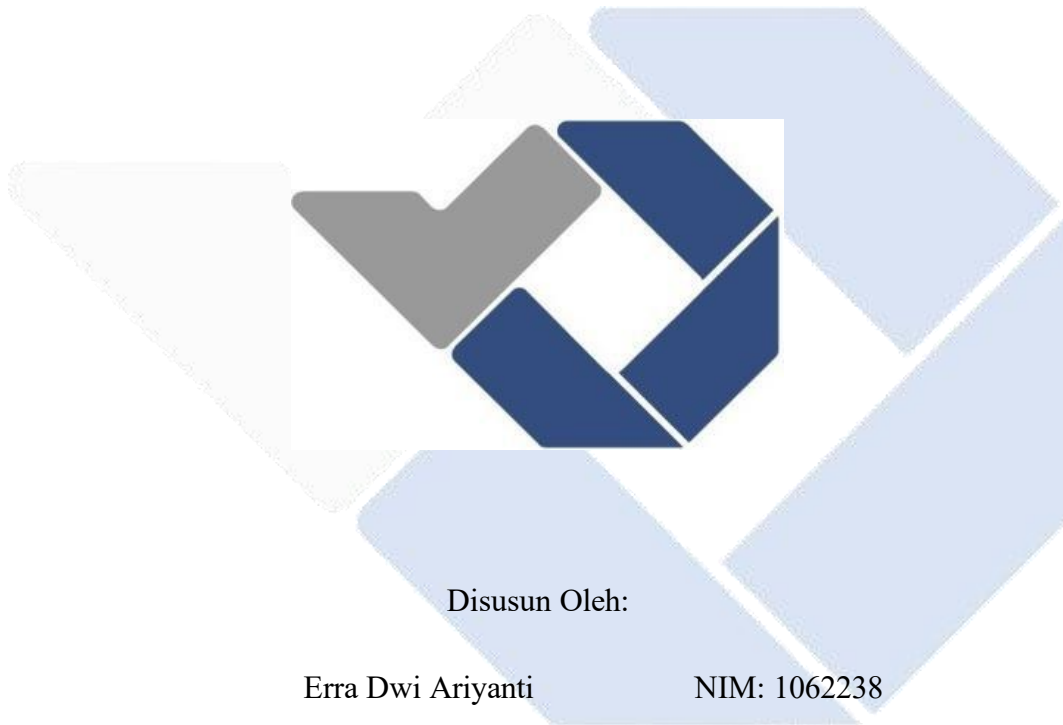


SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK RUMAH TANGGA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM PENGENDALI/IoT

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

Erra Dwi Ariyanti

NIM: 1062238

Raju Kusuma

NIM: 1052253

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK
RUMAH TANGGA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
PENGENDALI/IoT**

Oleh:

Erra Dwi Ariyanti

NIM : 1062238

Raju Kusuma

NIM: 1052253

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Aan Febriansyah, M.T.

NIP. 197702092092012121002

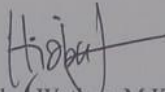


Tri Agusti Farma, S.Pd., M.Kom.

NIP. 199707032024062001

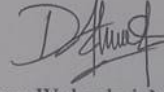
Penguji 1

Penguji 2



M. Hizbul Wathan, M.Kom.

NIP. 198904182024061001



Daya Wulandari, M.Tr.T.

NIP. 199605232025062008

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa	: Erra Dwi Ariyanti	NIM : 1062238
	Raju Kusuma	NIM: 1052253

Dengan Judul : SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA UNTUK RUMAH TANGGA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM PENGENDALI/IoT

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 16 Juli 2025 2025

Nama Mahasiswa

1. Erra Dwi Ariyanti
2. Raju Kusuma

Tanda Tangan

..........
........

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat serta ketergantungan pada sumber energi fosil yang tidak ramah lingkungan mendorong pengembangan energi alternatif yang berkelanjutan, salah satunya adalah energi surya. Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk rumah tangga yang dilengkapi dengan sistem pengendali berbasis Internet of Things (IoT), guna meningkatkan efisiensi dan kemudahan pemantauan penggunaan energi. Metode penelitian yang digunakan meliputi perancangan sistem PLTS skala rumah tangga, integrasi sensor untuk pemantauan parameter listrik dan kondisi lingkungan, serta pengembangan aplikasi IoT untuk pengendalian dan monitoring secara real-time. Data dikumpulkan melalui pengujian sistem dalam skala simulasi rumah tangga dengan variasi beban dan kondisi cuaca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghasilkan listrik secara stabil, memberikan informasi konsumsi energi secara akurat, serta memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem dari jarak jauh, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan kesadaran pengguna terhadap konsumsi listrik.

Kata kunci: Energi matahari, PLTS, IoT, sistem pengendali, efisiensi energi.

ABSTRACT

The ever-increasing need for electrical energy and dependence on environmentally unfriendly fossil fuels have encouraged the development of sustainable alternative energy sources, one of which is solar energy. This research was conducted to design and implement a Solar Power Generation System (PLTS) for households equipped with an Internet of Things (IoT)-based control system, in order to increase efficiency and ease of monitoring energy usage. The research methods used include designing a household-scale PLTS system, integrating sensors for monitoring electrical parameters and environmental conditions, and developing an IoT application for real-time control and monitoring. Data were collected through system testing on a household-scale simulation with varying loads and weather conditions. The results of the study show that this system is able to generate electricity stably, provide accurate energy consumption information, and allow users to monitor and control the system remotely, thereby increasing energy efficiency and user awareness of electricity consumption.

Keywords: Solar energy, PLTS, IoT, control system, energy efficiency.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT penulis panjatkan karena berkat rahmat, nikmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan dan menyusun laporan proyek akhir yang berjudul “Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Rumah Tangga Dengan Menggunakan Sistem Pengendali/IoT”. Laporan proyek akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan D-IV program studi Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dalam pembuatan proyek akhir ini penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing serta berdoa sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini. Dengan itu perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran serta hidayahnya.
2. Kedua Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang serta doa yang tiada hentinya kepada penulis.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Aan Febriansyah, M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Ibu Tri Agusti Farma, S.Pd., M.Kom selaku Dosen Pembimbing 2 Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Ibu Yang Agita Rindri, S.kom, M.Eng selaku Ka. Jurusan Informatika Dan Bisnis Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

7. Dosen serta staf pengajar Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mengajar, mendidik dan memberikan saya ilmu selama berkuliah di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

8. Teman-teman seperjuangan yaitu seluruh Mahasiswa Jurusan Informatika Dan Bisnis angkatan 29 Polmanbabel.

Dalam penyusunan laporan proyek akhir ini, penulis menyadari bahwa terdapat banyak sekali kekurangan serta kesalahan, keterbatasan, kemampuan, dan juga pemahaman yang kurang maka penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Penulis sangat antusias dan terima baik atas kritik dan saran apabila terdapat kesalahan penulisan pada laporan proyek akhir. Hal ini demi perbaikan yang bersifat membangun serta memberikan pemahaman lebih yang penulis belum begitu mengerti dan paham. Demikian laporan yang penulis buat, penulis mengucapkan terima kasih dan berharap semoga dengan adanya proyek akhir yang penulis buat dapat menambah wawasan untuk kita semua dan teruntuk para pembaca.

Sungailiat, 16 Juli 2025

Penulis

1. Erra Dwi Ariyanti
2. Raju Kusuma

Tanda Tangan

.....
.....

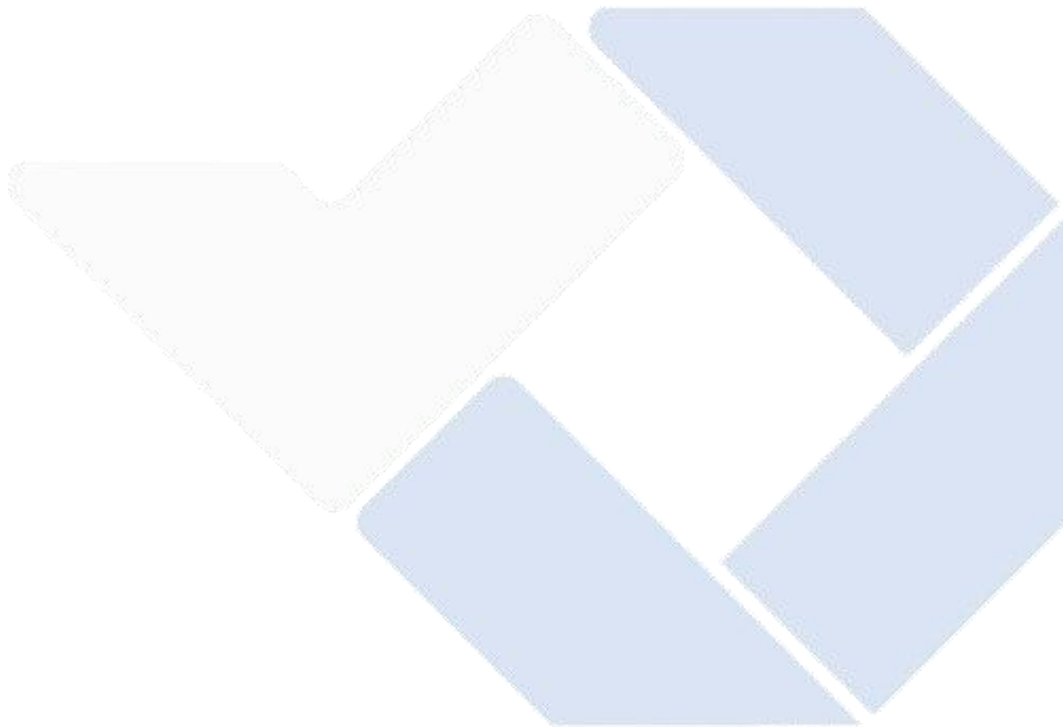
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
BAB II.....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Sistem	9
2.3 Sistem Pengendali PLTS	10
2.4 Rumah Tangga	11
2.5 Sistem Pengendali IoT.....	12
2.6 Internet of Things (IoT).....	13
2.7 Metode Pengembangan Sistem	14
BAB III.....	17
METODE PELAKSANAAN	17
3.1 Metode Pengumpulan Data	17
3.2 Analisis Kebutuhan Sistem	18
3.3 Tahap Pelaksanaan.....	19
3.3.1 Use Case Diagram	19

3.3.2	<i>Activity Diagram</i>	20
3.3.3	<i>ERD (Entity Relationship Diagram)</i>	22
3.3.4	<i>Diagram Blok</i>	23
3.4	Perencanaan Sistem	23
3.5	Pengkodean.....	26
3.6	Pengujian Sistem	27
3.7	Laporan.....	27
BAB IV		28
PEMBAHASAN		28
4.1	Deskripsi Alat	28
4.2	Proses Pengerjaan.....	41
4.2.1	Perancangan Sistem.....	41
4.2.2	Persiapan dan Pemilihan Komponen.....	41
4.2.3	Perakitan Sistem Listrik (PLTS)	42
4.2.4	Perakitan Sistem IoT	42
4.2.5	Pemrograman Mikrokontroler	42
4.2.6	Integrasi Sistem PLTS dan IoT.....	43
4.2.7	Pengujian Awal dan Penyempurnaan.....	43
4.3	Pengujian Alat	43
4.3.1	Tabel Pengujian Tegangan Dan Arus Beban	44
4.3.2	Tabel Pengujian PLTS.....	44
4.3.3	Pengujian 3 Komponen	45
4.3.4	Tabel Pengujian 3 Komponen	47
4.3.5	Tabel Perbedaan Arus PLN dan Arus PLTS	48
BAB V.....		51
KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	52
LAMPIRAN		56
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		57
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		58

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 1 Tabel Pengujian Tegangan Dan Arus Beban	44
Tabel 4.1 2 Tabel Pengujian PLTS	44
Tabel 4.1 3 Tabel Pengujian 3 Komponen.....	47
Tabel 4.1 4 Tabel Perbedaan Arus PLN dan Arus PLTS	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 1 Use Case Diagram	19
Gambar 3.1 2 Activity Diagram Admin.....	20
Gambar 3.1 3 Activity Diagram Pengguna.....	21
Gambar 3.1 4 ERD (Entity Relationship Diagram).....	22
Gambar 3.1 5 Diagram Blok	23
Gambar 4.1 1 Panel Surya.....	28
Gambar 4.1 2 Power Inverter	28
Gambar 4.1 3 Solar Charge Controller.....	29
Gambar 4.1 4 Kabel 1,5 NYAF.....	29
Gambar 4.1 5 Microcontroller (ESP32).....	30
Gambar 4.1 6 Relay 5v 4 Channel.....	30
Gambar 4.1 7 LCD 20x4	31
Gambar 4.1 8 Kabel Jumper.....	31
Gambar 4.1 9 Power Suplay.....	32
Gambar 4.1 10 Adaptor 12v 1A	32
Gambar 4.1 11 Node Mcu ESP8266.....	33
Gambar 4.1 12 Step Down 8A	33
Gambar 4.1 13 Baterai	34
Gambar 4.1 14 Sensor Watt Volt Current PZEM-004T	35
Gambar 4.1 15 MSB 1 Fasa	35
Gambar 4.1 16 Steker.....	36
Gambar 4.1 17 Box Kotak.....	36
Gambar 4.1 18 Terminal Block	37
Gambar 4.1 19 Kabel Tis.....	37
Gambar 4.1 20 Stop Kontak.....	38
Gambar 4.1 21 Saklar.....	38
Gambar 4.1 22 Fittings.....	39
Gambar 4.1 23 Lampu 5 Watt	39
Gambar 4.1 24 Sekrup.....	40
Gambar 4.1 25 Spceer Besi Kuningan M3 Hex Scraw.....	40
Gambar 4.1 26 Kabel Duct.....	41
Gambar 4.1 27 Perakitan Sistem Listrik (PLTS).....	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi modern sangat bergantung pada kemajuan teknologi di bidang energi dan sistem kendali. Untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga, berbagai inovasi telah dilakukan dalam sistem pembangkit listrik. Salah satu inovasi tersebut adalah menggunakan energi matahari sebagai sumber utama, yang memungkinkan pengendalian dan pemantauan penggunaan energi secara real-time. Tujuan utama pengembangan sistem ini adalah untuk menyediakan solusi energi yang hemat biaya, ramah lingkungan, dan mudah dikendalikan yang mampu mendukung gaya hidup modern yang mengutamakan otomatisasi dan efisiensi (A. Manan, 2023) .

Teknologi sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menggunakan energi matahari sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Internet of Things (IoT) dalam sistem PLTS menjadi semakin penting seiring perkembangan teknologi informasi dan komunikasi. Teknologi Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan perangkat elektronik terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet. Salah satu website Internet of Things (IoT) adalah sistem pengendali dan pemantauan PLTS, yang dirancang untuk secara otomatis melacak kinerja panel surya, baterai, dan konsumsi listrik secara real-time. Tujuan integrasi ini adalah untuk meningkatkan efisiensi energi dan memberi pengguna rumah tangga cara yang cerdas dan berkelanjutan untuk mengelola penggunaan listrik mereka (S. P. Mursid, 2024).

Penelitian sebelumnya berjudul *“IoT Implementation for Monitoring and Controlling Solar Power Plant System”* bertujuan untuk mengembangkan sistem IoT untuk memonitor dan mengendalikan kinerja pembangkit Listrik tenaga surya secara real-time. Metode yang digunakan adalah *waterfall*, mulai dari analisis literatur, desain sistem, implementasi sensor dan modul komunikasi (ESP8266), hingga pengujian pada beban nyata. Sistem ini mampu memantau tegangan, arus,

daya, frekuensi, dan frekuensi sesuai kondisi daya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengguna dapat secara remote melihat data dan menyalakan/mematikan beban, sehingga meningkatkan efisiensi waktu dan manajemen beban (R. A. Mouha, 2021).

Penelitian sebelumnya berjudul "*IoT based smart solar PV monitoring system*" bertujuan menghadirkan sistem monitoring PLTS berbasis IoT yang hemat biaya namun tetap andal dan mampu memantau kondisi operasional panel secara terus menerus. Metode yang di pakai adalah desain prototipe menggunakan NodeMCU/ESP8266, yang mengirim data ke server untuk menganalisis secara real-time. Hasilnya menunjukkan sistem ini mampu memonitor parameter penting seperti tegangan, arus, dan efisiensi panel, sekaligus mengurangi kebutuhan intervensi manusia. Kesimpulannya adalah, Solusi ini layak diterapkan di rumah tangga untuk meningkatkan efisiensi pemeliharaan PLTS (A. Junaidi, 2015).

Penelitian lainnya yaitu penelitian mengenai metode Waterfall dalam pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga surya rumah tangga berbasis Internet of Things (IoT). Metode *Waterfall* digunakan karena prosesnya sistematis dan terstruktur, dimulai dari tahap analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Tahapan analisis dilakukan untuk menentukan kebutuhan sensor, mikrokontroler, dan platform monitoring dalam penelitian ini. Mengembangkan rangkaian PLTS dan sistem kontrol berbasis Internet of Things adalah bagian dari tahap desain. Sementara itu, merakit komponen dan mengembangkan sistem pemantauan berbasis web adalah bagian dari tahap implementasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Waterfall membantu proses pengembangan sistem secara bertahap dan terorganisir. Metode ini juga menghasilkan sistem yang efektif untuk memantau dan mengendalikan kinerja PLTS secara real-time (T. D. L. d. Krismadinata, 2023).

Sistem pengendali berbasis Internet of Things, juga dikenal sebagai "Internet of Things", adalah jenis teknologi cerdas yang memungkinkan perangkat terhubung satu sama lain dan berbicara satu sama lain secara otomatis melalui jaringan

internet. IoT mengumpulkan data dari berbagai sensor, seperti tegangan, arus, dan kapasitas baterai, untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya rumah tangga. Kemudian data ini dikirim ke server untuk dievaluasi. Melalui kerangka kerja monitoring real-time, analisis data ini dapat dilakukan secara berkelanjutan untuk meningkatkan responsivitas dan efisiensi sistem. Pengendalian dua arah, atau bidirectional control, adalah metode yang telah banyak digunakan. Ini memungkinkan sistem memantau dan mengatur aliran daya dan status perangkat secara otomatis sesuai kebutuhan pengguna dan kondisi lingkungan (T. H. d. D. Firmansyah, 2019).

Kehidupan rumah tangga modern sangat membutuhkan energi listrik. Biaya listrik konvensional cenderung terus meningkat, dan tidak semua wilayah memiliki pasokan listrik yang stabil. Sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk rumah tangga (PLTS) adalah salah satu solusi yang banyak dikembangkan. Sumber daya utama sistem ini adalah energi matahari. Namun, pengguna rumah tangga sering mengalami kesulitan melacak dan mengatur kinerja sistem secara optimal ketika menggunakannya. Oleh karena itu, sistem pengendali berbasis Internet of Things (IoT) diperlukan. Sistem ini harus memungkinkan pengguna untuk memantau penggunaan daya, status baterai, dan efisiensi panel surya secara otomatis dan secara real-time (N. Hidayati, 2019).

Berdasarkan permasalahan di atas, dengan menerapkan teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem pembangkit listrik tenaga surya di lingkungan rumah tangga, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam pengelolaan energi secara otomatis. Hasil penerapan sistem berbasis IoT ini berupa alat yang mampu memantau kondisi panel surya, baterai, dan konsumsi daya listrik secara real-time, sehingga pengguna dapat mengoptimalkan penggunaan energi secara efektif dan efisien. Sistem ini juga memberikan informasi terkait performa pembangkit serta peringatan dini jika terjadi gangguan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah. Dalam penelitian ini akan difokuskan pada tiga perumusan masalah diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang optimal dan efisien sesuai dengan kebutuhan pengguna?
2. Bagaimana menganalisis komponen utama dalam perancangan sistem PLTS agar dapat berfungsi secara maksimal?
3. Bagaimana penerapan IoT dalam pengelolaan dan pemantauan sistem PLTS agar lebih efisien?

1.3 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah dan batasan masalah yang disampaikan, maka yang akan menjadi tujuan penulis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang optimal dan efisien sesuai dengan kebutuhan pengguna.
2. Menganalisis komponen utama PLTS seperti panel surya, inverter, dan baterai, serta menentukan spesifikasi yang tepat untuk meningkatkan kinerja sistem.
3. Mengkaji penerapan IoT dalam pengelolaann dan pemantauan sistem PLTS agar lebih efisien dan mudah dikontrol secara real-time.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian Penelitian terdahulu berfokus pada penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan terhadap judul penelitian penulis. Hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat diidentifikasi pada Tabel berikut:

No	Judul	Hasil
1.	Sistem informasi berbasis web dengan sistem PLTS untuk rumah tangga dengan menggunakan sistem pengendali/IoT	Penelitian ini mengembangkan Sistem monitoring berbasis website dengan menggunakan sistem pengendali/IoT. Sistem ini dirancang menggunakan metode <i>waterfall</i> . Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mempermudah memantau sistem secara Real-Time. Kesimpulannya, sistem ini menjadi Solusi utama yang efektif dalam penggunaan di rumah tangga.
2.	Sistem berbasis website dengan menggunakan <i>framework Laravel</i>	Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring berbasis website untuk rumah tangga. Sistem ini dirancang menggunakan metode <i>waterfall</i> . <i>framework Laravel</i> digunakan untuk merancang dan membangun sebuah sistem website yang efektif dan efisien. Pada tahap analisis, dilakukan sesuai dengan kebutuhan sistem, setelah itu dilakukan pemeliharaan sistem

berdasarkan umpan balik pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Laravel* memberikan struktur pengembangan yang rapi, aman, dan mudah dipelihara, sedangkan metode *Waterfall* efektif dalam mengarahkan proses pengembangan secara sistematis dan berurutan, sehingga menghasilkan sistem yang berjalan dengan baik dan sesuai kebutuhan pengguna.

3.

Perancangan
Sistem
Pemantauan
Kinerja
Pembangkit
Listrik Tenaga
Surya Dari Jarak
Jauh berbasis
IoT

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Pemantauan Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dari Jarak Jauh berbasis IoT guna memantau data tegangan, arus, dan daya secara real-time melalui website. Metode yang digunakan adalah metode *Waterfall* yang terdiri dari lima tahapan, yaitu analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi spesifikasi perangkat keras dan lunak, perancangan sistem monitoring, implementasi prototipe menggunakan mikrokontroler seperti ESP32, pengujian terhadap akurasi dan konektivitas data, serta pemeliharaan sistem. Hasil dari

penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu menampilkan data kinerja PLTS secara akurat dan dapat diakses dari jarak jauh, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan dan perawatan sistem secara efisien, serta mendukung optimalisasi pemanfaatan energi surya secara berkelanjutan.

4.

Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things (IoT)	Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat memantau kinerja sistem secara real-time dari jarak jauh, sehingga meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam pemeliharaan. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode <i>Waterfall</i>, yang terdiri dari tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, pengujian, serta pemeliharaan. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT ini mampu menampilkan data tegangan, arus, daya, serta status komponen secara akurat melalui
---	---

antarmuka web, dan dapat memberikan peringatan dini jika terjadi kesalahan sehingga mendukung pengelolaan energi surya yang lebih efektif dan efisien.

5.

Perancangan Alat Monitoring Kinerja PLTS Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP32	Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan NodeMCU ESP32, agar pengguna dapat memantau data tegangan, arus, dan daya listrik secara real-time dari jarak jauh melalui perangkat digital. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode <i>Waterfall</i> , yang terdiri dari tahapan analisis kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras dan lunak, implementasi alat, pengujian, hingga pemeliharaan. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dibangun mampu mengirimkan data sensor ke server secara stabil dan akurat, serta dapat diakses melalui antarmuka website. sehingga meningkatkan efisiensi pemantauan dan pemeliharaan sistem PLTS.
---	---

Berdasarkan hasil kesimpulan dari penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem informasi berbasis web dengan sistem PLTS untuk rumah tangga dengan menggunakan sistem pengendali/IoT telah terbukti meningkatkan efisiensi akan energi alternatif yang ramah lingkungan dan hemat biaya, khususnya untuk sektor rumah tangga. Salah satu solusi yang banyak dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber daya utama.

Sejalan dengan latar belakang penelitian ini, sistem informasi berbasis web untuk rumah tangga dengan menggunakan sistem pengendali/IoT dirancang untuk membantu pemantauan kinerja sistem secara lokal. Meskipun sistem ini belum mendukung pemantauan jarak jauh atau real-time, pengguna tetap dapat mengecek kondisi sistem secara manual di lokasi untuk memastikan apakah sistem berfungsi dengan baik atau mengalami kendala. Demikian, sistem ini tetap memberikan kemudahan dalam mengetahui performa sistem dan mendukung proses evaluasi serta perawatan secara langsung di tempat.

2.2 Sistem

Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk rumah tangga dengan integrasi Internet of Things (IoT) merupakan solusi cerdas dalam menghadirkan energi ramah lingkungan dan efisien. Sistem ini memanfaatkan panel surya untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari rumah tangga. Keunggulan dari sistem ini adalah kemampuannya untuk memantau dan mengendalikan kinerja pembangkit listrik secara otomatis dan real-time melalui koneksi internet, memungkinkan pengguna untuk mengetahui status energi, beban, dan efisiensi sistem dari jarak jauh (Apriani et al., 2023)

Dalam implementasinya, sistem ini melibatkan beberapa komponen utama seperti panel surya, mikrokontroler (misalnya Arduino atau ESP32), sensor (tegangan, arus, suhu), dan modul komunikasi (Wi-Fi atau GSM). Data yang dikumpulkan dari sensor dikirimkan ke website pemantauan berbasis cloud, di

mana pengguna dapat melihat performa sistem secara langsung. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga memberikan keamanan dan kenyamanan karena pengguna dapat segera mengetahui apabila terjadi gangguan atau penurunan performa sistem (Ilham & Fithry, 2024).

2.3 Sistem Pengendali PLTS

Sistem pengendali Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu mekanisme yang bertanggung jawab untuk mengatur, memantau, dan mengoptimalkan kinerja sistem surya, memungkinkannya berfungsi secara efisien dan aman. Sistem ini mencakup berbagai perangkat elektronik dan perangkat lunak yang bekerja dengan mengelola kinerja yang dihasilkan oleh kolektor surya yang melindungi komponen dari kondisi yang berpotensi tegangan berlebih, overflow, fluktuasi daya yang tidak stabil (Asma Ainuddin & Salama Manjang, 2017).

Komponen utama dari sistem pengendali PLTS termasuk charge controller, inverter, sistem pemantauan berbasis sensor serta perangkat lunak, charge controller bertanggung jawab untuk menyesuaikan baterai agar tidak kelebihan beban memperpanjang masa pakai baterai. Sementara itu, inverter bertindak untuk mengubah arus searah (DC) yang diproduksi oleh panel surya dengan listrik bergantian (AC) yang dapat digunakan dalam peralatan listrik rumah tangga atau industri. Sistem pengawasan juga memainkan peran penting dalam mendeteksi kinerja dan potensi kegagalan yang dapat mengurangi efisiensi system (Levin Halim & Oetomo Sudjana, 2020).

Sistem kontrol PLTS cerdas memberikan penggunaan energi matahari secara optimal, memungkinkannya untuk diintegrasikan ke dalam jaringan listrik utama (on-grid). Selain itu, sistem ini memungkinkan manajemen energi yang lebih baik. Produksi beban lama dan penyimpanan listrik dengan distribusi listrik yang tinggi. Teknologi untuk sistem kontrol PLTS terus dikembangkan, termasuk Internet of Things (IoT), meningkatkan efisiensi dan

otomatisasi saat menggunakan energi surya (Rahmawati Mayangsari & Muldi Yuhendri, 2023).

Di masa depan, pengembangan sistem kontrol PLTS akan terus dikaitkan dengan otomatisasi dan sistem dapat memprediksi pola konsumsi energi, mengadaptasi kinerja, dan mengenali kegagalan awal. Selain itu, Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem secara real-time, baik melalui perangkat mobile atau melalui perangkat komputer, inovasi ini membawa PLTS ke solusi energi yang lebih handal, lebih efisien dan ramah lingkungan. Ini berarti bergerak menuju energi terbarukan di rumah tangga (Rahmawati Mayangsari & Muldi Yuhendri, 2023).

Selanjutnya, sistem kontrol PLTS juga dapat dikombinasikan dengan teknologi smart grid untuk meningkatkan efisiensi distribusi energi. Kehadiran jaringan pintar memungkinkan sistem untuk secara otomatis menyesuaikan sumber daya berdasarkan permintaan dan ketersediaan energi matahari. Ini sangat berguna dalam sistem on-grid yang memungkinkan pengguna untuk mengembalikan daya berlebih ke jaringan daya utama oleh kolektor surya sehingga pengguna dapat memperoleh manfaat dalam bentuk pinjaman energi atau mengurangi biaya listrik. Dalam sistem off-grid, kontrol juga dapat mengelola cadangan daya baterai dan mengoptimalkan konsumsi energi, terutama jika kondisi cuaca tidak mendukung pembangkit dari pengumpul surya (Rahmawati Mayangsari & Muldi Yuhendri, 2023).

2.4 Rumah Tangga

Rumah tangga bisa dikatakan sebagai bagian terkecil dari masyarakat, tapi perannya cukup besar dalam hal penggunaan energi, terutama listrik. Listrik di rumah biasanya dipakai buat banyak hal, mulai dari penerangan, nyalain alat elektronik, AC, sampai masak di dapur. Karena kebutuhan listrik makin tinggi, solusi yang bisa diambil adalah pakai energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Selain ramah lingkungan, PLTS juga bisa bantu

ngurangkan tagihan listrik bulanan karena kita tidak sepenuhnya bergantung sama listrik dari PLN (Ilham & Fithry, 2024).

Pemakaian PLTS di rumah makin efektif kalau digabungin sama teknologi Internet of Things (IoT). Dengan sistem kontrol berbasis IoT, kita bisa pantau dan atur penggunaan listrik secara langsung dari HP. Jadi, misalnya ada gangguan atau pemakaian listrik terlalu tinggi, sistem bisa memberi informasi secara otomatis. Teknologi ini bikin kita bisa lebih cepat tanggap kalau ada masalah, dan juga bisa pakai listrik dengan lebih bijak karena kita tahu kapan dan berapa banyak listrik yang terpakai di rumah (Hamam et al., 2023).

2.5 Sistem Pengendali IoT

Sistem pengendali menggunakan Internet of Things (IoT) adalah sistem yang memanfaatkan teknologi komunikasi dan sensor untuk memantau, mengontrol, serta mengoptimalkan berbagai perangkat dan proses secara real-time melalui jaringan internet, dengan menggunakan IoT, hal ini memungkinkan sistem pengendali menjadi lebih efisien, dan dapat diakses dari jarak jauh menggunakan website (Yoyon Efendi, 2018).

Dalam rumah tangga, sistem pengendali berbasis IoT sering digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Contohnya, dalam sistem pengendali IoT memungkinkan pengguna untuk mengontrol peralatan listrik lainnya dari ponsel mereka. Pemantauan dan pengelolaan untuk mengurangi kesalahan manusia dan meningkatkan kinerja produksi (Rahmawati Mayangsari & Muldi Yuhendri, 2023).

Salah satu keunggulan utama dari sistem pengendali berbasis IoT adalah kemampuannya dalam mengumpulkan dan menganalisis data secara real-time. Dengan adanya sistem ini dapat mendeteksi perubahan kondisi lingkungan atau performa perangkat. Selain itu, IoT juga memberikan keuntungan dalam hal keamanan dan prediksi gangguan. Dengan adanya pemantauan berbasis website, sistem dapat mengenali pola penggunaan yang tidak biasa dan

memberikan peringatan dini jika terjadi potensi kerusakan pada perangkat (Rahmawati Mayangsari & Muldi Yuhendri, 2023).

Sistem pengendali IoT diprediksi akan semakin berkembang, hal ini akan memungkinkan sistem pengendali IoT tidak hanya meningkatkan kenyamanan dan efisiensi, tetapi juga membantu menciptakan ekosistem yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Selain manfaat yang telah disebutkan, sistem pengendali berbasis IoT juga berperan dalam meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan. Dengan teknologi ini, penggunaan perangkat listrik dapat dioptimalkan berdasarkan kebutuhan sehingga mengurangi pemborosan (Syarif Hidayatulloh & Joko Aryanto, 2023).

Meskipun sistem pengendali berbasis IoT menawarkan berbagai keuntungan, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi. Keamanan siber menjadi salah satu perhatian utama karena perangkat IoT yang terhubung ke internet rentan terhadap peretasan dan penyalahgunaan data. Oleh karena itu, perlindungan terhadap data dan komunikasi dalam sistem ini harus diperkuat dengan enkripsi yang aman dan mekanisme autentikasi yang kuat (Syarif Hidayatulloh & Joko Aryanto, 2023).

2.6 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana berbagai perangkat fisik, seperti alat elektronik. Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat-perangkat ini untuk berinteraksi tanpa perlu campur tangan manusia secara langsung, sehingga dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kenyamanan dalam berbagai aspek kehidupan. Teknologi ini berkembang pesat seiring dengan kemajuan jaringan internet, dan responsive terhadap lingkungan sekitarnya (Abdur Rouf & Wahyudi Agustiono, 2021).

Internet of Things (IoT) bekerja dengan menghubungkan perangkat melalui jaringan internet, dimana setiap perangkat memiliki IP address yang memungkinkan mereka untuk saling bertukar informasi. Data yang dikumpulkan oleh perangkat Internet of Things (IoT) kemudian dikirimkan ke

sistem penyimpanan server lokal untuk dianalisis. Hasil analisis tersebut dapat digunakan untuk mengambil keputusan otomatis atau memberikan informasi yang berguna bagi pengguna (Abdur Rouf & Wahyudi Agustiono, 2021).

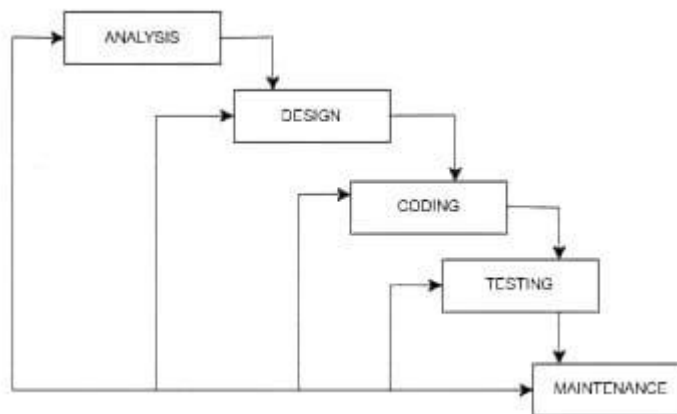
Penerapan Internet of Things (IoT) tidak hanya mencakup di rumah tangga saja tetapi juga mencakup berbagai sektor, seperti bidang kesehatan, dan sektor industri. IoT digunakan dalam perangkat medis yang dapat memantau dan mengoptimalkan secara otomatis, sehingga meningkatkan efisiensi dan mengurangi resiko kerusakan. Meskipun Internet of Things (IoT) menawarkan berbagai manfaat, teknologi ini juga menghadapi tantangan, terutama dalam aspek keamanan dan privasi data. Semakin banyaknya perangkat yang terhubung ke internet, resiko serangan siber dan penyalahgunaan data juga meningkat. Oleh karena itu, perlindungan data dan keamanan jaringan menjadi prioritas utama dalam pengembangan sistem Internet of Things (IoT) (Hamdani, Jian Budiarto, Sirojul Hadi, 2020).

Secara keseluruhan, Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang mengubah cara manusia berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Dengan kemampuan untuk menghubungkan berbagai perangkat secara cerdas, IoT dapat meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan produktivitas dalam berbagai sektor. Namun dengan perkembangan teknologi yang terus berlanjut, Internet of Things (IoT) diperkirakan akan semakin meluas dan mempunyai peran penting dalam kehidupan di masa depan (Ketut Udy Ariawan et al., 20).

2.7 Metode Pengembangan Sistem

Dalam membangun website sistem PLTS untuk rumah tangga dengan menggunakan sistem pengendali/IoT, ini menggunakan metode pengembangan sistem yaitu Metode *Waterfall*. Menurut (Ramadhan, 2022) Metode *Waterfall* adalah model pengembangan perangkat lunak yang bersifat sistematis, Dimulai dari spesifikasi kebutuhan, perencanaan, permodelan, penyerahan sistem ke pengguna, hingga pemeliharaan. Metode *Waterfall* cocok digunakan dalam

pengembangan karena memiliki tahapan yang terstruktur, sehingga kemungkinan perubahan kecil, serta sering dipilih karena lebih efisien.



Adapun tahapan – tahapan pada metode *waterfall*, sebagai berikut :

1. Analisis

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi, pengumpulan, serta pencatatan kebutuhan sistem secara menyeluruh. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna (Rahmadani & Andriani, 2020).

2. Desain

Setelah kebutuhan teridentifikasi, dilakukan proses perancangan sistem. Di tahap ini, struktur sistem, arsitektur perangkat lunak, dan antarmuka pengguna mulai dibentuk untuk memastikan sistem berjalan secara terorganisir dan efisien (Saputra & Hidayat, 2021).

3. Coding

Langkah ini melibatkan penerjemahan desain sistem ke dalam bentuk kode program. Pengembang mulai menulis skrip sesuai spesifikasi teknis yang telah dirancang sebelumnya agar sistem dapat dijalankan sesuai fungsinya (Hasan, F. N., & Nurlelah, E. 2023).

4. Testing

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap perangkat lunak yang telah dibuat untuk memastikan bahwa fungsinya berjalan dengan benar dan tidak ada kesalahan logika atau bug. Jika ditemukan kekeliruan, akan dilakukan perbaikan lalu diuji kembali hingga sistem stabil (Permana et al., 2020).

5. Maintenance

Tahap pemeliharaan merupakan fase penting dalam siklus hidup perangkat lunak, di mana sistem yang telah dikembangkan terus dipantau dan diperbarui untuk memastikan kinerjanya tetap optimal. Pemeliharaan mencakup perbaikan bug, penyesuaian terhadap perubahan lingkungan, serta peningkatan fitur sesuai kebutuhan pengguna (Hikmah et al., 2021).

BAB III

METODE PELAKSANAAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

Langkah awal yang sangat penting dalam merancang dan membangun sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya berbasis Internet of Things (IoT) untuk rumah tangga adalah pengumpulan data. Tujuannya adalah untuk mengetahui kebutuhan pengguna, cara perangkat berfungsi, dan jenis data yang dibutuhkan agar sistem dapat bekerja secara otomatis, efisien, dan tepat guna

A. Wawancara

Dalam mendapatkan gambaran yang akurat mengenai kebutuhan pengguna sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Internet of Things (IoT), peneliti melakukan wawancara langsung dengan beberapa pemilik rumah tangga yang telah mengaplikasikan sistem ini. Wawancara dilakukan sebagai bagian dari tahapan observasi dan pengumpulan data awal. Peneliti tidak hanya sekadar mencatat penggunaan energi, tetapi juga ikut mengamati rutinitas harian penghuni rumah, terutama saat penggunaan listrik meningkat. Langkah ini penting untuk memahami bagaimana listrik digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan sejauh mana sistem PLTS dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

Dalam wawancara tersebut, peneliti mengajukan beberapa pertanyaan kunci yang ditujukan untuk menggali informasi mendalam. Salah satunya adalah, “Kapan dalam satu minggu terakhir penggunaan listrik di rumah Bapak/Ibu paling tinggi?” Pertanyaan ini membantu peneliti mengidentifikasi waktu beban puncak dan memperkirakan pola konsumsi energi. Selain itu, ditanyakan juga, “Perangkat elektronik apa saja yang digunakan dan terhubung dengan sistem PLTS ini?” Dari jawaban pengguna, diketahui bahwa perangkat seperti lampu, kipas angin, rice cooker, dan pompa air merupakan beban utama yang disuplai oleh sistem PLTS.

Sementara itu, Informasi yang diperoleh dari wawancara ini sangat membantu dalam menyusun sistem monitoring dan pengendalian energi berbasis web yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Peneliti dapat merancang fitur-fitur penting seperti pemantauan daya, arus, tegangan dan energi keluaran. Dengan demikian, wawancara ini menjadi pondasi penting dalam memastikan bahwa sistem PLTS yang dikembangkan benar-benar efisien, responsif, dan mudah dipahami.

B. Studi Literatur

Sebagai tahap awal dalam pengembangan sistem, dilakukan studi literatur dengan mengkaji berbagai jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan penerapan Internet of Things (IoT) dalam pemantauan serta pengendalian energi listrik. Studi ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai prinsip kerja panel surya, sistem konversi energi, serta integrasi IoT menggunakan perangkat seperti NodeMCU ESP32 dan sensor-sensor pendukung. Selain itu, studi literatur juga digunakan untuk menganalisis kelebihan dan kekurangan dari sistem yang telah dikembangkan sebelumnya, sehingga dapat dijadikan acuan dan perbandingan dalam merancang sistem yang lebih efisien dan sesuai kebutuhan rumah tangga. Dengan studi ini, diharapkan sistem yang dikembangkan memiliki dasar teori yang kuat serta relevan dengan perkembangan teknologi terkini.

3.2 Analisis Kebutuhan Sistem

a. Software

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam perancangan sistem antara lain:

- 1) Draw.io
- 2) Visual studio code
- 3) Laragon
- 4) *Framework* Laravel
- 5) Google Chrome digunakan untuk menguji sistem dengan browser yang paling sering digunakan oleh pengguna (masyarakat).

b. Kebutuhan Pengguna

1. Admin

- Admin dapat melakukan *login* dan *logout*
- Admin dapat memantau sistem dengan jarak jauh (real-time)
- Admin dapat meninjau suatu sistem jika terjadi kerusakan pada sistem.

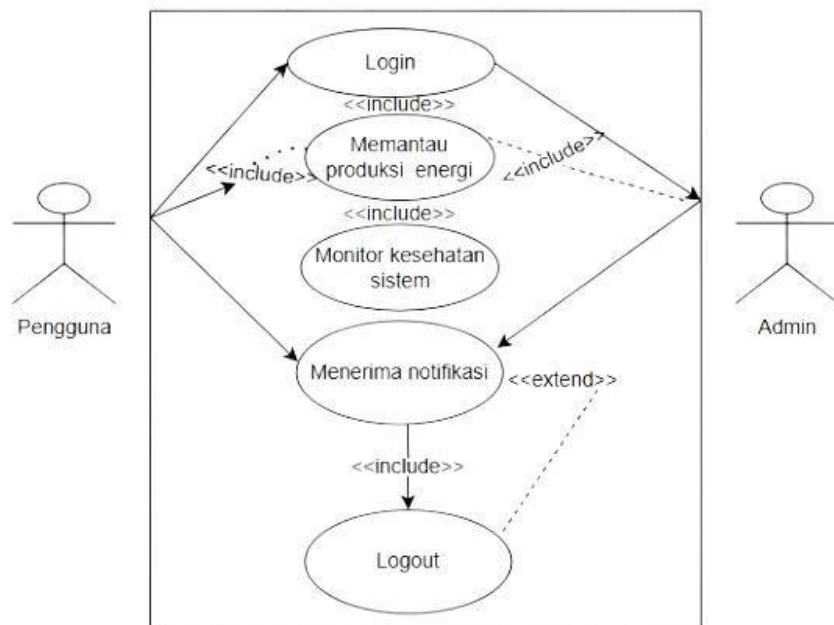
2. Pengguna

- Pengguna dapat melakukan *login* dan *logout*
- Pengguna dapat memantau sistem dengan jarak jauh (real-time)
- Pengguna bisa mendownload laporan keluaran sistem, bisa per hari/ per minggu).

3.3 Tahap Pelaksanaan

Pada tahap perancangan sistem yaitu merancang alur proses dalam sistem. Adapun diagram yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.3.1 Use Case Diagram

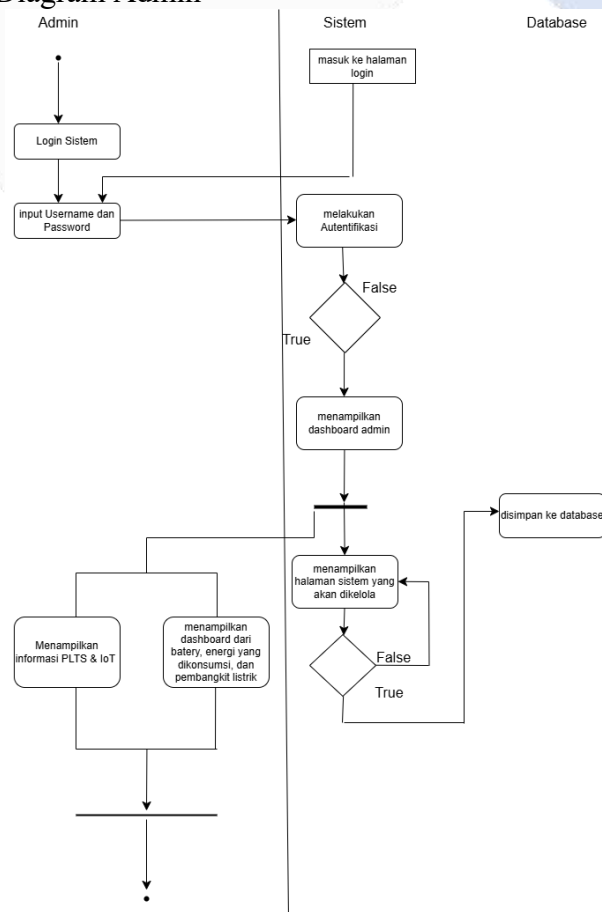


Gambar 3.1 1 Use Case Diagram

Use Case Diagram ini menggambarkan alur pengembangan proyek teknologi rekayasa perangkat lunak yang dimulai dengan identifikasi masalah untuk memahami permasalahan yang ingin diselesaikan. Setelah itu, dilakukan pengumpulan data yang digunakan untuk mendapatkan informasi yang relevan sebelum memasuki tahap pembuatan hardware & software, yang dimana perangkat keras dan perangkat lunak dikembangkan sesuai kebutuhan. Setelah perangkat dibuat, dilakukan uji coba alat untuk memastikan sistem bekerja dengan baik atau tidak, kemudian hasilnya dianalisis pada tahap analisis data. Use Case Diagram ini juga menunjukkan jika terjadi kegagalan dalam pengujian, maka dilakukan perbaikan hingga Solusi yang dikembangkan dapat berfungsi dengan sesuai harapan.

3.3.2 Activity Diagram

A. Activity Diagram Admin

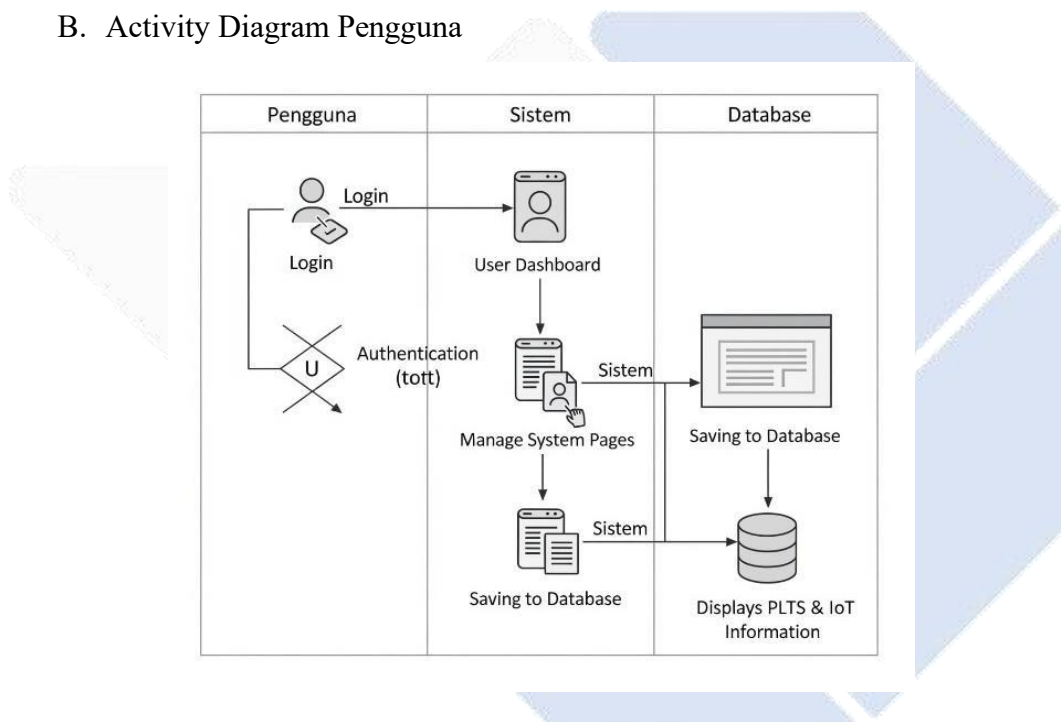


Gambar 3.1 2 Activity Diagram Admin

Activity Diagram ini menggambarkan alur yang dijelaskan dibawah ini:

Admin: Mereka memiliki akses yang lebih luas, termasuk kemampuan untuk memantau penggunaan dan produksi energi, kemungkinan untuk analisis atau pemeliharaan. Admin juga dapat memeriksa kesehatan sistem secara lebih mendalam. Selain itu, admin bertanggung jawab untuk mengatur sistem, yang mungkin melibatkan konfigurasi yang lebih mendasar atau pengaturan untuk banyak pengguna. Seperti pengguna, admin juga akan menerima pemberitahuan dari sistem.

B. Activity Diagram Pengguna

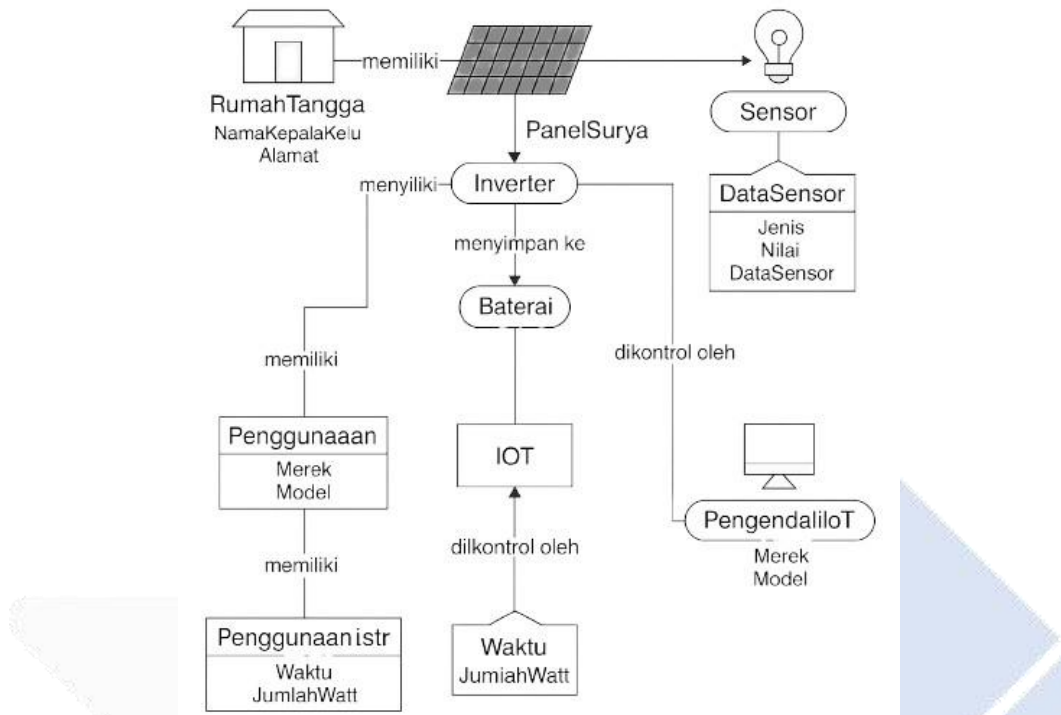


Gambar 3.1 3 Activity Diagram Pengguna

Activity Diagram ini menggambarkan alur yang dijelaskan dibawah ini:

Pengguna: Diagram ini menunjukkan alur logis dari penggunaan sistem, mulai dari login, autentikasi, pengelolaan sistem, hingga penyimpanan dan penampilan data. Aktivitas ini menekankan pentingnya validasi pengguna (autentikasi), pengelolaan data, dan keterhubungan antara sistem dan database untuk memastikan sistem PLTS-IoT berjalan dengan baik.

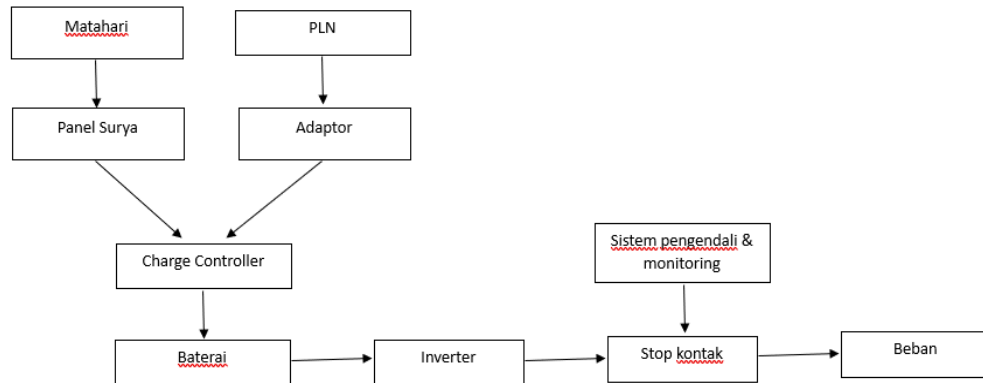
3.3.3 ERD (Entity Relationship Diagram)



Gambar 3.1 4 ERD (Entity Relationship Diagram)

ERD (entity relationship diagram) ini menggambarkan arsitektur sistem PLTS rumahan yang pintar dengan integrasi IoT. Setiap rumah tangga dilengkapi Panel Surya untuk menghasilkan listrik. Energi dari panel surya diubah oleh Inverter dan disimpan dalam Baterai. Sebuah Pengendali IoT menjadi otak sistem, bertugas mengawasi kinerja Panel Surya dan Baterai, mencatat detail penting seperti identifikasi, merek, kapasitas, dan jumlah. Data dari Sensor lingkungan (misalnya, tegangan) juga dikumpulkan oleh Pengendali IoT. Selain itu, Penggunaan Listrik di rumah tangga dipantau dan direkam oleh sistem IoT (waktu dan daya). Intinya, sistem ini memungkinkan pengelolaan dan pemantauan energi surya secara cerdas melalui perangkat IoT.

3.3.4 Diagram Blok



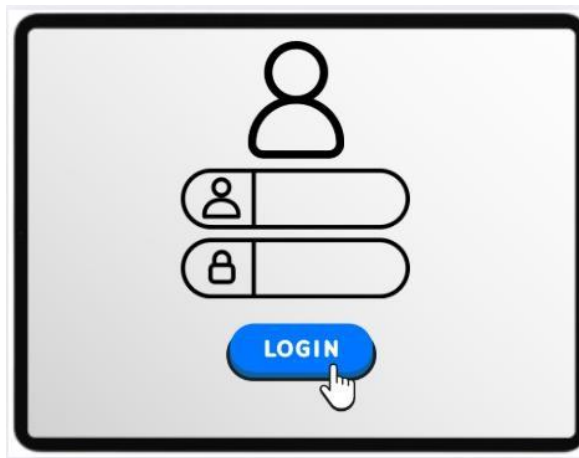
Gambar 3.1 5 Diagram Blok

Blok diagram ini menggambarkan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang didukung oleh PLN. Panel surya mengubah energi matahari menjadi listrik, sementara adaptor dari PLN berfungsi sebagai sumber cadangan. Keduanya terhubung ke charge controller, yang mengatur pengisian baterai. energi dari baterai dikonversi oleh inverter menjadi listrik AC, kemudian dialirkan melalui stop kontak, yang dikendalikan oleh sistem pengendali & monitoring, sebelum akhirnya digunakan oleh beban atau perangkat listrik. Sistem ini memastikan suplai daya yang efisien dan berkelanjutan.

3.4 Perencanaan Sistem

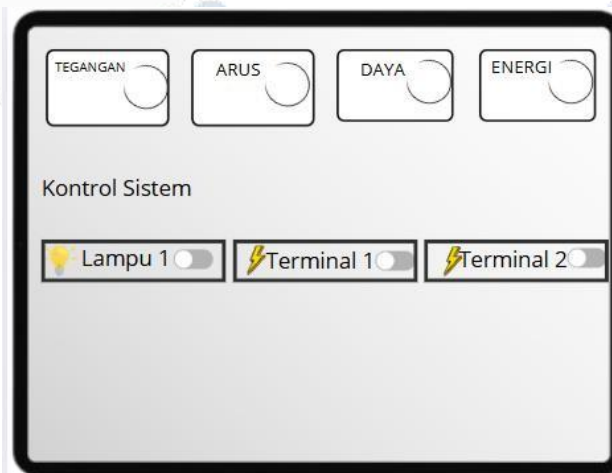
Berikut ini ialah rancangan tampilan sistem yang akan dikembangkan yaitu:

1. Desain Halaman Login



Gambar tersebut menampilkan desain antarmuka halaman login yang digunakan untuk masuk ke dalam sebuah sistem. Terdapat dua kolom isian, yaitu untuk username dan password, Di bawahnya terdapat tombol yang bertuliskan "LOGIN" yang menandakan aksi untuk masuk setelah data diisi. Tampilan ini dirancang secara sederhana dan mudah dipahami oleh pengguna.

2. Desain Halaman Beranda

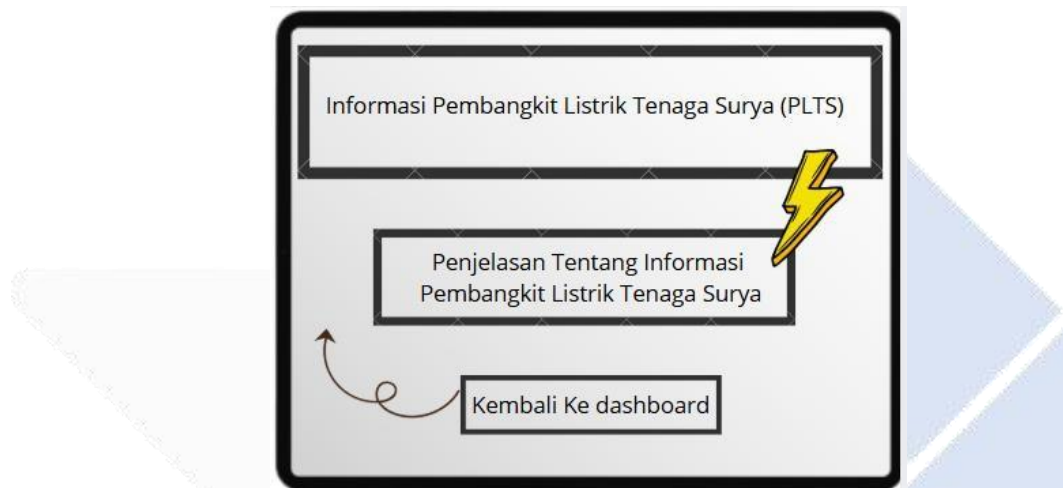


Gambar tersebut menampilkan desain antarmuka sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT untuk pembangkit listrik tenaga surya. Pada bagian atas terdapat empat indikator utama, yaitu tegangan, arus, daya, dan energi, yang berfungsi untuk menampilkan data pemantauan secara real-time. Di bawahnya terdapat bagian “Kontrol Sistem” yang terdiri dari tiga sakelar (switch) digital untuk mengendalikan perangkat, yaitu Lampu 1, Terminal 1, dan Terminal 2. Masing-

masing kontrol dilengkapi dengan ikon yang menunjukkan fungsi perangkat dan tombol on/off untuk mengatur operasionalnya. Tampilan ini menunjukkan kemudahan pengguna dalam memantau sekaligus mengontrol sistem secara jarak jauh melalui antarmuka yang sederhana dan interaktif.

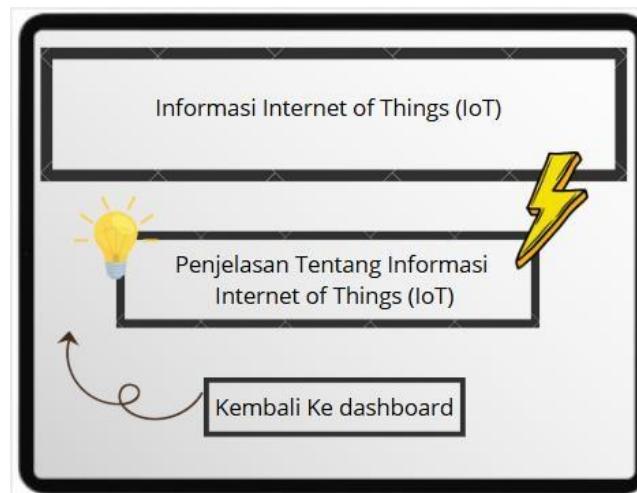
3. Desain Halaman Informasi

a. Informasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)



Gambar tersebut menampilkan desain antarmuka halaman informasi dari sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Di bagian atas terdapat judul “Informasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)” yang menandakan bahwa halaman ini berisi penjelasan mengenai sistem PLTS. Di tengah terdapat kotak penjelasan yang memberikan rincian lebih lanjut tentang informasi tersebut. Di bagian bawah, tersedia tombol navigasi bertuliskan “Kembali ke dashboard” yang berfungsi untuk membawa pengguna kembali ke halaman utama sistem. Tampilan ini dirancang untuk memberikan pemahaman kepada pengguna sekaligus memudahkan navigasi dalam sistem monitoring berbasis web.

b. Informasi Internet of Things (IoT)



Gambar tersebut merupakan tampilan halaman informasi mengenai Internet of Things (IoT) dalam sebuah sistem berbasis web. Di bagian atas terdapat judul “Informasi Internet of Things (IoT)” yang menunjukkan bahwa halaman ini menyajikan pengetahuan atau penjelasan terkait konsep dan penerapan IoT. Di bawahnya terdapat kotak berisi penjelasan singkat mengenai IoT yang dilengkapi dengan ikon lampu dan petir sebagai simbol inovasi dan teknologi. Pada bagian bawah, terdapat tombol “Kembali ke dashboard” yang berfungsi sebagai navigasi untuk kembali ke halaman utama sistem. Antarmuka ini dirancang agar informatif dan memudahkan pengguna dalam memahami peran IoT dalam sistem yang digunakan.

3.5 Pengkodean

Pada tahap pengkodean ini termasuk proses penting yang digunakan untuk mengubah data atau informasi menjadi kode tertentu agar lebih mudah dikelola dan dianalisis. Dalam dunia teknologi informasi, pengkodean berfungsi untuk mengkonversi perintah menjadi bahasa pemrograman yang bisa dijalankan oleh komputer. Di bidang penelitian kualitatif, pengkodean membantu peneliti mengelompokkan data berdasarkan tema atau pola tertentu, sehingga analisis dapat dilakukan secara lebih terstruktur.

3.6 Pengujian Sistem

Pengujian sistem pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk kebutuhan rumah tangga yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT) merupakan tahapan penting guna memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik, efisien, dan dapat diandalkan. Melalui penerapan teknologi IoT, proses pengujian tidak hanya terbatas pada aspek kelistrikan, tetapi juga mencakup kegiatan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh melalui koneksi internet.

3.7 Laporan

Tahap akhir dari proyek ini adalah penyusunan laporan mengenai sistem PLTS untuk rumah tangga dengan menggunakan sistem pengendali/IoT. Laporan ini mencakup deskripsi lengkap tentang pengembangan sistem, termasuk cara kerja alur dan fitur-fitur utama yang telah diterapkan. Dengan demikian, laporan ini berfungsi sebagai dokumentasi dari seluruh proses yang telah dilakukan selama pengerjaan proyek.

BAB IV

PEMBAHASAN

Berdasarkan metode yang diuraikan sebelumnya, maka pada bab ini akan dijelaskan mengenai deskripsi alat, proses pengerjaan, pengujian hingga hasil akhir pada proyek akhir bertajuk “Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Rumah Tangga Dengan Menggunakan Sistem Pengendali/IoT”.

4.1 Deskripsi Alat

Adapun alat yang digunakan untuk sistem ini adalah:

1. Panel Surya



Gambar 4.1 1 Panel Surya

Pada gambar 4.1 1 menjelaskan tentang Panel Surya yang mengubah sinar matahari menjadi listrik menggunakan sel surya. Energi yang dihasilkan bersifat arus searah (DC) dan bisa digunakan langsung, disimpan di baterai, atau diubah menjadi arus bolak-balik (AC) dengan inverter untuk kebutuhan rumah tangga. Panel surya banyak digunakan karena ramah lingkungan, hemat energi, dan memanfaatkan sumber daya alam yang tidak terbatas, yaitu sinar matahari (Muhammad. Junaldy, Sherwin R.U.A. Sompie, Lily S. Patras, 2019).

2. Power Inverter



Gambar 4.1 2 Power Inverter

Pada gambar 4.1 2 menunjukkan Power Inverter yang berfungsi mengubah arus searah (DC) dari baterai atau panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan untuk menjalankan peralatan listrik rumah tangga seperti lampu, televisi, atau kulkas. Inverter sangat penting dalam sistem tenaga surya karena sebagian besar perangkat elektronik menggunakan arus AC, bukan DC (Susanto., et al 2019).

3. Solar Charge Controller



Gambar 4.1 3 Solar Charge Controller

Pada gambar 4.1 3 menunjukkan Solar Charge Controller adalah alat yang mengatur aliran listrik dari panel surya ke baterai. Fungsinya untuk mencegah baterai dari overcharge (pengisian berlebih) dan overdischarge (pengosongan berlebih), sehingga memperpanjang umur baterai dan menjaga kinerja sistem. Alat ini memastikan pengisian daya berlangsung dengan aman dan efisien (Muhammad. Junaldi, Sherwin R.U.A. Sompie, lily S. Patras, 2019).

4. Kabel 1,5 NYAF



Gambar 4.1 4 Kabel 1,5 NYAF

Pada gambar 4.1 4 menunjukkan Kabel ini biasanya digunakan untuk instalasi listrik di dalam panel atau perangkat elektronik yang membutuhkan kelenturan tinggi. Karena serabutnya halus dan fleksibel, kabel NYAF cocok untuk instalasi

dalam ruang (indoor), terutama pada tempat-tempat yang sempit atau banyak tikungan (MegaAning Wahyuni, Artdhita Fajar Pratiwi, Riyani Prima Dewi, 2021)

5. Microcontroller (ESP32)



Gambar 4.1 5 Microcontroller (ESP32)

Pada gambar 4.1 5 menunjukkan sebuah mikrokontroler yang dilengkapi dengan fitur WiFi dan Bluetooth bawaan, sehingga sangat cocok untuk proyek Internet of Things (IoT). ESP32 memiliki prosesor ganda (dual-core), banyak pin input/output (GPIO), serta mendukung berbagai protokol komunikasi seperti UART, SPI, dan I2C. Dengan kemampuannya yang lengkap dan harga yang terjangkau, ESP32 sering digunakan dalam berbagai aplikasi otomatisasi, sensor jarak jauh, kontrol perangkat pintar, dan sistem pemantauan berbasis internet (Muhammad. Junaldy, Sherwin R.U.A. Sompie, lily S. Patras, 2019).

6. Relay 5v 4 Channel



Gambar 4.1 6 Relay 5v 4 Channel

Pada gambar 4.1 6 menunjukkan modul relay yang memiliki 4 saklar elektronik yang dapat dikendalikan secara terpisah menggunakan sinyal tegangan 5 volt dari mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32.

Masing-masing channel (saluran) pada modul ini dapat mengontrol perangkat listrik bertegangan tinggi (AC atau DC), seperti lampu, pompa, atau kipas, dengan aman melalui sistem kendali berbasis sinyal logika. Modul ini sangat berguna dalam proyek otomasi karena memungkinkan mikrokontroler mengendalikan beberapa perangkat sekaligus, meskipun tegangan dan arusnya jauh lebih besar dari yang bisa langsung ditangani mikrokontroler (Muhammad. Junaldy, Sherwin R.U.A. Sompie, lily S. Patras, 2019).

7. LCD 20x4



Gambar 4.1 7 LCD 20x4

Pada gambar 4.1 7 menunjukkan jenis layar tampilan (display) yang terdiri dari 20 kolom dan 4 baris, artinya dapat menampilkan hingga 80 karakter sekaligus (20 karakter per baris). LCD ini sering digunakan dalam proyek mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 untuk menampilkan informasi seperti data sensor, status sistem, atau pesan lainnya (Muhammad. Junaldy, Sherwin R.U.A. Sompie, lily S. Patras, 2019).

8. Kabel Jumper



Gambar 4.1 8 Kabel Jumper

Pada gambar 4.1 8 menunjukkan kabel kecil yang digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik pada papan rangkaian seperti breadboard atau modul mikrokontroler (misalnya Arduino atau ESP32). Kabel ini memudahkan proses perakitan dan pengujian rangkaian tanpa perlu menyolder. Kabel jumper sangat berguna dalam prototyping karena fleksibel, mudah dilepas-pasang, dan tidak permanen (Susanto., et al 2019).

9. Power Suplay



Gambar 4.1 9 Power Suplay

Pada gambar 4.1 9 menunjukkan perangkat yang berfungsi menyediakan dan mengatur sumber tegangan listrik untuk berbagai peralatan elektronik. Dalam sistem elektronik, power supply mengubah arus listrik dari sumber utama (seperti PLN atau baterai) menjadi bentuk tegangan dan arus yang sesuai dengan kebutuhan perangkat, misalnya 5V, 12V, atau 24V DC. Power supply sangat penting karena menjamin perangkat elektronik bekerja dengan aman dan stabil (Susanto., et al 2019).

10. Adaptor 12v 1A



Gambar 4.1 10 Adaptor 12v 1A

Pada gambar 4.1 10 menunjukkan perangkat catu daya (power supply) yang mengubah arus listrik dari sumber AC menjadi arus DC sebesar 12 volt dengan arus maksimum 1 ampere. Adaptor ini banyak digunakan untuk memberi daya pada perangkat elektronik seperti kamera CCTV, modem, lampu LED, dan alat-alat IoT. Tegangan 12V cocok untuk berbagai modul, sedangkan arus 1A menunjukkan batas maksimum beban yang dapat ditangani adaptor jika melebihi, adaptor bisa panas atau rusak (Susanto., et al 2019).

11. Node mcu esp8266



Gambar 4.1 11 Node Mcu ESP8266

Pada gambar 4.1 11 menunjukkan mikrokontroler berbasis chip ESP8266 yang sudah dilengkapi dengan koneksi WiFi, sehingga sangat cocok untuk proyek Internet of Things (IoT). NodeMCU mudah diprogram menggunakan bahasa Arduino IDE dan memiliki beberapa pin input/output (GPIO) untuk menghubungkan sensor atau aktuator (Susanto., et al 2019).

12. Step down 8A



Gambar 4.1 12 Step Down 8A

Pada gambar 4.1 12 menunjukkan modul konverter tegangan DC yang berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah sesuai kebutuhan, dengan kemampuan arus maksimum hingga 8 ampere. Modul ini sangat efisien dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik seperti proyek IoT, sistem tenaga surya, motor DC, atau lampu LED. Step down ini mampu menyuplai daya untuk beban yang cukup besar. Modul ini juga tersedia dalam versi yang dapat diatur (adjustable), sehingga pengguna bisa menyesuaikan tegangan output sesuai kebutuhan sistem (Imam, S., L. D. Mahfudz & N. Suthama, 2019).

13. Baterai



Gambar 4.1 13 Baterai

Pada gambar 4.1 13 menunjukkan perangkat penyimpanan energi listrik yang dapat digunakan untuk memberi daya pada berbagai perangkat elektronik secara portabel. Baterai bekerja dengan cara mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia di dalamnya. Ada dua jenis utama baterai, yaitu baterai primer (sekali pakai, tidak dapat diisi ulang) dan baterai sekunder (dapat diisi ulang), seperti baterai lithium-ion, NiMH, dan lead-acid. Dalam sistem tenaga surya atau proyek IoT, baterai digunakan untuk menyimpan energi agar perangkat tetap dapat bekerja meskipun tidak ada pasokan listrik dari panel surya atau sumber lainnya (Imam, S., L. D. Mahfudz & N. Suthama, 2019).

14. Sensor watt volt current PZEM-004T



Gambar 4.1 14 Sensor Watt Volt Current PZEM-004T

Pada gambar 4.1 14 menunjukkan modul sensor listrik yang digunakan untuk mengukur tegangan (volt), arus (ampere), daya (watt), dan energi (kWh) secara akurat pada perangkat elektronik bertegangan AC. Sensor ini banyak digunakan dalam sistem monitoring energi seperti proyek PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), IoT, atau otomatisasi rumah. PZEM-004T dilengkapi dengan CT (Current Transformer) untuk mengukur arus tanpa memutus kabel utama, serta dapat terhubung dengan mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino melalui komunikasi UART (TX/RX). Dengan sensor ini, pengguna bisa memantau konsumsi listrik secara real-time dan menganalisis efisiensi penggunaan energi (Imam, S., L. D. Mahfudz & N. Suthama, 2019).

15. MCB 1 FASA



Gambar 4.1 15 MSB 1 Fasa

Pada gambar 4.1 15 menunjukkan alat pengaman listrik yang berfungsi memutus aliran listrik secara otomatis saat terjadi kelebihan beban (overload) atau hubung singkat (korsleting) pada instalasi listrik rumah tangga atau perangkat elektronik (Imam, S., L. D. Mahfudz & N. Suthama, 2019).

16. Steker



Gambar 4.1 16 Steker

Pada gambar 4.1 16 menunjukkan alat penghubung listrik yang digunakan untuk menyambungkan peralatan elektronik ke sumber listrik melalui stopkontak. Steker biasanya memiliki dua atau tiga pin logam yang berfungsi sebagai konduktor untuk menyalurkan arus listrik dari sumber ke perangkat (Agus Siswanto, Munaji Munaji, Ferry Irmansyah, M. Luthfi Abdullah, 2020)

17. Box kotak



Gambar 4.1 17 Box Kotak

Pada gambar 4.1 17 menunjukkan wadah pelindung yang digunakan untuk menempatkan komponen seperti modul, rangkaian, terminal, atau konektor agar lebih rapi, aman, dan terlindung dari debu, air, dan gangguan luar. Box ini tersedia dalam berbagai ukuran dan bahan, seperti plastik atau logam, tergantung kebutuhan (Agus Siswanto, Munaji Munaji, Ferry Irmansyah, M. Luthfi Abdullah, 2020)

18. Terminal block



Gambar 4.1 18 Terminal Block

Pada gambar 4.1 18 menunjukkan komponen penghubung listrik yang digunakan untuk menyambungkan dua atau lebih kabel secara aman dan rapi tanpa perlu disolder. Alat ini terdiri dari deretan konektor sekrup atau penjepit yang memungkinkan kabel dipasang dan dilepas dengan mudah (Agus Siswanto, Munaji Munaji, Ferry Irmansyah, M. Luthfi Abdullah, 2020)

19. Kabel tis



Gambar 4.1 19 Kabel Tis

Pada gambar 4.1 19 menunjukkan alat pengikat berbahan plastik yang digunakan untuk merapikan dan mengikat kabel atau komponen agar tertata rapi dan tidak berantakan. Kabel tis memiliki mekanisme pengunci satu arah yang membuatnya mudah dipasang namun sulit dilepas tanpa alat bantu (seperti gunting). Dalam instalasi listrik atau proyek elektronik seperti sistem tenaga surya dan IoT, kabel tis sangat berguna untuk mengatur jalur kabel agar lebih aman, tidak kusut, dan mengurangi risiko korsleting akibat kabel yang bersentuhan atau tertekuk (Agus Siswanto, Munaji Munaji, Ferry Irmansyah, M. Luthfi Abdullah, 2020)

20. Stop kontak



Gambar 4.1 20 Stop Kontak

Pada gambar 4.1 20 menunjukkan perangkat listrik yang berfungsi sebagai titik sambungan antara sumber listrik dan peralatan elektronik melalui steker. Stop kontak menyediakan tegangan listrik (biasanya 220V untuk rumah tangga di Indonesia) agar perangkat seperti charger, kipas, atau televisi bisa beroperasi (Samiaji., et al 2023).

21. Saklar



Gambar 4.1 21 Saklar

Pada gambar 4.1 21 menunjukkan perangkat listrik yang berfungsi untuk memutus atau menghubungkan aliran listrik ke suatu perangkat atau rangkaian. Dengan kata lain, saklar digunakan untuk menyalakan atau mematikan peralatan listrik seperti lampu, kipas, atau mesin. Saklar bekerja secara mekanis—ketika ditekan, ia membuka atau menutup sirkuit listrik. Ada berbagai jenis saklar, seperti saklar tunggal, ganda, saklar tarik, hingga saklar otomatis yang berbasis sensor. Dalam sistem listrik rumah tangga atau proyek IoT, saklar berperan penting untuk mengontrol aliran listrik secara praktis dan aman (Samiaji., et al 2023).

22. Fittings



Gambar 4.1 22 Fittings

Pada gambar 4.1 22 menunjukkan komponen atau perlengkapan tambahan yang digunakan untuk mendukung instalasi listrik agar lebih aman, rapi, dan fungsional. Contoh fittings listrik meliputiudukan lampu (lamp holder), konektor kabel, pipa pelindung kabel (conduit), elbow (siku pipa), serta penjepit atau klip kabel (Samiaji., et al 2023).

23. Lampu 5 Watt



Gambar 4.1 23 Lampu 5 Watt

Pada gambar 4.1 23 menunjukkan jenis lampu hemat energi yang mengonsumsi daya listrik sebesar 5 watt. Meskipun dayanya kecil, lampu ini mampu menghasilkan cahaya yang cukup terang, terutama jika menggunakan teknologi LED (Kiswantono., et al 2021)

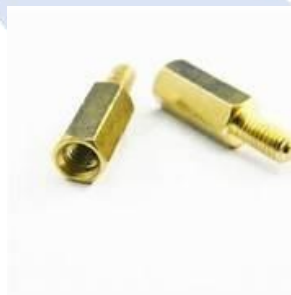
24. Sekrup



Gambar 4.1 24 Sekrup

Pada gambar 4.1 24 menunjukkan alat pengikat berbentuk batang logam kecil yang memiliki ulir spiral di bagian batangnya dan biasanya digunakan untuk menyatukan dua atau lebih benda, seperti kayu, logam, atau plastik. Sekrup dipasang dengan cara diputar menggunakan obeng agar masuk dan mencengkeram permukaan material dengan kuat. Dalam instalasi listrik atau proyek elektronik, sekrup digunakan untuk mengencangkan komponen ke dalam box, memasang panel, atau mengikat terminal. Sekrup tersedia dalam berbagai ukuran dan jenis kepala, seperti kepala plus (philips), minus (slot), atau hex, tergantung kebutuhan dan alat yang digunakan (Samiaji., et al 2023).

25. Spceer besi kuningan M3 hex scraw



Gambar 4.1 25 Spceer Besi Kuningan M3 Hex Scraw

Pada gambar 4.1 25 menunjukkan komponen kecil berbentuk tabung atau silinder berulir yang terbuat dari bahan kuningan (brass), digunakan untuk memberikan jarak antara dua permukaan, seperti papan rangkaian (PCB) dengan casing atau permukaan lainnya (Samiaji., et al 2023).

26. Kabel Duct



Gambar 4.1 26 Kabel Duct

Pada gambar 4.1 26 menunjukkan saluran atau wadah berbentuk persegi panjang yang digunakan untuk menata, melindungi, dan menyembunyikan kabel-kabel listrik atau data dalam instalasi. Kabel duct biasanya terbuat dari plastik PVC atau logam, dan sering dipasang di dinding, langit-langit, atau lantai. Fungsinya adalah untuk menjaga kabel tetap rapi, menghindari kusut, mempermudah perawatan, serta melindungi kabel dari kerusakan fisik atau gangguan luar. Dalam proyek kelistrikan, seperti sistem panel surya atau perangkat IoT, kabel duct sangat berguna untuk meningkatkan keamanan dan kerapian instalasi (Kiswantono., et al 2021)

Sesuai dengan deskripsi alat diatas, seluruh alat yang digunakan dalam sistem PLTS berbasis IoT ini saling terintegrasi untuk menciptakan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang efisien, otomatis, dan dimonitor secara real-time. Dengan semua komponen ini, sistem PLTS tidak hanya menghasilkan listrik mandiri, tetapi juga memberikan kemampuan otomatisasi dan pemantauan cerdas berbasis IoT.

4.2 Proses Pengerjaan

4.2.1 Perancangan Sistem

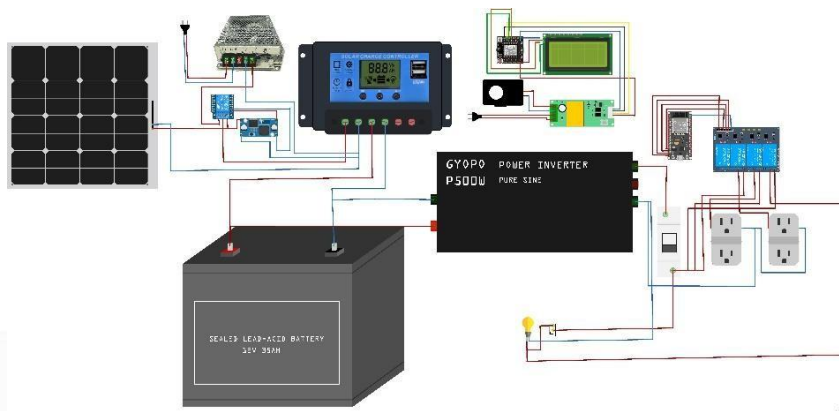
Dalam pengerjaan sistem ini adalah menyusun desain sistem secara keseluruhan, termasuk perhitungan daya listrik yang dibutuhkan, kapasitas panel surya, serta skema hubungan antar komponen. Selain itu, ditentukan platform IoT yang akan digunakan seperti website serta fitur-fitur yang ingin diterapkan seperti monitoring tegangan, kontrol beban, dan tampilan data.

4.2.2 Persiapan dan Pemilihan Komponen

Setelah perencanaan selesai, dilakukan pengadaan komponen, seperti:

- a. Panel surya, inverter, dan charge controller untuk sistem pembangkitnya.
- b. ESP32, relay, dan LCD 20x4 untuk sistem kendali IoT.
- c. Kabel jumper, breadboard, dan power supply untuk keperluan koneksi dan pengujian awal. Setiap komponen diuji terlebih dahulu secara mandiri untuk memastikan kondisinya baik sebelum dirakit.

4.2.3 Perakitan Sistem Listrik (PLTS)



Gambar 4.1 27 Perakitan Sistem Listrik (PLTS)

Pada gambar diatas, Perakitan dimulai dengan memasang panel surya dan menghubungkan ke solar charge controller menggunakan kabel 1,5 NYAF. Selanjutnya, kontroller dihubungkan ke power supply sebagai media penyimpanan energi. Setelah itu, power inverter dipasang dan dihubungkan ke baterai untuk menghasilkan tegangan yang dapat digunakan perangkat rumah tangga. Seluruh rangkaian dibuat rapi dan aman, termasuk pemasangan MCB sebagai pengaman.

4.2.4 Perakitan Sistem IoT

Perakitan komponen berbasis mikrokontroler, yaitu ESP32 sebagai pusat kendali. Relay module dirakit untuk mengendalikan beban, sedangkan LCD 20x4 dipasang untuk menampilkan informasi local. Semua konkesi dibuat dengan kabel jumper pada breadboard, atau disolder untuk versi permanen.

4.2.5 Pemrograman Mikrokontroler

Setelah perakitan, ESP32 diprogram menggunakan software, program yang ditulis meliputi:

1. Pembacaan data sensor.

2. Tampilan data ke LCD.
3. Koneksi ke wifi dan platform IoT (Website).
4. Perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay berdasarkan sensor atau input dari aplikasi.

4.2.6 Integrasi Sistem PLTS dan IoT

Setelah sistem PLTS dan IoT dirakit, kedua sistem diintegrasikan secara menyeluruh. Data dari baterai dibaca oleh sensor, dikirim ke ESP32, lalu ditampilkan di LCD dan website IoT. Relay diatur untuk menghidupkan/mematikan beban secara otomatis atau manual melalui smartphone. Sistem juga diuji untuk memastikan semua perangkat saling berkomunikasi dan bekerja stabil.

4.2.7 Pengujian Awal dan Penyempurnaan

Sebelum sistem digunakan penuh, dilakukan uji coba selama beberapa waktu. Jika terdapat kendala, seperti pembacaan data yang tidak akurat atau koneksi tidak stabil, maka dilakukan penyempurnaan program atau perbaikan rangkaian (alat). Setelah stabil, sistem siap digunakan sebagai pembangkit Listrik mandiri yang cerdas dan dapat dikontrol jarak jauh.

4.3 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem PLTS bekerja secara optimal dan sesuai dengan rancangan. Pengujian ini mencakup pengujian kelistrikan (tegangan, arus, dan daya), pengujian kontrol IoT, serta pengujian ketahanan sistem dalam kondisi beban aktif dan non-aktif. Proses pengujian dilakukan pada beberapa waktu yang berbeda untuk mengamati respons sistem terhadap perubahan cahaya matahari serta kinerja kendali otomatis melalui website. Pengujian dilakukan selama beberapa hari dengan mencatat setiap perubahan parameter.

4.3.1 Tabel Pengujian Tegangan Dan Arus Beban

Tabel 4.1 1 Tabel Pengujian Tegangan Dan Arus Beban

Waktu	Status Beban	Tegangan Beban (V)	Arus Beban (A)	Daya Beban (Watt)
08.00	ON	22,2	-	4,3
10.00	ON	22,1	0,2	27,8
12.00	ON	21,7	-	0,7
15.00	ON	20,8	0,3	54,2

Tabel 4.1 1 menampilkan tegangan beban secara bertahap mengalami penurunan dari pagi hingga sore hari. Hal ini merupakan kondisi wajar karena intensitas cahaya matahari terus berubah seiring waktu. Daya beban yang dihasilkan tidak selalu sebanding dengan besar tegangan, karena lebih dipengaruhi oleh arus yang mengalir, yang bergantung pada besarnya beban dan kondisi panel surya saat itu. Pada dua waktu pengamatan, yaitu pukul 08.00 dan 12.00, nilai arus tidak tercatat namun daya tetap terbaca, yang mengindikasikan adanya kemungkinan kesalahan dalam pengukuran arus atau arus yang terlalu kecil untuk terdeteksi oleh alat. Puncak performa sistem tercatat pada pukul 15.00, di mana beban mencapai nilai tertinggi dan sistem mampu menyuplai daya maksimum sebesar 54,2 Watt.

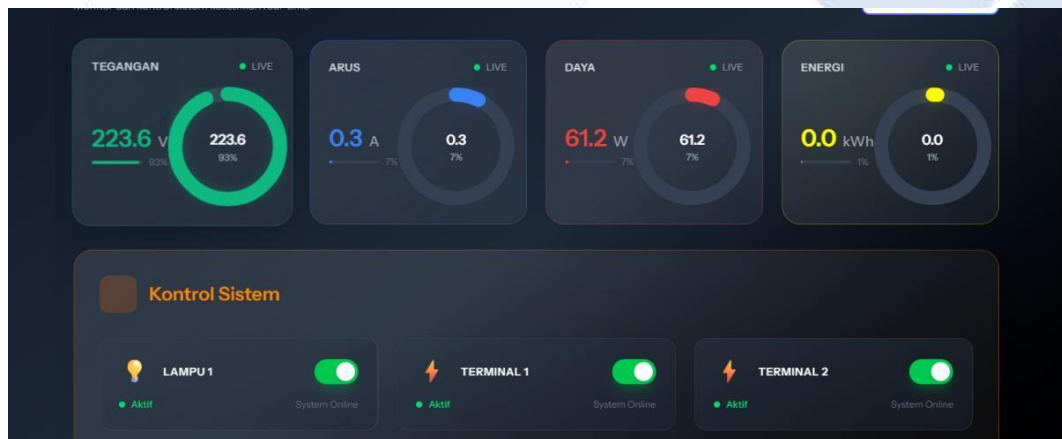
4.3.2 Tabel Pengujian PLTS

Tabel 4.1 2 Tabel Pengujian PLTS

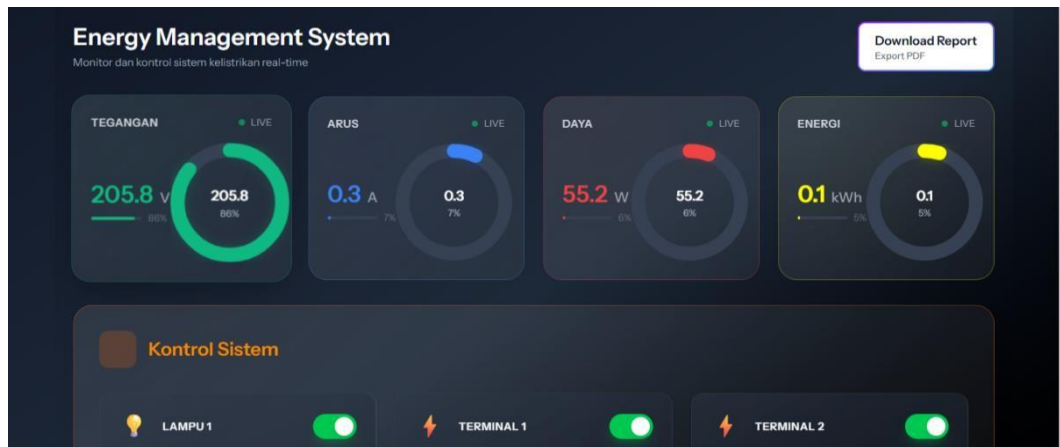
Waktu	Perintah Aplikasi	Tegangan Beban (V)	Arus Beban (A)	Daya Beban (W)	Status Beban
08.00	ON	25	0,1	20,3	ON
12.00	ON	25,6	0,3	20,3	ON
15.00	ON	25,8	0,3	55,2	ON

Tabel 4.1 2 menunjukkan hasil pemantauan sistem pembangkit listrik tenaga surya pada tiga waktu yang berbeda, yaitu pukul 08.00, 12.00, dan 15.00. Pada ketiga waktu tersebut, perintah aplikasi menunjukkan status ON, yang berarti sistem diaktifkan melalui aplikasi dan beban dalam keadaan menyala. Tegangan beban tercatat mengalami kenaikan dari 25V pada pukul 08.00 menjadi 25,8V pada pukul 15.00. Arus beban juga mengalami peningkatan dari 0,1A menjadi 0,3A. Daya beban yang digunakan bervariasi sesuai dengan perubahan tegangan dan arus, yaitu sebesar 20,3W pada pukul 08.00 dan 12.00, lalu meningkat menjadi 55,2W pada pukul 15.00. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik, dan daya yang digunakan oleh beban berubah sesuai dengan kondisi tegangan dan arus saat itu.

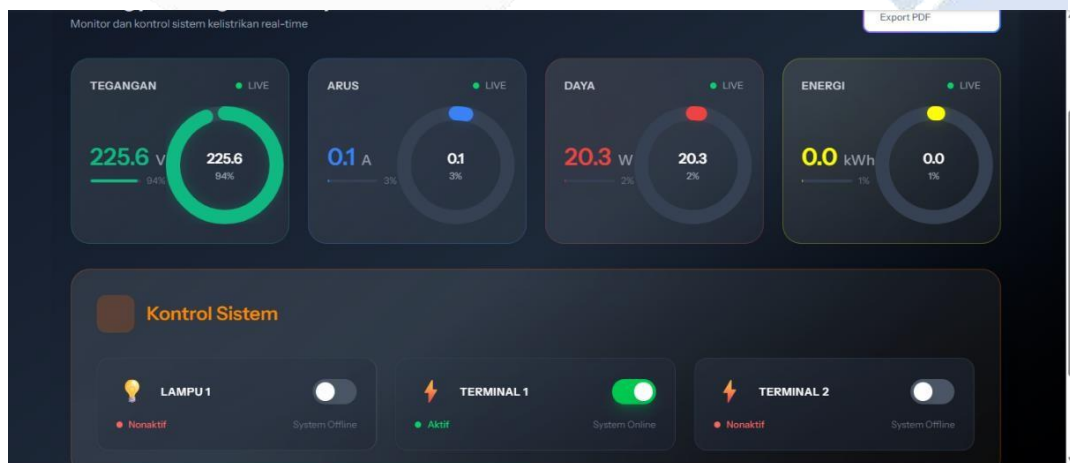
4.3.3 Pengujian 3 Komponen



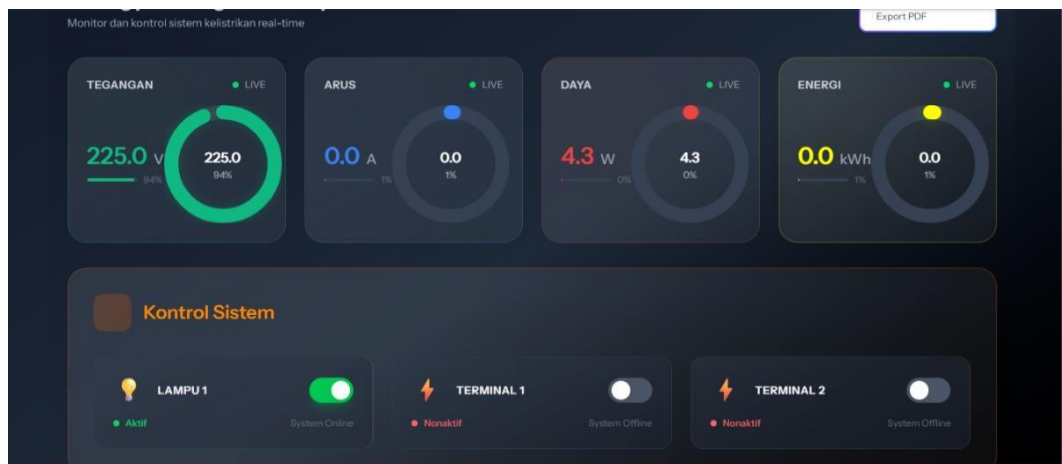
Pada gambar ini menampilkan antarmuka sistem monitoring dan kontrol pembangkit listrik tenaga surya berbasis IoT secara real-time. Tegangan yang terdeteksi sebesar 223,6 volt menunjukkan bahwa sistem bekerja pada tegangan normal untuk kebutuhan rumah tangga. Arus yang mengalir sebesar 0,3 ampere menunjukkan beban listrik yang digunakan masih tergolong ringan. Daya yang dikonsumsi saat itu adalah 61,2 watt, yang merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus. Sementara itu, energi listrik yang tercatat masih 0,0 kWh, kemungkinan karena sistem baru saja aktif atau belum cukup lama berjalan untuk menghasilkan akumulasi energi.



Pada gambar ini menampilkan tampilan antarmuka dari Energy Management System yang berfungsi untuk memantau dan mengontrol sistem kelistrikan secara real-time. Nilai tegangan saat itu adalah 205,8 volt, dengan arus sebesar 0,3 ampere. Berdasarkan nilai tersebut, sistem sedang mengalirkan daya sebesar 55,2 watt ke beban. Selain itu, pada bagian energi, tercatat bahwa total energi listrik yang telah digunakan adalah sebesar 0,1 kWh.



Pada gambar ini menampilkan tampilan antarmuka sistem monitoring dan kontrol energi berbasis web yang bekerja secara real-time. Nilai tegangan yang terpantau adalah sebesar 225,6 volt, sedangkan arus yang mengalir adalah 0,1 ampere. Dari kombinasi tegangan dan arus tersebut, sistem menghasilkan daya sebesar 20,3 watt. Sementara itu, nilai energi masih menunjukkan 0,0 kWh, yang mengindikasikan bahwa energi listrik yang terpakai masih sangat sedikit atau sistem baru saja aktif.



Pada gambar ini memperlihatkan antarmuka sistem monitoring dan kontrol energi listrik berbasis web yang bekerja secara real-time. Terlihat bahwa tegangan yang terdeteksi sebesar 225,0 volt, namun arus bernilai 0,0 ampere, yang mengindikasikan tidak ada aliran listrik ke beban. Akibatnya, daya listrik yang terbaca hanya sebesar 4,3 watt, yang kemungkinan merupakan konsumsi dasar sistem, dan energi yang tercatat tetap 0,0 kWh, karena belum ada penggunaan energi yang signifikan.

4.3.4 Tabel Pengujian 3 Komponen

Tabel 4.1 3 Tabel Pengujian 3 Komponen

Nama Alat	Jumlah	Waktu Menyala	Daya Listrik	Total Daya
Lampu	1	8 Jam	5 Watt	40 Watt
Kipas Angin	1	10 Jam	20 Watt	200 Watt
Rice Cooker	1	3 Jam	40 Watt	120 Watt
Jumlah daya yang dibutuhkan			65 Watt	360 Watt

Tabel 4.1 3 menunjukkan tabel perhitungan konsumsi daya listrik dari beberapa peralatan rumah tangga berdasarkan jumlah alat, lama waktu menyala, dan daya listrik masing-masing alat. Dalam tabel terdapat tiga jenis perangkat, yaitu Lampu, Kipas Angin, dan Rice Cooker, masing-masing dengan jumlah satu buah. Lampu

menyala selama 8 jam dengan daya listrik 5 watt, sehingga menghasilkan total konsumsi daya sebesar 40 watt. Kipas angin menyala selama 10 jam dengan daya 20 watt, menghasilkan total daya sebesar 200 watt. Sementara itu, rice cooker menyala selama 3 jam dengan daya 40 watt, sehingga total daya yang digunakan adalah 120 watt. Perhitungan ini menunjukkan total penggunaan energi dari masing-masing alat yang dapat dijadikan dasar untuk merancang kebutuhan sistem pembangkit listrik, seperti panel surya, agar mampu mencukupi konsumsi daya harian secara efisien. Tiga peralatan Listrik rumah tangga yang digunakan adalah lampu, kipas angin, dan rice cooker. Diuji berdasarkan jumlah unit, waktu penggunaan, dan daya yang digunakan, seperti yang ditunjukkan dalam tabel. Jumlah daya total yang dibutuhkan dari ketiga alat tersebut adalah 360 watt, dan daya rata-rata per jam 90 watt. Informasi ini membantu anda menghitung jumlah daya yang dibutuhkan oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya.

4.3.5 Tabel Perbedaan Arus PLN dan Arus PLTS

Tabel 4.1 4 Tabel Perbedaan Arus PLN dan Arus PLTS

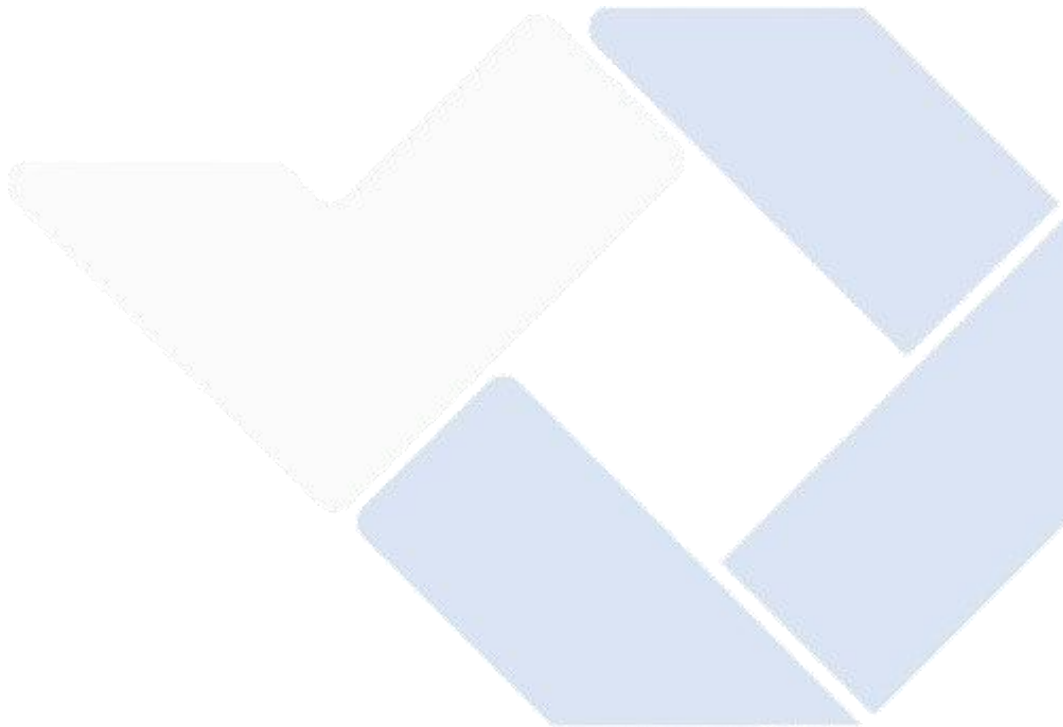
Komponen	PLN	PLTS
Tegangan	Ac 220V stabil	DC (12-48V) -> inverter -> AC 220V
Arus	AC, stabil	DC, fluktuatif
Daya	Besar dan terus menerus	Terbatas, tergantung sinar matahari
Energi	Dibayar ke PLN	Gratis dari matahari, tapi butuh alat pendukung

Tabel 4.1 4 menunjukkan Perbedaan antara arus listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dapat dilihat dari beberapa aspek, yaitu tegangan, arus, daya, dan energi. Dari segi tegangan, listrik PLN menggunakan tegangan AC (arus bolak-balik) sebesar 220 volt untuk kebutuhan rumah tangga dan 380 volt untuk industri. Tegangan ini bersifat stabil karena dikendalikan oleh pembangkit pusat. Sedangkan listrik PLTS awalnya menghasilkan tegangan DC (arus searah) dengan nilai sekitar 12V, 24V, atau 48V, tergantung sistem panel surya yang digunakan. Tegangan dari PLTS ini kemudian diubah menjadi AC menggunakan inverter agar dapat digunakan untuk peralatan rumah tangga.

Dari aspek arus, listrik PLN menggunakan arus AC yang memiliki arah bolak-balik dan frekuensi 50 Hz, serta cenderung stabil karena dipasok terus-menerus dari jaringan listrik nasional. Sebaliknya, PLTS menghasilkan arus DC yang hanya mengalir satu arah, dari panel surya ke beban atau baterai, dan sifatnya kurang stabil karena sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang berubah-ubah sepanjang hari.

Dalam hal daya, PLN mampu menyuplai daya listrik dalam jumlah besar dan stabil selama 24 jam tanpa tergantung pada kondisi cuaca. Daya yang disuplai oleh PLN berasal dari pembangkit besar seperti PLTU, PLTA, dan PLTG. Sedangkan PLTS hanya mampu menghasilkan daya sesuai kapasitas panel surya yang terpasang, dan produksinya hanya maksimal saat siang hari ketika matahari bersinar terang. Pada malam hari, PLTS biasanya memerlukan bantuan baterai atau beralih ke suplai listrik dari PLN.

Terakhir, dari sisi energi, listrik PLN menggunakan sumber energi seperti batu bara, gas alam, air, atau nuklir dan penggunaannya dihitung berdasarkan kilowatt-hour (kWh), yang dibayar sesuai dengan pemakaian. Sementara itu, PLTS menggunakan energi matahari yang bersifat gratis dan ramah lingkungan, namun membutuhkan investasi awal pada perangkat seperti panel surya, inverter, dan baterai. Energi yang dihasilkan PLTS sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan efisiensi sistem.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian proyek akhir “Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Rumah Tangga Dengan Menggunakan Sistem Kendali/IoT,” adapun kesimpulannya sebagai berikut:

1. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan pengguna agar menghasilkan sistem yang optimal dan efisien. Sistem ini mampu menyediakan pasokan listrik yang stabil untuk rumah tangga dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber utama. Dengan dukungan teknologi pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang mampu menyediakan listrik yang stabil untuk kebutuhan rumah tangga dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber utama. Sistem ini menggabungkan teknologi pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pengelolaan energi secara otomatis, efisien, dan ramah lingkungan.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem mulai dari panel surya, inverter, sensor, hingga mikrokontroler ESP32 berfungsi secara optimal dan terintegrasi dengan baik. Sistem ini terbukti mampu menampilkan data konsumsi listrik secara akurat dan mengendalikan beban dengan efektif, sehingga layak diterapkan sebagai solusi energi alternatif yang cerdas untuk rumah tangga.
3. Melalui integrasi dengan platform berbasis web, pengguna dapat memantau dan mengontrol konsumsi listrik secara real-time. Hal ini memberikan kemudahan dan fleksibilitas dalam pengelolaan energi, serta mendorong pengguna untuk lebih sadar terhadap efisiensi energi dan penghematan penggunaan listrik sehari-hari.

5.2 Saran

Ada beberapa saran yang dapat penulis sampaikan berdasarkan hasil proyek akhir “Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Rumah Tangga Dengan Menggunakan Sistem Kendali/IoT,” yaitu diantaranya:

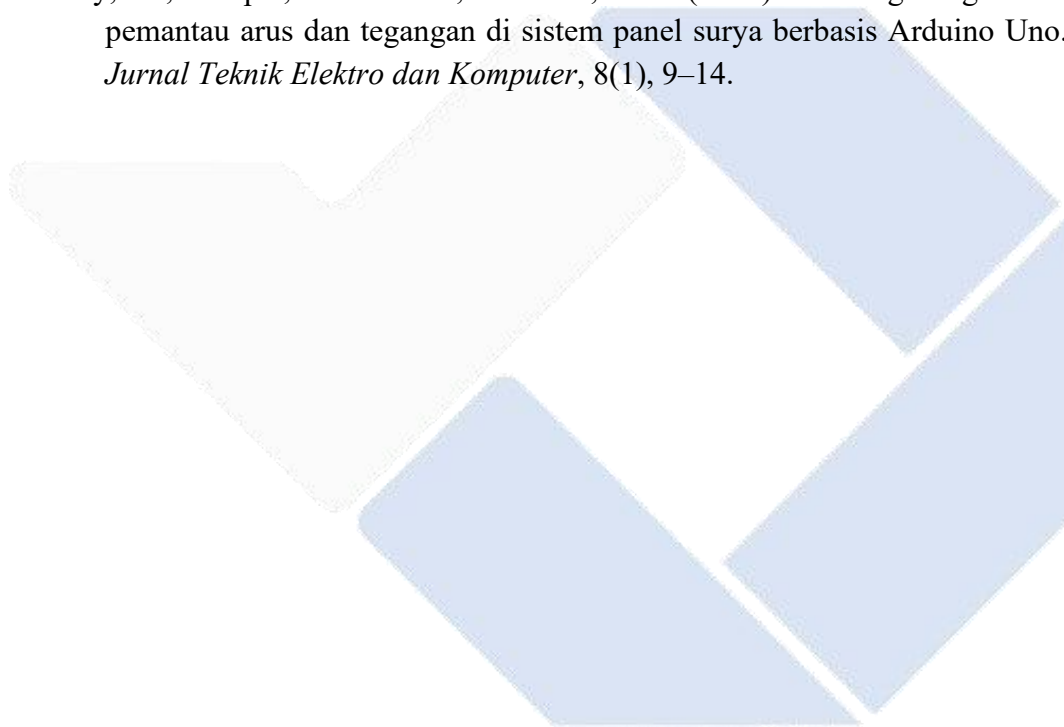
1. Pengembangan sistem ini lebih jauh dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis atau alarm yang dapat memberi tahu pengguna jika terjadi kerusakan pada komponen, penurunan kinerja sistem, atau beban yang melebihi kapasitas. Fitur ini sangat membantu dalam pemeliharaan sistem secara dini dan mencegah kerusakan lebih lanjut.
2. Pengembangan sistem ini dilakukan dengan menambahkan fitur Dashboard pada antarmuka, agar pengguna dapat lebih mudah memahami perangkat-perangkat apa saja yang sedang digunakan saat sistem berjalan
3. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Internet of Things (IoT) ini dapat digunakan tidak hanya di rumah tetapi juga di usaha kecil, sekolah, atau fasilitas publik di wilayah terpencil. Dengan menyesuaikan kapasitas daya dan jumlah panel surya yang digunakan, sistem ini memiliki potensi besar untuk mendukung penyebaran energi terbarukan yang lebih luas dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

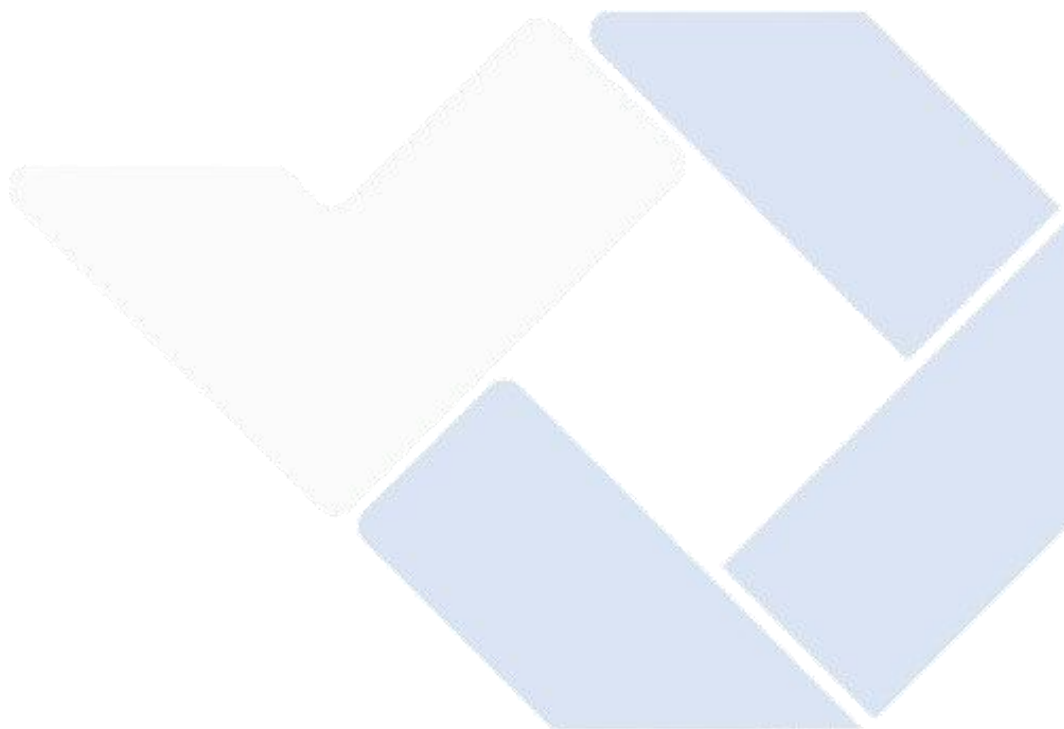
- A. Manan, "PENDIDIKAN ISLAM DAN PERKEMBANGAN TEKNOLOGI," *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, vol. 5, pp. 56-73, 2023.
- S. P. Mursid, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Manajemen Energi Pada PLT Surya," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 13, pp. 1-7, 2024.
- R. A. Mouha, "Internet of Things (IoT)," *Journal of Data Analysis and Information Processing*, vol. 9, pp. 77-101, 2021.
- A. Junaidi, "INTERNET OF THINGS, SEJARAH, TEKNOLOGI DAN PENERAPANNYA : REVIEW," *Jurnal Ilmiah Teknologi Terapan*, vol. 1, pp. 62-66, 2015.
- T. D. L. d. Krismadinata, "Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Off-Grid Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, pp. 71-84, 2023.
- T. H. d. D. Firmansyah, "Rancang Bangun Smart Meter Berbasis IoT Untuk Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Microgrid," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, pp. 87-92, 2019.
- N. Hidayati, "Penggunaan Metode Waterfall Dalam Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 3, pp. 1-10, 2019.
- Syarif Hidayatulloh, & Joko Aryanto. (2023). Keamanan siber pada sistem IoT untuk rumah tangga. *Jurnal Teknologi dan Keamanan Informasi*, 6(2), 142–149.
- T. D. L. d. Krismadinata, "Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Off-Grid Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, pp. 71-84, 2023.
- Ainuddin, A., & Manjang, S. (2017). *Sistem Pengendali Otomatis PLTS Menggunakan Mikrokontroler*. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(2), 98–105.

- Apriani, D., Prasetyo, R., & Nugraha, I. (2023). *Desain Sistem PLTS Berbasis IoT untuk Rumah Tangga*. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, 11(1), 20–28.
- Halim, L., & Sudjana, O. (2020). *Efektivitas Penggunaan Inverter dan Charge Controller pada PLTS Rumah Tangga*. Jurnal Teknik Energi, 8(2), 75–84.
- Ilham, R., & Fithry, A. (2024). *Sistem Pemanfaatan PLTS pada Lingkungan Rumah Tangga*. Jurnal Energi Terbarukan, 3(1), 22–30.
- Mayangsari, R., & Yuhendri, M. (2023). *Sistem Kendali Pintar untuk PLTS Menggunakan IoT*. Jurnal Sistem Energi Terbarukan, 5(1), 33–41.
- Abdur Rouf, & Wahyudi Agustiono. (2021). *Internet of Things (IoT): Konsep dan Implementasi Teknologi Cerdas*. Jakarta: CV. Teknologi Pintar Nusantara.
- Efendi, Y. (2018). *Sistem kontrol otomatis berbasis Internet of Things (IoT)*. Bandung: Informatika.
- Hamam, M., Ridwan, A., & Fikri, R. (2023). IoT pada sistem pembangkit listrik rumah tangga. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sains*, 2(1), 112–120.
- Hamdani, Budiarto, J., & Hadi, S. (2020). *Internet of Things: Keamanan dan tantangan dalam era digital*. Yogyakarta: Deepublish.
- Hasan, F. N., & Nurlelah, E. (2023). *Pemrograman IoT menggunakan ESP32 dan mikrokontroler lainnya*. Bandung: Penerbit Media Ilmu.
- Hikmah, N., Rahmawati, D., & Kurniawan, B. (2021). Manajemen pemeliharaan perangkat lunak dengan model waterfall. *Jurnal Teknik Informatika*, 5(1), 47–55.
- Ilham, R., & Fithry, A. (2024). Sistem pemanfaatan PLTS pada lingkungan rumah tangga. *Jurnal Energi Terbarukan*, 3(1), 22–30.
- Ketut Udy Ariawan, Pramana, H., & Putri, R. (2020). *Internet of Things: Teknologi dan aplikasi*. Bali: STMIK Primakara Press.
- Levin Halim, & Oetomo Sudjana. (2020). Efektivitas penggunaan inverter dan charge controller pada PLTS rumah tangga. *Jurnal Teknik Energi*, 8(2), 75–

- Susanto, E. (2013). Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan). *Jurnal Teknik Elektro*, 5(1), 18–21. Universitas Negeri Semarang.
- Wahyuni, M. A., Pratiwi, A. F., & Dewi, R. P. (2021, November). *Rancang bangun alat pemotong dan pengupas kabel 2 sisi otomatis dengan diameter kabel 0,5–1,5mm*, 108–114.
- Imam, S., Mahfudz, L. D., & Suthama, N. (2019). Pemanfaatan asam sitrat sebagai acidifier dalam pakan stepdown protein terhadap perkembangan usus halus dan pertumbuhan broiler. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 13(2), 153–162.
- Junaldy, M., Sompie, S. R. U. A., & Patras, L. S. (2019). Rancang bangun alat pemantau arus dan tegangan di sistem panel surya berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 8(1), 9–14.



LAMPIRAN



LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Erra Dwi Ariyanti
Tempat & tanggal lahir : Palembang, 06 Juni 2004
Alamat rumah : Jl. Rasep No 148 Karya Makmur
Telp : -
Hp : +62 812 7808 6445
Email : ariyantierradwi@gmail.com
Jenis kelamin : Perempuan
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 14 Pemali	2010 - 2016
SMP Negeri 1 Pemali	2016 - 2019
SMA Negeri 1 Pemali	2019 - 2022
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2022 – sekarang

3. Pendidikan Non-Formal

-

Sungailiat, 15 Juli 2025

Erra Dwi Ariyanti

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Raju Kusuma
Tempat & tanggal lahir : Kota daro II, 29 mei 2003
Alamat rumah : Parit ttiga (kelabat)
Telp : -
Hp : +62 838 9429 4570
Email : newraju707@gmail.com
Jenis kelamin : Laki laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD 4 Parit Tiga	2009 – 2016
SMP 3 Parit Tiga	2016 - 2019
SMK 1 Parit Tiga	2019 - 2022
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2022 – sekarang

3. Pendidikan Non-Formal

-

Sungailiat, 15 Juli 2025

Raju Kusuma

LAMPIRAN 2

PROGRAM MICROCONTROLLER

1. Program Arduino Uno ESP32

```
esp32: #include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ArduinoJson.h>

const char* ssid = "Raju Kusuma";
const char* password = "22229999";
const String serverName = "http://10.214.224.206:8000/api/status-lampu";

// Definisi pin untuk 3 relay
const int pin1 = 13;
const int pin2 = 27;
const int pin3 = 14;

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Inisialisasi pin sebagai OUTPUT
  pinMode(pin1, OUTPUT);
  pinMode(pin2, OUTPUT);
  pinMode(pin3, OUTPUT);

  // Set semua pin ke HIGH saat awal
  digitalWrite(pin1, HIGH);
```

```

digitalWrite(pin2, HIGH);
digitalWrite(pin3, HIGH);

// Koneksi ke WiFi
WiFi.begin(ssid, password);
Serial.print("Menghubungkan WiFi");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("\nWiFi Connected");
}

void loop() {
  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    HTTPClient http;
    http.begin(serverName);
    int httpCode = http.GET();

    if (httpCode == 200) {
      String payload = http.getString();
      Serial.println("Respon API: " + payload);

      StaticJsonDocument<256> doc;
      DeserializationError error = deserializeJson(doc, payload);

      if (!error) {
        String status1 = doc["pin1"];

```

```
String status2 = doc["pin2"];
String status3 = doc["pin3"];

// Kontrol pin berdasarkan status
digitalWrite(pin1, status1 == "ON" ? LOW : HIGH);
digitalWrite(pin2, status2 == "ON" ? LOW : HIGH);
digitalWrite(pin3, status3 == "ON" ? LOW : HIGH);

Serial.println("Pin1: " + status1);
Serial.println("Pin2: " + status2);
Serial.println("Pin3: " + status3);
} else {
Serial.print("Gagal parsing JSON: ");
Serial.println(error.c_str());
}
} else {
Serial.print("HTTP Error Code: ");
Serial.println(httpCode);
}

http.end();
}

delay(2000); // Cek status setiap 2 detik
}
```

2. Program Arduino Uno ESP8266

```
esp8266: #include <PZEM004Tv30.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>

// Pin untuk SoftwareSerial ke PZEM
#define D6 12
#define D7 13

SoftwareSerial pzemSWSerial(D7, D6); // RX, TX
PZEM004Tv30 pzem(pzemSWSerial);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

// WiFi dan API lokal
const char* ssid = "Raju Kusuma";
const char* password = "22229999";
const char* serverName = "http://10.214.224.206:8000/api/battery";
const char* apiKey = "1234567890";

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Inisialisasi LCD
```

```
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Menghubungkan WiFi");

// Koneksi WiFi
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}

Serial.println("\nWiFi Terhubung!");
Serial.println("IP: " + WiFi.localIP().toString());

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("WiFi Terhubung");
delay(2000);
}

void loop() {
    Serial.println("\n=== Membaca Data PZEM ===");

    float voltage = pzem.voltage();
    float current = pzem.current();
    float power = pzem.power();
```

```

float energy = pzem.energy();

// Ganti NaN menjadi 0
if (isnan(voltage)) voltage = 0.0;
if (isnan(current)) current = 0.0;
if (isnan(power)) power = 0.0;
if (isnan(energy)) energy = 0.0;

Serial.println("Tegangan: " + String(voltage) + " V");
Serial.println("Arus   : " + String(current) + " A");
Serial.println("Daya    : " + String(power) + " W");
Serial.println("Energi  : " + String(energy) + " kWh");

// Tampilkan ke LCD
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Tegangan: " + String(voltage, 2) + "V");
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Arus: " + String(current, 3) + "A");
lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("Daya: " + String(power, 2) + "W");
lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("Energi: " + String(energy, 3) + "kWh");

// Kirim ke server jika WiFi masih terhubung
if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    WiFiClient client;

    HTTPClient http;
    http.begin(client, serverName);

    // WiFiClientSecure client;

```

```

// client.setInsecure(); // Lewatkan validasi sertifikat

// HTTPClient http;
http.begin(client, serverName);
http.addHeader("Content-Type", "application/json");
http.addHeader("x-api-key", apiKey);

String jsonData = "{\"tegangan\": " + String(voltage, 2) +
                  ", \"arus\": " + String(current, 2) +
                  ", \"daya\": " + String(power, 2) +
                  ", \"energi\": " + String(energy, 3) + "\"}";

Serial.println("Mengirim: " + jsonData);

int httpResponseCode = http.POST(jsonData);
Serial.println("Kode HTTP: " + String(httpResponseCode));
Serial.println("Respon: " + http.getString());

http.end();
} else {
    Serial.println("X WiFi terputus!");
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("WiFi Terputus!");
}

delay(10000); // Delay 5 detik
}

```