai komponen perangkat keras dan perangkat lunak untuk memungkinkan pemantauan serta pengendalian secara real-time. Sistem ini dirancang untuk memastikan bahwa energi yang dihasilkan dari panel surya dapat dimanfaatkan secara optimal, serta memberikan notifikasi dan tindakan pengendalian apabila terjadi kondisi anomali pada sistem tenaga surya.

A diagram of a solar panel

Description automatically generated

Gambar 2 Perancangan Sistem Pemantauan dan pengendalian PLTS berbasis IOT

Sistem pemantauan dan pengendalian PLTS berbasis IoT ini dirancang dengan arsitektur yang mengintegrasikan beberapa komponen penting seperti perangkat IoT, sensor, modul komunikasi, unit pengolah data, dan server berbasis cloud. Sistem ini didesain untuk memungkinkan pemantauan energi dan pengendalian secara real-time dari jarak jauh. Berikut ini adalah komponen-komponen yang terlibat:

1. **Sensor Monitoring**

Digunakan untuk memantau parameter penting seperti suhu panel surya, tegangan dan arus listrik yang dihasilkan, status baterai, serta kondisi inverter. Sensor-sensor ini terhubung dengan modul IoT yang berfungsi untuk mengirim data ke pusat pengolahan. Sistem menggunakan beberapa jenis sensor untuk memantau kondisi PLTS, antara lain:

* **Sensor Tegangan (Voltage Sensor)**: Untuk memantau tegangan yang dihasilkan panel surya dan tegangan yang ada pada baterai penyimpanan.
* **Sensor Arus (Current Sensor)**: Digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir dari panel surya ke baterai atau beban.
* **Sensor Suhu (Temperature Sensor)**: Untuk mengukur suhu pada panel surya yang dapat mempengaruhi kinerja sistem.

1. **Modul IOT**

Terdiri dari mikrokontroler (seperti ESP32 atau Arduino) yang dilengkapi dengan modul komunikasi nirkabel (Wi-Fi/GSM) untuk mengirim data dari sensor ke cloud. Modul ini juga dapat menerima perintah untuk mengendalikan komponen PLTS berdasarkan kondisi yang terdeteksi.

1. ***Cloud Server***

Semua data yang diperoleh dari sensor akan dikirimkan ke server berbasis cloud. Cloud ini menyimpan data historis dan memproses data real-time untuk ditampilkan pada platform pemantauan. Layanan cloud seperti *AWS IoT Core, Google Cloud IoT*, atau *ThingSpeak* bisa digunakan untuk menyimpan dan mengolah data yang dikirim dari mikrokontroler.

1. ***User Interface (UI)***

Untuk memudahkan operator di Puskesmas dalam memantau kondisi PLTS, antarmuka berbasis web dan mobile dirancang dengan tampilan grafik yang intuitif. Data real-time seperti tegangan, arus, status baterai, dan suhu akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel, serta dilengkapi dengan notifikasi jika terjadi gangguan.

Tabel 3 Komponen Utama Pemantauan dan Pengendalian PLTS Berbasis IoT

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| NO | Komponen | Spesifikasi | Fungsi |
| 1 | Panel Surya | 250 Watt Polycrystalline | Menghasilkan energi listrik dari sinar matahari dan mendukung PLTS. |
| 2 | Baterai | Li-ion 12V 100Ah | Menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya untuk digunakan saat dibutuhkan. |
| 3 | Inverter | 1000W Pure Sine Wave | Mengonversi arus DC dari baterai menjadi arus AC untuk digunakan oleh peralatan listrik. |
| 4 | Mikrokontroler (ESP32) | Dual-core, Wi-Fi + Bluetooth | Memproses data dari sensor dan mengirimkan data ke server untuk pemantauan dan kontrol. |
| 5 | Sensor Tegangan (Voltage Sensor) | Voltage: 0-25V | Mengukur tegangan pada panel surya dan baterai untuk memantau output daya. |
| 6 | Sensor Arus (Current Sensor) | Current: 0-30A | Mengukur arus listrik yang dihasilkan dan digunakan oleh sistem PLTS. |
| 7 | Sensor Suhu (Temperature Sensor) | Range: -55°C to 125°C | Mengukur suhu di sekitar panel surya dan baterai untuk mendeteksi potensi overheating. |
| 8 | Modul Wi-Fi (ESP32) | 2.4GHz, 802.11 b/g/n | Mengirim data secara real-time ke cloud server untuk pemantauan dari jarak jauh. |
| 9 | Cloud Server | Google Cloud Platform/AWS | Menyimpan dan mengelola data dari sistem untuk pemantauan dan analisis. |
| 10 | Dashboard Web/Mobile | HTML, CSS, JavaScript | Menampilkan data secara real-time dan memungkinkan pengguna untuk melakukan pengendalian jarak jauh. |

* 1. **Notifikasi dari Log MongoDB**

1. **Log MongoDB dan Pencatatan Anomali**

* Semua data dari sensor (tegangan, arus, suhu, status baterai) akan disimpan dalam basis data MongoDB.
* MongoDB berfungsi sebagai repositori untuk mencatat seluruh log data yang dikirimkan oleh sensor dan perangkat IoT.
* Log ini memungkinkan pencatatan panjang waktu yang dapat digunakan untuk mendeteksi anomalies dalam sistem.

1. **Analisis Anomali dengan Algoritma Deteksi**

* Algoritma deteksi anomali digunakan untuk menganalisis data historis dan data real-time dalam MongoDB. Anomali yang bisa terdeteksi antara lain:
* **Kelebihan Tegangan/Arus**: Jika tegangan atau arus yang dihasilkan melebihi batas yang aman, ini bisa mengindikasikan gangguan pada sistem.
* **Suhu Panel Surya yang Tidak Normal**: Suhu panel surya yang terlalu tinggi dapat mengurangi efisiensi, sehingga perlu adanya penanganan untuk mencegah kerusakan.
* **Kelebihan Beban pada Baterai**: Jika baterai menunjukkan status pengisian atau pengosongan yang tidak wajar, ini bisa menunjukkan adanya kerusakan atau ketidakseimbangan pada sistem penyimpanan energi.
* **MongoDB Watcher**: MongoDB menyediakan fitur Change Streams yang memungkinkan pemantauan perubahan pada data secara real-time. Fitur ini bisa dimanfaatkan untuk memonitor kondisi data sensor secara langsung. Ketika terjadi anomali, sistem akan memicu notifikasi ke pihak yang berwenang (operator).

1. **Sistem Notifikasi**

* Sistem notifikasi akan aktif setiap kali ada anomali terdeteksi dari data yang masuk ke MongoDB. Notifikasi ini dapat berupa:
* Email kepada operator Puskesmas atau teknisi yang bertanggung jawab.
* Pesan push pada aplikasi mobile atau antarmuka web untuk operator.
* Alarm/SMS (tergantung pada infrastruktur komunikasi yang digunakan).
* Notifikasi ini akan menyertakan informasi rinci seperti:
* Jenis anomali yang terdeteksi (misalnya, tegangan terlalu tinggi, suhu panel surya terlalu panas, dll.).
* Waktu kejadian anomali.
* Sumber anomali (panel surya, inverter, baterai, dll.).
* Rekomendasi tindakan yang perlu diambil (misalnya, pengecekan inverter, penyesuaian setelan baterai, dll.).

1. **Tampilan Web untuk Operator**

* Antarmuka web untuk operator akan diperbarui untuk menampilkan data dari MongoDB secara lebih interaktif dan responsif. Beberapa komponen utama tampilan web adalah:
* **Dashboard Real-time**: Menampilkan data terkini dari sensor (tegangan, arus, suhu, status baterai) dalam bentuk grafik dan tabel yang mudah dibaca.
* **Notifikasi Anomali**: Menampilkan notifikasi yang masuk secara langsung pada dashboard, memberikan informasi jelas tentang anomali yang terdeteksi, serta status urgensi (misalnya: Normal, Waspada, Kritikal).
* **Log Data**: Operator dapat melihat log data dari MongoDB secara terperinci, memungkinkan mereka untuk memeriksa jejak historis dan mengidentifikasi potensi masalah lebih lanjut.
* **Peta Distribusi Energi**: Untuk memvisualisasikan pembagian penggunaan energi di seluruh fasilitas Puskesmas dan mengetahui apakah ada gangguan atau ketidakseimbangan dalam distribusi energi.
* **Rekomendasi Tindakan**: Setelah deteksi anomali, sistem dapat memberikan rekomendasi langkah yang perlu diambil (misalnya, pengecekan fisik panel surya atau inverter, atau penyesuaian pengaturan baterai).
* **Grafik Status Sistem**: Grafik untuk melihat kondisi keseluruhan sistem PLTS, apakah sistem bekerja dalam batas yang aman atau sudah terjadi penurunan efisiensi.

1. **Analisis Sistem dan Manfaat Notifikasi Anomali**

Dengan menggunakan log MongoDB dan sistem notifikasi berbasis analisis data, beberapa manfaat yang diperoleh adalah:

1. **Pemantauan Real-Time yang Akurat**: Data yang tersimpan di MongoDB memungkinkan pemantauan secara terus-menerus dan deteksi cepat terhadap masalah dalam sistem.
2. **Deteksi Dini dan Respon Cepat**: Dengan adanya notifikasi yang dikirim segera setelah terjadi anomali, operator dapat merespons lebih cepat, mencegah kerusakan lebih lanjut pada sistem dan memastikan kontinuitas pasokan energi untuk Puskesmas.
3. **Pengoptimalan Kinerja PLTS**: Melalui pemantauan kondisi teknis PLTS (tegangan, arus, suhu, status baterai), operator dapat mengambil tindakan pencegahan, mengoptimalkan efisiensi energi, dan memperpanjang umur panel surya serta komponen lainnya.
4. **Meningkatkan Efisiensi Operasional**: Operator Puskesmas dapat mengakses data analitik dan laporan, memungkinkan mereka untuk melakukan pemeliharaan proaktif dan mengurangi downtime sistem.
5. **Keamanan dan Kepatuhan**: Sistem ini meningkatkan keamanan operasional, memastikan bahwa PLTS beroperasi dalam kondisi aman, serta membantu dalam mematuhi standar dan regulasi terkait energi terbarukan.
   1. **Perangkat Keras (*Hardware*)**

Dalam sistem ini, perangkat keras yang digunakan terdiri dari komponen-komponen berikut:

* **Panel Surya**: Panel fotovoltaik yang menghasilkan listrik dari energi matahari. Sistem PLTS di Puskesmas dirancang dengan kapasitas tertentu, misalnya 5 kWp, yang cukup untuk mendukung operasional Puskesmas terutama saat sumber daya dari jaringan utama tidak stabil.
* **Inverter**: Inverter mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC), yang digunakan oleh peralatan medis dan elektronik lainnya di Puskesmas. Inverter yang digunakan bisa berupa inverter grid-tied atau *inverter hybrid* yang memungkinkan integrasi dengan baterai penyimpanan.
* **Baterai Penyimpanan**: Berfungsi untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya, sehingga listrik dapat digunakan saat malam hari atau ketika matahari tidak bersinar. Baterai yang digunakan dapat berupa baterai lithium-ion atau baterai timbal-asam tergantung pada kebutuhan energi dan anggaran.
* **Sensor Monitoring**: Sensor tegangan, arus, dan suhu yang terhubung ke mikrokontroler akan memantau performa sistem secara keseluruhan. Misalnya, sensor suhu akan mengukur suhu panel surya, dan jika suhu terlalu tinggi, sistem dapat mengirimkan notifikasi atau melakukan tindakan preventif.
* **Mikrokontroler (ESP32/Arduino)**: ESP32 dipilih karena mendukung protokol komunikasi nirkabel (*Wi-Fi*) dan memiliki kemampuan pemrosesan yang memadai untuk menangani data dari sensor. Selain itu, modul ini hemat daya dan mudah diintegrasikan dengan berbagai perangkat lain.
* **Modul Komunikasi**: Untuk mengirim data dari mikrokontroler ke cloud, digunakan modul komunikasi seperti *GSM, Wi-Fi,* atau *LoRa*. Teknologi ini dipilih berdasarkan ketersediaan jaringan di lokasi. *Wi-Fi* digunakan jika ada jaringan internet yang stabil, sementara *GSM* atau *LoRa* digunakan jika sinyal internet lemah atau tidak tersedia.
  1. **Perangkat Lunak *(Software)***

Sistem perangkat lunak yang digunakan melibatkan beberapa komponen sebagai berikut:

* **Platform IoT**: Menggunakan platform seperti ***Node-RED*** atau ***ThingSpeak*** untuk mengelola data yang dikirim dari mikrokontroler. Data yang diterima diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik *real-time* yang mudah dipahami.
* **Database**: Sistem menggunakan ***MySQL*** atau ***InfluxDB*** sebagai basis data untuk menyimpan data yang dikirimkan oleh sensor secara real-time. Basis data ini memungkinkan pengambilan data historis untuk analisis lebih lanjut.
* **API REST**: Sistem API digunakan untuk berkomunikasi antara *cloud* dan aplikasi mobile atau web. API ini memungkinkan integrasi data dari sensor ke berbagai aplikasi, serta memungkinkan pengguna untuk mengirim perintah pengendalian dari jarak jauh.
* **Dashboard Web dan Mobile**: Antarmuka pemantauan dirancang menggunakan ***HTML5***, ***CSS***, dan ***JavaScript*** untuk platform web, serta *framework* seperti ***Flutter*** atau ***React Native*** untuk aplikasi mobile. Antarmuka ini menampilkan data real-time, notifikasi, dan fitur pengendalian.
  1. **Integrasi dengan Sistem Eksisting**

Integrasi sistem IoT baru dengan infrastruktur PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) yang sudah ada di Puskesmas sangat penting untuk memastikan bahwa seluruh komponen bekerja secara harmonis. Langkah-langkah ini bertujuan memaksimalkan efisiensi, mencegah duplikasi sistem, dan meminimalkan biaya dengan memanfaatkan perangkat yang sudah ada. Dalam subbab ini, akan membahas lebih detail mengenai proses integrasi ini, yang mencakup kompatibilitas perangkat, pengintegrasian data, dan interoperabilitas jangka panjang.

* + 1. **Kompatibilitas Perangkat Eksisting**

Langkah pertama dalam integrasi adalah meninjau perangkat yang sudah terpasang pada sistem PLTS, seperti panel surya, inverter, dan baterai, untuk memastikan kompatibilitasnya dengan sistem IoT yang baru. Adapun aspek-aspek yang harus diperhatikan mencakup:

* **Inverter dan Baterai**: Sistem PLTS eksisting di Puskesmas kemungkinan sudah dilengkapi dengan inverter yang mengonversi arus DC dari panel surya menjadi arus AC yang digunakan oleh perangkat listrik. Selain itu, baterai digunakan untuk menyimpan daya yang dihasilkan. Inverter dan baterai yang sudah ada perlu dipastikan kompatibel dengan mikrokontroler (seperti ESP32) yang akan memantau dan mengontrol kinerjanya. Integrasi harus dilakukan sedemikian rupa agar mikrokontroler dapat membaca data tegangan, arus, dan status baterai dari perangkat eksisting melalui sensor yang dipasang tanpa mengganggu operasional yang sudah berjalan.
* **Modul Sensor**: Sistem IoT baru akan memerlukan sensor-sensor seperti sensor tegangan, arus, suhu, dan cahaya. Jika sistem PLTS yang sudah ada telah memiliki sensor-sensor tersebut, sensor-sensor ini perlu dievaluasi apakah bisa langsung digunakan oleh mikrokontroler dalam sistem IoT baru. Jika kompatibel, ini akan mengurangi kebutuhan untuk membeli perangkat keras baru, sehingga menghemat biaya. Jika tidak kompatibel, sensor baru yang sesuai dengan sistem IoT harus dipasang.
* **Protokol Komunikasi**: Sistem IoT membutuhkan infrastruktur jaringan untuk mengirim data dari mikrokontroler ke cloud server. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa perangkat-perangkat eksisting seperti inverter dan baterai yang mendukung komunikasi data dapat terhubung dengan jaringan Wi-Fi atau protokol komunikasi lainnya yang digunakan, seperti LoRa atau GSM. Jika sistem eksisting belum dilengkapi modul komunikasi nirkabel, penambahan modul ini mungkin diperlukan.
  + 1. **Pengintegrasian Data**

Integrasi data antara sistem PLTS eksisting dengan sistem IoT baru menjadi krusial untuk memastikan monitoring dan kontrol yang efektif. Berikut adalah beberapa hal penting terkait integrasi data:

* **Pengumpulan Data dari Sistem Eksisting**: Sistem IoT baru harus dapat mengambil data penting dari perangkat eksisting yang sudah terpasang, seperti inverter dan baterai. Data ini mencakup output daya dari panel surya, tingkat pengisian baterai, konsumsi daya, serta suhu lingkungan. Sensor-sensor yang dipasang pada PLTS eksisting harus terintegrasi dengan mikrokontroler untuk pengambilan data secara real-time. Data yang terkumpul kemudian dikirimkan ke server cloud untuk dianalisis lebih lanjut.
* **Konsolidasi Data pada Dashboard**: Setelah data dikumpulkan dari sistem eksisting, integrasi selanjutnya adalah menyatukan data tersebut pada dashboard monitoring yang sama. Dashboard IoT harus mampu menampilkan data dari sensor eksisting maupun yang baru dipasang dalam satu antarmuka terpadu, sehingga operator dapat memantau semua komponen PLTS secara real-time tanpa harus berpindah antar sistem. Data ini bisa ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, atau indikator visual yang mudah dimengerti.
* **Interaksi Data dengan Sistem Kontrol**: Selain memantau, sistem IoT juga harus bisa melakukan kontrol terhadap perangkat yang sudah ada. Misalnya, jika inverter atau baterai sudah mendukung fungsi kontrol jarak jauh, sistem baru harus bisa mengirim perintah untuk mengubah pengaturan atau mematikan/menghidupkan perangkat tersebut melalui dashboard. Data operasional yang terkumpul juga dapat digunakan untuk mengotomatisasi kontrol berdasarkan parameter yang telah ditentukan.
  + 1. **Interoperabilitas Jangka Panjang**

Aspek penting dari integrasi adalah memastikan bahwa sistem baru dapat dikembangkan lebih lanjut di masa mendatang, sesuai dengan kebutuhan Puskesmas atau perkembangan teknologi. Ini melibatkan desain sistem yang fleksibel dan dapat di-upgrade dengan mudah. Beberapa strategi untuk memastikan interoperabilitas jangka panjang antara sistem baru dan sistem eksisting adalah:

* **Skalabilitas**: Sistem IoT harus dirancang dengan mempertimbangkan kemungkinan ekspansi di masa mendatang. Misalnya, jika Puskesmas berencana untuk menambah kapasitas panel surya atau memperbarui infrastruktur baterai, sistem IoT harus dapat mengakomodasi perangkat tambahan ini tanpa membutuhkan perubahan arsitektur yang signifikan. Dengan menggunakan protokol komunikasi yang terbuka dan standar industri (seperti MQTT atau HTTP), integrasi perangkat baru dapat dilakukan dengan lebih mudah.
* **Protokol Komunikasi Berstandar**: Salah satu faktor yang mendukung interoperabilitas adalah penggunaan protokol komunikasi yang diakui secara luas, seperti HTTP, MQTT, atau CoAP. Protokol-protokol ini memungkinkan perangkat yang berbeda dari vendor yang berbeda untuk saling berkomunikasi dalam satu sistem IoT. Dengan menggunakan protokol-protokol ini, Puskesmas dapat dengan mudah menambah perangkat atau mengganti perangkat tanpa harus memulai kembali dari awal.
* **Kompatibilitas Perangkat Lunak**: Pengembangan perangkat lunak dashboard harus mendukung modularitas dan API terbuka agar integrasi dengan perangkat lain di masa mendatang dapat dilakukan dengan mudah. Dengan menggunakan API, data dari perangkat baru bisa diambil dan diproses dengan sistem yang sudah ada tanpa perubahan besar pada kode dasar sistem.
* **Pemeliharaan dan Dukungan Teknis**: Sistem IoT yang terintegrasi dengan perangkat eksisting harus memperhatikan dukungan jangka panjang, termasuk pembaruan firmware perangkat, peningkatan keamanan, dan pemeliharaan cloud server. Desain yang baik memastikan bahwa pembaruan perangkat lunak atau perangkat keras dapat dilakukan dengan minimal downtime, sehingga sistem tetap berjalan stabil dan dapat diandalkan.
  + 1. **Kendala dan Solusi Integrasi**

Integrasi antara sistem baru dan eksisting tentu tidak tanpa tantangan. Beberapa kendala yang mungkin dihadapi selama proses integrasi adalah:

* **Ketidakcocokan Perangkat Lama**: Perangkat eksisting mungkin tidak mendukung integrasi dengan sistem IoT modern, misalnya karena perangkat lama tidak memiliki fitur komunikasi nirkabel. Solusinya adalah dengan menambahkan modul komunikasi atau mengganti perangkat dengan yang lebih kompatibel.
* **Ketidakcocokan Protokol**: Jika protokol komunikasi antara perangkat lama dan baru tidak serasi, misalnya jika perangkat lama menggunakan protokol proprietari yang tidak didukung oleh sistem IoT, solusi bisa mencakup penggunaan bridge atau gateway yang mengonversi protokol lama ke protokol yang lebih baru dan lebih umum.
* **Pengumpulan Data yang Terbatas**: Sistem eksisting mungkin tidak mengumpulkan semua jenis data yang dibutuhkan oleh sistem IoT baru, seperti data suhu atau kelembaban. Solusinya adalah menambahkan sensor baru yang kompatibel dengan sistem IoT tanpa harus mengganti keseluruhan perangkat eksisting.

# **DAFTAR PUSTAKA**

[1] Patabang, Simon. (2022). PENYEDIAAN SUMBER DAYA LISTRIK BERBASIS SOLAR SEL DI GEREJA GPDI BUKIT HERMON TO’ LIMBONG LEMBANG TONDON, KECAMATAN TONDON, KABUPATEN TORAJA UTARA. Batara Wisnu : Indonesian Journal of Community Services. 2. 170-177. 10.53363/bw.v2i1.81.

[2] Rani, D.D. & Suresh, D. & Kapula, Prabhakara Rao & Akram, Ch. Mohammad & Hemalatha, N. & Soni, Prem. (2021). IoT based smart solar energy monitoring systems. Materials Today: Proceedings. 80. 10.1016/j.matpr.2021.07.293.

[3] Wicaksono, D. A., Fitriana, F., Ariyani, S., Nurwahyudin, R., & Ajie, F. A. (2021). Peningkatan Efisiensi Panel Surya pada Instalasi Rooftop berbasis Internet Of Things (IoT). Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM), 3(2), 104-110.

[4] Kumar, P., Chawda, G. S., & Mahela, O. P. (2021). Internet of Things and Machine Learning for Improving Solar‐PV Plant Efficiency: Forecasting Aspects. Active electrical distribution network: A smart approach, 279-296.

[5] Park, S., Kang, B., Choi, M. I., Jeon, S., & Park, S. (2018). A micro-distributed ESS-based smart LED streetlight system for intelligent demand management of the micro grid. Sustainable cities and society, 39, 801-813.

[6] Priharti, W., Rosmawati, A. F. K., & Wibawa, I. P. D. (2019, November). IoT based photovoltaic monitoring system application. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1367, No. 1, p. 012069). IOP Publishing.

[7] Mowla, M. N., Mowla, N., Shah, A. S., Rabie, K., & Shongwe, T. (2023). Internet of things and wireless sensor networks for smart agriculture applications-a survey. IEEE Access.

[8] Mishra, P., & Singh, G. (2023). Energy management systems in sustainable smart cities based on the internet of energy: A technical review. Energies, 16(19), 6903.

[9] Ali, A. O., Elmarghany, M. R., Abdelsalam, M. M., Sabry, M. N., & Hamed, A. M. (2022). Closed-loop home energy management system with renewable energy sources in a smart grid: A comprehensive review. Journal of Energy Storage, 50, 104609.

[10] Kyriakarakos, G., & Dounis, A. (2020). Intelligent management of distributed energy resources for increased resilience and environmental sustainability of hospitals. *Sustainability*, *12*(18), 7379.

# **LAMPIRAN**

Data-data pendukung, *curriculum vitae*(CV) untuk pembimbing dari luar Universitas Telkom, dsb.