



Perancangan Sistem Monitoring Berbasis IoT Serta Pemilihan Display Monitoring Pada Sistem PLT Hybrid di Lab. Solar Sistem PNJ

Mochammad Tendi Noer Ramadhan¹, Hasvienda M. Ridlwan¹, Sonki
Prasetya¹, Dhea Tisane Ardhan²

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: sonki.prasetya@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Energi Baru Terbarukan (EBT) terus digencarkan untuk mencapai target transisi energi dalam mengurangi emisi karbon Gas Rumah Kaca (GRK) melalui pemasangan PLTS. Berbagai sistem PLTS telah terpasang di Lab. Solar Sistem PNJ. Namun, permasalahan yang terjadi disana yaitu energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS dan hybrid di ruangan Lab. Solar Sistem PNJ tidak dapat dimonitor dengan mudah. Tujuan penelitian ini yaitu merancang sistem monitoring berbasis IoT serta melakukan pemilihan display yang tepat. Penelitian ini menggunakan metode RnD dalam mengembangkan rancangan sistem dan Kualitatif berupa hasil survei serta metode kuantitatif dalam melakukan Analisa hasil data yang di dapat. Rancangan sistem monitoring berbasis IoT terdiri dari rangakain hardware berupa sensor PZEM-004T dengan mikrokontrolernya yaitu ESP8266. Didapatkan data pemilihan display berdasarkan survei bahwa display 3 yaitu gauge dan indikator lampu dinilai memiliki tampilan yang paling terstruktur oleh mayoritas responden dalam survei yaitu sebesar 59,1%. Pada sisi keindahan yaitu 40,9%. Pada sisi kemudahan dipahami persentase sebesar 50%. Pada sisi kelengkapan bahwa Gauge dan Indikator Lampu mendapatkan penilaian tertinggi sebagai display tampilan paling lengkap dengan nilai 54,5%.

Kata-kata kunci: Sistem Monitoring, Display, Sensor PZEM, Mikrokontrol ESP8266, IoT

Abstract

New Renewable Energy (EBT) continues to be intensified to achieve the energy transition target in reducing Greenhouse Gas (GHG) carbon emissions through the installation of PLTS. Various PLTS systems have been installed in the Lab. Solar System PNJ. However, the problem that occurs there is the electrical energy generated by the PLTS and hybrid systems in the Lab room. PNJ's Solar System cannot be monitored easily. The purpose of this research is to design an IoT-based monitoring system and to select the right display. This study uses the RnD method in developing a qualitative and system design in the form of survey results and a quantitative method in analyzing the results of the data obtained. The design of an IoT-based monitoring system consists of a hardware circuit in the form of a PZEM-004T sensor with a microcontroller, namely ESP8266. Display selection data obtained based on the survey showed that display 3, namely gauge and light indicator, was considered to have the most structured appearance by the majority of respondents in the survey, namely 59.1%. On the beauty side, namely 40.9%. On the ease of understanding, the percentage is 50%. On the completeness side, the Gauge and Light Indicators get the highest rating as the most complete display display with a value of 54.5%.

Keywords: Monitoring System, Display, PZEM Sensor, ESP8266 Microcontrol, IoT

1. PENDAHULUAN

Energi Baru Terbarukan (EBT) terus digencarkan untuk mencapai target transisi energi dalam mengurangi emisi karbon Gas Rumah Kaca (GRK) serta mencegah terjadinya pemanasan global [1]. Salah satu bentuk peningkatan EBT ialah pemasangan PLTS Atap di berbagai lokasi, seperti pada rumah, perusahaan, hingga di instansi pendidikan [2]. Bahkan PLTS telah menjadi topik materi dan praktek mata kuliah utama khususnya di program studi Diploma Teknologi Rekayasa Konversi Energi – *Renewable Energy Skill Development* Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Berbagai sistem PLTS telah terpasang di Laboratoriumnya, mulai dari sistem *on grid*, *off grid*, dan *SHS*, dengan rangkaian *AC Coupled Kit*, *DC Coupled Kit*, dan *Solar Home Kit*. Selain itu disana terdapat sumber PLTS, PLN, dan Generator Set (Genset) yang digabungkan dalam sistem hybrid.

Namun, permasalahan yang terjadi disana yaitu energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS dan hybrid di ruangan Lab. Solar Sistem PNJ tidak dapat dimonitor dengan mudah. Sebelumnya ada sistem monitoring pada inverternya, namun hanya bisa diakses melalui sistem atau alat yang terpasang lingkungan PLTS. Ditambah lagi ruangan yang sempit dan letaknya berada di ruangan lantai dua terbuat dari kayu membuat tidak semua peserta didik dapat masuk dan terbatas. Akibat dari permasalahan tersebut pemantauan kinerja sistem PLTS dan pembelajaran panel surya tidak dapat dilakukan secara maksimal.

Solusi dari permasalahan tersebut perlu adanya pengembangan teknologi sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT), dengan mengangkat judul besar Skripsi dan Capstone Project yaitu “Perancangan dan Analisa Sistem Monitoring Berbasis Kendali Cerdas IoT Pada Sistem PLT Hybrid (PLTS, PLN, dan Genset) di Lab. Solar Sistem Politeknik Negeri Jakarta”. Dalam judul besar ini memuat beberapa sub judul berbagai analisa-analisa yang termasuk dalam pelaksanaan proyek dari sebuah rancang bangun sistem monitoring dan kontrol cerdas PLT Hybrid berbasis IoT. Pada penelitian ini fokus pada bagian sistem monitoring berbasis IoT, yang dikemas dalam sub judul skripsi yaitu “Perancangan Sistem Monitoring Berbasis IoT Serta Pemilihan Display Monitoring Pada Sistem PLT Hybrid di Lab. Solar Sistem PNJ”.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang telah meneliti tentang monitoring pada sistem PLT hybrid PLTS dan PLN berbasis IoT [3]; [4];[5]; [6]; [5]. Pada penelitian [7] membuat alat monitoring daya listrik berbasis IoT menggunakan *Firestore* dan Aplikasi Android. Alat diperuntukan untuk peralatan rumah menggunakan metode kuantitatif pada pengumpulan datanya, alat menggunakan sensor untuk membaca nilai tegangan dan arus listrik AC dan menggunakan *google database* sebagai server dan dapat dipantau melalui aplikasi android. Hasil pembacaan data tegangan, arus, daya, dan energi listrik dikirimkan ke google database oleh Mikrokontroler. Data yang tersimpan akan terbaca di android dan terdapat pesan notifikasi apabila pemakaian arus dan daya telah melebihi dari batas. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil nilai tegangan, arus, daya, dan energi dari sensor dengan alat pengukur yang telah dikalibrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor memiliki error sebesar 0,4% saat pengukuran tegangan, 6,8% saat pengukuran arus, 6,6% saat pengukuran daya, dan 7,8% saat pengukuran energi. Alat monitoring ini memiliki tingkat akurasi sebesar 95%.

Pada penelitian khususnya di lingkungan kampus Politeknik Negeri Jakarta, sebelumnya penelitian terkait sistem monitoring berbasis IoT pernah dilakukan seperti pada penelitian [8] dan [9]. Kedua penelitian tersebut memiliki kekurangan yang sama yaitu kurangnya pembahasan mengenai sistem IoT yang dibuat dan hanya terfokus pada sensor–sensor yang digunakan. Lalu dikembangkan oleh penelitian [10] dimana dalam penelitiannya dibuat sebuah sistem monitoring cuaca berbasis IoT dengan mikrokontroler yang memberikan data secara *realtime* yang dapat dipantau melalui aplikasi di laptop dan *smartphone*. Sistem ini berfungsi untuk mengirimkan data dari *weather station* menuju internet agar dapat diakses secara online dan tidak terbatas oleh lokasi [10]. Namun penelitiannya hanya pada data cuaca, belum adanya data daya pada sistem PLTS maupun PLT Hybrid.

Maka pada penelitian kali ini mengembangkan sistem monitoring pada sistem PLT Hybrid Lab. Solar Sistem PNJ dengan melakukan pemilihan sensor dan mikrokontroler yang tepat, serta melakukan survei terhadap display yang telah dirancang. Sistem monitoring berbasis IoT ini menggunakan sensor, mikrokontroler, dan aplikasi monitoring yang menampilkan display/monitor dari sumber dan beban yang dihasilkan. Prinsip kerjanya, sistem monitoring akan terhubung dari tiga sumber sistem hybrid kemudian akan dibaca oleh sensor tegangan, arus, daya dan energi dan kemudian mengirimkan sinyal input kepada mikrokontroler yang kemudian mengeksekusi hasil keluaran dari sensor dan akan mengeluarkan sinyal output yang dikirim melalui koneksi wifi yang dikirimkan ke aplikasi yang dapat memberikan data secara *realtime* yang dapat dipantau melalui aplikasi di laptop dan *smartphone*. Keterbaruan lainnya juga pada penelitian ini akan membahas terkait pemilihan tampilan monitoring (display) yang dihasilkan dari sistem monitoring yang mengutamakan aspek kenyamanan dan kemudahan user atau pengguna dalam memonitoring sistem. Dilakukan survei pilihan dari 3 variasi display yang telah disediakan. Sehingga dengan adanya penelitian ini dapat meningkatkan kemudahan monitoring sistem hybrid di Lab. Solar Sistem PNJ. Selain itu pembelajaran sistem PLTS dan hybrid di Lab. Solar Sistem Politeknik Negeri Jakarta menjadi lebih maksimal.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah research and development (R&D) dan kualitatif. Pada penelitian R&D melakukan proses pengembangan dan validasi produk atau sistem yang dirancang. Sementara penelitian kualitatifnya menggunakan observasi langsung dalam prosesnya serta untuk memperoleh data utama dilakukan dengan wawancara/survei. Tujuan penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem monitoring berbasis IoT serta pemilihan display yang divalidasi oleh klien atau pengguna untuk mengetahui tingkat kelayakan dari sistem monitoring di Lab. Solar Sistem PNJ.

Prosedur penelitian merupakan penjabaran dari langkah-langkah pada jenis metode penelitian dalam perencanaan sistem monitoring berbasis IoT. Prosedur terdiri dari beberapa tahapan yang terbagi atas beberapa bagian utama diantaranya, perancangan perangkat keras sistem monitoring, perancangan perangkat lunak, dan perancangan program pada mikrokontroler. Berikut penjabaran proses prosedur dalam proses penelitian perencanaan pengembangan dan pembuatan sistem monitoring di Lab. Solar Sistem PNJ.

2.1 Identifikasi Masalah

Proses identifikasi potensi masalah dapat dilakukan melalui observasi serta diskusi pada klien. Observasi menitikberatkan penggunaan sistem yang telah diterapkan serta mencatat kekurangan pada sistem. Diskusi melibatkan 3 narasumber yaitu Klien, Coach, dan Mahasiswa. Diskusi pada Klien dan Mahasiswa membahas tentang permasalahan yang dihadapi ketika menggunakan sistem PLT Hybrid di Lab. Solar Sistem PNJ. Sedangkan diskusi bersama Coach bertujuan untuk mendapatkan arahan, tuntunan, serta tambahan ilmu pengetahuan dalam proses pelaksanaan penelitian.

2.2 Pengumpulan Informasi

Pada pengumpulan informasi menggunakan metode studi literatur. Studi Literatur adalah merupakan penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan mengumpulkan sejumlah buku buku, majalah yang berkaitan dengan masalah dan tujuan penelitian [11]. Identifikasi potensi masalah dapat dilakukan melalui observasi serta diskusi pada klien. Kegiatan observasi menitikberatkan penggunaan sistem yang telah diterapkan serta mencatat kekurangan pada sistem yang telah diterapkan. Diskusi melibatkan 3 narasumber yaitu Klien, Coach, dan Mahasiswa. Diskusi pada Klien dan Mahasiswa membahas tentang permasalahan yang dihadapi Klien dan Mahasiswa ketika sedang dalam proses pelajaran mata kuliah Teknologi Rekayasa Konversi Energi dalam menggunakan sistem PLT Hybrid di Lab. Solar Sistem PNJ. Sedangkan diskusi bersama Coach bertujuan untuk mendapatkan arahan, tuntunan, serta tambahan ilmu pengetahuan dalam proses pelaksanaan proyek.

2.3 Perangkat Hardware Monitoring

Hardware terdiri atas sensor dan mikrokontroler. Pemilihan hardware (termasuk merek) perlu dilakukan dengan indikator [8]. Indikator pemilihan sensor didasarkan pada beberapa indikator yang akan dijabarkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Pemilihan Jenis Sensor

Indikator	PZEM-004T	ZMPT101B	CT Current
Penampakan Komponen			
Fungsi pengukuran	Daya, Tegangan, Arus, Energi	Tegangan	Arus
Ketelitian Pengukuran	Baik: 1.0	Baik	Baik
Kemudahan Setting	Mudah dan Lengkap	Mudah	Cukup Sulit
Maks Pengukuran	Daya: 0 – 9999kW Tegangan: 80 – 260VAC Arus: 0 - 100A Frekuensi: 45-65Hz	Tegangan: 20VAC – 400VAC Arus: 0 – 3mA Frekuensi: 50-60 Hz	Arus: 0 – 300A Frekuensi: 50-65 Hz
Harga	100K	90K	150K

Modul PZEM-004T menjadi pilihan yang tepat sebagai sensor yang digunakan di sistem monitoring ini. Penggunaan yang sangat mudah dan lengkap untuk digunakan dalam pemrograman dengan menggunakan berbagai jenis board Mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, STM32, WeMos, NodeMCU, Raspberri Pi dll karena menggunakan komunikasi serial TTL [12][13].

Selanjutnya untuk menghubungkan sensor agar data dapat di akses internet maka diperlukan mikrokontroler modul wifi, maka perlu adanya pemilihan mikrokontroler [14]. Indikator pemilihan mikrokontroler didasarkan pada beberapa indikator yang akan dijabarkan pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Pemilihan Jenis Mikrokontroler

Indikator	ESP8266	ESP32
Penampakan Komponen		
MCU	Xtensa Single-core 32-bit L106	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 with 600 DMIPS
Wi-Fi	802.11 b/g/n tipe HT20	802.11 b/g/n tipe HT40
Tegangan Operasi	3,3V	3,3V
Frekuensi	80 MHz	160MHz
Total GPIO	17	36
Kemudahan Setting	Lebih Mudah	Cukup Mudah
Harga	30K – 350K	100K – 650K

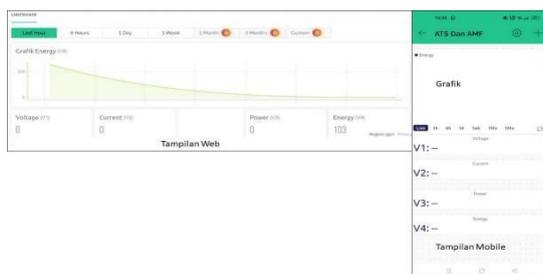
Pemilihan NodeMCU ESP8266 ialah karena mudah diprogram dan memiliki pin I/O yang memadai dan dapat mengakses jaringan Internet untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi WiFi (Monda, Feriyonika, and Rudati 2018). ESP8266 sendiri merupakan chip WiFi dengan protocol stack TCP/IP yang lengkap [15][16]. ESP32 dilihat dari spesifikasi lebih bagus namun harganya lebih mahal, sehingga kurang cocok untuk proyek IoT sederhana. ESP32 lebih baru dari ESP8266 sehingga tidak semua perangkat lunak telah dikembangkan untuk memanfaatkan fungsionalitas ESP32, lebih sedikit dukungan, dan lebih banyak bug [17].

2.4 Memprogram Sistem Monitoring

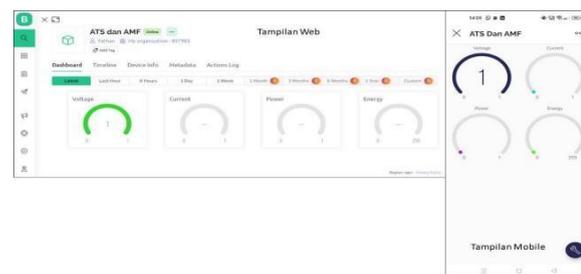
Proses Pemrograman sistem monitoring berbasis IoT meliputi pemrograman yang dilakukan pada mikrokontroler untuk mengirimkan sinyal dari sensor ke cloud atau smartphone menggunakan aplikasi IoT. Pemrograman dilakukan di software IDE Arduino dengan cara mengcoding menggunakan pemrograman Bahasa “C” [18]. Lalu pasang library Blynk dan PZEMserial, lalu buat kode program untuk membaca data dari sensor PZEM dan mengirimkannya ke Blynk, inisialisasi koneksi ke Blynk menggunakan token autentikasi, lalu akan terbaca tegangan, arus, daya dan energi dari sensor PZEM, data akan dikirim ke Blynk menggunakan perintah ‘Blynk.virtualWrite (datastream,value)’.

2.5 Merancang Desain Display & Pemilihan Display Monitoring

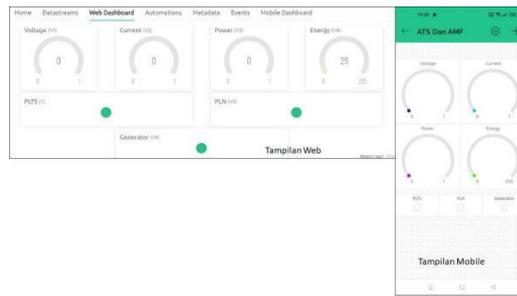
Indikator perencanaan desain terdiri atas display yang terstruktur, keindahan tampilan, kemudahan dibaca, serta kelengkapan data yang disajikan pada sistem monitoring berbasis IoT. Hasil dari desain display akan di lampirkan di dalam google form untuk dilakukan pemilihan dan terakhir akan dianalisa. Setelah Sistem di desain dan di program, maka selanjutnya dilakukan validasi yang melibatkan Klien, Coach, dan Mahasiswa. Pemilihan display dilakukan dengan cara memberikan gambaran yang jelas dalam bentuk tulisan dan presentasi terkait sistem monitoring yang akan dipasang, serta memberikan kuesioner dari survei/wawancara terkait pemilihan display yang divariasikan.



(a)



(b)



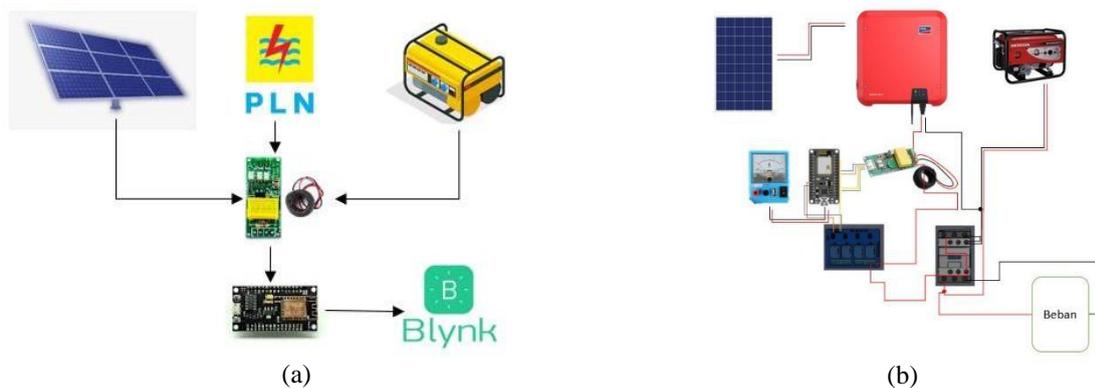
(c)

Gambar 1. Display Pilihan Monitoring

2.6 Rangkaian Hardware dan Wiring Diagram Sistem Monitoring

Pembuatan detail rangkaian hardware merupakan salah satu proses dalam tahap desain monitoring berbasis IoT. Detail rangkaian hardware seperti ditunjukkan pada Gambar 2(a) menggambarkan proses pengiriman data tegangan dari berbagai sumber yang ditangkap oleh sensor PZEM004t lalu diteruskan ke mikrokontroler ESP8266 lalu dikirim ke cloud atau server yang dimana pada penelitian ini menggunakan Blynk.

Pembuatan diagram pengkabelan (*wiring diagram*) yang ditunjukkan pada Gambar 2(b) merupakan salah satu proses dalam tahap selanjutnya dari desain monitoring berbasis IoT. Dalam hal ini untuk mempermudah dalam mengintegrasikan beberapa bagian hardware serta suatu skema yang menjelaskan tentang hubungan antara satu komponen dengan komponen lainnya secara detail.



Gambar 2. Rangkaian Hardware (a) & Wiring Diagram (b) Sistem Monitoring

2.7 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan gabungan ketiganya. Pada langkah awal dilakukan observasi serta wawancara dengan Klien mengenai masalah yang dialami di Lab. Solar Sistem berkaitan dengan kurang maksimalnya monitoring serta pembelajaran IoT dan sistem mentoring pembangkit hybrid. Saat wawancara juga dilakukan proses *Project Agreement*, melakukan kesepakatan Bersama Klien. Sedangkan teknik pengumpulan data yang digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai kelayakan sistem monitoring berbasis IoT yang dibuat dalam penelitian ini adalah menggunakan kuesioner atau survei. Kuesioner (angket) merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan tertulis pada responden untuk dijawab. Kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang efisien bila peneliti tahu dengan pasti variable yang akan diukur dan tahu apa yang bisa diharapkan dari responden [11].

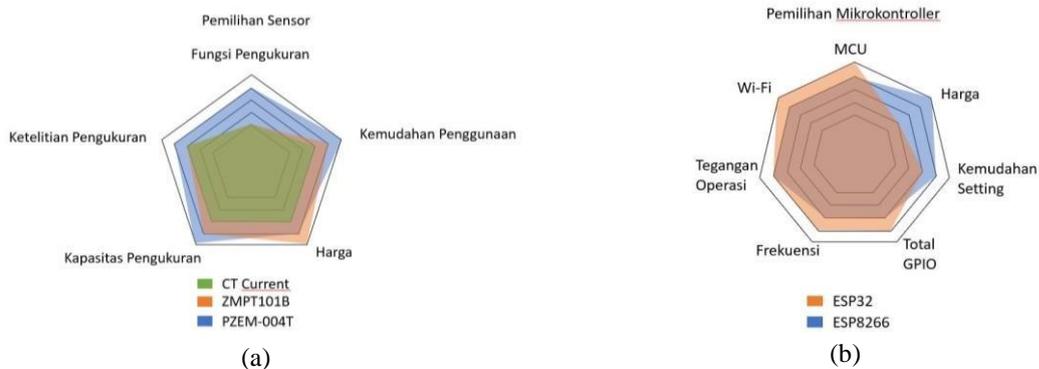
2.8 Teknik Analisis Data

Hasil penilaian pengembangan sistem monitoring berbasis IoT oleh Klien dan Coach, serta mahasiswa melalui angket dikumpulkan dan dianalisis. Data yang didapatkan berupa data kualitatif. Data kualitatif berupa kritik dan saran, data tersebut dihimpun serta disimpulkan sebagai dasar perbaikan sistem monitoring yang dikembangkan. Setelah itu dilakukan analisa data hasil survei berdasarkan indikator yang telah ditentukan dan dijabarkan di bab 3 dan dipilih di bab 4 yaitu terstruktur, Keindahan, Mudah dipahami, dan lengkap menggunakan metode penilaian atau pembobotan/skala. Penilaian berdasarkan voting terbanyak akan mendapatkan nilai maksimal yaitu 3, nilai Tengah yaitu 2, dan nilai terkecil yaitu 1. Penentuan nilai berdasarkan perolehan survei dari setiap indikator. Lalu disajikan dalam radar diagram untuk menentukan pilihannya berdasarkan indikator.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemilihan Perangkat Hardware Monitoring

Hardware terdiri atas sensor dan mikrokontroler. Pemilihan hardware (termasuk merek) perlu dilakukan dengan indikator. Hasil pemilihan sensor dan mikrokontroler didasarkan pada beberapa indikator yang akan dijabarkan pada gambar 3 berikut:



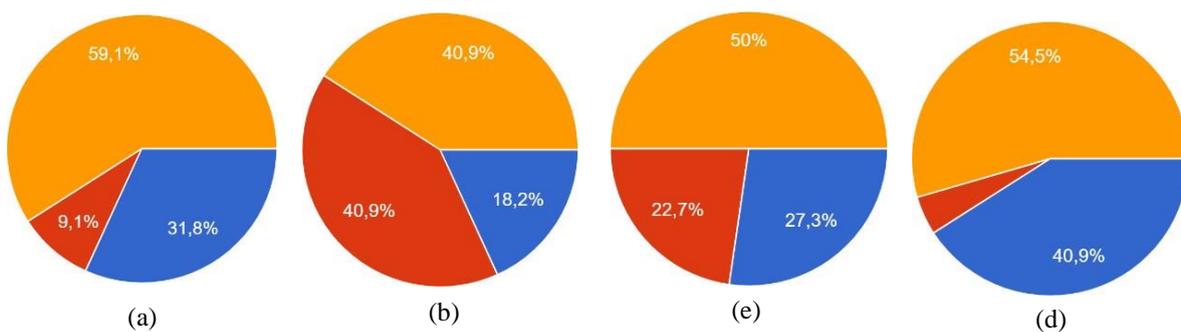
Gambar 3. Pemilihan Sensor (a) dan Mikrokontroler (b)

PZEM-004T memiliki ketepatan dari indikator yang telah ditentukan terutama pada indikator kemudahan penggunaan, kapasitas pengukuran, fungsi pengukuran, dan ketelitian. Ini menunjukkan bahwa pilihan sensor hasil perbandingan mengindikasikan bahwa PZEM-004T adalah pilihan yang paling unggul berdasarkan indikator yang telah ditentukan, diikuti oleh ZMPT101B dan kemudian CT Current.

ESP8266 memiliki ketepatan dari indikator yang telah ditentukan terutama pada indikator harga dan kemudahan setting, ini menunjukkan bahwa pilihan mikrokontroler hasil perbandingan mengindikasikan bahwa ESP8266 adalah pilihan yang paling tepat untuk penggunaan proyek sederhana dan membutuhkan kemudahan penyettingan.

3.2 Hasil Survei

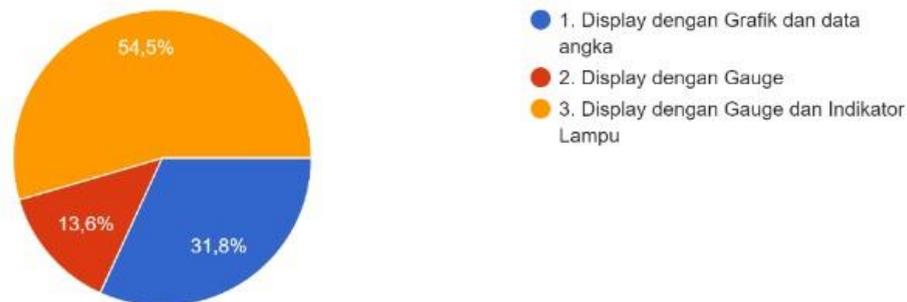
Hasil survei terdiri atas pemilihan display berdasarkan indikator diantaranya terstruktur pada gambar 4a, terindah pada gambar 4b, mudah dipahami pada gambar 4c, dan terlengkap pada gambar 4d. Adapun keterangannya untuk warna biru menunjukkan display 1 yaitu display grafik dan angka, warna merah menunjukkan display 2 yaitu gauge, dan warna oranye menunjukkan display 3 yaitu gauge dan indikator lampu. Adapun hasil survei disajikan pada grafik pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil Survei Tampilan Terstruktur (a), tampilan indah (b), tampilan mudah dipahami (c), tampilan terlengkap (d)

Menurut anda diantara ketiga display diatas mana yang terbaik ?

22 jawaban



Gambar 5. Hasil Survei Tampilan Terbaik

Mayoritas responden menyatakan bahwa display dengan Grafik dan data angka adalah yang terbaik. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai mengapa display ini dianggap sebagai yang terbaik:

- Kombinasi Representasi Visual dan Data Angka:** Display dengan Grafik dan data angka menggabungkan representasi visual (grafik) dan data angka untuk menyajikan informasi secara komprehensif. Grafik memberikan gambaran visual tentang tren dan pola data, sementara data angka memberikan nilai pasti dari parameter yang diukur. Kombinasi ini memungkinkan pengguna untuk dengan cepat memahami kinerja PLT Hybrid secara visual dan mendapatkan detail angka yang akurat.
- Kemudahan Pemahaman:** Display ini dinilai mudah dipahami oleh mayoritas responden. Grafik dan data angka yang disajikan dengan jelas dan terstruktur memudahkan pengguna untuk memantau kinerja PLT Hybrid dan mengambil keputusan dengan cepat. Keterkaitan antara grafik dan angka juga membantu pengguna untuk mengidentifikasi hubungan dan interaksi antara parameter-parameter yang berbeda.
- Kelengkapan Informasi:** Display dengan Grafik dan data angka menyajikan parameter-parameter penting seperti Tegangan, Arus, Daya, dan Energy. Informasi yang lengkap dan relevan membantu pengguna untuk mendapatkan gambaran komprehensif tentang performa PLT Hybrid dari berbagai aspek.
- Real-time Monitoring:** Tampilan ini juga sering menyajikan data secara real-time, memungkinkan pengguna untuk memantau kinerja PLT Hybrid secara langsung. Pemantauan real-time membantu pengguna untuk merespons perubahan atau masalah dengan cepat sehingga dapat diatasi lebih efisien.
- Klaritas Penyajian:** Grafik dan data angka yang tampil dengan jelas dan rapi memberikan kesan profesional dan membantu pengguna untuk fokus pada inti dari informasi yang disajikan. Tampilan yang sederhana memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengakses dan menginterpretasi data.

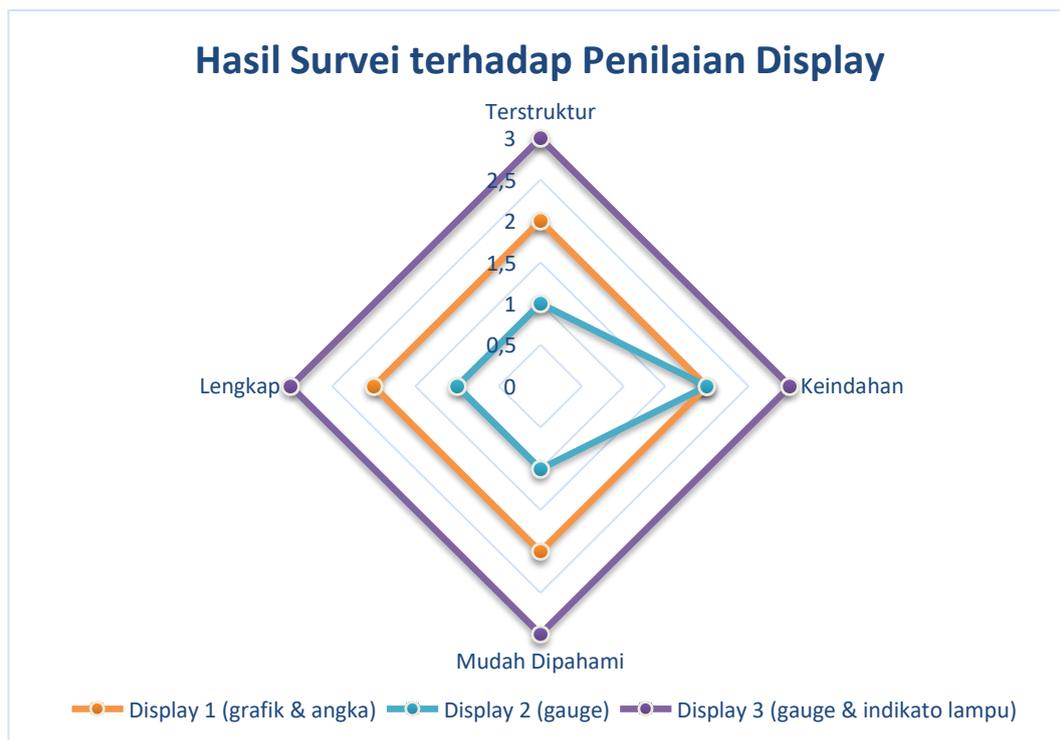
Kesimpulannya, mayoritas responden memilih display dengan Grafik dan data angka sebagai yang terbaik karena menyajikan informasi dengan cara yang mudah dipahami, lengkap, dan relevan. Kombinasi representasi visual dan data angka membuat tampilan ini menjadi pilihan utama dalam memantau dan mengoptimalkan kinerja PLT Hybrid secara efisien dan efektif.

3.3 Analisa Hasil Survei Pemilihan Display

Setelah mendapatkan hasil survei, maka dilakukan analisa data hasil survei menggunakan metode penilaian atau pembobotan/skala. Penilaian berdasarkan survei akan mendapatkan nilai maksimal yaitu 3, nilai tengah yaitu 2, dan nilai terkecil yaitu 1. Penentuan nilai berdasarkan perolehan survei dari setiap indikator yang ditunjukkan pada Tabel 3. Lalu disajikan dalam radar diagram untuk menentukan pilihannya berdasarkan indikator yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 3. Penilaian Pemilihan Display

Pilihan Display	Indikator			
	Terstruktur	Keindahan	Mudah Dipahami	Lengkap
Display 1 (grafik & angka)	2	2	2	2
Display 2 (gauge)	1	2	1	1
Display 3 (gauge & indikator lampu)	3	3	3	3



Gambar 6. Hasil Survei

Dari gambar 6 menunjukkan bahwa Display 1 memiliki karakteristik yang cukup baik dalam setiap aspek yang Anda sebutkan. Display ini memiliki struktur yang cukup baik, visualnya cukup menarik, mudah dipahami, dan memberikan informasi yang lengkap. Display 2 (Gauge) mendapatkan nilai yang lebih rendah dalam beberapa aspek. Ini menunjukkan bahwa display ini mungkin memiliki struktur yang kurang terstruktur, dan mungkin tidak sejelas atau sesederhana Display 1. Meskipun memiliki keindahan visual yang baik, namun tidak mudah dipahami seperti Display 1. Selain itu, informasi yang disajikan mungkin juga tidak lengkap.

Display 3 (Gauge & Indikator Lampu) memiliki nilai tertinggi dalam semua aspek. Ini menunjukkan bahwa display ini memiliki struktur yang sangat terstruktur, visualnya sangat menarik, sangat mudah dipahami, dan memberikan informasi yang sangat lengkap. Pilihan Display hasil survei mengindikasikan bahwa Display 3 adalah pilihan yang paling unggul berdasarkan indikator yang telah ditentukan, diikuti oleh Display 1 dan kemudian Display 2.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pada perancangan sistem monitoring berbasis IoT pada PLT Hybrid di Lab. Solar Sistem PNJ serta Pemilihan Display yang tepat maka di dapatkan suatu kesimpulan. Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Rancangan sistem monitoring berbasis IoT terdiri dari rangkaian hardware berupa sensor dan mikrokontroler, sensor yang dipilih ialah sensor PZEM-004T dengan mikrokontrolernya yaitu modul Wi-Fi ESP8266.
2. Didapatkan data pemilihan display berdasarkan survei pemilihan display melalui google form sebagai berikut: dari sisi struktur display yang dipilih ialah display gauge dan indikator lampu dinilai memiliki tampilan yang paling terstruktur oleh mayoritas responden dalam survei yaitu sebesar 59,1%. Pada sisi keindahan didapatkan bahwa display dengan Gauge dan Indikator Lampu serta Display dengan Gauge saja memiliki tampilan paling indah dengan persentase yang sama yaitu 40,9%. Pada sisi kemudahan dipahami terpilih display dengan Gauge dan Indikator Lampu sebagai display yang paling mudah dipahami dengan persentase sebesar 50%. Pada sisi kelengkapan bahwa Gauge dan Indikator Lampu mendapatkan penilaian tertinggi sebagai display tampilan paling lengkap dengan nilai 54,5%.

Untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem monitoring PLT Hybrid di Lab. Solar Sistem PNJ maka ada beberapa saran, adapun saran yang diberikan yaitu membuat sistem penyimpanan data dari hasil pengukuran data yang diambil dan memonitoring intensitas cahaya, suhu, dan output dari dari panel surya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada dosen dan seluruh staff Politeknik Negeri Jakarta atas dukungan finansial serta regulasinya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

REFERENSI

- [1] KESDM, “Kebijakan nasional energi baru terbarukan dan konservasi energi,” 2019.
- [2] KESDM, “KONSERVASI ENERGI 2020,” 2020.
- [3] S. Mulyono, M. Qomaruddin, and M. Anwar, “Anwar, MS,” *J. Transistor Elektro dan Inform. (TRANSISTOR EI)*, vol. 3, no. 1, pp. 31–44, 2018.
- [4] Y. Ardiyanto and M. Y. Mustar, “Rancang Bangun Graphical User Interface Sebagai Sistem Monitoring Nirkabel Pendeteksi Hujan, Suhu Dan Kelembaban,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2020, doi: 10.21831/jee.v4i1.30412.
- [5] R. Andari, S. Amalia, and C. D. Tinambunan, “Sistem Monitoring Pengisian Baterai Plts 100 Wp Menggunakan Sensor Pzem 004T Dan Sensor Tegangan Dc,” *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 22, no. 1, p. 64, 2022, doi: 10.36275/stsp.v22i1.461.
- [6] D. Wijayanto, S. I. Haryudo, T. Wrahatnolo, and ..., “Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Plts Sistem On Grid Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram,” *J. Tek. ...*, pp. 447–453, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/49288%0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/download/49288/41004>
- [7] J. W. Jokanan, A. Widod, N. Kholis, and L. Rakhmawati, “Alat Monitoring Daya Listrik Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase Dan Aplikasi Android,” *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 51–59, 2022.
- [8] R. N. Ilham, S. Prasetya, and A. Sukandi, “Sistem Monitoring Pendingin Pada Panel Surya Berbasis IoT,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 377–384, 2021, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [9] W. Sucipto, I. G. A. K. D. Djuni Hartawan, and W. Setiawan, “RANCANG BANGUN PERANGKAT PEMANTAU CUACA OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER PADA JARINGAN WLAN IEEE 802.11b,” *J. SPEKTRUM*, vol. 4, no. 2, p. 48, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2017.v04.i02.p07.
- [10] C. D. Mika, S. Prasetya, and I. Nuriskasari, “Analisis Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things pada Rancang Bangun Weather Stasion di Politeknik Negeri Jakarta,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin*, no. 1, pp. 638–642, 2022.
- [11] D. Judithia, “Proses Adaptasi Ikatan Mahasiswa Fakkaf Di Kota Bandung,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 54–69, 2019, [Online]. Available: <https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1558/>
- [12] Anonim, “Mengenal PZEM-004T Modul Elektronik Untuk Alat Pengukuran Listrik,” 2019. <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/10/mengenal-pzem-004t-modul-elektronik-untuk-alat-pengukuran-listrik/>
- [13] S. S. Mukrimaa *et al.*, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” *J. Penelit. Pendidik. Guru Sekol. Dasar*, vol. 6, no. August, p. 128, 2016.
- [14] I. Kurniawan, “Sistem Pengendali Peralatan Rumah Tangga Berbasis Aplikasi Blynk dan NodeMCU ESP8266,” *Yogyakarta*, pp. 3–8, 2018, [Online]. Available: <http://eprints.akakom.ac.id/4894/>
- [15] Nyebarilmu.com, “perbedaan modul wifi ESP8266 dan ESP32,” 2020. <https://www.nyebarilmu.com/perbedaan-module-wifi-esp8266-vs-esp32/>
- [16] Hidayat Rullah, “Monitoring pemakaian listrik di PT APL berbais arduino,” pp. 6–25, 2021.
- [17] KMTEK, “Perbedaan ESP8266 dan ESP32,” 2021. <https://www.kmtech.id/post/esp8266-vs-esp32-apa-perbedaan-mereka>
- [18] H. T. Monda, Feriyonika, and P. S. Rudati, “Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network,” *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 9, pp. 28–31, 2018.