

Sistem Monitoring Dan Kontrol Daya Listrik, Suhu, Dan Kelembapan Berbasis Iot Di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Mataram

Muhammad Al Faris*¹, I Gde Putu Wirarama W.W. ²,
Agus Wahid Habiburrohman¹, Baiq Alifa Kanaya Putri¹

¹Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mataram,

²Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jl. Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: muhammadalfariss@yahoo.co.id

ABSTRAK

Latar belakang penelitian ini adalah perlunya sistem manajemen lingkungan laboratorium yang andal untuk menjaga stabilitas suhu, kelembapan, dan daya listrik guna melindungi peralatan sensitif dan validitas eksperimen di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Mataram. Tujuannya adalah merancang sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT yang terintegrasi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model ADDIE, mencakup analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan prototype menggunakan ESP32, sensor PZEM-004T, dan DHT22, implementasi, serta evaluasi. Hasil pengujian fungsionalitas selama 10 jam membuktikan sistem berhasil mengontrol suhu ruangan secara otomatis pada kisaran 26–27°C dengan akurasi tinggi. Dengan setpoint 26°C (MIN) dan 27°C (MAX), AC secara konsisten menyala (ON) saat suhu mencapai 27°C (daya rata-rata 803 Watt) dan mati (OFF) saat suhu turun ke 26°C (daya 0 Watt). Sistem yang terintegrasi penuh dengan Arduino IoT Cloud ini memungkinkan pemantauan data real-time dan kontrol perangkat secara remote via aplikasi mobile dengan waktu respons 1.1 – 1.3 detik, sekaligus berfungsi sebagai platform data logging untuk audit energi. Kesimpulannya, sistem ini terbukti efektif sebagai solusi komprehensif untuk otomasi laboratorium, pemantauan jarak jauh, dan efisiensi energi.

Keyword: IoT, Monitoring Lingkungan, Kontrol Otomatis, Arduino IoT Cloud, ESP32

1. PENDAHULUAN

Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Mataram merupakan fasilitas penunjang utama bagi kegiatan penelitian, eksperimen, dan pembelajaran yang memerlukan pengelolaan energi listrik serta kondisi lingkungan yang stabil dan terkendali. Berbagai peralatan instrumentasi yang sensitif dan bahan penelitian yang digunakan di laboratorium ini sangat rentan terhadap fluktuasi parameter lingkungan. Ketidakstabilan arus listrik dapat menyebabkan kerusakan permanen pada alat-alat berpresisi tinggi, sementara variasi suhu dan kelembapan yang tidak terkontrol dapat mempengaruhi validitas dan reliabilitas hasil eksperimen. Dalam konteks laboratorium fisika yang mengutamakan akurasi dan presisi, fluktuasi lingkungan yang tampaknya kecil sekalipun dapat berdampak signifikan terhadap hasil penelitian.

Permasalahan pengelolaan lingkungan laboratorium menjadi semakin kompleks seiring dengan meningkatnya intensitas penggunaan fasilitas laboratorium. Berdasarkan observasi awal di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Mataram, ditemukan beberapa tantangan operasional, antara lain: ketiadaan sistem pemantauan real-time terhadap parameter lingkungan, kurangnya mekanisme kontrol otomatis untuk menjaga stabilitas

kondisi laboratorium, serta keterbatasan dalam mendeteksi secara dini adanya anomali pada sistem kelistrikan. Kondisi ini berpotensi menimbulkan kerugian material akibat kerusakan peralatan, pemborosan energi listrik, dan penurunan kualitas hasil penelitian.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dalam dekade terakhir telah membuka peluang baru untuk mentransformasi sistem manajemen laboratorium konvensional menjadi sistem yang lebih cerdas, terintegrasi, dan efisien. IoT memungkinkan konvergensi antara sensor, perangkat keras, perangkat lunak, dan platform cloud untuk menciptakan solusi monitoring dan kontrol yang komprehensif. Studi oleh Smith & Brown (2022) menunjukkan bahwa implementasi IoT di lingkungan laboratorium dapat meningkatkan efisiensi operasional hingga 40% sekaligus mengurangi risiko kegagalan eksperimen akibat faktor lingkungan.

Dalam konteks yang lebih luas, penelitian oleh Rahman dkk. (2019) telah mendemonstrasikan keberhasilan implementasi sistem monitoring berbasis IoT di laboratorium kimia, dengan hasil yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam hal akurasi pemantauan suhu dan kelembapan. Sementara itu, Kumar & Kumar (2020) berhasil mengembangkan sistem monitoring lingkungan real-time yang mampu memberikan peringatan dini terhadap kondisi abnormal. Penelitian oleh Pela & Pramudita (2021) berhasil mengimplementasikan sistem monitoring daya listrik berbasis IoT menggunakan aplikasi Blynk, sedangkan Putra & Santoso (2019) mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan lingkungan berbasis IoT dengan tenaga surya. Studi terbaru oleh Safftri & Akbar (2023) juga berfokus pada monitoring akuisisi data manajemen energi listrik, suhu, dan kelembapan laboratorium berbasis IoT. Namun, sebagian besar penelitian yang ada masih terfokus pada aspek monitoring tanpa diikuti dengan mekanisme kontrol yang terintegrasi.

Aspek kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pendekatan holistik yang mengintegrasikan tiga parameter kritis secara simultan - daya listrik, suhu, dan kelembapan - dalam satu platform terpadu. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya memantau satu atau dua parameter, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk memberikan kemampuan monitoring dan kontrol yang komprehensif. Integrasi antara sensor PZEM-004T untuk monitoring daya listrik, sensor DHT22 untuk parameter lingkungan, dan aktuator relay untuk kontrol peralatan listrik, menciptakan sebuah ekosistem IoT yang lengkap untuk manajemen laboratorium. Keberhasilan desain dari sistem ini bergantung pada komponen-komponen yang digunakan dalam membangun alat untuk memantau daya listrik, suhu dan kelembapan. Dalam penelitian ini, perangkat keras yang digunakan meliputi Mikrokontroler ESP32, sensor daya listrik PZEM-004t, sensor suhu dan kelembapan DHT22, dan LCD TFT 1,8", dan catu daya.

ESP32 Dev Kit V1 adalah sebuah board pengembangan (development board) yang didukung oleh mikrokontroler Tensilica 32-bit Single-/Dual-core CPU Xtensa LX6 dengan kecepatan clock 240 Mhz. Board ini dilengkapi dengan 520 KB SRAM dan 4 MB flash memory untuk menyimpan program dan data. Board ini juga memiliki 25 digital input/output (DIO) pins, 6 analog input (ADC) pin, dan 2 analog output (DAC) pin yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti mengendalikan perangkat elektronik


atau membaca sensor. Selain itu, ESP32 Dev Kit V1 juga dilengkapi dengan 3 UARTs, 2 SPIs, dan 3 I2Cs, yang memungkinkan board ini untuk berkomunikasi dengan perangkat lain secara serial atau menggunakan protocol komunikasi seperti SPI dan I2C. Board ini juga dilengkapi dengan Wi-Fi yang mendukung standar IEEE 802.11 b/g/n/e/, sehingga board ini dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi dan berkomunikasi dengan perangkat lain melalui jaringan tersebut.





DHT22 yang memiliki kemampuan untuk mengukur suhu dan kelembapan. Sensor DHT22 adalah kombinasi sensor suhu dan kelembapan yang membaca nilai dan mengirimkannya ke ESP32 secara digital secara real time. Waktu transfer data antara suhu dan kelembapan sangat cepat, kurang dari 40 milidetik, yang memungkinkan pembacaan ditampilkan berdampingan.

Pada sensor PZEM-004T terdapat empat pin masukan yang berfungsi sebagai jalur masuk atau jalur penerima perintah yang diberikan oleh sistem yang telah diprogramkan pada modul NodeMCU ESP8266. Pada sensor ini memiliki pin VCC yang dikenal sebagai pin input arus yang masuk 3.3V – 9V DC, tetapi kebanyakan pengguna sensor ini rata – rata menggunakan arus 5V DC. Selanjutnya pada sensor ini memiliki pin GND yang berfungsi sebagai grounding. Selanjutnya ada dua pin yang berfungsi sebagai penerima dan pengirim data yang di berikan pada sistem yaitu pin RX dan TX yang berfungsi RX sebagai penerima perintah data dari NodemCU dan pin TX berfungsi sebagai jalur pengirim data yang diterima oleh se sor kemudian diumpun balikan datanya dikirim kembali ke NodeMCU, Pin RX dihubungkan ke pin D6 NodeMCU dan pin TX dihubungkan ke pin D7 NodeMCU. Sensor Pzem 004-T memiliki 4 pin output yang berfungsi sebagai pin pendeteksi penggunaan arus, tegangan, daya aktif, dan energi daya AC yang dapat digunakan dalam mengukur 0 – 100A arus, 80 – 260V tegangan, dalam penggunaan pin output ini biasanya digunakan 2 pin pertama untuk menghubungkan phasa netral AC dan 2 pin selanjutnya digunakan untuk mengkoneksikan Current Transformer (CT).

Pada modul relay terdapat 3 pin input yaitu VCC digunakan sebagai pin masukan arus sebesar 5V, GND digunakan sebagai grounding dan IN1 digunakan sebagai input data yang terhubung dengan NodeMCU. Output dari relay terdapat 3 pin yang dinamakan dengan Normally Open (NO), COM dan Normally Closed (NC). Sistem kerja dari relay ini adalah ketika pertama sekali dihidupkan maka relay aktif pada input bersifat LOW dan output bersifat NO dan apabila pada input relay bersifat HIGH dan output relay bersifat NC. Tabel 1 berikut menampilkan komponen perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Komponen yang digunakan dalam penelitian

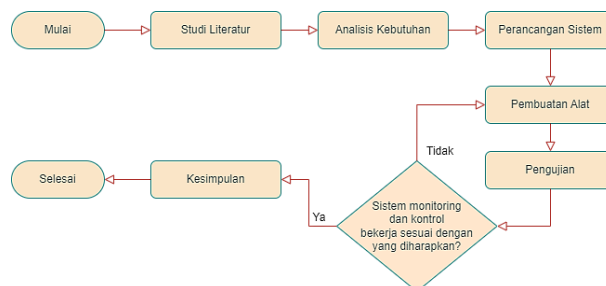
No.	Komponen	Spesifikasi	Gambar
1	Mikrokontroler	ESP32	

No.	Komponen	Spesifikasi	Gambar
2	Sensor Daya Listrik	PZEM-004T	
3	Sensor Suhu dan Kelembaban	DHT22	
4	Aktuator	Modul relay 5V 2 Ch	
5	Display	LCD TFT 1,8 in	

Dalam aspek perangkat lunak, penelitian ini mengimplementasikan Arduino IoT Cloud sebagai platform utama yang dipilih karena kompatibilitasnya yang optimal dengan mikrokontroler ESP32 dan kemudahan dalam mengonfigurasi sistem IoT secara terintegrasi. Platform ini memungkinkan perancangan alur logika program (sketch) secara visual maupun coding, pembuatan dashboard monitoring real-time, serta konfigurasi variabel untuk pertukaran data antara perangkat keras dan cloud. Seluruh data yang dikumpulkan dari sensor PZEM-004T dan DHT22 dikirimkan ke cloud untuk diproses dan divisualisasikan dalam bentuk widget yang interaktif, seperti gauge untuk suhu dan kelembapan, value display untuk daya listrik, serta toggle switch untuk control relay. Selain itu, sistem juga terintegrasi dengan aplikasi mobile Arduino IoT Remote yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna jarak jauh, memungkinkan pengelola laboratorium untuk memantau kondisi lingkungan dan mengontrol peralatan secara real-time dari mana saja selama terhubung dengan jaringan internet.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Model ini dipilih karena sistematis, iteratif, dan sesuai untuk pengembangan sistem teknologi.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Studi literatur dilakukan sebagai tahap awal untuk mengumpulkan landasan teori dan referensi yang relevan dari buku teks, jurnal ilmiah, prosiding seminar, dan publikasi terpercaya terkait perancangan sistem kontrol dan monitoring, konsep IoT, ESP32, sistem instalasi listrik, sensor DHT22, LCD TFT, serta modul PZEM-004T. Kajian terhadap penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sebagian besar sistem yang ada masih terbatas pada pemantauan satu atau dua parameter secara terpisah. Berdasarkan sintesis studi literatur tersebut, muncul peluang untuk merancang system terintegrasi yang mampu memantau dan mengendalikan daya listrik, suhu, dan kelembapan secara simultan dalam satu platform IoT untuk meningkatkan efisiensi energi, keamanan, dan kenyamanan di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Mataram.

Berdasarkan studi literatur dan observasi awal, analisis kebutuhan menghasilkan spesifikasi sistem yang terdiri dari kebutuhan fungsional dan non-fungsional. Kebutuhan fungsional meliputi kemampuan mengukur dan memantau parameter daya listrik (tegangan, arus, daya aktif, energi), suhu, dan kelembapan secara real-time; mengirim data ke platform cloud; menyediakan antarmuka monitoring berbasis grafis dan numerik; serta melakukan kontrol perangkat jarak jauh secara manual maupun otomatis. Sedangkan kebutuhan non-fungsional mencakup keandalan operasi jangka panjang, akurasi pengukuran yang memadai untuk aplikasi laboratorium, antarmuka yang intuitif, dan pertimbangan efisiensi biaya dalam pemilihan komponen.

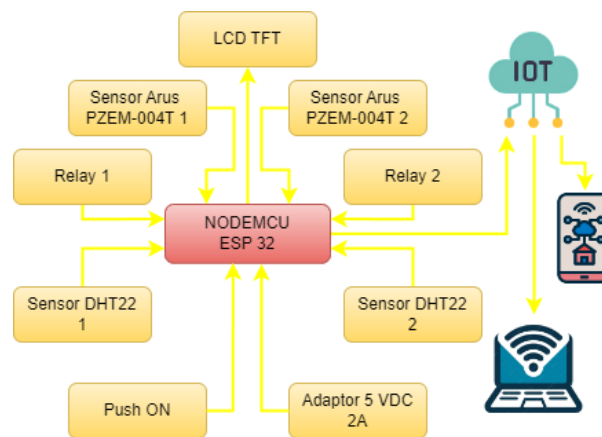
Berdasarkan analisis kebutuhan, perancangan sistem dilakukan secara komprehensif meliputi tiga aspek utama. Pertama, diagram blok sistem dirancang untuk memvisualisasikan alur kerja lengkap dari sensor, mikrokontroler, komunikasi IoT, hingga cloud dan antarmuka pengguna. Kedua, perancangan perangkat keras memilih komponen utama berupa sensor PZEM-004T untuk parameter listrik, sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan, NodeMCU ESP32 sebagai pengendali utama dengan modul Wi-Fi onboard, modul relay sebagai aktuator, dan LCD TFT sebagai display lokal dengan memperhatikan aspek keselamatan melalui fuse dan isolasi optocoupler. Ketiga, perancangan perangkat lunak mengimplementasikan Arduino IoT Cloud untuk komunikasi data dan visualisasi, dilengkapi aplikasi mobile Arduino IoT Remote untuk monitoring dan kontrol jarak jauh, dengan alur program yang mencakup inisialisasi, pembacaan sensor, pengiriman data cloud, dan eksekusi kontrol relay.

Tahap implementasi sistem meliputi realisasi perangkat keras dan perangkat lunak berdasarkan desain yang telah dibuat. Pada implementasi perangkat keras, semua komponen elektronik termasuk NodeMCU ESP32, sensor PZEM-004T, sensor DHT22, dan modul relay dirakit pada papan prototipe dengan koneksi yang disolder secara rapi untuk memastikan stabilitas, kemudian dikemas dalam enclosure yang aman untuk instalasi di laboratorium. Untuk implementasi perangkat lunak, pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IoT Cloud dengan konfigurasi koneksi Wi-Fi dan pembacaan data sensor melalui library PZEM-004T-v30 dan DHT-sensor-library, serta pembuatan dashboard interaktif berisi widget untuk monitoring daya, gauge suhu dan kelembapan, toggle switch kontrol relay, dan input setpoint suhu ruangan.

Tahap pengujian sistem dilakukan melalui tiga pendekatan utama untuk memvalidasi kinerjanya. Pertama, pengujian unit dilakukan secara terpisah pada setiap

modul, meliputi kalibrasi sensor PZEM-004T dengan multimeter dan clamp meter, verifikasi akurasi sensor DHT22 menggunakan termometer dan higrometer standar, serta uji fungsi modul relay dengan beban lampu. Kedua, pengujian integrasi system memverifikasi pengiriman data real-time ke dashboard Arduino IoT Cloud tanpa delay signifikan dan menguji fungsi kontrol relay jarak jauh melalui antarmuka dashboard. Ketiga, pengujian kinerja dan ketahanan dilakukan dengan mengoperasikan system secara terus-menerus selama 10 jam untuk mengevaluasi stabilitas dan keandalan operasional dalam jangka panjang.

Kesimpulan merupakan tahap akhir dimana peneliti menyampaikan temuan utama yang menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian. Pada penelitian ini, kesimpulan berfokus pada tiga aspek utama: pertama, keberhasilan implementasi system IoT terintegrasi; kedua, efektivitas mekanisme kontrol otomatis dalam menjaga stabilitas lingkungan laboratorium; dan ketiga, keberhasilan integrasi dengan platform cloud dan mobile application yang memberikan kemudahan monitoring dan control jarak jauh.

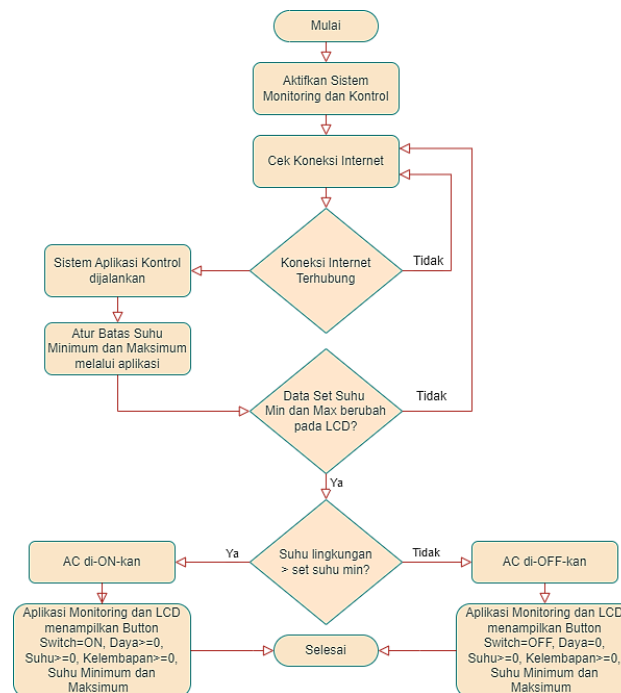


Gambar 2. Diagram blok sistem

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 2, sistem monitoring dan kontrol ini mengintegrasikan beberapa komponen fisik dan perangkat lunak dengan fungsi spesifik sebagai berikut:

1. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai unit pemroses utama yang mengendalikan seluruh operasi sistem.
2. Sensor PZEM-004T berfungsi untuk memantau parameter kelistrikan meliputi tegangan, arus, daya aktif, dan konsumsi energi
3. Sensor DHT22 digunakan untuk memonitor kondisi suhu dan kelembapan lingkungan secara real-time
4. Modul Relay berperan sebagai aktuator untuk mengontrol peralatan listrik berdasarkan perintah dari mikrokontroler
5. Platform Arduino IoT Cloud berfungsi sebagai dashboard untuk visualisasi data dan kontrol perangkat jarak jauh
6. LCD TFT menampilkan nilai-nilai parameter yang diukur secara lokal di perangkat
7. Aplikasi Mobile Arduino IoT Remote memungkinkan monitoring dan control melalui perangkat seluler

Dalam operasionalnya, sistem bekerja berdasarkan alur yang terintegrasi dimana sensor PZEM-004T dan DHT22 secara kontinu mengukur parameter lingkungan dan kelistrikan. Data dari sensor tersebut diproses oleh NodeMCU ESP32 yang kemudian mengirimkannya ke platform Arduino IoT Cloud melalui koneksi WiFi. Data yang terkirim dapat diakses secara real-time melalui dashboard web maupun aplikasi mobile, sementara LCD TFT menyediakan tampilan lokal untuk memantau kondisi terkini. Modul relay berfungsi sebagai eksekutor yang mengontrol peralatan listrik seperti AC berdasarkan setpoint yang ditentukan maupun perintah manual dari pengguna melalui antarmuka cloud.



Gambar 3. Diagram alir sistem monitoring dan kontrol

Diagram alir sistem monitoring dan kontrol menggambarkan mekanisme kerja otomatis dalam menjaga stabilitas lingkungan laboratorium. Setelah NodeMCU ESP32 diaktifkan, sistem monitoring dan kontrol akan beroperasi berdasarkan program yang telah ditanamkan. Perangkat akan secara otomatis mencari dan terhubung ke jaringan Wi-Fi terdekat yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Setelah berhasil terhubung, sistem akan terkoneksi dengan internet melalui kredensial Wi-Fi yang tersimpan dalam memori NodeMCU ESP32.

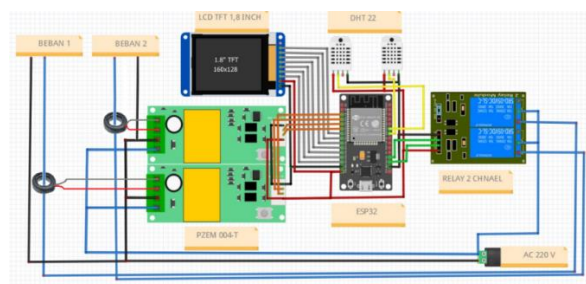
Untuk konektivitas IoT, sistem ini menggunakan platform Arduino IoT Cloud yang memungkinkan integrasi melalui aplikasi IoT Remote. Setelah terkoneksi, sistem aplikasi kontrol dijalankan dan pengguna dapat mengatur setpoint suhu minimum melalui dasbor antarmuka aplikasi. Proses kontrol otomatis bekerja dengan membandingkan suhu lingkungan terhadap setpoint yang telah ditentukan. Apabila suhu lingkungan melebihi setpoint maksimum 27°C, sistem akan mengaktifkan relay untuk menyalakan AC. Sebaliknya, ketika suhu turun mencapai setpoint minimum 26°C, sistem akan mematikan AC secara otomatis. Seluruh proses ini ditampilkan secara real-time baik melalui aplikasi monitoring maupun LCD lokal, yang menampilkan status switch

(ON/OFF), nilai daya (0 Watt saat OFF dan ≥ 0 Watt saat ON), pembacaan suhu, kelembapan, serta setpoint suhu minimum dan maksimum.

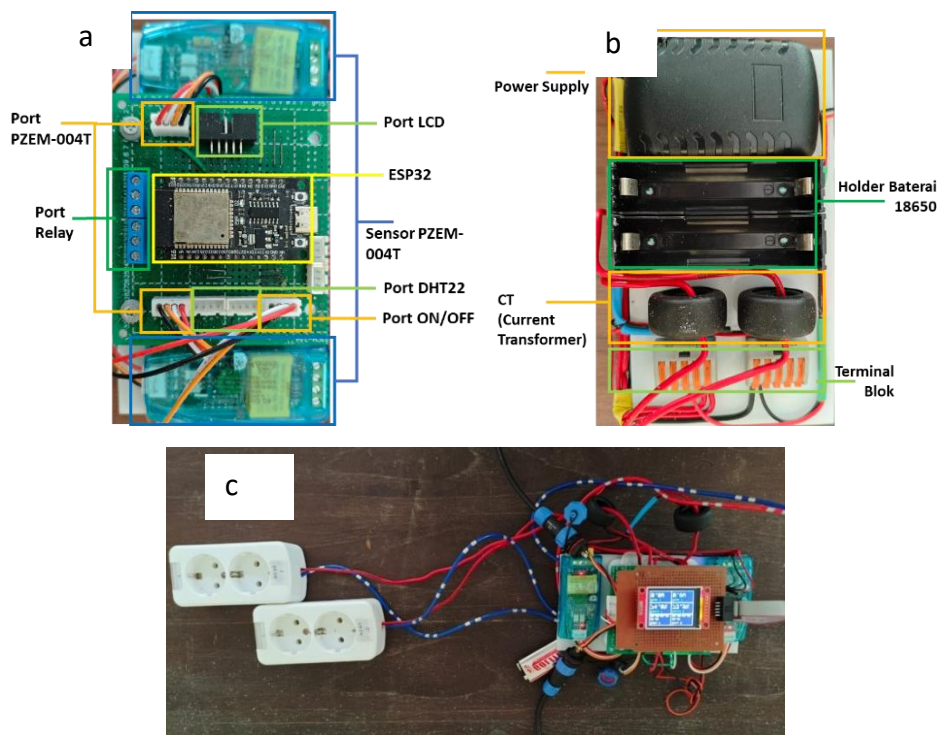
Mekanisme kontrol ini memastikan suhu ruangan tetap berada dalam rentang 26-27°C, sekaligus memonitor konsumsi daya listrik secara real-time. Integrasi antara kontrol otomatis dan monitoring multidimensi ini menjamin efisiensi energi optimal sambil mempertahankan kondisi lingkungan yang stabil untuk kegiatan laboratorium.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir perancangan sistem monitoring dan kontrol direpresentasikan dalam bentuk diagram blok pada Gambar 4. Diagram ini menggambarkan alur informasi dan interaksi antara semua komponen penyusun sistem.



Gambar 4. Skema Rangkaian Keseluruhan Alat



Gambar 5(a). Alat tampak atas, (b) Alat tampak bawah, (c) Tampilan alat secara lengkap

Skema rangkaian pada Gambar 4 menjelaskan konfigurasi elektronik system monitoring dan kontrol yang terintegrasi. Rangkaian utama terdiri dari NodeMCU ESP32 sebagai pengendali pusat yang terhubung dengan dua sensor PZEM-004T untuk monitoring parameter kelistrikan (tegangan, arus, daya aktif, dan energi) dan dua sensor DHT22 untuk akuisisi data suhu dan kelembapan lingkungan. Output control diimplementasikan melalui modul relay dual channel yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengoperasikan peralatan pendingin ruangan (AC). Seluruh system didukung oleh catu daya adaptor 5VDC/2A dengan proteksi fuse, sementara LCD TFT berperan sebagai antarmuka tampilan lokal untuk menampilkan data real-time. Desain rangkaian memperhatikan aspek keselamatan dengan implementasi isolasi optocoupler pada modul PZEM-004T dan tata letak kabel yang terorganisir.

Gambar 5 menghadirkan realisasi fisik sistem yang telah dirancang. Bagian (a) menunjukkan tampak atas yang mempresentasikan tata letak komponen tertata rapi, meliputi modul PZEM-004T, modul relay, LCD TFT, dan terminal koneksi sensor. Bagian (b) mengungkap tampak bawah yang menampilkan konfigurasi catu daya, transformator arus (current transformer), serta terminal blok untuk koneksi beban listrik. Sementara bagian (c) menampilkan perangkat secara utuh dalam enclosure tertutup yang siap diimplementasikan di lingkungan laboratorium. Pada tahap perancangan, dibuat diagram blok sistem yang menggambarkan alur kerja dari sensor, mikrokontroler, komunikasi IoT, hingga cloud dan antarmuka pengguna. Perancangan perangkat keras meliputi pemilihan komponen utama: NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor PZEM-004T untuk parameter listrik, sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan, modul relay sebagai aktuator, dan LCD TFT sebagai display lokal.

Selanjutnya hasil uji respon waktu terhadap sistem kerja monitoring dan control pada saat perintah diberikan melalui aplikasi ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Uji Coba Sistem pada Saklar Pertama dan Kedua dengan beban AC

No	Pengujian ON/OFF Aplikasi IoT Remote	Waktu Respon	
		Saklar Pertama	Saklar Kedua
1	Pengujian 1	1.2 detik	1.5 detik
2	Pengujian 2	0.9 detik	1.0 detik
3	Pengujian 3	1.3 detik	2.0 detik
4	Pengujian 4	1.0 detik	1.0 detik
5	Pengujian 5	1.1 detik	1.5 detik
6	Pengujian 6	0.8 detik	1.0 detik
7	Pengujian 7	1.2 detik	1.5 detik
8	Pengujian 8	1.0 detik	1.0 detik
9	Pengujian 9	1.4 detik	2.0 detik
10	Pengujian 10	1.0 detik	1.0 detik
	Rata-rata	1.1 detik	1.3 detik

Hasil pengujian sistem kontrol menggunakan aplikasi IoT Remote pada ponsel, untuk Saklar pertama dengan beban AC, diperoleh hasil seperti pada Tabel 2. Rata-rata waktu

respons yang diperoleh adalah 1.1 detik. Sedangkan rata-rata waktu respon untuk Saklar Kedua adalah 1.3 detik.

Pada tahap uji fungsionalitas, sistem diuji di Ruang Pengujian Lantai 1 Laboratorium Fisika Dasar FMIPA Universitas Mataram. AC dihubungkan ke Stop Kontak Saklar Kedua, sementara Stop Kontak Saklar Pertama tidak digunakan. Sensor Suhu Kedua diletakkan di dalam ruangan, sedangkan Sensor Suhu Pertama diletakkan di luar ruangan. Pengujian dilakukan selama 10 jam, dari pukul 08:00 hingga 18:00. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3. Dan Tabel 4.

Tabel 3. Tabel data hasil pengujian fungsionalitas sistem sensor pertama

No	Waktu	SAKLAR PERTAMA	SUHU PERTAMA	KELEMBAPAN PERTAMA	DAYA PERTAMA
1	2025-10-04 T10:31:43	ON	28.1	74	0
2	2025-10-04 T10:46:10	ON	28.3	73.5	0.4
3	2025-10-04 T10:57:05	ON	28.4	73.2	0
4	2025-10-04 T11:15:34	ON	28.6	72.8	0.4
5	2025-10-04 T11:27:44	ON	28.3	74.1	0.5
6	2025-10-04 T11:42:49	ON	28.3	69.8	0
7	2025-10-04 T11:55:26	ON	28.3	71.7	0.5
8	2025-10-04 T12:06:24	ON	28.1	73.2	0
9	2025-10-04 T12:21:06	ON	28.1	73.9	0
10	2025-10-04 T12:32:19	ON	28.1	73.6	0.4
11	2025-10-04 T12:49:42	ON	28.4	74.9	0
12	2025-10-04 T12:59:37	ON	28.3	72.5	0.4
13	2025-10-04 T13:18:31	ON	28.3	75.9	0.4
14	2025-10-04 T13:29:02	ON	28.3	76.1	0
15	2025-10-04 T13:46:41	ON	28.3	76.6	0.4
16	2025-10-04 T14:57:46	ON	28.2	75.5	0
17	2025-10-04 T14:12:16	ON	28.3	76	0.4
18	2025-10-04 T14:23:42	ON	28.2	74.3	0.4
19	2025-10-04 T14:37:59	ON	28.2	72	0
20	2025-10-04 T14:49:14	ON	28.3	73	0

No	Waktu	SAKLAR PERTAMA	SUHU PERTAMA	KELEMBAPAN PERTAMA	DAYA PERTAMA
21	2025-10-04 T15:03:07	ON	28.2	72.7	0.4
22	2025-10-04 T15:14:56	ON	28.1	71.8	0
23	2025-10-04 T15:27:07	ON	28.2	76.2	0.4
24	2025-10-04 T15:40:50	ON	28	75.6	0
25	2025-10-04 T15:53:18	ON	28.1	76.2	0.4
26	2025-10-04 T16:07:14	ON	28.2	77.8	0
27	2025-10-04 T16:19:30	ON	28.1	78.2	0.4
28	2025-10-04 T16:33:10	ON	28.2	72.8	0.4
29	2025-10-04 T16:44:41	ON	28	77.4	0
30	2025-10-04 T16:59:29	ON	28.2	77	0
31	2025-10-04 T17:10:33	ON	28.1	75.5	0.4
32	2025-10-04 T17:25:40	ON	27.9	76.8	0
33	2025-10-04 T17:37:24	ON	27.9	76.9	0.4
34	2025-10-04 T17:52:52	ON	27.9	77.6	0
35	2025-10-04 T18:04:33	ON	27.9	76.9	0.4

Tabel 4. Tabel data hasil pengujian fungsionalitas sistem sensor pertama

No	Waktu	SAKLAR KEDUA	SUHU KEDUA	KELEMBAPAN KEDUA	DAYA KEDUA
1	2025-10-04 T10:31:43	OFF	26	63.5	0
2	2025-10-04 T10:46:10	ON	27	68.1	780.2
3	2025-10-04 T10:57:05	OFF	26	66	0
4	2025-10-04 T11:15:34	ON	27	67	834.8
5	2025-10-04 T11:27:44	OFF	26	65	0
6	2025-10-04 T11:42:49	ON	27	66.5	808.6
7	2025-10-04 T11:55:26	OFF	26	64.3	0
8	2025-10-04 T12:06:24	ON	27	66.4	814.7
9	2025-10-04 T12:21:06	OFF	26	64.3	0

No	Waktu	SAKLAR KEDUA	SUHU KEDUA	KELEMBAPAN KEDUA	DAYA KEDUA
10	2025-10-04 T12:32:19	ON	27	66.2	829.9
11	2025-10-04 T12:49:42	OFF	26	63.6	0
12	2025-10-04 T12:59:37	ON	27	66	862.2
13	2025-10-04 T13:18:31	OFF	26	63.7	0
14	2025-10-04 T13:29:02	ON	27	65.6	853.1
15	2025-10-04 T13:46:41	OFF	26	63.3	0
16	2025-10-04 T14:57:46	ON	27	65.5	798.5
17	2025-10-04 T14:12:16	OFF	26	63.9	0
18	2025-10-04 T14:23:42	ON	27	65.7	793.4
19	2025-10-04 T14:37:59	OFF	26	63.5	0
20	2025-10-04 T14:49:14	ON	27	65.7	824.4
21	2025-10-04 T15:03:07	OFF	26	63.7	0
22	2025-10-04 T15:14:56	ON	27	65.7	788.9
23	2025-10-04 T15:27:07	OFF	26	63.6	0
24	2025-10-04 T15:40:50	ON	27	65.9	803.6
25	2025-10-04 T15:53:18	OFF	26	63.5	0
26	2025-10-04 T16:07:14	ON	27	65.8	803.6
27	2025-10-04 T16:19:30	OFF	26	63.6	0
28	2025-10-04 T16:33:10	ON	27	65.8	807.7
29	2025-10-04 T16:44:41	OFF	26	63.5	0
30	2025-10-04 T16:59:29	ON	27	65.8	782.5
31	2025-10-04 T17:10:33	OFF	26	63.6	0
32	2025-10-04 T17:25:40	ON	27	65.8	752.5
33	2025-10-04 T17:37:24	OFF	26	63.5	0
34	2025-10-04 T17:52:52	ON	27	65.8	713.2
35	2025-10-04 T18:04:33	OFF	26	63.6	0

Hasil uji fungsionalitas selama 10 jam pada ruang pengujian membuktikan keandalan sistem dalam mengimplementasikan logika kontrol otomatis. Data dari Sensor Kedua yang diletakkan di dalam ruangan menunjukkan pola kerja yang konsisten. AC (yang terhubung ke Saklar Kedua) secara otomatis menyala (ON) ketika suhu ruangan mencapai batas atas (SUHU MAX 2) yaitu 27°C dan mati (OFF) ketika suhu turun hingga batas bawah (SUHU MIN 2) yaitu 26°C. Siklus ON-OFF ini terlihat jelas pada Tabel 4, di mana status Saklar Kedua berganti secara berkaitan dengan pembacaan suhu. Pola ini juga diiringi dengan perubahan daya listrik: daya terukur sekitar 0Watt saat AC mati dan rata-rata 803Watt saat AC menyala, yang mengonfirmasi bahwa kontrol bekerja secara efektif.

Sementara itu, data dari Sensor Pertama yang diletakkan di luar ruangan mencatat suhu rata-rata 28.2°C dan kelembapan 74.7%. Saklar Pertama yang tidak terhubung ke beban AC tetap dalam status ON selama pengujian karena suhu lingkungan luar (28.2°C) masih berada di atas setpoint minimumnya (26°C). Pembacaan daya pada saluran ini yang berkisar antara 0 – 0.5Watt dengan rata-rata 0.21Watt kemungkinan disebabkan oleh konsumsi daya dari indikator LED pada stop kontak atau noise pada saat pengambilan data sensor secara real-time.

Dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun telah memenuhi criteria fungsional sebagai sistem monitoring dan kontrol yang andal. Sistem tidak hanya merespons perintah manual dengan cepat tetapi juga mampu menjaga kestabilan suhu ruangan melalui kontrol otomatis berdasarkan data sensor, yang ditunjukkan dengan siklus kerja AC yang teratur dan konsisten. Keberhasilan implementasi sistem ini menawarkan solusi untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal dalam ruangan secara otomatis dan terpantau.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT telah berhasil dirancang dan dibangun untuk memantau parameter daya listrik, suhu, dan kelembapan di laboratorium Fisika FMIPA Universitas Mataram. Sistem ini mengintegrasikan sensor PZEM-004T untuk monitoring parameter listrik dan sensor DHT22 untuk monitoring kondisi lingkungan, dengan NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali yang efektif.
2. Mekanisme kontrol otomatis telah berhasil diimplementasikan dengan kemampuan menjaga stabilitas kondisi lingkungan laboratorium berdasarkan setpoint suhu yang ditentukan. Hasil pengujian fungsionalitas menunjukkan sistem dapat mempertahankan suhu ruangan pada rentang 26-27°C melalui siklus ON-OFF AC yang terkontrol dengan baik, dibuktikan dengan pola kerja yang konsisten dan konsumsi daya rata-rata 803Watt saat AC aktif.
3. Integrasi sistem IoT dengan aplikasi mobile Arduino IoT Cloud Remote telah terbukti efektif dalam memudahkan proses monitoring dan kontrol parameter lingkungan laboratorium. Aplikasi mobile menyediakan antarmuka terpusat yang intuitif untuk memantau data real-time dan melakukan kontrol peralatan dari jarak

jauh dengan waktu respons yang cepat antara 1.1-1.3 detik, meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan laboratorium secara signifikan.

Berdasarkan pengalaman selama proses penelitian dan pengujian, berikut beberapa saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut:

1. Untuk mengatasi fluktuasi waktu respons yang dipengaruhi jaringan, disarankan untuk mengintegrasikan modul penyimpanan data (data logger) lokal. Fitur ini akan menyimpan data sementara jika koneksi internet terputus dan mengirimkannya (sync) ketika koneksi pulih, sehingga tidak ada data yang hilang.
2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan lebih banyak sensor, seperti sensor kualitas udara (CO₂, debu), sensor gerak untuk deteksi keberadaan orang, atau sensor kebocoran air. Selain itu, dapat ditambahkan modul relay dengan saluran lebih banyak untuk mengontrol lebih dari dua peralatan listrik secara independen.
3. Pengembangan pada sisi aplikasi sangat mungkin dilakukan, seperti menambahkan fitur notifikasi (push notification) ketika suhu atau daya melebihi batas tertentu, serta fitur pembuatan laporan harian/bulanan konsumsi energi dalam bentuk grafik yang lebih analitis untuk evaluasi efisiensi energi di laboratorium.
4. Untuk membuat sistem lebih hemat energi dan mandiri, saran untuk penelitian mendatang adalah mengeksplorasi penggunaan catu daya tenaga surya dengan baterai untuk menjalankan seluruh unit sistem monitoring dan control ini.

Kesimpulan harus mengindikasikan secara jelas hasil-hasil yang diperoleh, kelebihan dan kekurangannya, serta kemungkinan pengembangan selanjutnya. Kesimpulan dapat berupa paragraf, namun sebaiknya berbentuk point-point dengan menggunakan numbering atau bullet.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang tulus kepada Rektor Universitas Mataram beserta Kepala LPPM Universitas Mataram yang telah memberikan dukungan pendanaan penelitian melalui skema Penelitian Tenaga Teknisi Fungsional. Dukungan pendanaan ini tidak hanya memfasilitasi terlaksananya penelitian secara optimal, tetapi juga menjadi bentuk apresiasi terhadap pengembangan karir fungsional penulis sebagai Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP). Kontribusi tersebut telah mendorong terwujudnya inovasi sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT yang mendukung peningkatan kualitas layanan laboratorium serta efisiensi energi di lingkungan FMIPA Universitas Mataram.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashton, K. (2021). *The Internet of Things: Making the Connection*. HarperCollins.
- [2] Biasrori, R., Arimbawa, I. W. A., & Wedashwara W., I. W. (2019). Sistem Pendukung Keputusan Konsumsi Listrik Dengan Implementasi Iot Dan Fuzzy Rule Mining. *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, 2(1), 60. doi: 10.36595/jire.v2i1.91.
- [3] Borg, W. R., & Gall, M. D. (1989). *Educational Research: An Introduction* (5th ed.). Longman.

- [4] Husnul, M., et al. (2022). Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban Ruang Green house Menggunakan Sensor DHT 22. *Jurnal Agritechno*, 15(2), 160-165.
- [5] Ihza, M. Y., Rohman, M. G., & Bettaliyah, A. A. (2022). Perancangan Sistem Controller Lighting and Air Conditioner Di Unisla Dengan Konsep Internet of Things (Iot) Berbasis Web. *Gener. J.*, 6(1), 37-44. doi: 10.29407/gj.v6i1.16295.
- [6] Jones, R., Miller, D., & Thompson, P. (2023). Impact of Environmental Fluctuations on Material Testing. *International Journal of Materials Science*, 19(2), 85-98.
- [7] Kumar, D., & Kumar, P. (2020). Design and Implementation of IoT-Based Real-Time Environmental Monitoring System. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(6), 2311-2324.
- [8] Octavian, B. Y., Manembu, P. D. K., Robot, R. F., Elektro, T., & Sam, U. (2020). Sistem Monitoring Intensitas Cahaya dan Kecepatan Angin Berbasis Web di Kawasan Relokasi Pandu. *J. Tek. Elektro dan Komput.*, 9(1), 21-30. doi: 10.35793/jtek.9.1.2020.28571.
- [9] Pela, M. F., & Pramudita, R. (2021). Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things Pada Rumah Dengan Menggunakan Aplikasi Blynk. *Infotech J. Technol. Inf.*, 7(1), 47-54. doi: 10.37365/jti.v7i1.106.
- [10] Putra, A. P., & Santoso, D. (2019). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Lingkungan Berbasis IoT dan Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 7(1), 33-42.
- [11] Rahman, A., Amin, M., & Hussain, A. (2019). IoT Based Smart Laboratory Monitoring System Using NodeMCU. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(6), 175-180.
- [12] Rangan, A. Y., Yusnita, A., & Awaludin, M. (2020). Sistem Monitoring berbasis Internet of Things pada Suhu dan Kelembaban Udara di Laboratorium Kimia XYZ. *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 4 (2), 168-183.
- [13] Safitri, R. D., & Akbar, J. (2023). Monitoring Akusisi Data Manajemen Energi Listrik, Suhu dan Kelembaban Laboratorium Berbasis Internet of Things (IoT). *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8 (1), 267-275.
- [14] Smith, J., & Brown, L. (2022). Advancements in IoT for Smart Laboratories. *Journal of IoT Applications*, 15(4), 123-134.
- [15] Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta.
- [16] Fenny, V., & Abdul, R., Sarjana. (2020). Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ruang Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 9(2), 117-126..