

Implementasi Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik pada Sub Sub Distribution Panel Gedung

Agus Khumaidi^{1*}, Muhammad Khoirul Hasin¹, Anggarjuna Puncak Pujiputra¹,
Sholahuddin Muhammad Irsyad¹, Noorman Rinanto¹, Isa Rachman¹, Perdinan Setia
Budi¹, Alfianto Taufiqul Malik¹, Nurissabiqoh Binta Bayu¹

¹ Teknik Otomasi, Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS
Sukolilo, Surabaya, 60117, Indonesia

Email: aguskhumaidi@ppns.ac.id, Khoirul.hasin@ppns.ac.id, anggarjunapuncak@ppns.ac.id,
muhammad.irsyad@ppns.ac.id, noorman.rinanto@ppns.ac.id, isarachman@ppns.ac.id,
perdinansetia@student.ppns.ac.id, alfianto.taufiqul@student.ppns.ac.id, nbinta29@student.ppns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem monitoring penggunaan daya listrik pada *Sub Sub Distribution Panel* (SSDP) di Gedung kampus. Sistem ini dirancang untuk memantau konsumsi daya listrik secara *real-time*, memberikan informasi yang akurat mengenai penggunaan energi, serta mengidentifikasi potensi pemborosan energi. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari sensor arus dan tegangan yang terhubung ke microcontroller. Data dari sensor kemudian dikirimkan ke server melalui jaringan *Wi-Fi* untuk diproses dan dianalisis. Perangkat lunak menggunakan platform IoT yang menampilkan data konsumsi daya dalam bentuk grafik dan tabel. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini mampu memonitor penggunaan daya listrik dengan akurasi tinggi. Implementasi sensor PM2100, SHT20, dan GP2Y101AU0F dalam sistem monitoring panel listrik terbukti efektif dalam menyediakan data *real-time* yang akurat, yang memungkinkan pemantauan dan pengelolaan kondisi serta keamanan panel listrik secara lebih baik. Sistem ini memberikan solusi komprehensif dan terintegrasi untuk memastikan operasi panel listrik yang aman dan efisien. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat yang diuji menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur tegangan, arus, suhu, kelembaban, dan konsentrasi debu. Pada pengukuran tegangan menggunakan PM2100, diperoleh nilai error yang sangat kecil, yaitu 0,035%. Pengukuran arus juga menunjukkan error yang kecil, yaitu 0,48%. Pengujian sensor SHT20 menunjukkan error sebesar 2,4% untuk pengukuran suhu dan 1,0% untuk pengukuran kelembaban, yang masih dalam batas akurasi yang dapat diterima. Selain itu, pengukuran konsentrasi debu menggunakan sensor GP2Y101AU0F menunjukkan error yang sangat kecil, yaitu 0,02%. Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa alat dan sensor yang diuji memiliki tingkat presisi yang memadai dan layak untuk digunakan dalam aplikasi pengukuran yang relevan.

Kata kunci: daya listrik, IoT, sistem monitoring, *Sub Sub Distribution Panel*, WIFI.

Abstract

This research aims to develop and implement a monitoring system for electrical power usage at the Sub Sub Distribution Panel (SSDP) in the campus building. This system is designed to monitor electrical power consumption in real-time, provide accurate information about energy use, and identify potential energy waste. The methodology used in this research includes hardware and software design. The hardware consists of current and voltage sensors connected to a microcontroller. Data from the sensors is then sent to the server via Wi-Fi network for processing and analysis. The software uses an IoT platform that displays power consumption data in the form of graphs and tables. The implementation results show that the system is capable of monitoring electric power usage with high accuracy. The implementation of PM2100, SHT20, and GP2Y101AU0F sensors in the electrical panel monitoring system proved effective in providing accurate real-time data, which enables better monitoring and management of the condition and security of electrical panels. The system provides a comprehensive and integrated solution to ensure safe and efficient operation of electrical panels. Based on the test results, it can be concluded that the tested device shows a high level of accuracy in measuring voltage, current, temperature, humidity, and dust concentration. In measuring voltage using PM2100, a very small error value is obtained, which is 0.035%. The current measurement also shows a small error, which is 0.48%. The SHT20 sensor test showed an error of 2.4% for temperature measurement and 1.0% for humidity measurement, which is still within acceptable accuracy limits. In addition, the measurement of dust concentration using the GP2Y101AU0F sensor showed a very small error of 0.02%. With these results, it can be concluded that the tested device and sensor have sufficient precision and are suitable for use in relevant measurement applications.

Keywords: electrical power, IoT, monitoring system, *Sub Distribution Panel*, WIFI.

^{1*} aguskhumaidi@ppns.ac.id.

1. Pendahuluan

Penggunaan energi listrik telah menjadi salah satu pendorong utama perkembangan modernitas dalam berbagai sektor kehidupan manusia. Sejak ditemukannya listrik oleh Thomas Edison dan Nikola Tesla pada abad ke-19, energi listrik telah mengubah cara kita bekerja, berkomunikasi, dan menjalani kehidupan sehari-hari. Dari penerangan hingga penggerak mesin dan teknologi informasi, listrik memainkan peran krusial dalam memenuhi kebutuhan masyarakat modern. Meskipun memberikan kenyamanan dan efisiensi, penggunaan energi listrik juga menimbulkan tantangan terkait dengan sumber daya alam yang terbatas dan dampak lingkungan, mendorong upaya untuk beralih ke sumber energi terbarukan dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi demi keberlanjutan planet ini. Dengan kemajuan teknologi dan perkembangan pesat di Sumatera Selatan, kebutuhan akan energi listrik juga meningkat. Namun, kebutuhan ini tidak stabil dari tahun ke tahun, menciptakan tantangan bagaimana memenuhi kebutuhan tanpa merugikan penyedia energi listrik seperti PLN. Upaya untuk mengurangi dampak kerugian dapat dilakukan dengan salah satu metode perencanaan yang matang. Memperkirakan beban listrik adalah langkah penting untuk memberikan informasi yang berguna kepada PLN. Ada berbagai metode yang bisa digunakan untuk melakukan prediksi beban listrik ini (Garci Reyes, 2019).

Pada proses penyaluran energi listrik yang masuk ke dalam SSDP (*Sub Sub Distribution Panel*), diperlukan pendekatan yang terintegrasi untuk mengoptimalkan efisiensi dan keandalan. SSDP merupakan elemen krusial dalam distribusi energi listrik dari pembangkit hingga konsumen akhir (Nanggala & Ahfas, 2024). Pentingnya menjaga kestabilan dan keandalan SSDP diperkuat oleh kebutuhan akan manajemen beban yang cerdas, pemantauan *real-time*, dan perangkat otomatisasi yang dapat mendeteksi dan menangani gangguan dengan cepat. Peningkatan penggunaan teknologi digital dan sistem informasi geografis (GIS) juga mendukung peningkatan manajemen SSDP (Harahap et al., 2023). Selain itu, integrasi teknologi *smart grid* yang memanfaatkan sensor-sensor pintar, kontrol otomatis, dan analisis data dapat membantu dalam mengoptimalkan aliran energi, meminimalkan kehilangan daya, serta merespons secara cepat terhadap fluktuasi beban dan gangguan pada jaringan listrik. Dalam latar belakang ini, menciptakan SSDP yang efisien, terkendali, dan adaptif merupakan langkah strategis dalam memastikan penyaluran energi listrik yang maksimal.

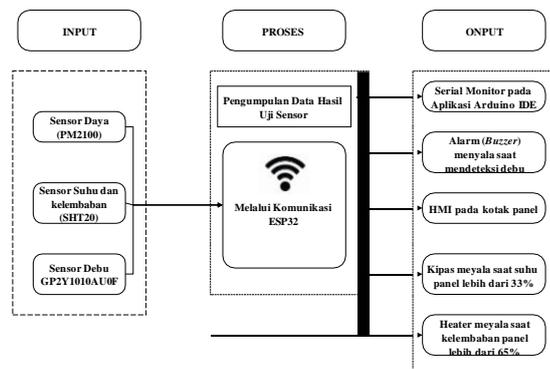
Dalam mengatasi permasalahan yang ada diatas maka diperlukan sebuah sistem monitoring panel menggunakan sensor PM2100 untuk melihat arus, tegangan, dan daya yang keluar pada panel. Lalu menggunakan sensor suhu SHT20 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban pada panel (Kebos et al., 2022). Kondisi dimana suhu pada panel melebihi 33°C maka kipas pada panel akan menyala secara otomatis dan standart kelembabannya 65% (As'ad & Nugraha, 2022). Kemudian sensor debu GP2Y101AU0F difungsikan untuk mendeteksi tingkat keberlanjutan debu pada suatu panel. Apabila lapisan debu mencapai ketebalan yang signifikan, sensor ini akan memicu aktivasi alarm sebagai tanda peringatan. Tujuannya adalah memberikan notifikasi kepada pengguna agar dapat melakukan pembersihan pada kotak panel listrik, sehingga kebersihan dan kinerja sistem dapat dipertahankan dengan baik. Dalam proses monitoring ini menggunakan ESP32 untuk komunikasi data yang nantinya diolah pada sistem pemrograman pada Arduino IDE.

2. Metode Penelitian

2.1 Konsep Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini fokus pada perancangan sistem yang akan dibuat dengan rincian terperinci mengenai struktur *hardware*. Tahapannya dimulai dari penyusunan diagram blok sistem yang memberikan gambaran keseluruhan mengenai bagaimana komponen-komponen dalam sistem saling berinteraksi. Dilanjutkan dengan pembuatan *flowchart* yang menggambarkan alur kerja sistem secara terinci.

2.1.1 Diagram Blok Sistem

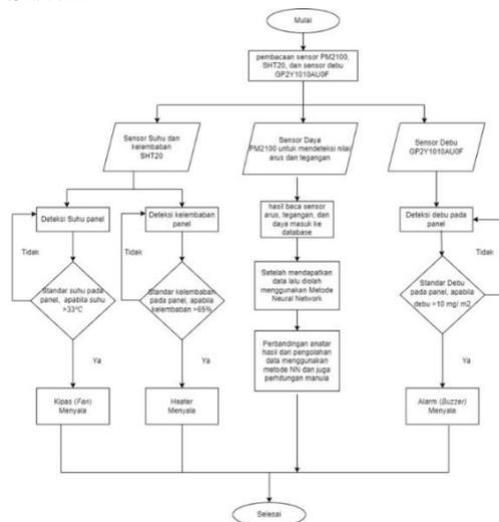


Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Gambar 1 menunjukkan diagram blok sebuah sistem yang menggunakan berbagai komponen untuk mengumpulkan informasi (input) dan menghasilkan tindakan atau respons (output). Sistem ini menggunakan tiga sensor: sensor daya

PM2100 untuk mengukur arus, tegangan, dan daya listrik, sensor suhu dan kelembaban SHT20 untuk mengukur suhu dan kelembaban di sekitar alat, dan sensor debu GP2Y101AU0F untuk mendeteksi debu pada panel listrik. Setelah informasi dikumpulkan, sistem dapat bertindak berdasarkan data tersebut melalui beberapa output: aplikasi Android, alarm, HMI, dan kipas angin. Aplikasi Android memungkinkan pemantauan jarak jauh, alarm memberi peringatan jika ada masalah, HMI menampilkan informasi langsung kepada pengguna, dan kipas angin mendinginkan panel listrik jika suhu melebihi 39°C. Pengolahan data dari sensor-sensor ini dilakukan menggunakan Neural Network, yang memungkinkan sistem belajar dari pola data dan membuat keputusan berdasarkan pola tersebut. Data yang telah diolah kemudian dikirimkan melalui modul komunikasi ESP32, memungkinkan pemantauan dan manajemen panel listrik secara real-time.

2.1.2 Flowchart Alur Kerja Sistem



Gambar 2 Flowchart Alur Kerja Sistem

Pada gambar 2 menjelaskan langkah-langkah yang terjadi dalam proses monitoring sistem pada panel daya. Saat panel daya dinyalakan dan sistem monitoring pada aplikasi android telah diaktifkan serta terkoneksi dengan ESP32, proses dimulai. Aplikasi android akan mulai memantau tiga hal utama: daya listrik, suhu, dan debu yang ada pada panel listrik.

Langkah pertama dalam proses ini adalah pengawasan terhadap daya panel menggunakan sensor PM2100. Sensor ini akan mengukur nilai daya, arus, dan tegangan yang keluar dari panel listrik. Informasi ini kemudian ditampilkan untuk memberikan gambaran tentang kondisi daya yang sedang digunakan oleh panel.

Selanjutnya, sistem akan mendeteksi suhu panas pada panel menggunakan sensor SHT20. Jika suhu melebihi 33°C, kipas yang terhubung pada panel akan secara otomatis menyala. Tujuannya adalah untuk mendinginkan panel listrik hingga suhu turun di bawah 33°C, menjaga agar tidak terjadi overheating yang berpotensi merusak komponen panel. Langkah terakhir dalam proses ini adalah debu pada panel listrik dengan menggunakan sensor debu GP2Y101AU0F. Jika sensor ini mendeteksi debu, alarm berupa bunyi buzzer akan diaktifkan. Alarm ini berfungsi sebagai peringatan bahwa adanya debu pada panel listrik, memberikan sinyal kepada pengguna atau petugas untuk segera meninjau dan menangani situasi tersebut. Secara keseluruhan, langkah-langkah ini membentuk serangkaian tindakan preventif dan responsif. Dari pemantauan daya hingga penanganan suhu dan deteksi debu, sistem ini dirancang untuk memastikan keamanan dan kinerja optimal dari panel listrik dengan memberikan peringatan dan tindakan otomatis sesuai dengan kondisi yang terdeteksi.

2.2 Perencanaan dan Desain

Pada tahap perencanaan dan desain sistem, fokusnya adalah pada analisis kebutuhan sistem dan perancangan hardware yang saling terkait. Analisis kebutuhan melibatkan pemahaman mendalam akan kebutuhan pengguna dan penetapan spesifikasi sistem yang jelas, memastikan sistem dapat memenuhi kebutuhan dengan baik. Perancangan hardware melibatkan pemilihan dan pengaturan komponen fisik seperti sensor-sensor dan mikrokontroler, serta perancangan struktur fisik sistem. Contohnya, dalam sistem monitoring suhu untuk panel listrik, ini melibatkan pemilihan sensor suhu yang tepat, pengaturan fisik sensor dan mikrokontroler, pembuatan algoritma untuk memantau suhu, dan pengembangan kode untuk mengambil tindakan responsif sesuai kondisi suhu. Perancangan hardware saling mendukung dalam menciptakan sistem yang responsif, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna yang telah ditetapkan sebelumnya. Proses perencanaan yang cermat pada tahap ini sangat penting untuk kesuksesan dan keefektifan sistem yang akan dikembangkan.

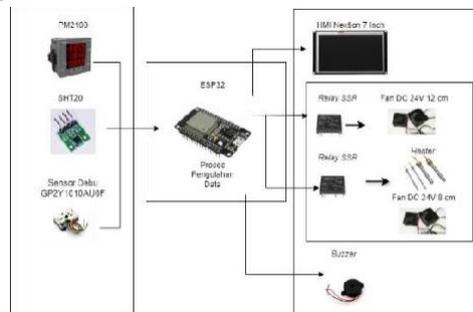
2.2.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Setelah meneliti dan mempertimbangkan keperluan dalam tugas akhir ini, langkah pertama adalah melakukan analisis sistem untuk mengenali semua kebutuhan yang dibutuhkan. Ini melibatkan identifikasi persyaratan khusus yang harus dipenuhi. Dalam konteks ini, diperlukan beberapa perangkat atau alat tertentu untuk proses penelitian diantaranya yaitu:

NO.	Alat yang Dibutuhkan	Jumlah
1.	ESP32	1
2.	HMI 5 inch	1
3.	Kipas	1
4.	Sensor Suhu SHT20	1
5.	Sensor Daya PM2100	1
6.	Sensor Debu GP2Y101AU0F	1
7.	Buzzer Alarm	1
8.	Power Suppy	1
9.	Relay	1

Tabel 1 Alat yang Dibutuhkan

2.2.2 Perancangan Hardware



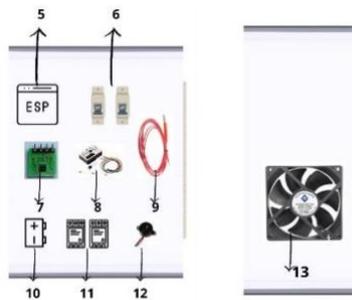
Gambar 3 Perancangan Hardware

Gambar 3 menunjukkan alur kerja sistem perancangan hardware untuk panel listrik yang dilengkapi dengan sensor-sensor khusus guna memantau kondisi dan keamanan. Pertama, sensor PM2100 dipasang untuk memantau arus, tegangan, dan daya yang keluar dari panel. Sensor suhu dan kelembaban SHT20 digunakan untuk memonitor suhu dan kelembaban di sekitar panel. Jika suhu melebihi 33°C atau kelembaban melebihi 65%, sistem secara otomatis menyalakan kipas dan heater untuk mendinginkan panel dan mencegah overheating. Selain itu, sensor debu GP2Y101AU0F mendeteksi keberadaan debu pada panel. Jika terdeteksi, alarm buzzer akan berbunyi sebagai peringatan untuk membersihkan debu. Semua data dari sensor-sensor tersebut diolah menggunakan modul komunikasi ESP32, yang kemudian mengirimkan informasi ke dua tempat: layar HMI untuk pengawasan langsung oleh pengguna dan aplikasi Android untuk pemantauan jarak jauh. Sistem ini dirancang untuk memastikan pemantauan yang efisien dan responsif terhadap kondisi panel listrik.

2.2.3 Desain Panel Listrik



Gambar 4 Perancangan Panel Listrik Tampak Luar



Gambar 5 Perancangan Panel Listrik Tampak Dalam

Pada Gambar 4 dan gambar 5 merupakan gambar perancangan panel yang akan dibuat untuk monitoring panel listrik pada gedung perkuliahan. Berikut ini adalah keterangan dari gambar diatas:

1. Pilot Lamp
2. HMI (*Human Machine Interface*)
3. PM2100
4. Emergency Button
5. ESP32
6. MBC
7. SHT20
8. Sensor Debu *GP2Y1010AU0F*
9. *Heater Cartridge*
10. *Power Supply*
11. Relay
12. Buzzer
13. *Fan 24VDC*

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Hasil Perancangan *Hardware*

Berikut ini adalah hasil perancangan *hardware*. Hasil perancangan *hardware* pada Tugas Akhir ini meliputi realisasi pabel box yang sudah dilubangi bagian cover untuk menempelkan komponen yang dibutuhkan pada bagian depan panel box berupa pilot lamp, HMI Nextion 7 inch, PM2100, dan Juga Emergency Button. Dan juga dibagian samping kanan panel terdapat *Fan DC 24V*. Adapun bentuk fisik dari hasil rancangan mekanik dapat dilihat dari Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6 Panel Box Bagian Depan

Pada Gambar 6 Panel Box Bagian Depan merupakan beberapa komponen yang dipasang dibagian depan panel box dengan fungsi dari tiga pilot lamp sebagai lampu indikator tiga phase, HMI Nextion 7 inch sebagai tampilan sistem monitoring pada panel, PM2100 untuk mengukur arus, tegangan, dan daya pada panel listrik. Panel yang digunakan pada Tugas Akhir ini menggunakan panel box ukuran 50x40x25 cm dengan kriteria panel dalam ruangan.

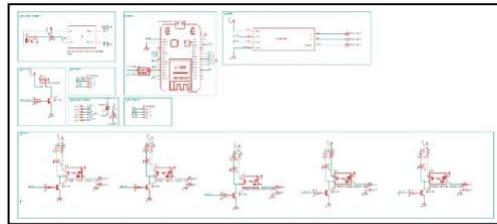


Gambar 7 Panel Box Bagian Samping

Gambar 7 Panel Box Bagian Samping merupakan tempat yang digunakan untuk meletakkan *Fan DC 24V 12 inch* yang digunakan untuk mengeluarkan panas pada dalam panel apabila suhu panel melebihi 33°C. Dengan adanya *Fan DC 24V 12 inch* targetnya pane box dapat optimal pada suhu yang sudah ditentukan.

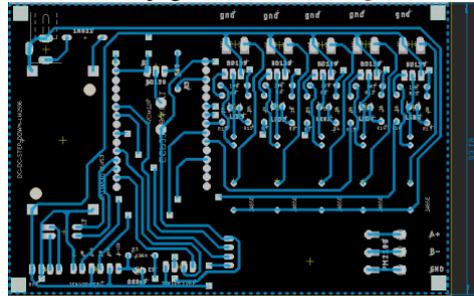
3.2 Hasil Perancangan Elektrik

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan PCB untuk PM2100, sensor SHT20, sensor debu GP2Y1010AU0F, HMI Nextion 7 inch, lima Relay SSR 24VDC yang digunakan untuk pengontrol tiga pilot lamp, *Fan DC 24V 12 inch*, dan *Fan DC 24V 8 inch* yang digabung dengan Heater cardritge 24VDV untuk mengatur nyala dan mati dari masing-masing actuator yang ada pada panel listrik. Sensor dan actuator yang digunakan pada panel listrik nantinya dihubungkan dengan ESP32 yang digunakan untuk mengatur program yang diinginkan sesuai dengan tugas dari masing-masing sensor dan actuator yang digunakan.



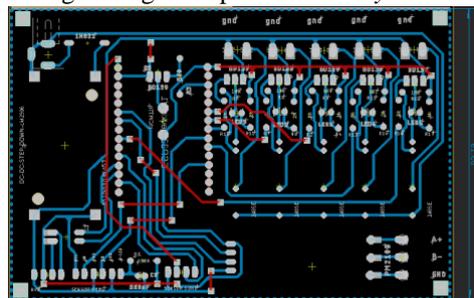
Gambar 8 Schematic PCB

Pada Gambar 8 Schematic PCB merupakan hasil dari schematic yang digunakan pada PCB berupa ESP32 yang dihubungkan pada sensor dan actuator yang dibutuhkan. Komponen yang dibutuhkan seperti Pin untuk PM2100, Sensor SHT20, Sensor Debu GP2Y1010AU0F, HMI Nextion 7 inch, dan juga lima buah Relay SSR 24VDC yang digunakan untuk tiga buah pilot lamp, 2 buah *Fan DC 24V*, dan juga *Heater Cardritge 24VDC*.



Gambar 9 Bottom Layer PCB

Pada Gambar 9 *Bottom Layer* PCB merupakan gambar rancangan PCB yang dibuat pada aplikasi *Eagle*. Pada gambar diatas merupakan bagian dari sambungan rangkaian pada *Bottom layer* PCB.



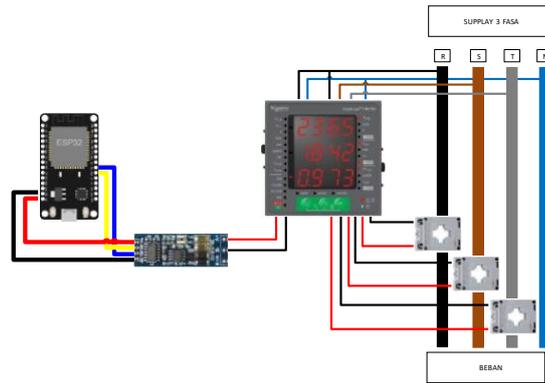
Gambar 10 Top Layer PCB

Pada Gambar 10 *Top Layer* PCB merupakan gambar pada *Top Layer* PCB yang dilakukan pada sambungan PCB bagian atas. Gambar diatas ditandai dengan jalur dengan warna merah.

3.3 Pengujian Sensor dan Aktuator

3.3.1 Pengujian Sensor PM2100

Pengujian tegangan dilakukan dengan menggunakan PM2100 dengan memasukkan nilai baca PM2100 ke dalam program ESP32 menggunakan aplikasi Arduino IDE. Didalam pengujian ini memandingkan antara nilai baca pengukuran PM2100 dengan nilai baca pada serial monitor pada Arduino IDE. Adapun foto hasil pengujian sensor PM2100 ditunjukkan pada Gambar 4.6 Wiring Pengujian PM2100.



Gambar 11 Wiring Pengujian PM2100

NO.	PM2100	RS485	ESP32	CT100/5A
1.	B-, A+	B-, A+	-	-
2.	D1, D0, 0V	A+, B-, GND	-	-
3.	-	GND ,RTX, TXD, VCC	GND, RX, TX, VCC	-
4.	I_{I+}, I_{I-}	-	-	S1, S2

Tabel 2 Pin pada Wiring PM2100



Gambar 12 Hasil Pengujian Nilai Tegangan PM2100

Pada Gambar 12 Hasil Pengujian tegangan PM2100 dengan menggunakan RS485 yang disambungkan antara ESP32 dengan PM2100. Langkah selanjutnya PM2100 diberi tegangan AC untuk mendeteksi nilai Tegangan yang akan diuji. Didalam proses ini merupakan nilai perbandingan antara nilai yang muncul pada display PM2100 dengan nilai baca pada serial monitor pada aplikasi Arduino IDE.

No.	Pembacaan nilai tegangan pada PM2100	Pembacaan nilai tegangan pada serial monitor	Presentase Error (%)
1.	230.5	230.60	0.04
2.	230.6	230.60	0
3.	230.7	230.63	0.02
4.	230.8	230.84	0.02
5.	230.8	230.91	0.04
6.	230.7	230.77	0.02
7.	230.7	230.76	0.02
8.	231.0	231.05	0.017
9.	230.7	230.68	0.01
10.	230.8	230.83	0.01
Rata-Rata Error			0.035

Tabel 3 Hasil Tegangan pada PM2100

Pada Tabel 3 Hasil Pengujian PM2100 merupakan hasil tegangan yang dapat dibaca pada PM2100 dengan serial monitoring yang ditampilkan pada aplikasi Arduino IDE. Dalam proses pengujiannya terdapat presentase error yang dibandingkan pada hasil monitoring yang dibaca pada PM2100 dan juga hasil serial monitor yang dihasilkan pada ESP32 pada aplikasi Arduino IDE.



Gambar 13 Hasil Pengujian Arus PM2100

Gambar 13 Hasil Pengujian nilai arus PM2100 dengan menggunakan RS485 yang disambungkan antara ESP32 dengan PM2100. Langkah selanjutnya PM2100 diberi beban dari lampu pijar untuk mendeteksi nilai yang akan diuji. Didalam proses ini merupakan nilai perbandingan antara nilai yang muncul pada display PM2100 dengan nilai baca pada serial monitor pada aplikasi Arduino IDE.

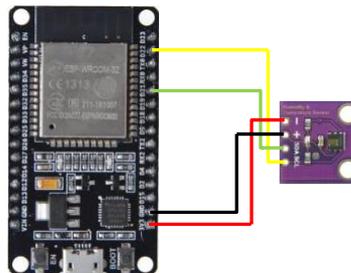
No.	Beban yang digunakan	Pembacaan nilai arus pada PM2100	Pembacaan nilai arus pada serial monitor Arduino IDE	Presentase Error (%)
1.	Lampu pijar 25 watt	0.052	0.05	0.38
2.	Lampu pijar 25 watt	0.052	0.05	0.38
3.	Lampu pijar 25 watt	0.052	0.05	0.38
4.	Lampu pijar 25 watt	0.052	0.05	0.38
5.	Lampu pijar 25 watt	0.052	0.05	0.38
6.	Lampu pijar 40 watt	0.106	0.10	0.57
7.	Lampu pijar 40 watt	0.106	0.10	0.57
8.	Lampu pijar 40 watt	0.106	0.10	0.57
9.	Lampu pijar 40 watt	0.106	0.10	0.57
10.	Lampu pijar 40 watt	0.106	0.10	0.57
Rata-Rata Error				0.48

Tabel 4 Hasil Pengujian PM2100

Pada Tabel 4 Hasil Pengujian PM2100 merupakan hasil arus yang dapat dibaca pada PM2100 dengan serial monitoring yang ditampilkan pada aplikasi Arduino IDE. Dalam proses pengujiannya terdapat presentase error yang dibandingkan pada hasil monitoring yang dibaca pada PM2100 dan juga hasil serial monitor yang dihasilkan pada ESP32 pada aplikasi Arduino IDE.

3.3.2 Pengujian Sensor SHT20

Pengujian sensor SHT20 menggunakan ESP32 dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan sensor tersebut dengan alat ukur HTC-2. Proses ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi dan konsistensi sensor SHT20 dalam mengukur parameter lingkungan seperti suhu dan kelembapan, dengan menggunakan ESP32 sebagai platform mikrokontroler. Hasil pembacaan dari sensor SHT20 kemudian dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari alat HTC-2 untuk memastikan kesesuaian dan kehandalan data yang dihasilkan oleh sensor SHT20. Gambar 14 Wiring Sensor SHT20 dibawah ini merupakan rangkaian yang digunakan pada SHT20 untuk dihubungkan pada ESP32.



Gambar 14 Wiring Sensor SHT20

No.	Pin ESP32	SHT20
1.	GND	GND

2.	3.3V	VCC
3.	D21	SDA
4.	D22	SCL

Tabel 5 Pin pada SHT20



Gambar 15 Hasil Pengujian SHT20

Pada Gambar 15 Hasil pengujian sensor SHT20 merupakan perbandingan nilai yang diperoleh dari sensor SHT20 dengan alat HTC-2, yang digunakan sebagai acuan untuk mengukur suhu dan kelembaban di dalam ruangan. Dalam pengujian ini, data suhu dan kelembaban yang dihasilkan oleh sensor SHT20 dianalisis dan dibandingkan dengan data yang diperoleh dari HTC-2. Tujuannya adalah untuk menilai akurasi dan keandalan sensor SHT20 dalam kondisi suhu ruang, sehingga dapat dipastikan bahwa sensor ini memberikan pembacaan yang konsisten dan dapat dipercaya.

No.	Pembacaan nilai SHT20 Suhu (°C)	Pembacaan nilai pada HTC-2 (°C)	Presentase Error (%)
1.	23.55	23.9	1.48
2.	23.52	23.9	1.61
3.	23.45	24.0	2.35
4.	23.42	24.1	2.35
5.	23.56	24.3	2.25
6.	23.61	24.3	2.25
7.	23.65	24.5	2.25
8.	23.61	24.5	2.25
9.	23.55	25.3	4.1
10.	23.60	25.3	4.1
Rata-Rata Error			2.4

Tabel 6 Hasil Pengujian SHT20 Suhu

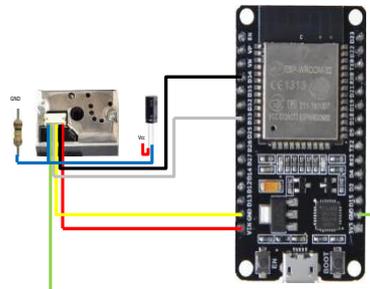
No.	Pembacaan nilai SHT20 Kelembaban (%)	Pembacaan nilai pada HTC-2 (%)	Presentase Error (%)
1.	54.39	55	1.17
2.	54.36	55	1.17
3.	54.58	55	1.16
4.	54.62	55	1.15
5.	54.66	55	1.15
6.	54.72	55	1.11
7.	54.71	55	1.11
8.	54.61	55	1.15
9.	54.97	55	0.04
10.	54.95	55	0.05
Rata-Rata Error			1.0

Tabel 7 Hasil Pengujian SHT20 Kelembaban

3.3.3 Pengujian Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Pengujian sensor debu GP2Y1010AU0F dilakukan dengan menggunakan ESP32 untuk mengambil dan mencatat nilai pembacaan yang dihasilkan oleh sensor tersebut. Proses ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sensor debu GP2Y1010AU0F dalam mendeteksi partikel debu di udara. Dengan memanfaatkan ESP32 sebagai platform

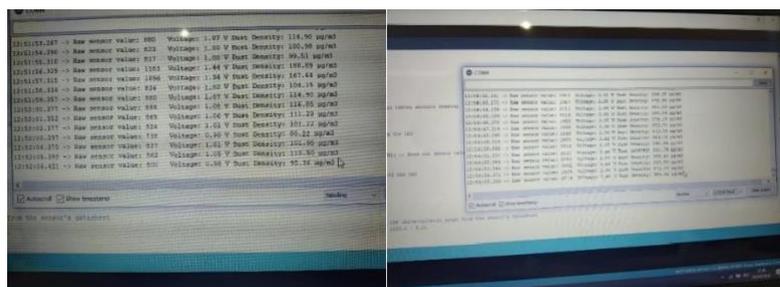
mikrokontroler, data yang diperoleh dari sensor debu akan dikumpulkan dan dianalisis untuk memastikan keakuratan dan keandalan pembacaan dalam berbagai kondisi lingkungan. Pada Gambar 16 Wiring Sensor Debu GP2Y1010AU0F adalah rangkaian yang akan digunakan pada proses pengujian.



Gambar 16 Wiring Sensor Debu GP2Y1010AU0F

No.	Pin ESP32	Sensor Debu GP2Y1010AU0F
1.	V-LED	Vin
2.	Gnd-LED	D34
3.	LED	D33
4.	S-Gnd	Gnd
5.	Vo	Gnd
6.	Vcc	Vcc

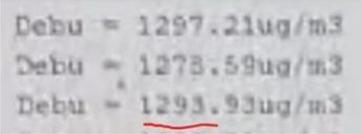
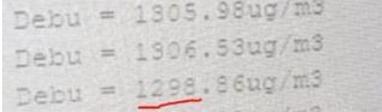
Tabel 8 Pin pada Sensor Debu GP2Y1010AU0F



Gambar 17 Hasil Pengujian Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Pada Gambar 17 Hasil pengujian sensor debu GP2Y1010AU0F diperoleh dari pembacaan nilai sensor yang ditampilkan pada serial monitor dalam aplikasi Arduino IDE. Nilai pembacaan sensor debu GP2Y1010AU0F ini ditampilkan dalam satuan mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Data yang ditampilkan pada serial monitor mencakup konsentrasi partikel debu yang terdeteksi oleh sensor, yang kemudian dapat dianalisis untuk mengevaluasi performa sensor dalam mendeteksi tingkat polusi udara di lingkungan yang diuji.

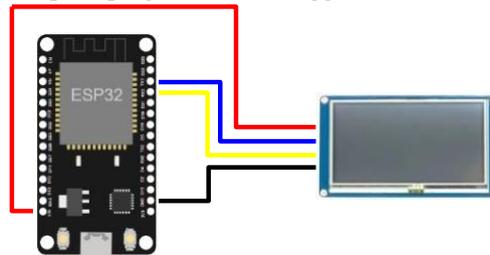
No.	Serial Monitor	Haz Dust	error
1.	<pre> Debu = 548.85ug/m3 Debu = 1295.57ug/m3 Debu = 1155.87ug/m3 Debu = 1107.66ug/m3 </pre> <p>1107.66 ug/m^3</p>	<p>1.10 mg/m^3</p>	0.02%
2.	<pre> Debu = 173.02ug/m3 Debu = 170.83ug/m3 Debu = 1277.49ug/m3 </pre> <p>1277.49 ug/m^3</p>	<p>1.27 mg/m^3</p>	0.02%
3.	<pre> Debu = 1293.38ug/m3 Debu = 1290.64ug/m3 Debu = 1296.66ug/m3 Debu = 1287.90ug/m3 </pre>	<p>1.28 mg/m^3</p>	0.02%

4.	<p>1287.90 ug/m³</p>  <p>1293.93 ug/m³</p>	<p>1.28 mg/m³</p>  <p>0.02%</p>
5.	<p>1293.93 ug/m³</p>  <p>1298.86 ug/m³</p>	<p>1.29 mg/m³</p>  <p>0.01%</p>
Rata-Rata Error		0.01%

Tabel 9 Hasil Pengujian Sensor *Debu GP2Y1010AU0F*

3.3.4 Pengujian HMI Nextion 7 Inch

Pengujian *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan ESP32 dilakukan untuk menampilkan gambar desain HMI yang telah dibuat menggunakan aplikasi Nextion. Dalam pengujian ini, ESP32 berfungsi sebagai pengendali yang mengintegrasikan dan menampilkan desain HMI tersebut pada layar Nextion. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa desain HMI yang telah dirancang dapat diimplementasikan dengan baik dan tampil sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan ketika digunakan bersama dengan ESP32. Proses ini melibatkan verifikasi fungsionalitas, responsivitas, dan keandalan antarmuka HMI dalam berbagai kondisi operasional. Pada Gambar 18 Wiring *Human Machine Interface* merupakan rangkaian yang akan digunakan pada program HMI menggunakan ES32.



Gambar 18 Wiring Human Machine Interface

No.	Pin ESP32	HMI Nextion
1.	Vin	+5V
2.	TXo	TX
3.	RXo	RX
4.	GND	GND

Tabel 10 Pin pada HMI Nextion



Gambar 19 Hasil Tampilan HMI

Pada Gambar 19 Hasil tampilan *Human Machine Interface* (HMI) merupakan representasi visual dari gambar desain yang telah dibuat menggunakan aplikasi Nextion. Tampilan ini memunculkan nilai suhu dan kelembaban secara *real-time*, sesuai dengan data yang diukur oleh sensor dan dikendalikan melalui ESP32. Desain HMI ini dirancang untuk memberikan antarmuka yang intuitif dan informatif, sehingga pengguna dapat dengan mudah memantau kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban melalui layar Nextion. Proses pengujian ini memastikan bahwa semua elemen desain HMI, termasuk grafik dan teks, berfungsi dengan baik dan memberikan informasi yang akurat kepada pengguna. Pada percobaan kali ini program ESP32 pada aplikasi Arduino IDE memerintahkan untuk mengisi angka yang pada pada tampilan HMI dan angka yang masuk sudah sesuai dengan perintah yang dibuat pada aplikasi Arduino IDE.

3.3.5 Pengujian *Fan* DC 24V



Gambar 20 Pengujian *Fan* DC 24V saat Off



Gambar 21 Pengujian *Fan* DC 24V saat On

Pada Gambar 20, kita dapat mengamati kondisi pengujian *Fan* DC 24V saat dalam keadaan off. Ini berarti bahwa selama pengujian, fan tidak diberikan tegangan sebesar 24V, sehingga *fan* berada dalam kondisi mati dan tidak beroperasi. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa fan benar-benar tidak berfungsi tanpa pasokan listrik, yang membantu dalam menentukan baseline atau kondisi awal sebelum *fan* diberi daya. Sebaliknya, pada Gambar 21, ditampilkan kondisi pengujian *Fan* DC 24V saat dalam keadaan on. Pada saat ini, fan diberikan tegangan sebesar 24V, sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditentukan. Dalam kondisi ini, fan beroperasi secara normal, berputar dan menghasilkan aliran udara sebagaimana mestinya. Pengujian dengan *fan* dalam kondisi on membantu mengevaluasi kinerja fan, termasuk kecepatan putaran, efisiensi, dan daya dorong udara yang dihasilkan. Dengan membandingkan kedua gambar ini, kita dapat memperoleh informasi yang jelas mengenai perbedaan performa *fan* ketika tidak diberi daya dan saat beroperasi dengan daya penuh. Hal ini juga memberikan wawasan penting tentang bagaimana *fan* bereaksi terhadap tegangan yang diberikan, serta memastikan bahwa *fan* berfungsi dengan baik dalam kondisi operasional yang sebenarnya.

3.3.6 Pengujian Emergency Button



Gambar 22 Kondisi saat *push button* tidak ditekan (NC)



Gambar 23 Kondisi saat *push button* ditekan (NO)

Pada Gambar 22, terlihat kondisi saat *push button* dalam posisi tidak ditekan pada bagian *Normally Closed* (NC). Dalam keadaan ini, masih terdapat nilai resistansi yang muncul, yang menunjukkan bahwa tegangan tetap dapat melewati emergency button dan sistem masih dalam keadaan aktif. Keberadaan nilai resistansi ini menandakan bahwa sirkuit masih terhubung dan memungkinkan aliran listrik untuk melewati tombol darurat, menjaga sistem dalam keadaan operasional normal. Sebaliknya, pada Gambar 23, digambarkan kondisi saat *push button* ditekan pada bagian *Normally Closed* (NC). Dalam kondisi ini, tidak ada nilai resistansi yang muncul, yang berarti sirkuit telah terputus. Fungsi ini sangat penting karena digunakan untuk memutus aliran tegangan saat terjadi keadaan darurat atau sesuatu yang tidak diinginkan. Ketika tombol ditekan, sirkuit terputus dan tegangan tidak lagi dapat melewati emergency button, sehingga sistem secara

otomatis berhenti beroperasi untuk mencegah kerusakan lebih lanjut atau memastikan keselamatan. Dengan membandingkan kedua gambar ini, kita dapat memahami cara kerja *push button* dalam keadaan NC. Ketika tidak ditekan, tombol memungkinkan aliran listrik melalui sirkuit, namun ketika ditekan, tombol memutuskan sirkuit dan menghentikan aliran listrik. Fungsi ini sangat penting dalam aplikasi keamanan dan kontrol, di mana pemutusan cepat dari aliran listrik dapat mencegah bahaya atau kerusakan pada sistem. Evaluasi ini membantu memastikan bahwa mekanisme darurat bekerja dengan baik dan dapat diandalkan dalam situasi kritis.

3.3.7 Pengujian Heater Cartridge 24VDC



Gambar 24 Heater Cartridge 24VDC sebelum diberi tegangan

Pada Gambar 24, ditampilkan kondisi Heater Cartridge 24VDC sebelum diberikan tegangan. Pada saat ini, suhu yang ditunjukkan adalah sebesar 23 derajat Celsius. Ini merupakan suhu awal atau suhu lingkungan sekitar sebelum heater diaktifkan. Pengukuran suhu awal ini penting untuk mengetahui kondisi awal heater dan memastikan bahwa pengujian atau operasional heater dimulai dari titik yang sama, yaitu pada suhu lingkungan yang normal. Dengan mengetahui suhu awal ini, kita dapat mengukur perubahan suhu yang terjadi setelah heater diberi tegangan 24VDC dan diaktifkan, serta mengevaluasi efisiensi dan kinerja heater dalam meningkatkan suhu sesuai kebutuhan atau spesifikasi yang diinginkan.



Gambar 25 Kondisi 1 Heater Cartridge 24VDC Sesudah diberi Tegangan

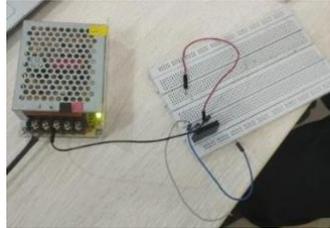
Pada Gambar 25, ditunjukkan kondisi pertama dari Heater Cartridge 24VDC setelah diberikan tegangan sebesar 24V selama durasi 15 detik. Setelah pemberian tegangan selama periode tersebut, suhu yang dihasilkan oleh heater meningkat secara signifikan, mencapai 66 derajat Celsius. Pengamatan ini memberikan informasi penting tentang respons cepat heater terhadap tegangan yang diberikan dan kemampuannya untuk mencapai suhu operasional dalam waktu yang relatif singkat. Pengukuran suhu ini juga membantu dalam mengevaluasi kinerja heater, memastikan bahwa heater mampu mencapai suhu target dengan efisiensi yang tinggi dan dalam waktu yang ditentukan. Informasi ini sangat berguna dalam aplikasi praktis di mana pemanasan cepat dan efisien diperlukan, serta dalam memastikan bahwa heater berfungsi sesuai dengan spesifikasi teknis yang diharapkan.



Gambar 26 Kondisi 2 Heater Cartridge Sesudah diberi tegangan

Pada Gambar 26, ditampilkan kondisi kedua dari Heater Cartridge 24VDC setelah diberikan tegangan sebesar 24V selama 25 detik. Dalam kondisi ini, suhu yang dihasilkan oleh heater meningkat secara substansial, mencapai 154,1 derajat Celsius. Pengamatan ini menunjukkan kemampuan heater untuk meningkatkan suhu dengan cepat dalam waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pengujian sebelumnya. Peningkatan suhu ini memberikan gambaran tentang efisiensi dan performa heater dalam mencapai suhu tinggi dalam jangka waktu singkat, yang sangat penting untuk aplikasi yang memerlukan pemanasan cepat. Data suhu ini juga berguna untuk mengevaluasi ketahanan dan kestabilan heater saat beroperasi pada suhu tinggi, memastikan bahwa heater dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi teknis dan standar keselamatan yang ditetapkan. Gambar

3.3.8 Pengujian Buzzer



Gambar 27 Pengujian *Solid State Relay*

Pada Gambar 27, ditunjukkan pengujian *Solid State Relay* (SSR). Pengujian ini memperlihatkan bagaimana SSR dapat secara efektif memutus dan menghubungkan tegangan sesuai dengan perintah yang diberikan. SSR diuji untuk memastikan kemampuannya dalam mengendalikan aliran listrik dengan cepat dan efisien berdasarkan sinyal kontrol yang diterimanya. Melalui pengujian ini, kita dapat mengevaluasi performa SSR dalam berbagai kondisi operasional, termasuk kestabilannya dalam memutus dan menghubungkan sirkuit tanpa kontak mekanis, yang merupakan keunggulan utama SSR dibandingkan relay mekanis. Hasil pengujian ini penting untuk aplikasi praktis di mana kontrol presisi dan keandalan tinggi dari aliran listrik sangat diperlukan, seperti dalam sistem otomatisasi industri dan peralatan elektronik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa komponen-komponen yang terpasang pada panel listrik berhasil menampilkan nilai yang diperlukan untuk sistem monitoring secara efektif. Komponen yang digunakan, yaitu PM2100, sensor SHT20, dan sensor debu GP2Y101AU0F, telah terbukti dapat memberikan data yang akurat dan dapat dimonitor melalui serial monitor aplikasi Arduino IDE. Sensor PM2100 berfungsi untuk memantau tegangan dan arus listrik yang digunakan oleh panel. Data yang diperoleh dari sensor ini sangat penting untuk mengetahui seberapa besar konsumsi daya dan memastikan distribusi listrik berjalan dengan efisien dan aman. Informasi ini membantu dalam mengidentifikasi beban listrik yang berlebihan dan memungkinkan tindakan preventif untuk menghindari kelebihan beban dan kerusakan pada sistem listrik. Sensor SHT20 digunakan untuk memonitor suhu dan kelembaban di sekitar panel listrik. Sensor ini sangat berguna dalam menjaga suhu dan kelembaban dalam batas aman (di bawah 33°C dan kelembaban di bawah 60%), sehingga dapat mencegah *overheating* dan menjaga kondisi lingkungan panel tetap optimal. Suhu yang terlalu tinggi atau kelembaban yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen listrik, sehingga pemantauan yang akurat sangat penting untuk mencegah masalah ini. Sensor debu GP2Y101AU0F berfungsi untuk mendeteksi keberadaan debu pada panel listrik. Deteksi dini keberadaan debu sangat penting untuk mencegah potensi gangguan dan kerusakan pada panel, yang bisa disebabkan oleh penumpukan debu yang dapat mempengaruhi kinerja dan keamanan komponen listrik. Dengan mengetahui adanya debu sejak dini, pemeliharaan rutin dapat dilakukan untuk membersihkan panel dan memastikan komponen-komponennya tetap berfungsi dengan baik. Keseluruhan sistem yang terintegrasi dengan modul komunikasi ESP32 memungkinkan data dari ketiga sensor tersebut dikirimkan dan ditampilkan pada layar HMI untuk pengawasan langsung. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya memastikan pemantauan yang efisien dan responsif terhadap kondisi panel listrik, tetapi juga memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk memantau dan mengambil tindakan preventif dari lokasi manapun. Pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi penting mengenai kondisi panel listrik dan mengambil tindakan segera jika ada masalah yang terdeteksi. Kesimpulannya, implementasi sensor PM2100, SHT20, dan GP2Y101AU0F dalam sistem monitoring panel listrik terbukti efektif dalam memberikan data real-time yang akurat dan memungkinkan pemantauan serta pengelolaan yang lebih baik terhadap kondisi dan keamanan panel listrik. Dengan hasil pengujian PM2100 dengan Perbandingan nilai tegangan yang diasilkan pada PM2100 sebesar 230,50V dan pada serial monitor sebesar 230,60V dengan rata-rata presentase error sebesar 0,035%. Lalu untuk nilai arus dengan hasil pengujian pada PM2100 sebesar 0,052A dan pada serial monitor sebesar 0,05A dengan perbandingan presentase error sebesar 0,48%. Selanjutnya pengujian sensor SHT20 untuk mengungkap suhu dan kelembaban, nilai suhu yang dihasilkan sebesar 23,55°C dan pada HTC-2 sebesar 23,9°C dengan presentase error yang dihasilkan sebesar 2,4% dan nilai kelembaban yang dihasilkan sebesar 54,39% dan pada HTC-2 sebesar 55% dengan presentase error sebesar 1,0%. Lalu pada sensor debu GP2Y101AU0F menghasilkan nilai sebesar 1107,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan dibandingkan pada alat Haz Dust sebesar 1,10 mg/m^3 dengan presentase error sebesar 0,02%. Sistem ini memberikan solusi yang komprehensif dan terintegrasi untuk memastikan bahwa panel listrik beroperasi dengan aman dan efisien, sekaligus memberikan fleksibilitas dan kemudahan akses bagi pengguna untuk memantau kondisi panel dari mana saja. Dengan adanya sistem monitoring yang canggih ini, risiko gangguan dan kerusakan pada panel listrik dapat diminimalkan, sehingga memastikan ketersediaan dan keandalan pasokan listrik yang optimal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang selalu mendoakan dan mendukung selama ini. Juga kepada Dosen pembimbing yang telah memberikan arahan serta dukungan yang tak ternilai sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terima kasih juga kepada semua teman-teman *Project Base Learning* atas doa dan dukungannya yang telah memberikan semangat dan inspirasi selama perjalanan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- As'ad, R. F., & Nugraha, A. T. (2022). Rancang Bangun Penstabil Kinerja Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah. *Journal of Computer Electronic and Telecommunication*, 3(1), 1–14. <https://doi.org/10.52435/complete.v2i1.187>
- Garci Reyes, L. (2019). Analisis kebutuhan listrik dan penambahan pembangkit listrik. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). Palembang.
- Harahap, C. R., Nasution, R. A., & Setyawan, F. X. A. (2023). Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Sumber Panel Surya. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3424>
- Kebos, C. E., Manafe, B. H. A., & Rantelobo, K. (2022). Analisis Pengukuran Performansi Jaringan 4G Lte Pada Area Lahan Kering Kepulauan (Studi Kasus Di Wilayah Amarasi, Kec. Tts, Ntt). *Jurnal Media Elektro*, XI(2), 156–165. <https://doi.org/10.35508/jme.v0i0.8208>
- Nanggala, D. P., & Ahfas, A. (2024). Sub Distribution Panel's Design Rancangan SubDistribution Panel. *Procedia of Engineering and Life Science*, 7, 355–361. <https://doi.org/10.21070/pels.v7i0.1484>